

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของโครงการ

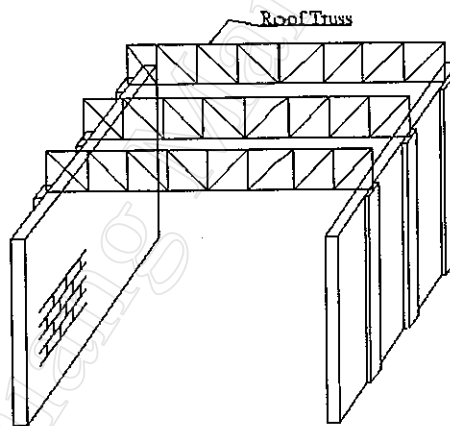
ในอดีตประเทศไทยมีป่าไม้มาก บ้านพักอาศัยจึงก่อสร้างด้วยไม้เพราะหาได้ง่ายและราคาถูก แต่ปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ได้ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่มีราคาแพง การก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยจึงได้หันมาใช้โครงสร้างแบบใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งใช้เสาและคานเป็นโครงสร้างหลักในการรับแรงและถ่ายแรงจากคานลงสู่เสาจนถึงฐานราก กำแพงจึงเป็นเพียงวัสดุเสริมช่องว่าง (Filler Material) ใช้เพียงกันห้องทำผนังเท่านั้นและไม่ได้รับน้ำหนักจากอาคาร

ตรงข้ามกับในประเทศตะวันตก เช่น แคนาดาและอังกฤษ อาคารที่พักอาศัยชั้นเดียวราคาถูกตลอดจนอาคารสูงกว่า 10 ชั้นกลับใช้ส่วนของกำแพงในการรับน้ำหนักที่เรียกว่า Loadbearing Masonry Structure ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่มีเสาหรือบางครั้งก็ไม่มีคานเลย โครงสร้างแบบนี้ก่อสร้างได้ง่ายเพราะอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์น้อยชิ้น แรงงานที่ใช้ไม่ต้องอาศัยความชำนาญมากเหมือนงานคอนกรีตเสริมเหล็กซึ่งต้องใช้อุปกรณ์เครื่องมือจำนวนมาก และใช้ช่างฝีมือที่มีความชำนาญสูงหลายประเภททั้งช่างปูน ช่างเหล็ก ช่างไม้ ฯลฯ เนื่องจากมีความรู้ในการจัดผังอาคารให้เป็น โครงสร้างแบบกำแพงรับน้ำหนักได้ อีกทั้งอิฐที่ผลิตในต่างประเทศมีคุณภาพสูงและผลิตได้มาตรฐาน มีหลายขนาดให้เลือกใช้ ทั้งนี้เนื่องมาจากต่างประเทศได้ให้ความสนใจและมีงานวิจัยเกี่ยวกับการก่อสร้างอาคารแบบใช้กำแพงรับน้ำหนักนี้ออกมาอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน

แต่ปัจจุบันในประเทศไทยได้หันมาใช้โครงสร้างแบบกำแพงรับน้ำหนักบ้าง แต่ยังไม่เป็นที่ใช้แพร่หลายมากนัก เนื่องจากไม่มีความรู้ในการจัดผังอาคารให้เป็น โครงสร้างแบบกำแพงรับน้ำหนักได้ อีกทั้งคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนักที่ผลิตในไทยมีผลิตรายไม่กีบริษัท ดังนั้นจะเป็นการดียิ่งที่จะส่งเสริมให้มีการใช้ระบบกำแพงรับน้ำหนักในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยในประเทศไทยให้แพร่หลาย โดยการมีงานวิจัยศึกษาทดสอบกำแพงคอนกรีตบล็อกและวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างกำแพงคอนกรีตบล็อกรวมถึงสาเหตุของการวิบัติของกำแพงคอนกรีตบล็อกที่ผลิตในประเทศไทย

งานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทย (ประวัติ ตั้งศิริวัฒนากุล 2526, เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ 2528 และวชิรวัฒน์ กรีพละ 2542) ส่วนมากจะมีการทดสอบกำแพงรับน้ำหนักโดยใช้ น้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ ส่วนกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดยังมิได้มีการศึกษา

น้ำหนักที่กระทำเป็นจุดกระทำต่อกำแพงรับน้ำหนัก เช่น น้ำหนักจากโครงหลังคา (รูปที่ 1.1) และน้ำหนักจากคานขวาง น้ำหนักนั้นจะกระทำโดยตรงต่อกำแพงคอนกรีตบล็อกหรือจะถ่ายลงคานเอ็นก่อนถ่ายลงกำแพงคอนกรีตบล็อก จากการศึกษาของ Page and Shrive (1990) พบว่า รูปแบบการวิบัติของกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดเป็นการปริแยกทางด้านหน้าของกำแพง และก่อนการวิบัติจะเกิดรอยร้าวเป็นแนวยาวลงมาได้บริเวณแรงที่กดในระนาบตั้งฉากกับผิวสัมผัสของ กำแพง (In Plane Normal to The Wall) จึงทำให้มีข้อสังเกตว่าหากมีการกรอกปูนในบล็อกบริเวณ ใต้แรงที่กระทำจะทำให้กำแพงนั้นรับน้ำหนักได้สูงขึ้นหรือไม่ เนื่องจากบล็อกที่กรอกปูนนั้นจะทำหน้าที่คล้ายเสาและกำแพงในเวลาเดียวกัน (Pilasters) และอีกทั้งปูนกรอกยังช่วยยึดบล็อกไม่ให้ แยกจากกันได้ง่าย



รูปที่ 1.1 กำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดจากการถ่ายแรงจากโครงหลังคา

1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในโครงการวิจัย

1.2.1 ทฤษฎีการวิบัติของปริซึมโดยใช้ทฤษฎีอิลาสติก

จากการศึกษาถึงการวิบัติของกำแพงอิฐ พบว่าเกิดจากคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลง รูปร่าง (Displacement Properties) ที่ไม่เท่ากันระหว่างอิฐและปูนก่อ ปูนก่อในแนวราบ (Bed Joint) จะรับน้ำหนักที่ถ่ายมาทั้งหมดเช่นเดียวกับอิฐ แต่เนื่องจากค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของปูนก่อ น้อยกว่าโมดูลัสของอิฐประมาณ 2-3 เท่า เมื่อพิจารณาสมการการขยายตัวทางด้านข้างของอิฐและ

ปูนก่อเนื่องจากแรงในแนวดิ่งเพียงอย่างเดียวสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (1.1) และ (1.2) ตามลำดับดังนี้

$$e_{xb} = \frac{1}{E_b} \nu_b (\sigma_y) \quad (1.1)$$

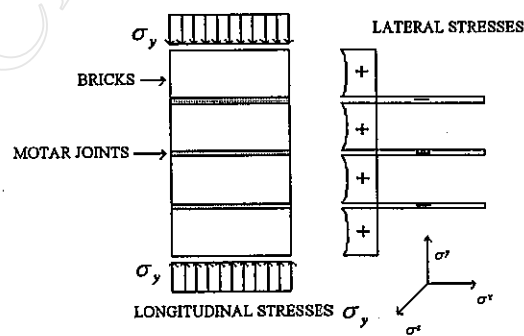
$$e_{xm} = \frac{1}{E_m} \nu_m (\sigma_y) \quad (1.2)$$

เมื่อกำหนดให้

e_{xb}	การเปลี่ยนรูปทางด้านข้างของอิฐบล็อก
e_{xm}	การเปลี่ยนรูปทางด้านข้างของปูนก่อ
ν_b	อัตราส่วนปัวซองของอิฐบล็อก
ν_m	อัตราส่วนปัวซองของปูนก่อ
E_b	โมดูลัสยืดหยุ่นของอิฐบล็อก
E_m	โมดูลัสยืดหยุ่นของปูนก่อ
σ_y	ความเค้นกดตามแนวดิ่ง y

จากสมการข้างต้นเมื่อค่าอัตราส่วนปัวซองของวัสดุทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน (ประมาณ 0.17-0.25) การเปลี่ยนรูปร่างทางด้านข้างของปูนก่อจะเกิดขึ้นสูงกว่าบล็อกในภาวะปกติ แต่เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างบล็อกและปูนก่อทำให้การขยายตัวถูกจำกัด ส่งผลให้เกิดแรงดึงขึ้นในบล็อก และเป็นสาเหตุให้เกิดการวิบัติของกำแพงในที่สุด

Hilsdorf (1967) ทำการวิเคราะห์ กำลังรับแรงอัดของกำแพง โดยวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นของอิฐซึ่งก่อหลักเดียว ได้ผลดังรูปที่ 1.2

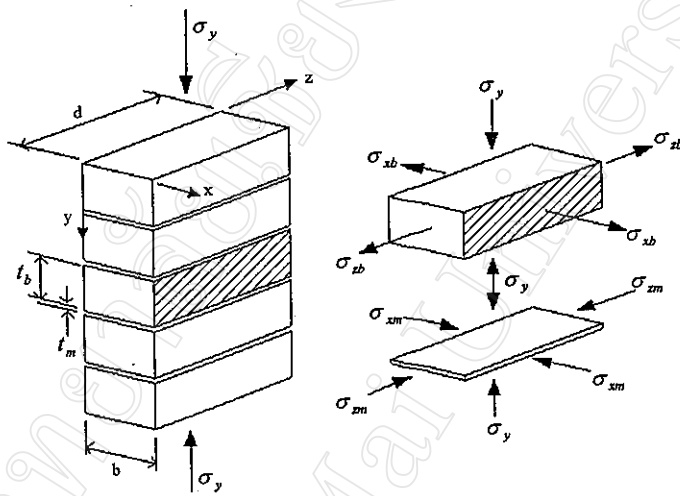


รูปที่ 1.2 แบบจำลองอิฐก่อในการวิเคราะห์ของ Hilsdorf (1967)

(ที่มา : Hilsdorf, 1967)

จากรูปที่ 1.2 พบว่า เกิดแรงดึงขึ้นในอิฐและแรงอัดในปูนก่อ ดังนั้น ตรงบริเวณรอยต่อของวัสดุดังกล่าวจะเกิดแรงเฉือนสูงมาก และนี่ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการวิบัติของกำแพง

Francis et al. (1971) ได้พัฒนาสูตรซึ่งพิสูจน์มาจากการทดลองปริซึมอิฐภายใต้ความเค้นกดตามแนวแกน (σ_y) ดังแสดงรูปที่ 1.3 ความเค้นด้านข้างเกิดขึ้นในศูนย์กลางของก้อนอิฐและปูนก่อ ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แบบจำลองอิฐก่อในการวิเคราะห์ปริซึมอิฐ
(ที่มา : Francis et al., 1971)

ความเครียดของส่วนที่ติดต่อกันของก้อนอิฐในทิศทาง x และ z แสดงได้ดังสมการที่ (1.3) ถึง (1.4)

$$e_{xb} = \frac{1}{E_b} [\sigma_{xb} + \nu_b (\sigma_y - \sigma_{zb})] \quad (1.3)$$

$$e_{zb} = \frac{1}{E_b} [\sigma_{zb} + \nu_b (\sigma_y - \sigma_{xb})] \quad (1.4)$$

ในทำนองเดียวกันความเครียดในปูนก่อจะได้อ้างสมการที่ (1.5) และ (1.6)

$$e_{xm} = \frac{1}{E_m} [-\sigma_{xm} + \nu_m (\sigma_y + \sigma_{zm})] \quad (1.5)$$

$$e_{zm} = \frac{1}{E_m} [-\sigma_{zm} + \nu_m (\sigma_y + \sigma_{xm})] \quad (1.6)$$

เมื่อกำหนดให้

E_b ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของบล็อก

E_m ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของปูนก่อ

ν_b อัตราส่วนปัวซองของบล็อก

ν_m อัตราส่วนปัวซองของปูนก่อ

จากสมดุลของแรงทางด้านข้างของแรงดึงในอิฐเท่ากับแรงกดในปูนก่อจะได้สมการที่

(1.7) และ (1.8)

$$\sigma_{xm} = \alpha \sigma_{xb} \quad (1.7)$$

$$\sigma_{zm} = \alpha \sigma_{zb} \quad (1.8)$$

เมื่อกำหนดให้

$$\alpha = \frac{t_b}{t_m}$$

จากสมดุลของความเครียดทางด้านข้างของอิฐและปูนก่อเท่ากัน ได้สมการที่ (1.3) เท่ากับ (1.5) และสมการที่ (1.4) เท่ากับ (1.6) เมื่อแทนค่า และใช้สมการที่ (1.7) และ (1.8) จะได้สมการที่ (1.9)

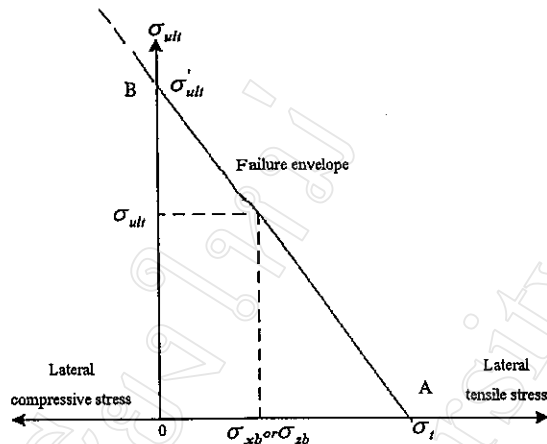
$$\sigma_{xb} = \sigma_{zb} = \frac{\sigma_y (\beta \nu_m - \nu_b)}{1 + \alpha \beta - \nu_b - \alpha \beta \nu_m} \quad (1.9)$$

เมื่อกำหนดให้

$$\beta = \frac{E_b}{E_m}$$

สมมุติความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่าง Ultimate Longitudinal Compressive Stress และ ความเค้นดึงด้านข้าง ดังรูปที่ 1.4 จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1.10)

$$\sigma_{xb} = \frac{1}{\phi} (\sigma'_{ult} - \sigma_{ult}) \quad (1.10)$$



รูปที่ 1.4 กราฟแสดงขอบเขตการวิบัติของอิฐในการรับแรงกด-แรงดึงตามแนวแกนสมมุติ
(ที่มา : Francis et al., 1971)

เมื่อกำหนดให้

$$\phi = \frac{\sigma'_{ult}}{\sigma_t}$$

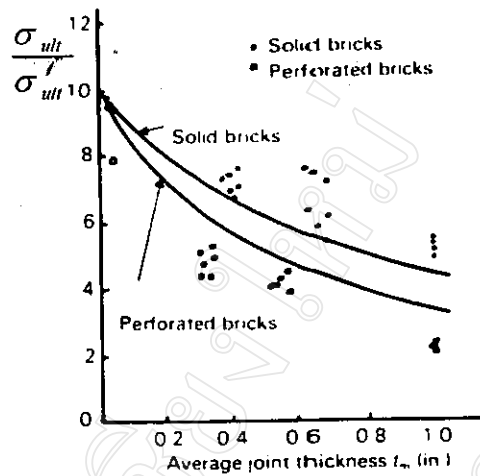
σ_{ult} Ultimate Longitudinal Compressive Stress

σ_t ความเค้นดึงด้านข้าง

แทนค่าในสมการที่ (1.9) และตัดเทอม $(1 - \nu_b)$ ทิ้งเนื่องจากมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเทอม $\alpha\beta(1 - \nu_m)$ จะได้สมการที่ (1.11)

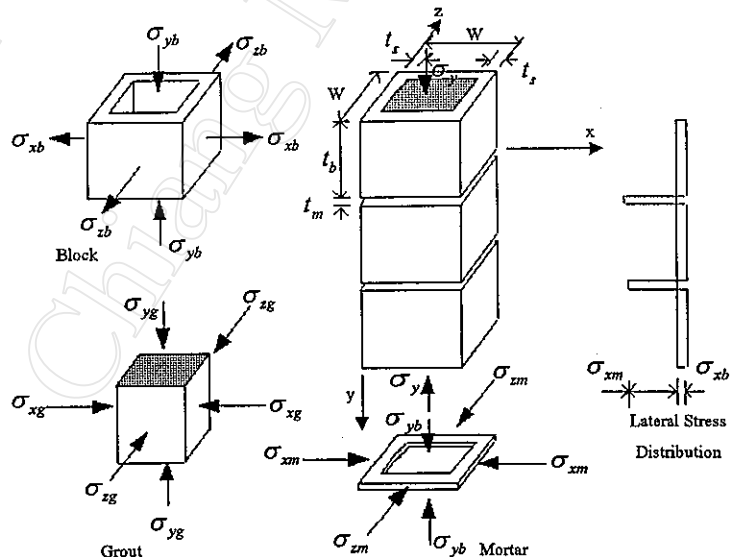
$$\frac{\sigma_{ult}}{\sigma'_{ult}} = \frac{1}{1 + \frac{\phi(\beta\nu_m - \nu_b)}{\alpha\beta(1 - \nu_m)}} \quad (1.11)$$

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่มีการเปลี่ยนค่าความหนาของปูนก่อดังรูปที่ 1.5 แสดงให้เห็นว่าสูตรนี้ให้ค่าที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับพฤติกรรมจริงจากตัวอย่างการทดสอบ หากต้องการให้ผลทางทฤษฎีตรงกับผลการทดลองนั้นต้องประมาณค่า ϕ และค่า Poisson's Ratio ที่ถูกต้อง



รูปที่ 1.5 กราฟแสดงผลกระทบของความหนาของปูนก่อของอิฐรับแรงกด
(ที่มา : Francis et al., 1971)

บล็อกกลวงมีพฤติกรรมขณะรับแรงต่างจากบล็อกซึ่งเป็นแท่งตัน ดังนั้น Hamid and Drysdale (1979) จึงสร้างสมการสำหรับใช้ประเมินกำลังของปริซึมบล็อกกลวงขึ้นมาต่างหาก โดยกำหนดแรงที่กระทำต่อปริซึมคอนกรีต ดังรูปที่ 1.6 แล้วใช้เงื่อนไขการวิบัติของ Hilsdorf (1967) ในการวิเคราะห์



รูปที่ 1.6 ลักษณะของแรงที่กระทำต่อปริซึมคอนกรีตบล็อกแบบกลวง
(ที่มา : Hamid and Drysdale, 1979)

สมการประเมินกำลังที่ได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ปริซึมที่มีปูนกรอก และ ไม่มีปูนกรอก
สมการสำหรับปริซึมที่มีปูนกรอกแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1. ปูนกรอกมีความเครียดที่กำลังอัดสูงสุดต่ำกว่าบล็อก นั่นคือวัสดุที่ใช้กรอกจะถึงจุดวิบัติก่อน ผลก็คือจะทำให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในบล็อกตามมา ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ (1.12)

$$f'_{mg} = \frac{4.1\sigma_{tb} + 1.14\alpha\sigma_{cm} + \beta\sigma_{cg}}{4.1\sigma_{tb} + (1.14\alpha + \frac{c\beta}{n})\sigma_{cb}} \left(\frac{\sigma_{cb}}{nK} \right) \quad (1.12)$$

เมื่อกำหนดให้

f'_{mg} คือ กำลังรับแรงอัดของปริซึมคอนกรีตบล็อกที่มีปูนกรอก

σ_{tb} คือ กำลังรับแรงดึงของบล็อก

σ_{cb} คือ กำลังรับแรงอัดของบล็อก

σ_{cm} คือ กำลังรับแรงอัดของปูนก่อ

σ_{cg} คือ กำลังรับแรงอัดของปูนกรอก

α คือ อัตราส่วนระหว่างความหนาของปูนก่อต่อความสูงของบล็อกมีค่า

เท่ากับ $\frac{t_m}{t_b}$

n คือ อัตราส่วนระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของบล็อกต่อโมดูลัสยืดหยุ่นของ

ปูนกรอกมีค่าเท่ากับ $\frac{E_{block}}{E_{grout}}$

η คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดสุทธิของบล็อกในด้านที่น้อยต่อพื้นที่

หน้าตัดรวม มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{A_{block}}{A_{block} + A_{grout}} \right)$

c คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดด้านที่มากที่สุดต่อด้านที่น้อยที่สุดของ
ปูนกรอก

β มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{\sqrt{1-\eta}}{1-\sqrt{1-\eta}} \right)$

γ มีค่าเท่ากับ $\left(\frac{1}{1-(n-1)\eta} \right)$

K คือ ตัวประกอบการปรับแก้หน่วยแรงมีค่าเท่ากับ $1.08 - \frac{0.21}{n}$

กรณีที่ 2. บล็อกบรรจุถึงค่าหน่วยแรงอัดสูงสุดที่ความเครียดต่ำกว่าปูนกรอก
ในกรณีนี้ กำลังของปรีซึมจะขึ้นอยู่กับกำลังรับแรงอัดของบล็อก หรือกำลังรับแรงอัดของ
ปูนกรอกอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยทั่วไปเมื่อกำลังของปูนกรอกไม่สูงมากจะได้ดังสมการที่ (1.13)

$$f'_{mg} = \frac{3.6\sigma_{tb} + \alpha\sigma_{cm}}{3.6\sigma_{tb} + \alpha\sigma_{cb}} \left(\frac{\sigma_{cb}}{n\gamma K} \right) \quad (1.13)$$

แต่บางกรณีที่กำลังของปูนกรอกสูงมาก ถึงแม้เปลือกบล็อก (Face Shell) ที่อยู่รอบแตกออก
แต่ปูนกรอกก็สามารถรับกำลังต่อไปได้ เพราะฉะนั้นกำลังของปรีซึมจึงขึ้นอยู่กับกำลังของ
ปูนกรอกเพียงอย่างเดียวดังสมการที่ (1.14)

$$f'_{mg} = (1 - \eta)\sigma_{cg} \quad (1.14)$$

สำหรับปรีซึมที่ไม่มีปูนกรอก Hamid and Drysdale (1979) ได้แทนค่ากำลังอัดของปูน
กรอก (σ_{cg}) และโมดูลัสความยืดหยุ่นของปูนกรอก (E_{grout}) เท่ากับ 0 ทำให้ค่า η มีค่าเท่ากับ
อนันต์ เทอม $n\gamma$ มีค่าประมาณ $\frac{1}{\eta}$ เมื่อนำไปแทนในสมการที่ (1.12) หรือ (1.13) จะได้ผลดัง
สมการที่ (1.15)

$$f'_{mu} = \eta \frac{3.6\sigma_{tb} + \alpha\sigma_{cm}}{3.6\sigma_{tb} + \alpha\sigma_{cb}} \left(\frac{\sigma_{cb}}{K} \right) \quad (1.15)$$

โดยที่

f'_{mu} คือ กำลังรับแรงอัดของปรีซึมคอนกรีตบล็อกที่ไม่มีปูนกรอก

1.2.2 รูปแบบการวิบัติของกำแพง

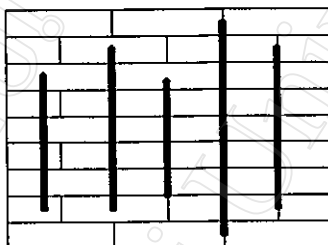
Andreus (1996) สรุปว่าการวิบัติของกำแพงเนื่องจากน้ำหนักกระทำในแนว
ระนาบเกิดจากสาเหตุหลัก 3 ประการคือ

- ก. การรูดของแนวปูนก่อ (Slipping of Mortar Joints)
- ข. การแตกร้าวของอิฐและการปริแยกของแนวปูนก่อ (Cracking of Bricks and Splitting of Mortar Joints)

ค. การแยกตัวกลางระนาบของกำแพง (Middle Plane Spalling)

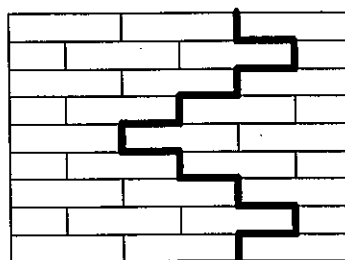
จากสาเหตุทั้ง 3 ประการดังกล่าว เมื่อพิจารณาเฉพาะกรณีที่มีน้ำหนักกระทำในแนวตั้งเท่านั้น พบว่า รูปแบบของการวิบัติที่อาจเกิดขึ้นได้ มี 3 รูปแบบ คือ

- เกิดการปริแยกของอิฐและแนวปูนก่อในแนวตั้ง (Splitting of Bricks and Head Joints) การวิบัติในรูปแบบนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่อิฐมีความแข็งแรงน้อย และจะเกิดขึ้นในระนาบที่ตั้งฉากกับผิวสัมผัสของกำแพง ดังรูปที่ 1.7 รอยร้าวอยู่ในแนวปูนก่อ (Head Joints) และผ่านกลางอิฐที่ตำแหน่งตรงกับแนวปูนก่อ จากลักษณะดังกล่าว สรุปได้ว่าเป็นการวิบัติเนื่องมาจากแรงดึง (Tension Failure) โดยเกิดแรงดึงสลายแรงยึดเหนี่ยว (Tensile Debonding) ขึ้นระหว่างปูนก่อและอิฐ เป็นผลให้กำแพงวิบัติในที่สุด



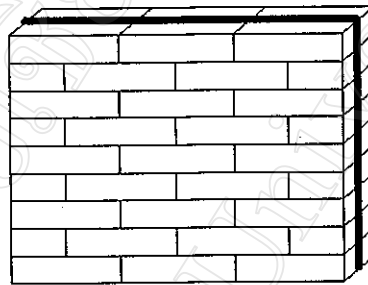
รูปที่ 1.7 ลักษณะการปริแยกของอิฐและแนวปูนก่อในแนวตั้ง
(ที่มา : Andreaus, 1996)

- เกิดการรูดของแนวปูนก่อในแนวราบและปริแยกของแนวปูนก่อในแนวตั้ง (Slipping of Bed Joints and Splitting of Head Joints) การวิบัติในรูปแบบนี้มีสาเหตุเช่นเดียวกับรูปแบบแรก แต่จะเกิดขึ้นในกรณีที่อิฐมีความแข็งแรงมากเมื่อเทียบกับปูนก่อ การวิบัติจะเริ่มจากการรูดของแนวปูนก่อในแนวราบก่อน หลังจากนั้นจะเกิดการปริแยกของแนวปูนก่อในแนวตั้ง ก่อให้เกิดรอยร้าวดังรูปที่ 1.8 เมื่อเกิดการแตกร้าวดังกล่าวแล้ว กำแพงยังคงรับน้ำหนักต่อไปได้ระดับหนึ่งก่อนที่จะยุบพังด้วยแรงอัด



รูปที่ 1.8 ลักษณะการรูดของแนวปูนก่อในแนวราบและการปริแยกของแนวปูนก่อในแนวตั้ง
(ที่มา : Andreaus, 1996)

- เกิดการแยกตัวกลางระนาบของกำแพง (Middle Plane Spalling) รูปแบบการวิบัตินี้เกิดขึ้นเมื่อมีแรงอัดกระทำต่อกำแพงสูงมาก ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบ โอกาสที่กำแพงจะเกิดการแยกตัวออกจากด้านข้างแบบกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 2 นั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากถูกบีบอัดโดยแรงทางด้านข้าง ดังนั้น การวิบัติจะเกิดขึ้นในระนาบที่ขนานกับผิวสัมผัสของกำแพง (In The Plane Parallel to The Face of The Wall) ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของความหนา ดังรูปที่ 1.9 การแยกตัวจะเกิดขึ้นอย่างฉับพลันจากบริเวณขอบแล้วขยายผลไปทั่วทั้งกำแพง การวิบัติในรูปแบบนี้พบเห็นได้ในกรณีที่ผนังกว้างมากทำให้เกิดหน่วยแรงบีบอัด (Confined Stress) ทางด้านข้าง



รูปที่ 1.9 ลักษณะการแยกตัวกลางระนาบของกำแพง
(ที่มา : Andreus, 1996)

1.2.3 กำลังของกำแพงรับน้ำหนักแผ่กระจายคงที่

สูตรที่ใช้ในการคำนวณกำลังอัดของกำแพงรับน้ำหนักแผ่กระจายคงที่นั้นมีหลายสูตรแต่ในที่นี้จะสนใจเฉพาะสูตรที่ได้จากผลการทดลอง (Empirical Formula)

ก. สูตรของ Parsons (1931) ได้จากการวิเคราะห์ผลการทดลองกำแพงบล็อกกลวงรับน้ำหนักแผ่กระจายคงที่ พบว่ากำลังรับแรงอัดของกำแพงขึ้นกับอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดรับแรงอัดต่อพื้นที่หน้าตัดรวมเป็นสำคัญ สมการของ Parson (1931) มีดังสมการที่ (1.16)

$$M = Kb\sqrt{mu} \quad (1.16)$$

เมื่อกำหนดให้

M คือ กำลังอัดของกำแพงคอนกรีตบล็อก (กก./ชม.²)

m คือ กำลังรับแรงอัดของปูนก่อ (กก./ชม.²)

K คือ สัมประสิทธิ์ใช้ปรับค่ากำลังอัด เท่ากับ 1.0 โดยประมาณ

b คือ สัดส่วนของพื้นที่หน้าตัดรับแรงอัดต่อพื้นที่หน้าตัดรวมในกรณีก่อบล็อกแบบแนวปูนก่อไม่เต็มหน้าตัด หรือสัดส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดสุทธิต่อพื้นที่หน้าตัดรวมในกรณีที่ก่อแบบเต็มหน้า

u คือ กำลังอัดของบล็อกเมื่อคิดจากพื้นที่หน้าตัดรวม (กก./ชม.²)

ข. สูตรของ Rostampour (1973) ได้จากผลการทดลองกำแพงที่ใช้ปูนก่ออัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ปูนขาว : หิน = 1:1:6 ได้ค่าเฉลี่ยกำลังอัดของกำแพงดังสมการที่ (1.17)

$$f_{mw} = 0.9 f_b^{0.67} f_m^{0.33} \quad (1.17)$$

เมื่อกำหนดให้

f_{mw} คือ กำลังอัดของกำแพงคอนกรีตบล็อก (กก./ชม.²)

f_b คือกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเมื่อคิดจากพื้นที่หน้าตัดรวม (กก./ชม.²)

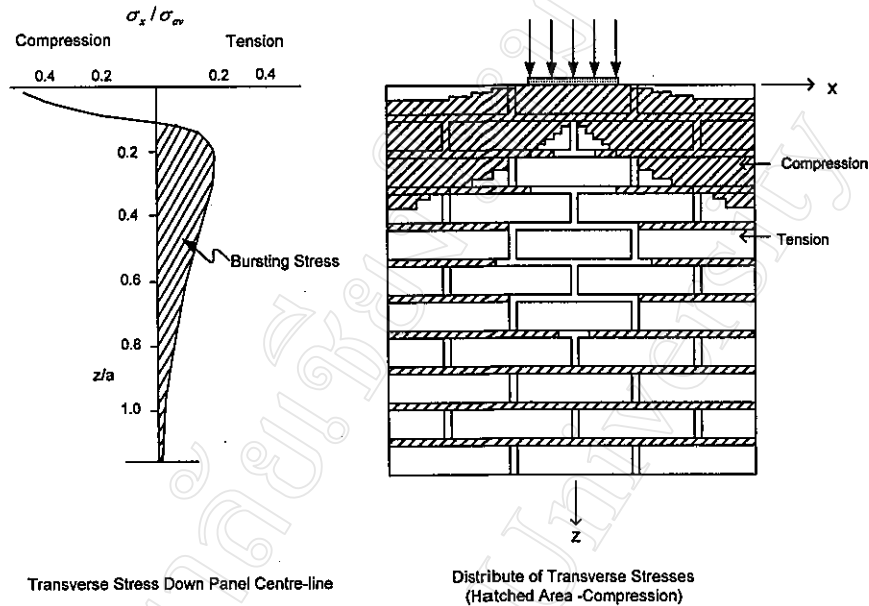
f_m คือ กำลังรับแรงอัดของปูนก่อ (กก./ชม.²)

สูตรนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่ออัตราส่วนกำลังอัดของบล็อกต่อปูนก่อมีค่ามากกว่า 1.7 และอัตราส่วนความสูงต่อความหนาของบล็อกมีค่าประมาณ 2.2

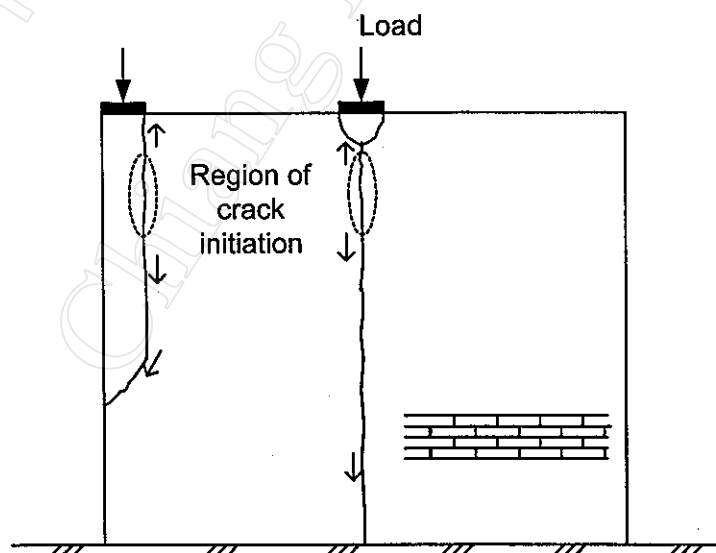
1.2.4 กำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด (Concentrated Loads of Masonry)

จากการทดลองและการวิเคราะห์ศึกษาของ Ali and Page (1985) และจากการทดลองของ Page and Hendry (1988) พบว่าพฤติกรรมของกำแพงอิฐรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดจะเกิดความเค้นเฉพาะที่สูงมาก ในตำแหน่งภายใต้ที่น้ำหนักกระทำในโซนที่ได้แผ่นเหล็กถ่ายแรงจะเกิดความเค้นกดและจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในตำแหน่งที่ต่ำลงมากของกำแพง และความเค้นจะเปลี่ยนจากความเค้นกดในแนวตั้งไปสู่ความเค้นดึงในแนวนอน(รูปที่ 1.10) ซึ่งกำแพงนั้นรับแรงดึงได้น้อยอยู่แล้ว ในโซนของความเค้นดึงนี้เป็นส่วนที่วิกฤตและทำให้เกิดรอยแตกขึ้นเมื่อน้ำหนักกดเกินความสามารถของกำแพงจะรับได้ เมื่อกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดวิบัติ รอยแยกที่เกิดขึ้นก่อนในตอนแรกจะเกิดในกำแพงอิฐแถวที่ 2 ถึง 4 นับจากด้านบนของกำแพงเป็นเส้นตรงภายใต้บริเวณแรงที่กระทำเป็นแนวจากบนลงล่างในส่วนที่มีความเค้นดึงสูงดังรูปที่ 1.11 เมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้นรอยแยกจะแยกในแนวตั้งขึ้นทั้งบนและลงล่างผ่านอิฐและปูนก่อเป็นแนวค่อนข้างตรง ส่วนกรณีกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดที่บริเวณปลายของกำแพงรอยแยกที่เกิดขึ้นก่อนจะเกิดเช่นเดียวกับของกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดบริเวณศูนย์กลางกำแพงแต่รอยแยกสุดท้ายจะวิ่งเฉียง

ไปจนบรรจบกับปลายของกำแพง โดยกำแพงจะวิบัติที่น้ำหนักน้อยกว่ากำแพงรับน้ำหนักบริเวณศูนย์กลางของกำแพงเนื่องจากการขาดหายไปของแรงบีบด้านข้างของกำแพงอีกด้านดังรูปที่ 1.11



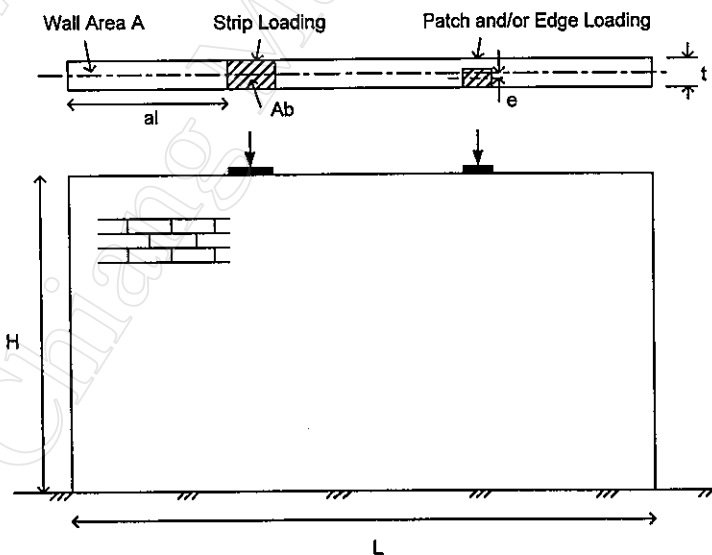
รูปที่ 1.10 การกระจายของความเค้นของกำแพงอิฐภายใต้น้ำหนักกระทำเป็นจุด
(ที่มา: Ali and Page, 1985)



รูปที่ 1.11 พฤติกรรมการวิบัติของกำแพงอิฐรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด
(ที่มา : Page and Hendry, 1988)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกำลังแบกทานของกำแพงภายใต้แรงกระทำเป็นจุดคือ (ดูรูปที่ 1.12 ประกอบ)

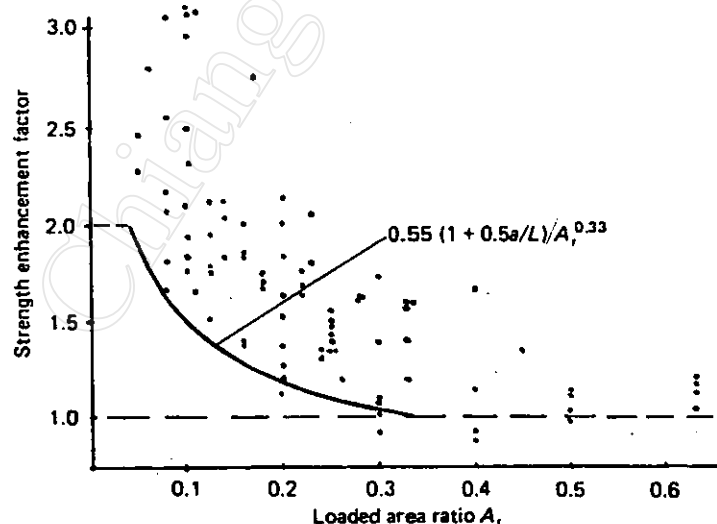
- อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่น้ำหนักกระทำต่อพื้นที่ตลอดความยาวของกำแพง ($\frac{A_b}{A}$)
- ตำแหน่งของน้ำหนักที่กดลงบนกำแพง ($\frac{a_l}{L}$ หรือ $\frac{e}{t}$)
- น้ำหนักนั้นกระจายเต็มหน้าตัดด้านหนาของกำแพง (Strip Loading) หรือลงเพียงบางส่วนของด้านหนาของกำแพง (Patch Loading)
- น้ำหนักนั้นกระทำผ่าน Rigid Plate หรือ Flexible Plate
- ชนิดและกำลังของวัสดุที่ใช้สร้างกำแพง
- อัตราส่วนของความยาวต่อความสูง ($\frac{L}{H}$) และความหนาของกำแพง
- น้ำหนักกดจากข้างบน (Superimposed Compressive Loads)
- คานถ่ายแรง
- น้ำหนักกระทำเป็นจุดที่กระทำไถ่กัน (Parallel Loads)



รูปที่ 1.12 อธิบายเทอมต่าง ๆ ของกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด
(ที่มา : Page and Hendry, 1988)

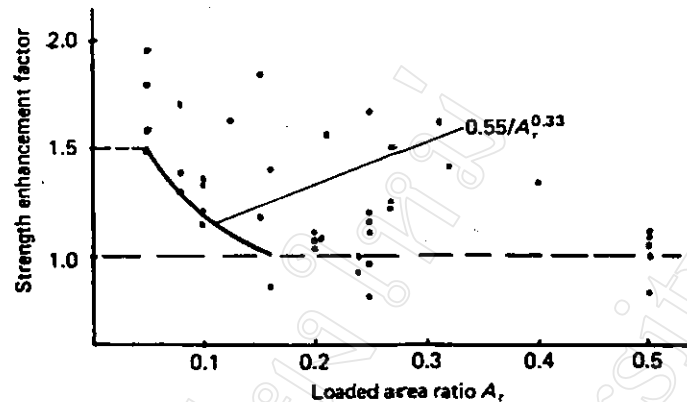
Page and Hendry (1988) ได้ศึกษาผลการทดลองที่ผ่านมาจากหลายแห่งพบว่าเป็นการยากมากที่จะคำนวณค่าที่แน่นอนของกำลังแบกทานของกำแพงอิฐรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด เป็นกึ่งเท่าของกำลังของกำแพงรับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ เนื่องจากผลการทดลองนั้นกระจัดกระจาย ดังนั้นเขาจึงได้เสนอสูตรที่ใช้ในการออกแบบกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด โดยใช้ค่าขอบล่าง (Lower Bound) ของผลการทดลองต่าง ๆ จากหลายแห่ง โดยการพล็อตค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกำลังแบกทาน (Strength Enhancement Factor) เทียบกับตัวแปรที่มีผลกระทบที่สำคัญที่สุดคือ อัตราส่วนพื้นที่ถ่ายแรงต่อพื้นที่กำแพง (Load Area Ratio) และตำแหน่งของแรงที่กระทำต่อกำแพง ดังรูปที่ 1.13 และ 1.14 โดยในรูปที่ 1.13 เป็นกำแพงอิฐรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดสำหรับน้ำหนักกระทำที่ศูนย์กลาง และรูปที่ 1.14 เป็นน้ำหนักกระทำที่ปลายสุดของกำแพง จากกราฟทั้งสองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อกำลังแบกทานจะลดลงเมื่ออัตราส่วนพื้นที่ถ่ายแรงต่อพื้นที่กำแพงมีค่าเพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 1.13 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลัง (Strength enhancement factor) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วสำหรับค่าอัตราส่วนพื้นที่ที่น้ำหนักกระทำต่อพื้นที่ของกำแพง ที่น้อยกว่า 0.15 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังจะมีค่าน้อยลงเมื่ออัตราส่วนพื้นที่ที่น้ำหนักกระทำต่อพื้นที่ของกำแพง มีค่าระหว่าง 0.15 - 0.3 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อกำลังจะไม่มีผลกระทบเมื่ออัตราส่วนพื้นที่ที่น้ำหนักกระทำต่อพื้นที่ของกำแพงมากกว่า 0.33



รูปที่ 1.13 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังของกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดกระทำที่ศูนย์กลางของกำแพง

(ที่มา : Page and Hendry, 1988)



รูปที่ 1.14 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังของกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดกระทำที่ปลายสุดของกำแพง
(ที่มา : Page and Hendry, 1988)

เมื่อพิจารณาสมการของเส้นกราฟของกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดที่ศูนย์กลางดังรูปที่ 1.13 ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1.18)

$$R = \frac{0.55 \left(1 + 0.5 \frac{a_l}{L} \right)}{A_r^{0.33}} \quad (1.18)$$

$$\leq \left(1.50 + \frac{a_l}{L} \right)$$

$$\geq 1.0$$

เมื่อกำหนดให้

R คือปัจจัยที่มีผลต่อกำลังแบกทาน = กำลังแบกทานของกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด / กำลังแบกทานของกำแพงรับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ

L ความยาวของกำแพง

a_l ระยะจากปลายใกล้สุดของกำแพงถึงขอบของพื้นที่ถ่ายแรง

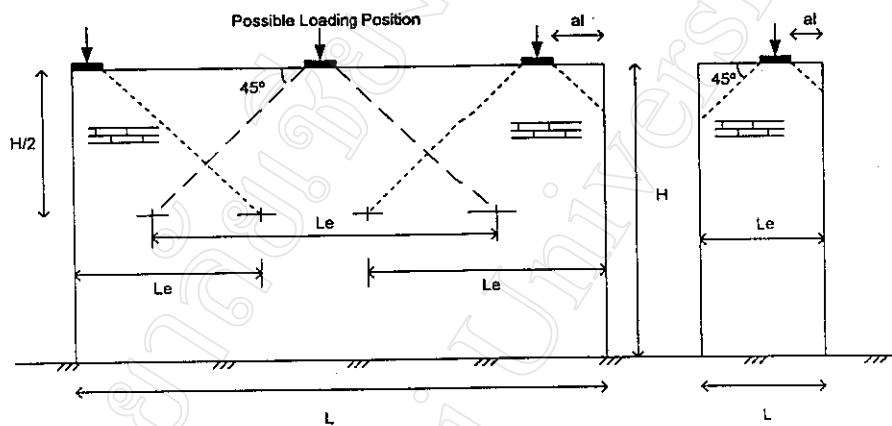
$$A_r = \frac{A_b}{A_e}$$

A_b พื้นที่ถ่ายแรงหรือพื้นที่แผ่นเหล็กถ่ายแรง

A_e พื้นที่ประสิทธิภาพของกำแพง = ความยาวประสิทธิภาพคูณกับความหนา

ดังรูปที่ 1.15

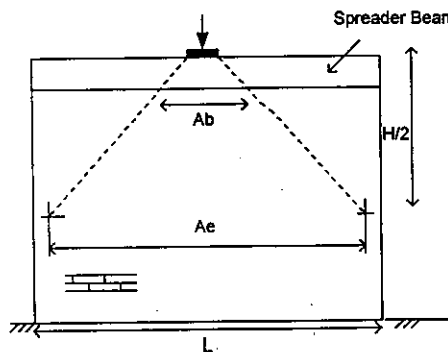
สำหรับกำแพงที่มีขนาดเล็กพื้นที่ประสิทธิผลเท่ากับความจริงของกำแพงคูณกับความหนา แต่ในการสร้างกำแพงจริงนั้นกำแพงจะยาว และในการออกแบบกำแพงเพื่อรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดนั้นจำเป็นต้องแสดงขอบเขตประสิทธิผลที่พิจารณา โดย Page and Hendry (1988) ใช้สมมุติฐานที่มีการกระจายของแรงทำมุม 45 องศา กับขอบบนของกำแพงออกไปทั้งสองข้างของพื้นที่ถ่ายแรง และวิเคราะห์ความยาวประสิทธิผลที่ระยะครึ่งหนึ่งของความสูงของกำแพงดังรูปที่ 1.15



รูปที่ 1.15 การหาความยาวประสิทธิผลตามสมมุติฐานของ Page and Hendry
(ที่มา : Page and Hendry, 1988)

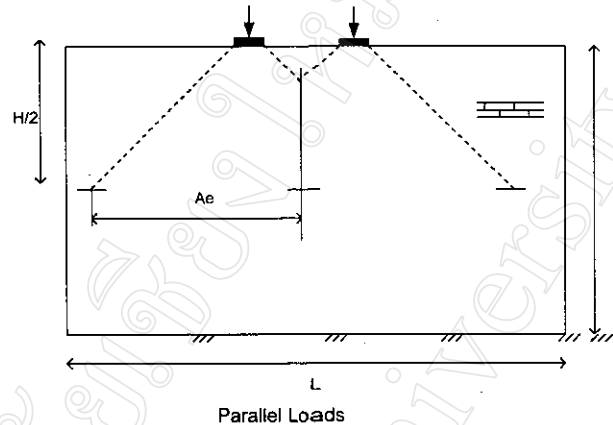
ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อการออกแบบกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดคือคานถ่ายแรง และน้ำหนักกระทำเป็นจุดสองอันที่วางใกล้กัน

คานถ่ายแรงหรือคานเอ็น Page and Hendry (1988) ให้สมมุติฐานที่มีการกระจายของแรงผ่านแผ่นเหล็กถ่ายแรงทำมุม 45 องศา หรือ 60 องศาจากขอบบนของกำแพง แต่ให้คิดพื้นที่ถ่ายแรง (A_b) ที่ได้คานถ่ายแรง จากการกระจายของแรงผ่านคานถ่ายแรงดังรูปที่ 1.16



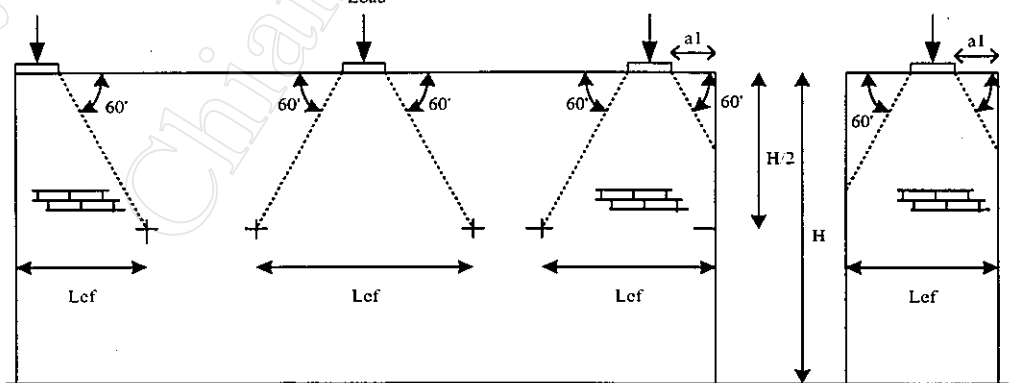
รูปที่ 1.16 สมมุติฐานที่ใช้ในการออกแบบกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดผ่านคานถ่ายแรง
(ที่มา : Page and Hendry, 1988)

น้ำหนักที่อยู่ใกล้กันของน้ำหนักกระทำเป็นจุด Page and Hendry (1988) ให้สมมุติฐานการกระจายของแรงกระจายออกมาจากแต่ละแหล่งและหาพื้นที่ประสิทธิผลจากจุดที่มีการซ้อนทับกันของการกระจายแรงดังรูปที่ 1.17



รูปที่ 1.17 การหาพื้นที่ประสิทธิผลเมื่อน้ำหนักกระทำเป็นจุดสองอันวางใกล้กัน
(ที่มา : Page and Hendry, 1988)

Eurocode 6 Part 1 - 1, ENV 1996 – 1 – 1 แนะนำไว้ในการออกแบบกำแพงรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด (Design Vertical Strength for Concentrated Loads) การกระจายของแรงกระทำจะสมมุติให้แรงกระจายเป็นเส้นตรงโดยทำมุม 60 องศา กับแนวราบดังรูปที่ 1.18 สำหรับการออกแบบกำลังแบกทานเฉพาะจุด (Local Strength) ต้องไม่เกินค่าดังสมการที่ (1.19)



รูปที่ 1.18 แสดงการกระจายของแรงภายใต้น้ำหนักกระทำเป็นจุดบนกำแพง
(ที่มา : Eurocode 6 Part 1 - 1, ENV 1996 – 1 - 1)

$$\frac{f_k}{\gamma_m} \left\{ (1 + 0.15x) \left[1.5 - 1.1 \left(\frac{A_h}{A_{ef}} \right) \right] \right\} \quad (1.19)$$

แต่ค่าที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า $\frac{f_k}{\gamma_m}$ หรือมากกว่า $1.25 \frac{f_k}{\gamma_m}$

โดยที่

$$x = \frac{2a_1}{H} \text{ แต่ต้องน้อยกว่า } 1$$

a_1 คือระยะจากขอบของกำแพงจนถึงน้ำหนักรกด

H คือความสูงของกำแพง

A_h คือพื้นที่สัมผัสของน้ำหนักรกดต่อกำแพง แต่ต้องไม่น้อยกว่า $0.45 A_{ef}$

A_{ef} คือพื้นที่สัมผัสประสิทธิเท่ากับ $L_{ef} t$

L_{ef} คือความยาวประสิทธิผล วัดระยะจากการกระจายของแรงโดยทำมุม 60 องศา กับแนวราบออกมาทั้ง 2 ข้างที่ระดับความสูง $0.5 H$ ดังรูปที่ 1.18

γ_m อัตราส่วนปลอดภัยของวัสดุ

t คือความหนาของกำแพง

f_k กำลังอัดของกำแพงวัสดุที่รองรับน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอซึ่งหาได้จากสมการที่ (1.20)

$$f_k = K f_h^{0.65} f_m^{0.25} \quad (1.20)$$

K ค่าคงที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.6 แนะนำให้ใช้ $K = 0.6$ ในกรณีที่ก่อกำแพงแบบแนวเดียวโดยความหนาของกำแพงเท่ากับความหนาก่อนวัสดุก่อ

f_m ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของปูนก่อ

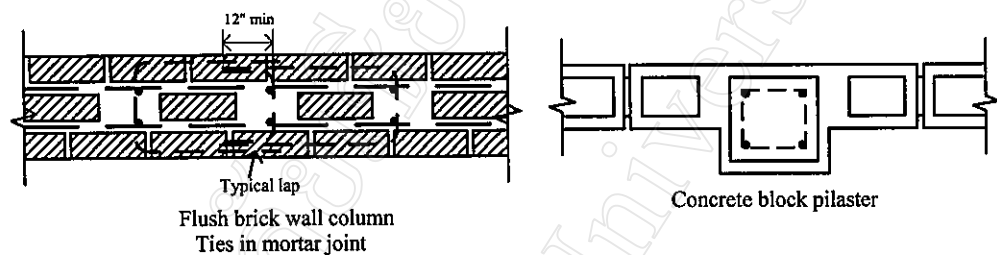
f_h กำลังอัดของก้อนวัสดุก่อมาตรฐานหาได้จาก $f_h \left(\frac{h}{\sqrt{A}} \right)^{0.37}$

f_h กำลังของก้อนวัสดุก่อที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของบล็อกคิควจากหน้าตัดสุทธิ

h ความสูงของก้อนวัสดุก่อ

A พื้นที่ที่รับแรง (Loaded Area) คัดหน้าตัดสุทธิ

จากรูปที่ 1.19 การก่อกำแพงที่รับน้ำหนักกระทำเป็นจุดโดยใช้ระบบกำแพงที่ทำหน้าที่กึ่งเสาและกำแพงในต่างประเทศจะใช้บล็อกที่ทำขึ้นโดยเฉพาะและมีการเสริมเหล็กยื่นและเหล็กปลอก แต่ในงานวิจัยนี้จะไม่เสริมบล็อกขนาดใหญ่เข้าไป แต่จะกรอกปูนกรอกในส่วนภายใต้ที่น้ำหนักกระทำเป็นจุดกระทำเท่านั้นและไม่ได้เสริมเหล็กยื่น ทั้งนี้ต้องการทดสอบดูว่ากำแพงจะรับน้ำหนักกระทำเป็นจุดเพิ่มขึ้นอีกหรือไม่เพิ่มขึ้นเลย หากรับน้ำหนักเพิ่มได้จริงตามสมมุติฐานก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานก่อสร้างจริงได้โดยไม่ต้องใช้บล็อกพิเศษและเหล็กเสริมยื่นที่เสริมเข้ามาอย่างในต่างประเทศ



รูปที่ 1.19 กำแพงกรอกปูนที่ทำหน้าที่คล้ายเสาและกำแพงในเวลาเดียวกัน

(ที่มา : Schneider and Dickey, 1994)

1.3 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ประวัติ ตั้งศิริวัฒนกุล (2526) ได้ศึกษาความแข็งแรงของระบบกำแพงรับน้ำหนักซึ่งรับน้ำหนักตามแนวแกนที่ทำจากคอนกรีตบล็อกในท้องถิ่นที่ได้รับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของไทย ซึ่งกำแพงที่นำมาทดสอบแบ่งเป็น 2 แบบ คือแบบเสริมเหล็กและแบบไม่เสริมเหล็ก แล้วนำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าลึงค์ประลัย และนำไปเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา จากการทดสอบปรากฏว่า ผลการทดสอบสามารถนำมาสรุปเป็นสูตร และนำไปใช้ในการหาค่าลึงค์รับน้ำหนักของคอนกรีตบล็อกในท้องถิ่นได้

Hamid and Chukwunonye (1986) ทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง 3 มิติในการใช้วิธีไฟไนท์เอลิเมนต์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของปริซึมคอนกรีตบล็อกภายใต้แรงกดตามแนวแกน จากนั้นนำค่าการกระจายของความเค้นในแต่ละทิศทางมาศึกษาพฤติกรรมและรูปแบบการวิบัติของปริซึมที่ก่อด้วยปูนก่อเฉพาะเปลือกบล็อก (Face-Shell Bedded) และปูนก่อเต็มหน้าบล็อก (Fully-Beded) จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการวิเคราะห์คือ

รูปแบบของปูนก่อในแนวนอน การก่อปริซึมโดยใช้ปูนก่อเฉพาะเปลือกบล็อกละเกิดความเค้นด้านข้างสูงในเอวบล็อก (Web) ซึ่งเป็นสาเหตุของพฤติกรรม Beam Action ในช่วงว่างระหว่างเอวบล็อก ดังนั้นปูนก่อเฉพาะเปลือกบล็อกละจึงทำให้เกิดรอยแยกในเอวบล็อกเมื่อใช้น้ำหนักกดที่น้อยกว่าการก่อโดยใช้ปูนก่อเต็มหน้าบล็อก

อัตราส่วนความสูงต่อความหนาของปริซึม (H/t) ในการหาค่ากำลังของคอนกรีตบล็อกจากปริซึมคอนกรีตบล็อก หากใช้อัตราส่วนความสูงต่อความหนาเท่ากับ 2 แล้วควรใช้ปริซึมคอนกรีตบล็อก 3 ชั้น โดยชั้นบนและล่างสุดเป็นคอนกรีตบล็อกที่ตัดในด้านสูงของบล็อกให้เหลือครึ่งบล็อกแทนการใช้คอนกรีตบล็อกปริซึม 2 ชั้นต่อกัน เนื่องจากการใช้ปริซึม 3 ชั้นนี้จะให้ค่าความเค้นดึงเกิดขึ้นที่บล็อกตัวกลางมีพฤติกรรมเหมือนกับกำแพงใช้งานจริงมากกว่า

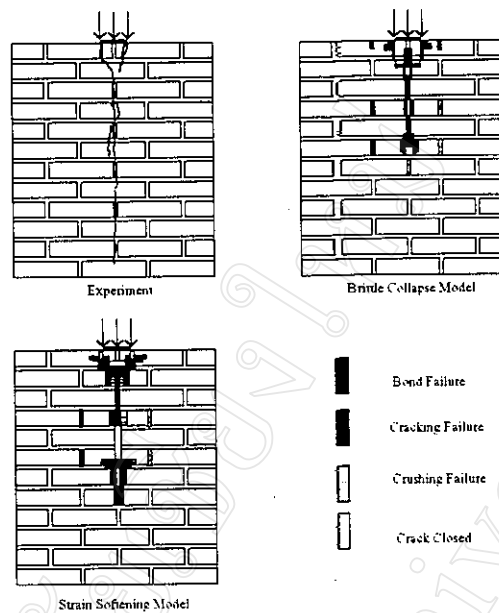
แผ่นเหล็กถ่ายแรง หากแผ่นเหล็กถ่ายแรงมีความหนามากเกินไปจะทำให้เกิดความเค้นดึงสูงบริเวณบล็อกอันบนสุด เป็นเหตุให้เกิดการวิบัติก่อนกำหนด

Ali and Page (1988) ใช้แบบจำลองไฟไนท์อีลิเมนต์ศึกษากำแพงอิฐรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด โดยใช้พฤติกรรมจากวัสดุและการวิบัติเป็นแบบไร้เชิงเส้น (Nonlinear) โดยที่อิฐและปูนก่อจะถูกจำลองแยกจากกัน แต่ให้วัสดุทั้ง 2 มีพฤติกรรมการยุบตัวแบบไร้เชิงเส้นเหมือนกัน แบบจำลองสามารถจำลองพฤติกรรมของกำแพงซึ่งมี Local Stress สูงและมี Stress Gradients ได้ เช่นกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกกระทำเป็นจุดจากคาน หรือ Prestressing Anchorages แบบจำลองที่ใช้แยกเป็น 2 แบบ คือ

แบบจำลองที่ 1. สมมุติความเค้นดึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในรอยแยกของปูนก่อ (Brittle Collapse Model)

แบบจำลองที่ 2. ความเค้นดึงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในรอยแยกของปูนก่อ (Strain Softening Model)

จากแบบจำลองทั้งสองเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงได้รูปแบบการวิบัติของกำแพงรับแรงกระทำเป็นจุดดังรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.20 แสดงรูปแบบการวิบัติจากผลการทดลองและแบบจำลองเมื่ออัตราส่วนความยาวคาน

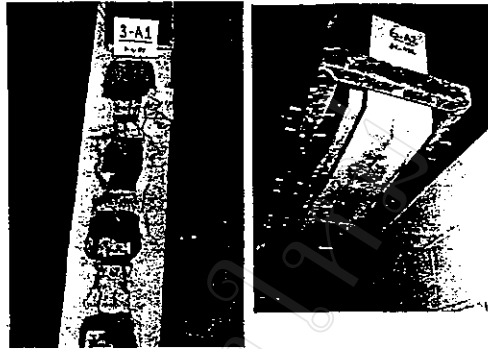
ถ่ายแรงต่อความยาวผนังเท่ากับ 0.1

(ที่มา : Ali and Page, 1988)

Page and Shrive (1990) ทำการศึกษากำแพงคอนกรีตบล็อกขนาด ยาวxหนาxสูง เท่ากับ 40x20x20 ซม. มีคานเอ็นในแถวบนสุดภายใต้น้ำหนักกระทำเป็นจุด ใช้ปูนก่อเฉพาะเปลือกบล็อก ผลการศึกษาพบว่าทฤษฎีและการออกแบบบล็อกตันไม่สามารถใช้กับบล็อกกลวงได้ แม้ว่ารูปแบบการวิบัติในตอนแรกจะเกิดการปริแยกในแนวคั้งบริเวณใต้พื้นที่ที่แรงกระทำเช่นเดียวกับกำแพงอิฐ แต่รูปแบบการวิบัติสุดท้ายของกำแพงบล็อกกลวงเป็นการปริแยกของเอวบล็อกและการปริแยกเป็นทางยาวภายใต้คานเอ็น(รูปที่ 1.21) ซึ่งไม่สามารถมองเห็นจากภายนอกกำแพง จากการทดลองสรุปได้ว่า

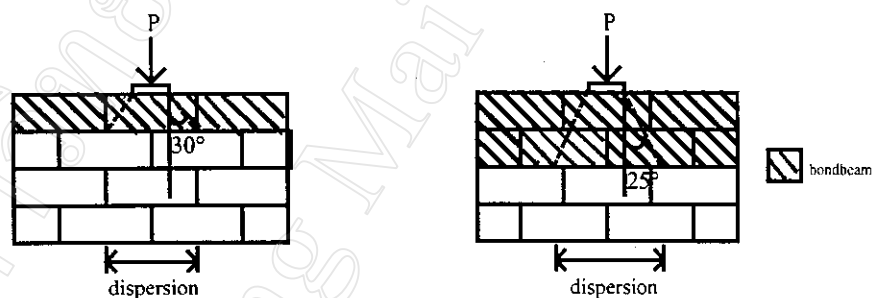
กำแพงคอนกรีตบล็อกจะรับน้ำหนักเมื่อน้ำหนักกดตรงเอวบล็อกพอดีได้มากกว่าเมื่อน้ำหนักกดตรงแกนบล็อก (Core) แต่ทั้ง 2 ส่วนจะรับน้ำหนักได้น้อย จะเป็นการดีกว่าถ้าจะออกแบบให้กำแพงคอนกรีตบล็อกกลวงรับน้ำหนักโดยเอวบล็อกและเปลือกบล็อกหรือรับน้ำหนักโดยคานเอ็น

ความแข็งแรงของปูนกรอกที่ใส่ในคานเอ็นไม่มีผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนักของกำแพงคอนกรีตบล็อก



รูปที่ 1.21 รูปแบบการวิบัติของค้ำแขงคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด
ซึ่งไม่สามารถมองเห็นจากภายนอกได้
(ที่มา : Page and Shrive, 1990)

การแผ่กระจายของน้ำหนักที่กดจากแผ่นเหล็กถ่ายแรงไปสู่คานเอ็นและบล็อกสามารถประมาณค่าน้ำหนักที่แผ่กระจายโดยทำมุม 30 องศา กับแนวดิ่ง เมื่อมีคานเอ็น 1 แถว และ 25 องศา เมื่อมีคานเอ็น 2 แถว ดังรูปที่ 1.22

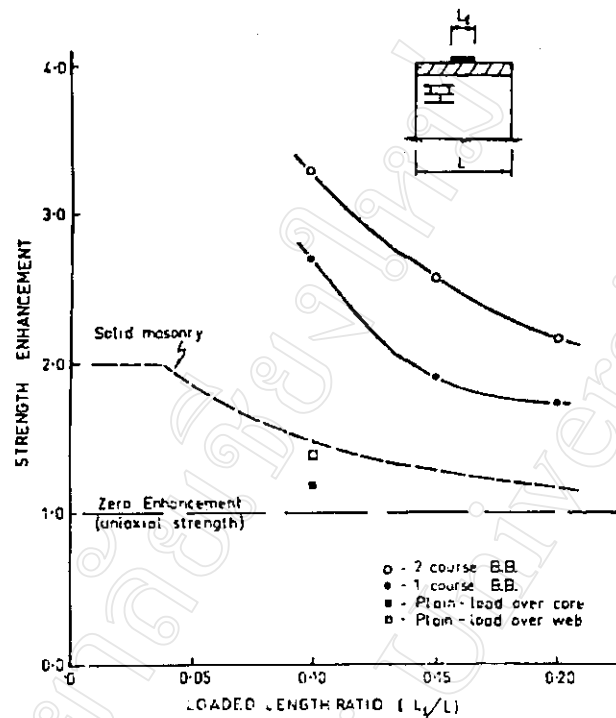


รูปที่ 1.22 การแผ่กระจายของน้ำหนักที่กดจากแผ่นเหล็กถ่ายแรง
(ที่มา : Page and Shrive, 1990)

การใช้คานเอ็นไม่ได้ช่วยให้ค้ำแขงรับน้ำหนักได้มากขึ้น เพียงแต่น้ำหนักที่ถ่ายลงที่คานจะถูกรับโดยคานก่อนที่จะไปถึงตัวบล็อก การที่คานเอ็นมีขนาดหนาขึ้นเป็นเพียงแต่ช่วยกระจายแรงได้มากขึ้นเท่านั้น

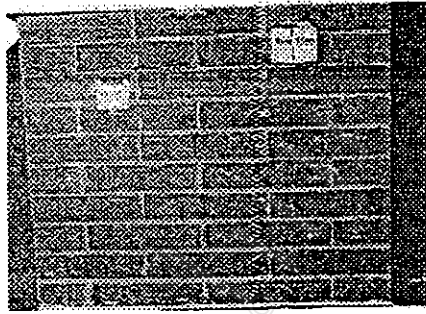
ค้ำแขงที่มีคานเอ็นจะรับน้ำหนักได้มากขึ้นเมื่ออัตราส่วนความยาวแผ่นเหล็กถ่ายแรงต่อความยาวของค้ำแขง (Load - Length Ratio) ลดลงดังรูปที่ 1.23 ซึ่งเป็นเหตุให้ แกนบล็อกล้นันเกิดการวิบัติโดยรอยปริแยก

ค้ำแขงเมื่อรับแรงเยื้องศูนย์กลางจะรับน้ำหนักได้น้อยกว่าแรงตรงศูนย์กลาง



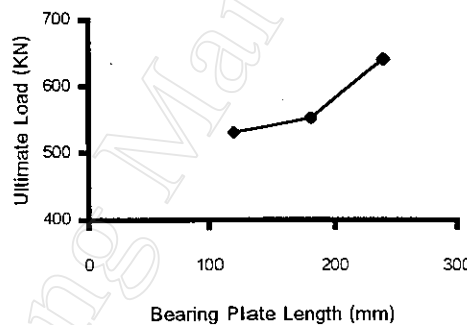
รูปที่ 1.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อกำลังแบกทานของกำแพงคอนกรีตบล็อก และอัตราส่วนความยาวแผ่นเหล็กถ่ายแรงกับความยาวของกำแพง
(ที่มา : Page and Shrive, 1990)

Page and Shrive (1990) ทำการศึกษากำแพงบล็อกกลวงทำจากดินเหนียวขนาด ยาว x หนา x สูง เท่ากับ 40x20x10 ซม. มีแกนเอ็นในแถวบนสุดภายใต้หน้าหน้ากระทำเป็นจุด ใช้ปูนก่อเฉพาะเปลือกบล็อก ผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองกำแพงคอนกรีตบล็อกกลวงของ Page and Shrive (1990) พบว่าถึงแม้ลักษณะที่ต่างกันของกำลังของบล็อกที่ใช้หรือรูปร่างคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกกับบล็อกกลวงทำจากดินเหนียวจะต่างกัน แต่พฤติกรรมการวิบัตินั้นจะเหมือนกันคือ จะวิบัติโดยมีรอยแยกในแนวตั้งตั้งฉากกับระนาบของกำแพง (รูปที่ 1.24) และการวิบัติสุดท้ายจะเป็นการปริแตกในเอวบล็อก ซึ่งไม่สามารถมองเห็นจากภายนอก และพฤติกรรมอื่นๆ เหมือนกับคอนกรีตบล็อกทุกประการ



รูปที่ 1.24 พฤติกรรมรอยแยกในแนวตั้งในระนาบตั้งฉากกับผิวสัมผัสของกำแพงบล็อกกลวง
ทำจากดินเหนียว
(ที่มา : Page and Shrive, 1990)

จากการทดลองพบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักประลัยกับขนาดของแผ่นเหล็กถ่ายแรง
ดังรูปที่ 1.25



รูปที่ 1.25 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแผ่นเหล็กถ่ายแรงกับน้ำหนักประลัย
(ที่มา : Page and Shrive, 1990)

Khalaf et. al (1993) ทำการทดลองเพื่อหาค่าตั้งและศึกษาพฤติกรรมของเสาคอนกรีต
บล็อกภายใต้น้ำหนักกดตามแนวแกน และศึกษาผลกระทบของการใช้เหล็กปลอกและเหล็กยื่น
ขนาดต่าง ๆ กัน พร้อมทั้งหาสมการเพื่อทำนายค่าตั้งของเสาคอนกรีตบล็อก โดยทำการทดลอง
ก่อบล็อกเต็มบล็อกขนาดหน้าตัด 40x20 ซม. และครึ่งบล็อกขนาดหน้าตัด 20x20 ซม.
(ตัดจากเต็มบล็อกในด้านกว้างของบล็อก) โดยก่อสอง 6 ก้อน จากการทดลองสรุปผลได้ดังนี้

เสาคอนกรีตบล็อกเสริมเหล็กปลอก Hot - Rolled Deformed High Yield Point ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. จะให้ค่าความเครียดและน้ำหนักบรรทุกที่สูงกว่าเสาคอนกรีตบล็อกเสริมเหล็กปลอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ชนิดเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้เหล็กปลอก Hot-Rolled Deformed High Yield Point กับ Hot-Rolled Plain Low Yield Point พบว่าเหล็กปลอก Hot- Rolled Deformed High Yield Point เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. ให้ค่าความเครียดและน้ำหนักบรรทุกที่สูงกว่าเหล็กปลอก Hot - Rolled Plain Low Yield ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม.

กำลังของเสาคอนกรีตบล็อกเต็มบล็อก (40x20 ซม.) เสริมด้วยเหล็กปลอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 และ 8 มม. อย่างเดียว จะสูงกว่ากำลังของเสาคอนกรีตบล็อกใส่ปูนกรอกแต่ไม่เสริมเหล็กปลอกประมาณ 17.7 และ 17.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่เมื่อเสริมเหล็กปลอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. น้ำหนักบรรทุกเฉลี่ยจะน้อยกว่าเสาคอนกรีตบล็อกกรอกปูนแต่ไม่เสริมเหล็กปลอกประมาณ 8.3 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการวิบัติก่อนกำหนดของเสาจาก Tensile Splitting Stresses มีค่าสูงรอบเหล็กปลอก ในทางตรงกันข้ามผลของเสาคอนกรีตบล็อกครึ่งบล็อก (20x20 ซม.) ให้กำลังสูงขึ้น 1.7 4.4 และ 20.5 เปอร์เซ็นต์ด้วยการเสริมเหล็กปลอกขนาด 6 8 และ 10 มม. ตามลำดับ ซึ่งเป็นกำลังที่เพิ่มขึ้นเหมือนกับเสาคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป

เสาคอนกรีตบล็อกทั้งครึ่งบล็อกและเต็มบล็อกซึ่งเสริมเหล็กขึ้นอย่างเดียวนาขนาดต่าง ๆ กันจะได้น้ำหนักบรรทุกที่สูงกว่าเสาคอนกรีตบล็อกใส่ปูนกรอกแต่ไม่ได้เสริมเหล็ก

เสาคอนกรีตบล็อกทั้งเต็มบล็อกและครึ่งบล็อกเมื่อเสริมเหล็กปลอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มม. และเปลี่ยนขนาดเหล็กเสริมอื่น เมื่อเพิ่มขนาดเหล็กเสริมอื่นจะทำให้รับน้ำหนักบรรทุกได้สูงขึ้น

จากการทดลองได้เสนอสูตรคำนวณน้ำหนักประลัยของเสาคอนกรีตบล็อกโดยยึดพื้นฐานจากกำลังรับแรงอัดของบล็อก ซึ่งได้จากการก่อบริซึม 3 ชั้น และเหล็กเสริมอื่นนั้นยึดพื้นฐานจากครึ่งหนึ่งของกำลังคราก (Yield Strength) ของเหล็กซึ่งได้จากความเครียดที่ถูกบันทึกจากการทดลอง ซึ่งสูตรที่ได้มีดังสมการที่ (1.21)

$$P_u = \left[f_m (A_g - A_s) + \frac{f_y A_s}{2} \right] / 1000 \quad (1.21)$$

Khalaf et al. (1994) ทำการศึกษาผลกระทบของกำลังของคอนกรีตบล็อกที่ใช้ปูนรอกและปูนก่อแต่ละชนิดภายใต้แรงกด และศึกษาพฤติกรรมของปริซึมเต็มบล็อกและครึ่งบล็อก (ตัดจากเต็มบล็อกในด้านสูงของบล็อก) โดยปูนก่อต่างกัน 3 แบบคือ แบบปูนก่อธรรมดา (ปูนซีเมนต์, ปูนขาว, ทราย) Dental Plaster และ Polystyrene Joints จากการทดลองพบว่า

กำลังของปริซึมเต็มบล็อกและครึ่งบล็อกจะสูงขึ้นเมื่อกำลังของปูนรอกมีค่ามากขึ้น กำลังของปริซึมทั้งใส่และไม่ใส่ปูนรอกของปริซึมเต็มบล็อกจะน้อยกว่าของปริซึมครึ่งบล็อก เนื่องจากค่าอัตราส่วนของความยาวบล็อกต่อความหนาล็อกของปริซึมเต็มบล็อกจะมากกว่าปริซึมครึ่งบล็อก

การที่จะทำให้กำลังของปริซึมมีค่าสูงจะต้องทำให้ระยะยวบตัวของปูนรอกและคอนกรีตบล็อกไปพร้อมกัน นั่นคือการจะต้องใช้ปูนรอกที่มีกำลังสูงกว่าคอนกรีตประมาณ 45 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์

การใช้ Polystyrene แทนปูนก่อธรรมดามีผลทำให้กำลังของปริซึมลดลงเหลือ 25 เปอร์เซ็นต์ และปริซึมครึ่งบล็อกให้กำลังอัดสูงกว่าปริซึมเต็มบล็อก 25 เปอร์เซ็นต์

จันนังค์ กริพละ (2542) ทำการทดสอบผลของคานเอ็น ต่อพฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตบล็อกภายใต้น้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ โดยทำการก่อกำแพงคอนกรีตบล็อกกว้าง 89 ซม. และเสริมคานเอ็น จากการทดลองพบว่าชุดทดลองที่เสริมคานเอ็นบนสุดและล่างสุดมีอัตราส่วนความชะลุดเท่ากับ 10.9 จะมีรอยร้าวเกิดขึ้นทางด้านกว้างของกำแพงก่อน โดยเริ่มจากบริเวณกึ่งกลางของความกว้างในตอนบนก่อนแล้วจึงขยายลงไปตามด้านล่าง แต่ก็มีบางส่วนที่มีการขยายตัวขึ้นสู่ด้านบนด้วย ในด้านหน้าของกำแพงนั้นจะมีรอยร้าวเกิดขึ้นเล็กน้อยและเกิดขึ้นหลังจากที่รอยร้าวทางด้านกว้างขยายตัวไประยะหนึ่งแล้ว ลักษณะการวิบัติจะเป็นแบบการแยกตัวกลางระนาบของกำแพง (Middle Plane Spalling) เมื่อพิจารณาการขยายตัวทางด้านข้างของกำแพงพบว่าส่วนมากกำแพงจะมีการขยายตัวในส่วนบนสูงกว่าส่วนกลางและส่วนล่างเมื่อน้ำหนักมากขึ้น และจากการทดลองสรุปได้ว่า คานเอ็นช่วยลดการขยายตัวทางด้านกว้างของกำแพงได้น้อยมากเมื่อเทียบกับแรงเสียดทาน แต่เพียงพอที่จะยับยั้งรอยร้าวได้ และคานเอ็นช่วยจำกัดการแตกร้าวทางด้านกว้างมิให้ขยายตัว แต่ทำให้กำแพงเกิดการแตกร้าวทางด้านหน้าได้ง่ายขึ้น และคานเอ็นทำให้กำลังของกำแพงลดลงเล็กน้อย

1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ศึกษาพฤติกรรมของกำแพงคอนกรีตบล็อกเมื่อใส่ปูนกรอกเฉพาะบริเวณได้น้ำหนักกระทำเป็นจุดว่าแตกต่างจากกำแพงที่ไม่กรอกปูนกรอกและเสาเดี่ยวยังไง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะในกรณีที่กำแพงรับน้ำหนักบรรทุกกระทำเป็นจุดในแนวแกนแบบตรงศูนย์เท่านั้นโดยมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 มีคานเอ็นในส่วนบนสุดและล่างสุดของกำแพงคอนกรีตบล็อกทุกตัวอย่าง เพื่อจำลองสภาพที่ใกล้เคียงกับผนังอาคารจริง

1.5.2 ทำการศึกษาโดยใช้คอนกรีตบล็อกท้องถิ่นซึ่งมีขนาด 29 x 15 x 14 ซม.

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงประยุกต์

ข้อมูลจากการศึกษาจะเป็นแนวทางหนึ่งในการนำไปใช้เพิ่มความแข็งแรงของกำแพงเมื่อกำแพงจำเป็นต้องรับน้ำหนักกระทำเป็นจุด