

เอกสารประกอบการอบรม "การก่อสร้างอาคารด้วยบล็อกประสาน"

วุฒินัย กกกำแหง

ฝ่ายวิศวกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ระบบผนังรับน้ำหนัก(Bearing Wall)

ผนังรับน้ำหนักเป็นระบบการก่อสร้างรูปแบบหนึ่งในหลาย ๆ รูปแบบที่มีใช้กันในปัจจุบัน ระบบผนังรับน้ำหนักจะใช้ตัวผนังเป็นทั้งตัวกันห้อง และเป็นชั้นส่วนที่ใช้รับกำลังในแนวตั้งต่างๆที่เกิดขึ้นกับอาคารทั้ง แรงลม น้ำหนักบรรทุกจร น้ำหนักบรรทุกตายตัว ฯลฯ ความแตกต่างกันนี้ทำให้การออกแบบโครงสร้างต่างๆตลอดจนขั้นตอนการก่อสร้างมีความแตกต่างกันกับระบบโครงสร้างเสาคานที่พบเห็นกันอยู่ทั่วไป



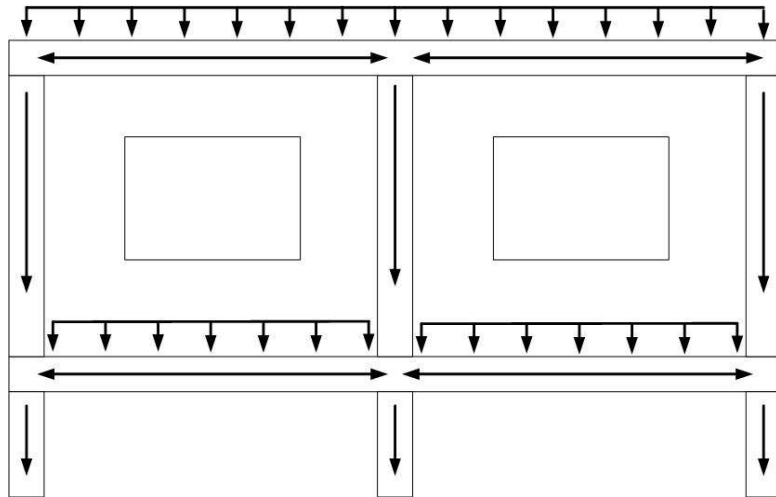
อาคารระบบผนังรับน้ำหนักคอนกรีตเสริมเหล็ก



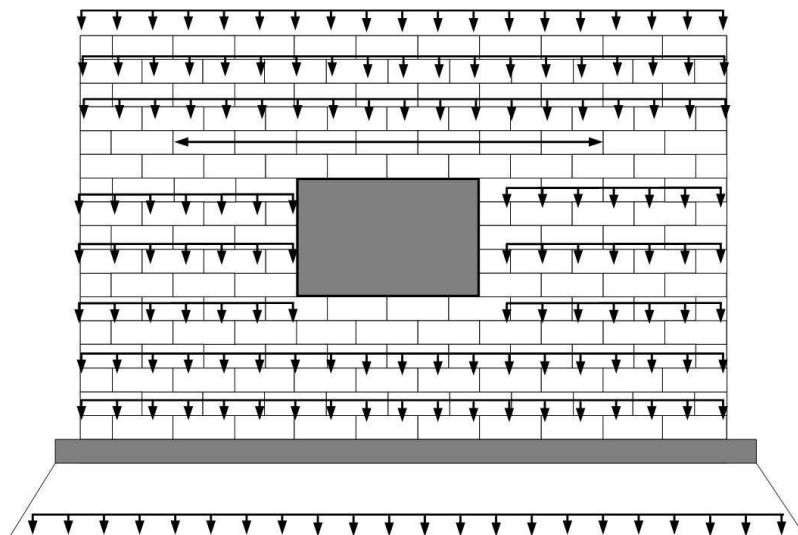
อาคารในรูปแบบเสาคาน

ข้อแตกต่างระหว่างระบบโครงสร้างผนังรับน้ำหนัก และระบบเสาคานทั่ว ๆ ไป การถ่ายน้ำหนัก

สิ่งที่แตกต่างกันอย่างมากในระบบโครงสร้างทั้งสองแบบนี้คือ การถ่ายแรง หรือน้ำหนักต่างๆที่กระทำในอาคาร และแรงภายนอกที่มากกระทำต่ออาคาร ในระบบเสาคานทั่ว ๆ ไป น้ำหนักต่างๆภายในอาคารจะถ่ายลงสู่คาน และคานจะถ่ายน้ำหนักลงสู่เสา จากเสาถ่ายน้ำหนักลงสู่ฐานราก



แต่ในกรณีของระบบผนังรับน้ำหนัก แรงทั้งหมดจะถ่ายลงสู่ก้อนบล็อก จากนั้นบล็อกแต่ละก้อนก็จะถ่ายน้ำหนักใส่กันลงมาเรื่อยๆตามลำดับชั้นจากบนลงล่าง จนกระทั่งมาถึงในส่วนของฐานราก

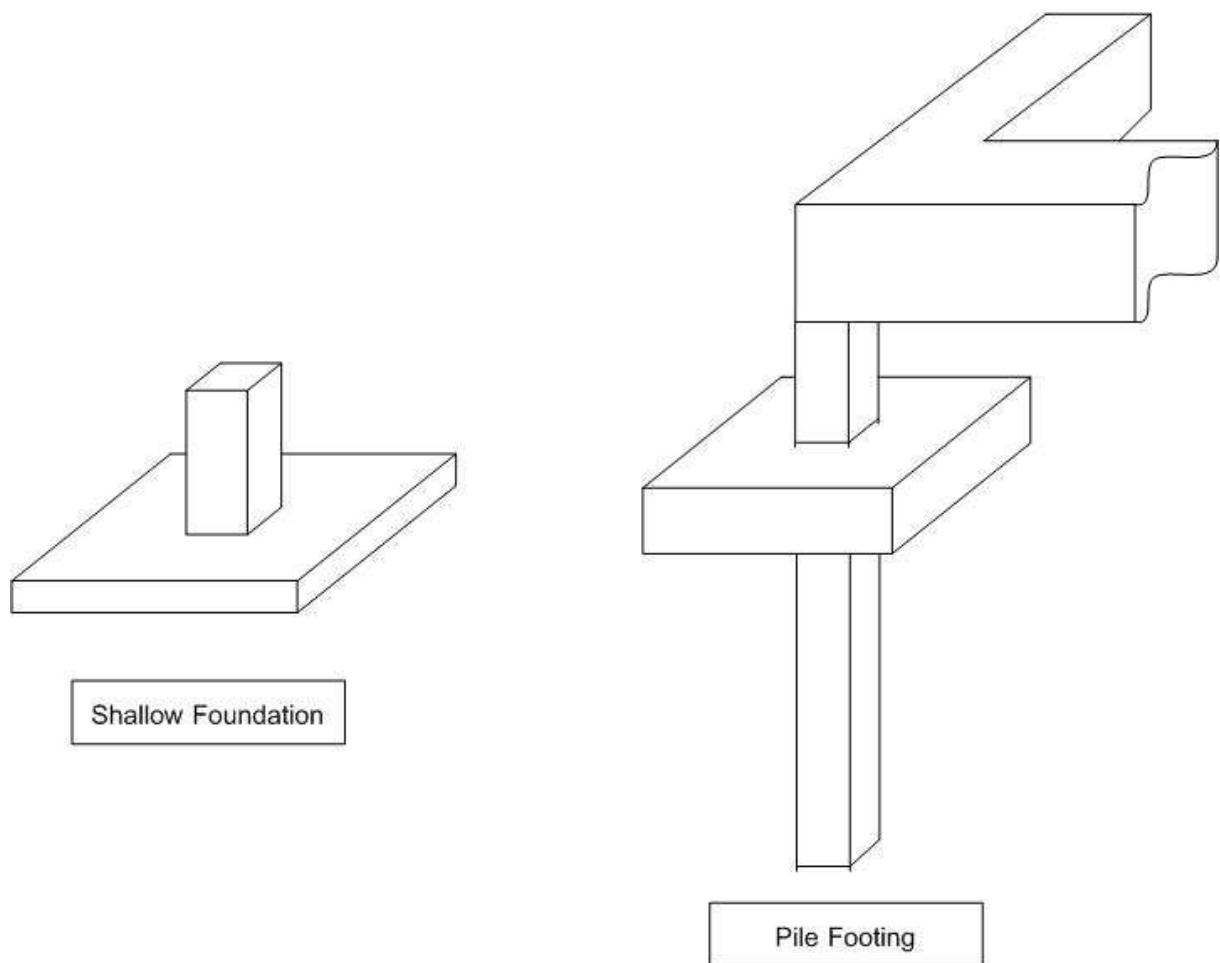


ซึ่งจะเห็นได้ว่าในระบบโครงสร้างแบบเสาคาน ตัวผนังจะไม่มีส่วนในการรับกำลังใดๆ จะมีหน้าที่ก็คือเป็นวัสดุที่ใช้ในการกั้นห้องแต่ในกรณีของระบบผนังรับน้ำหนัก ตัวผนังจะเป็นทั้งวัสดุกั้นห้อง และเป็นส่วนโครงสร้างรับแรงกระทำของอาคารด้วยดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างในระบบผนังรับน้ำหนักต้อง

มีความแข็งแรงสูงมากพอที่จะรับแรงกระทำต่างๆได้ และการยึดต่อชิ้นส่วนต่างๆ และรอยต่อ รอยพับต่างๆต้องออกแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานแรงกระทำต่างๆได้ด้วย

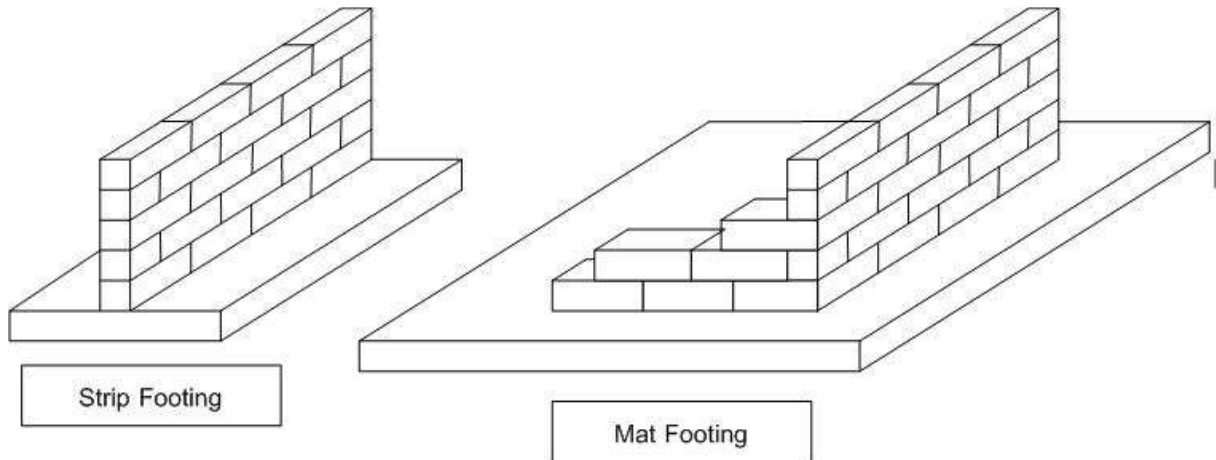
ระบบฐานราก

เนื่องจากโครงสร้างทั้งสองระบบมีการถ่ายน้ำหนักที่แตกต่างกัน โดยในระบบเสาคานทั่วไป น้ำหนักจากอาคารที่ถ่ายลงสู่ฐานรากจะเป็นน้ำหนักกระทำเป็นจุด(Point Load) ดังนั้นระบบฐานรากในอาคารประเภทนี้ก็ต้องออกแบบให้รองรับน้ำหนักที่กดเป็นจุดทำให้รูปแบบฐานรากจะต้องออกแบบให้รองรับต่อแรงกระทำที่เป็นจุดนั้นๆ รูปแบบของฐานในระบบเสาคานทั่วไปที่พบเห็นกันคือ ฐานรากตื้น (Shallow Foundation) และฐานรากเสาเข็ม (Pile Foundation)



ในระบบผนังรับน้ำหนักเนื่องจากบล็อกทุกก้อนจะช่วยกันรับน้ำหนักจากอาคาร ดังนั้นน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ฐานรากจึงมีลักษณะเป็นแรงแบบกระจาย (Uniform Load) ตามความยาวของก้อนบล็อกทุกก้อน ฐานรากที่ใช้กับระบบนี้จึงมีความหลากหลายมากกว่าระบบเสาคานทั่วไปขึ้นอยู่กับารออกแบบ

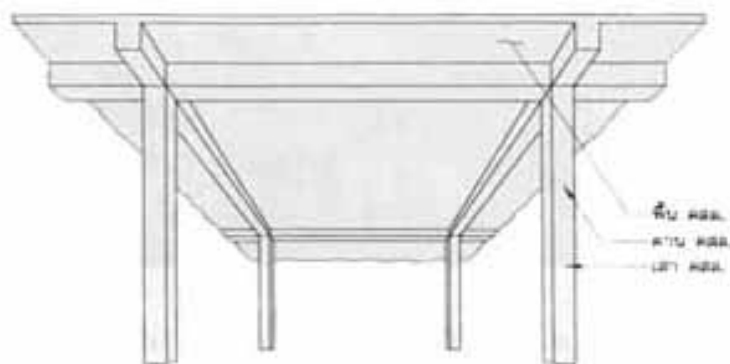
ซึ่งรูปแบบฐานรากต่างๆ เช่น ฐานรากตื้น (Shallow Foundation) ฐานรากเสาเข็ม (Pile Foundation) ฐานรากแผ่ (Mat Foundation) และฐานรากตามยาว (Strip Footing)



การเลือกจะใช้ฐานรากแบบใดในการก่อสร้างอาคารขึ้นอยู่กับความเหมาะสมทั้งทางด้านสภาพภูมิประเทศ ราคาวัสดุ ความเหมาะสมกับโครงสร้าง ฯลฯ ดังนั้นก่อนตัดสินใจใดๆ ควรปรึกษาวิศวกรผู้ออกแบบก่อน ป้องกันข้อผิดพลาด และความเสียหายต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้

ระบบพื้น

พื้นที่ใช้ในระบบผนังรับน้ำหนักนอกจากจะมีหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ และกระจายออกไปสู่ส่วนของโครงสร้างแล้ว หน้าที่หลักที่สำคัญอีกอย่างของพื้นในระบบผนังรับน้ำหนักคือ ต้องทำหน้าที่เป็นตัวยึดปลายผนังต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน และยังสามารถรับแรงดันด้านข้าง และส่งถ่ายต่อไปยังผนังได้ด้วย ชั้นส่วนนี้จะเรียกว่า ไดอะแฟรม (Diaphragm) จุดที่เชื่อมต่อระหว่างผนัง และไดอะแฟรมเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในการส่งถ่ายแรงที่เกิดขึ้นจึงต้องมีการยึดรั้งให้มีความเหนียวเพียงพอที่จะส่งถ่ายแรงที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจุดหลักเหล่านี้จึงควรมีการเสริมเหล็กเพื่อช่วยยึดรั้ง



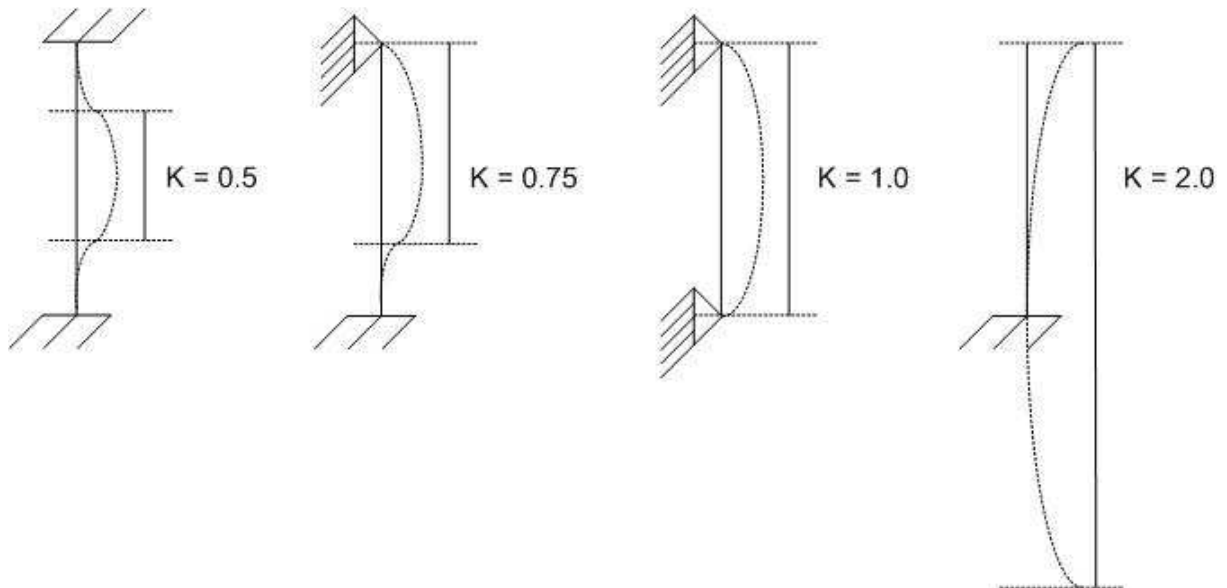
พื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่

ระบบพื้นหล่อในที่



ระบบพื้นสำเร็จในอาคาร

พื้นที่ใช้ในระบบอาคารผนังรับน้ำหนักควรเป็นพื้นหล่อในที่(Cast-in-Place Slab) และต้องมีการเสริมเหล็กอย่างถูกต้องเพื่อให้เกิดการส่งถ่ายแรง และเกิดการยึดรั้งผนังทุกด้านเข้าไว้ด้วยกันอย่างแน่นหนา ผลของยึดรั้งจะส่งผลถึงค่าสัดส่วนความชะลุด (ความสูงของผนัง/ความกว้างของผนัง) ในการออกแบบอาคาร ค่าสัดส่วนความชะลุดยิ่งน้อยตัวคุณลดค่ากำลังจะยิ่งน้อย ถ้าค่าความชะลุดมากตัวคุณลดค่ากำลังก็จะมากตามไปด้วย



ตัวอย่างค่าสัดส่วนความชะลุด

การคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารวัสดุก่อ

คำนิยามที่ควรรู้เกี่ยวกับอาคารวัสดุก่อ

เกร้าท์ หมายถึงส่วนผสมของวัสดุที่เป็นเชื้อประสาน และมวลรวมซึ่งจัดส่วนปฏิกิริยาให้มีความชื้นเหลวพอดีที่จะเท หรือสูบลได้ โดยวัสดุที่เป็นส่วนผสมไม่เกิดการแยกตัวออกจากกัน

งานวัสดุก่อ หมายถึงงานก่อสร้าง ที่ประกอบด้วยก้อนวัสดุก่อซึ่งวางเรียงในมอร์ต้า หรือเกร้าท์

งานวัสดุก่อเสริมเหล็ก หมายถึงวัสดุก่อซึ่งฝังเหล็กเสริมตามเกณฑ์กำหนด ในลักษณะที่ทำให้วัสดุทั้งสองอย่างทำการต้านแรงต่างๆด้วยกัน

บัทเทรส หมายถึงเสาวัสดุก่อซึ่งสร้างขึ้นเป็นส่วนเดียวกับผนัง โดยยื่นออกจากผิวหน้าข้างหนึ่งข้างใด หรือทั้งสองข้าง และมีเนื้อที่ค่อยๆลดลงจากฐานถึงยอด

พิลาสเตอร์ หมายถึงส่วนของผนังซึ่งทำหน้าที่เป็นคานทางแนวตั้ง หรือเป็นเสา หรือทั้งสองอย่าง ในงานวัสดุก่อเสริมเหล็ก พิลาสเตอร์อาจยื่น หรือไม่ยื่นออกจากผิวหน้าข้างหนึ่งข้างใดของผนังก็ได้

การคำนวณออกแบบอาคารวัสดุก่อนี้จะอ้างอิงจาก “มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ” วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยมีรายละเอียดเบื้องต้นที่ควรทราบคือ

1. กำลังของวัสดุก่อคอนกรีต

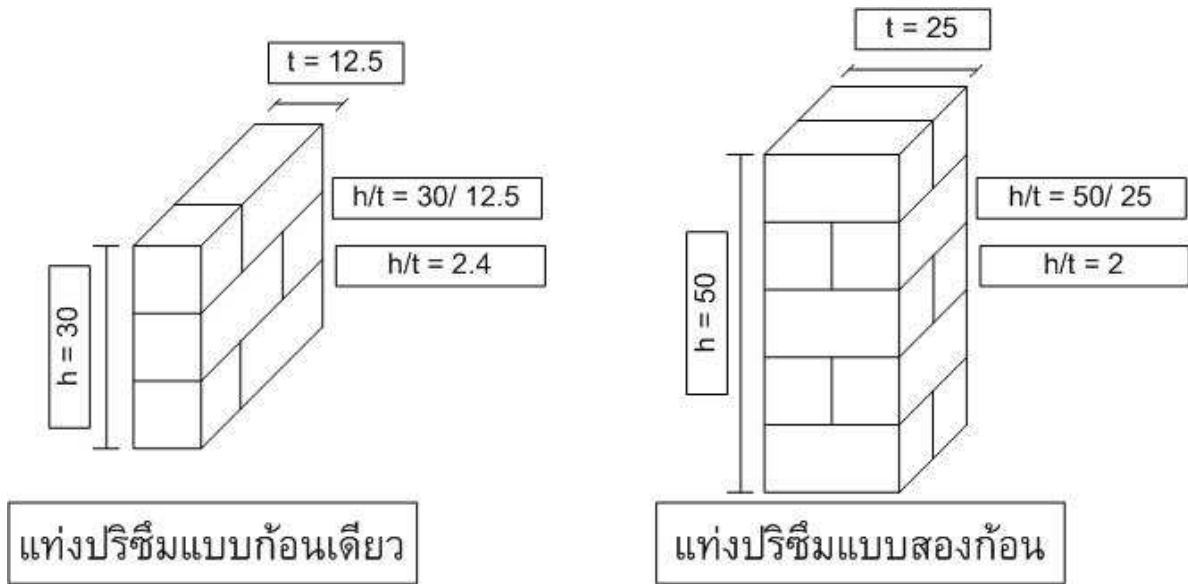
ในการหากำลังของวัสดุก่อใช้กำลังอัดที่ 28 วันของวัสดุก่อคอนกรีตนำมาทดสอบหาค่าต้านทานกำลังอัด ในการทดสอบหากำลังอัดจะมีการทดสอบ 2 รูปแบบคือ

1.1 การทดสอบแบบปริซึม

ทดสอบโดยการสร้างแท่งปริซึมที่ผลิตขึ้นจากก้อนบล็อกประสานโดยใช้การยัดหน่วงแบบเดียวกับที่ใช้ในโครงสร้าง โดยต้องควบคุมความชื้นขณะก่อ ความชื้นเหลวของมอร์ต้า และควบคุมคุณภาพในการก่อให้เหมือนกับการก่อสร้างจริง โดยขึ้นตัวอย่างทุกชั้นต้องมีอัตราส่วนความสูงต่อความหนา (h/t) ไม่น้อยกว่า 2 และต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร ในการทดสอบแต่ละครั้งต้องใช้ชั้นตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 ชั้น เมื่อได้ชั้นตัวอย่างแล้วให้นำมาทดสอบหากำลังอัด (fm') ซึ่งคำนวณได้จากการนำค่าแรงอัดสูงสุดที่ทดสอบได้นำมาหารด้วยเนื้อที่สุทธิของแท่งปริซึม

อัตราส่วนความสูงต่อความหนา (h/t)	1.5	2.0	2.5	3.0
แฟคเตอร์สำหรับปรับแก้	0.86	1.00	1.11	1.20

แฟคเตอร์ที่มีค่าอยู่ระหว่างค่าที่ให้ไว้นี้ให้หาโดยวิธีเฉลี่ยโดยตรง



รูปแบบของปริซึมที่ใช้ทดสอบ

1.2 กำลังของก้อนวัสดุก่อ

ทดสอบโดยการนำก้อนวัสดุก่อมาทดสอบหาค่าแรงอัดสูงสุด แล้วนำมาคิดค่าหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ โดยเฉลี่ยค่า fm' จากตารางด้านล่าง

กำลังอัดของก้อน (กก./ตร.ซม.)	กำลังอัดของวัสดุก่อทั้งหมด fm' (กก./ตร.ซม.)
70 ถึง 105	63 ถึง 80
106 ถึง 175	81 ถึง 110
176 ถึง 280	111 ถึง 140
281 ถึง 420	141 ถึง 170
มากกว่า 420	มากกว่า 170

2. หน่วยแรงที่ยอมให้ในงานวัสดุก่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก

2.1 ค่าหน่วยแรงอัด

ค่าหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ในงานวัสดุก่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก จะต้องมามีค่าไม่เกินค่าที่ยอมให้คือ

หน่วยแรงตามแนวแกน	0.20 fm'
หน่วยแรงดัด	0.30 fm'

2.2 หน่วยแรงเฉือน และหน่วยแรงดึง

หน่วยแรงที่ยอมให้	งานก่อสร้างด้วยวัสดุก่อ			
	ชนิดกึ่งกลาง		ชนิดกึ่งตัน หรือเกร้าท์แล้ว	
	มอร์ต้ากำลังสูง	มอร์ต้าธรรมดา	มอร์ต้ากำลังสูง	มอร์ต้าธรรมดา
หน่วยแรงเฉือน(กก./ตร.ซม.)	2.4	1.6	2.4	1.6
หน่วยแรงดึงในการตัด				
ตั้งฉากกับรอยต่อทางราบ	1.6	1.1	2.7	1.9
ขนานกับรอยต่อทางราบ	3.2	2.2	5.5	3.8

3. การลดหน่วยแรงที่ยอมให้

เมื่องานก่อสร้างไม่มีการควบคุมทางวิศวกรรม หรือสถาปัตยกรรม อย่างเข้มงวด ให้ลดค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ต่าง ๆ ลงครึ่งหนึ่ง

4. การคำนวณออกแบบวัสดุก่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก

4.1 อัตราส่วนความชะลูด

- อัตราส่วนความชะลูดของผนังรับน้ำหนักให้ถือว่าเท่ากับอัตราส่วนของความสูงประสิทธิผลต่อความหนาประสิทธิผล แต่ต้องมีค่าไม่เกิน 20

ดังนั้นความสูงของผนังที่ไม่มีค้ำยันด้านข้างจะหาได้จาก

$$\text{ความสูง}(h) = \text{ความหนา} (b) * 20$$

4.2 ความสูงประสิทธิผลของเสา

- กรณีที่เสามีที่รองรับข้างทั้งด้านบน และด้านล่าง ให้ถือว่าความสูงประสิทธิผลในทิศทางใด ๆ มีค่าเท่ากับความสูงจริงของเสานั้น

- เมื่อเสามีที่รองรับด้านข้างในด้านล่าง แต่ด้านบนมีที่รองรับเพียงด้านเดียว ให้ถือว่าความสูงประสิทธิผลของเสาในทิศทางที่รองรับด้านบนมีค่าเท่ากับความสูงจริงของเสา ส่วนในทิศทางที่ไม่มีที่รองรับด้านบนให้ถือว่าความสูงประสิทธิผลของเสามีค่าเท่ากับสองเท่าของความสูงของเสา

- กรณีที่ด้านบนไม่มีที่รองรับเลย ให้ถือว่าความสูงประสิทธิผลของเสามีค่าเท่ากับสองเท่าของความสูงจริงของเสาจริง

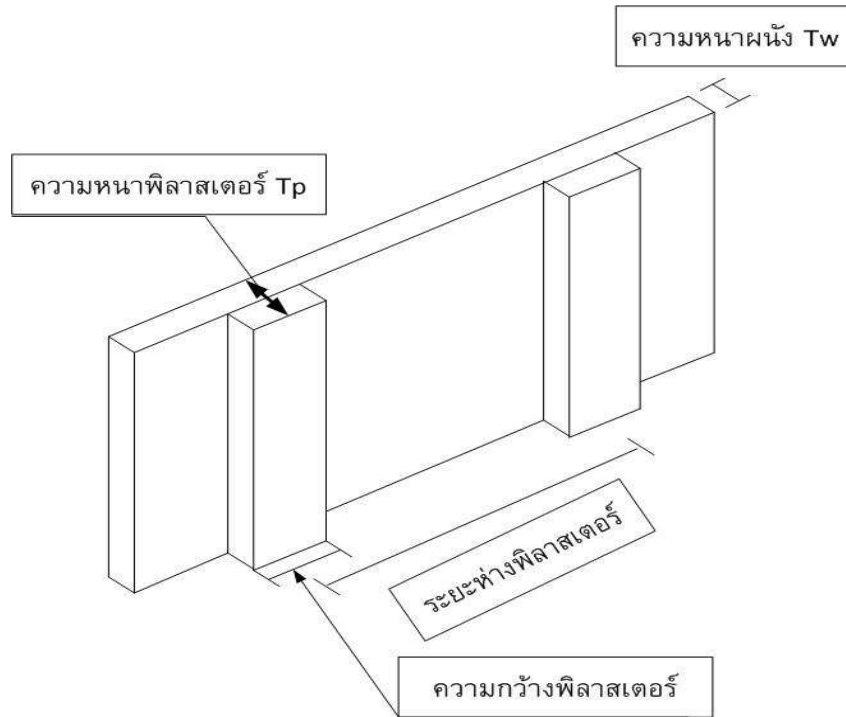
4.3 ความสูงประสิทธิผลของผนัง

- กรณีที่ผนังมีที่รองรับด้านข้างทั้งด้านบนและด้านล่าง ให้ถือว่าความสูงประสิทธิผลของผนังมีค่าเท่ากับความสูงจริงของผนัง

- กรณีที่ไม่มีที่รองรับด้านข้างส่วนบนของผนัง ให้ถือว่าความสูงประสิทธิผลเท่ากับสองเท่าของความสูงของผนังจริง

4.4 ความหนาประสิทธิผล

- ความหนาประสิทธิผลของผนังที่ไม่มีแผ่นยึดขวาง เท่ากับความหนาจริงของผนัง ยกเว้นผนังมีช่องเปิด



องค์ประกอบต่างๆของผนังวัสดุก่อ

- ผนังที่มีที่รองรับเป็นระยะๆ ตามแนวตั้ง และยึดแน่นหนาเป็นพลาสเตอร์ การคำนวณอัตราส่วนความชะลูด ให้ถือว่าความหนาประสิทธิผลมีค่าเท่ากับผลคูณความหนาที่แท้จริงกับสัมประสิทธิ์ในตารางด้านล่าง โดยที่

$$T_p/T_w = \text{ความหนาของพลาสเตอร์} / \text{ความหนาของผนัง}$$

ระยะห่างระหว่างพลาสเตอร์ ความกว้างของพลาสเตอร์	$T_p/T_w = 1$	$T_p/T_w = 2$	$T_p/T_w = 3$
6	1.0	1.4	2.0
8	1.0	1.3	1.7
10	1.0	1.2	1.4
15	1.0	1.1	1.2
20 หรือสูงกว่า	1.0	1.0	1.0

- สำหรับผนังช่องเปิด ซึ่งนำหนักบรรทุกกระทำบนผนังทั้งสองแผง ให้คำนวณหาความหนาประสิทธิผลจากสูตรด้านล่าง

$$T = 2/3 (T_0 - Wc)$$

เมื่อ T_0 = ความหนารวมทั้งหมดของผนัง รวมทั้งความกว้างของช่องว่างด้วย

Wc = ความกว้างของช่องว่าง

4.1 นำหนักบรรทุกตามแนวแกน

- นำหนักบรรทุกตามแนวแกนที่ยอมให้ซึ่งกระทำบนผนังวัสดุก่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็กให้คำนวณหาโดยใช้สูตรด้านล่างคือ

$$P = 0.20 fm' [1 - (h/40t)^3] An$$

- นำหนักบรรทุกตามแนวแกนที่ยอมให้ซึ่งกระทำบนเสาวัสดุก่อคอนกรีตไม่เสริมเหล็กให้คำนวณหาโดยใช้สูตรด้านล่างคือ

$$P = 0.18 fm' [1 - (h/30t)^3] An$$

เมื่อ h = ความสูงประสิทธิผล

t = ความหนาประสิทธิผล

An = พื้นที่หน้าตัดสุทธิของผนังวัสดุก่อ

กรณีที่ผนังสองแผงรับน้ำหนักบรรทุกทุกทางแนวตั้งทั้งสองแผง An คือพื้นที่หน้าตัดสุทธิของสองผนัง

กรณีที่ผนังสองแผงรับน้ำหนักบรรทุกทุกทางแนวตั้งแผงเดียว An คือพื้นที่หน้าตัดสุทธิของผนังที่รับ

น้ำหนัก