



พฤติกรรมการรับน้ำหนักของคานบล็อกระสาน : Full Scale Testing

BEHAVIOR OF INTERLOCKING BLOCK BEAM IN CASE OF FULL SCALE TESTING

วิฒนพงศ์ หิรัญมลัย (Watanapong Hiranmarn)¹¹อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร E-mail: watanapong@gmail.com

บทคัดย่อ : บล็อกระสาน เป็นวัสดุที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อความสามารถในการใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ก่อเป็นผนังรับน้ำหนัก เสา คาน หรือถังเก็บน้ำ เป็นต้น ในปัจจุบันบล็อกระสานได้รับความนิยมนำมาก่อสร้างบ้านพักอาศัยมากขึ้น ทั้งโครงการบ้านจัดสรรและรีสอร์ท หากแต่ ผลการศึกษาเกี่ยวกับการนำบล็อกระสานไปใช้งานในเชิงโครงสร้างด้วยขนาดจริงนั้นมียุ่่น้อยมาก ดังนั้นทางภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) จึงเห็นสมควรที่จะร่วมมือกันเพื่อวิจัย ทดสอบ และพัฒนาบล็อกระสานในเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของบล็อกระสานเมื่อใช้เป็นโครงสร้างส่วนหลักของอาคาร ในบทความนี้เสนอ การทดสอบคานบล็อกระสาน เพื่อหาความสามารถในการรับโมเมนต์คดและพฤติกรรมของคานที่ตอบสนองต่อน้ำหนักบรรทุก โดยทำการทดสอบคานที่หน้าตัดขนาด 0.25x0.50 เมตร ทั้งหมด 6 คาน ภายใต้ความยาวที่ต่างกัน คือ คานยาว 3.0 เมตร 3.5 เมตร และ 4.0 เมตร โดยการออกแบบและตรวจสอบคานเบื้องต้นนั้น ได้ใช้มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ (ว.ส.ท.1005-18) เป็นแนวทางในการออกแบบ (ซึ่งมีแนวทางสอดคล้องตามหลักการทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานของการออกแบบโครงสร้าง ค.ส.ล.) ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้ คือ โมเมนต์คดที่จุดครากของคานยาว 3.0 เมตร 3.5 เมตร และ 4.0 เมตร คือ 4.83 ตัน-เมตร, 4.71 ตัน-เมตร และ 4.42 ตัน-เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ผลการคำนวณตามมาตรฐาน โมเมนต์คดที่ยอมให้ใช้งานคือ 1.47 ตัน – เมตร และคานทั้งสามมีพฤติกรรมเป็นแบบเหนียว

ABSTRACT : This paper presents the experiment of interlocking block beam designed according to EIT 1005-18 standard, which similar to working stress theory. Six specimens have been tested by full scale testing, which classified as three groups of different length were 3.0, 3.5 and 4.0 m. All the beams have same section dimension that is 0.25x0.50 m in width and depth. The experiment results showed that maximum moment are 5.01, 4.77 and 4.50 ton-m for beam length 3.0, 3.5 and 4.0 m, respectively. While calculation results according to EIT showed that allowable moment is 1.47 ton-m, less than the average testing maximum result about 68%. The ductile failure occurred for all beams.

KEYWORDS : Interlocking block, Interlocking block beam, Masonry structure, Masonry beam

1. บทนำ

1.1 ที่มา

บล็อกระสาน (Interlocking block) เป็นวัสดุที่ถูกผลิตขึ้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการรับน้ำหนักบรรทุก และมีความสวยงามเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว โดยส่วนประกอบประกอบไปด้วย ดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และวัสดุผสมอื่นๆ เช่น หินฝุ่น หรือเถ้าแกลบ เป็นต้น สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้ศึกษาถึงเทคโนโลยีบล็อกกระสาน ทั้งการพัฒนารูปแบบ วัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิต การใช้งาน และความสามารถในการรับน้ำหนัก รวมทั้งการเผยแพร่เทคโนโลยีบล็อกกระสานสู่ทุกภาคส่วนของประเทศ

บล็อกระสานจัดได้ว่าเป็นวัสดุก่อสร้างประเภทหนึ่ง ที่นิยมนำมาก่อสร้างเป็นอาคารที่พักอาศัย โดยนำมาใช้เป็นโครงสร้างส่วนหลักของอาคาร เช่น ผนังรับน้ำหนัก เสา คาน บันได เป็นต้น



ซึ่งในปัจจุบันจำนวนของอาคารที่สร้างจากบล็อกประสานนั้น มีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ หากแต่เทคโนโลยีและองค์ความรู้ เกี่ยวกับบล็อกประสานทางด้านวิศวกรรมนั้นยังมีอยู่น้อย

การวิจัยครั้งนี้จึงได้หิบบก องค์อาคารประเภทคาน มาทำการทดสอบเพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมและความสามารถของ คานบล็อกประสาน แบบขนาดเท่าของจริง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1). ศึกษาพฤติกรรมของคานบล็อกประสานที่ขนาดหน้าตัดเท่ากัน เสริมเหล็กเหมือนกัน แต่มีความยาวที่ต่างกัน
- 2). ศึกษาความสามารถในการรับน้ำหนักของคานบล็อกประสาน มีขนาดหน้าตัดเท่ากัน เสริมเหล็กเหมือนกัน แต่มีความยาวที่ต่างกัน
- 3). ศึกษาความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบ กับค่าที่ได้จากการคำนวณ ตามมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ว.ส.ท.(1005-18)

1.3 ขอบเขต

ลักษณะของคานบล็อกประสานที่จะใช้ในการทดสอบนี้เป็น คานช่วงเดียว มีบล็อกประสานเป็นส่วนประกอบหลัก (ขนาดบล็อกประสาน กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 12.5x25x10 เซนติเมตร) และใช้ปูนทราย (Grout, ปูน 1 ส่วนต่อทราย 2 ส่วน) เป็นตัวประสาน หน้าตัดของคานใช้ขนาดเดียวกันคือ 0.25x0.50 เมตร แต่ความยาวต่างกัน คือ 3.0 เมตร 3.5 เมตร และ 4.0 เมตร และใช้ 2 ตัวอย่างทดสอบต่อแต่ละความยาว

การเสริมเหล็ก กำหนดให้ใช้เหล็กเสริมรับแรงดึงขนาด 12 มม.จำนวน 4 เส้น และเสริมเหล็กรับแรงอัดขนาด 12 มม.จำนวน 2 เส้น ทั้งหมดเป็นเหล็กข้ออ้อย ชั้นคุณภาพ SD30 และน้ำหนักบรรทุกกระทำแบบ Thrid-point load

2. ทฤษฎี

2.1 กำลังของวัสดุคอนกรีต[2]

หน่วยแรงดัดที่ยอมให้สำหรับวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็ก (บล็อกประสาน) ได้ใช้ตามมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ว.ส.ท.(1005-18) ซึ่งถือเอากำลังอัดที่ 28 วัน ของวัสดุคอนกรีตเป็นค่ากำลังอัดสูงสุด (f'_m)

2.1.1 การหาค่ากำลังอัดของวัสดุคอนกรีต

การหาค่ากำลังอัดของบล็อกประสาน สามารถหาได้โดยใช้ปริซึม ซึ่งทำขึ้นจากวัสดุที่เหมือนกันและภายใต้สภาวะเดียวกัน (ถ้าทำได้) โดยใช้การขีดหน้าแบบเดียวกับที่ใช้ในโครงสร้าง ในการทำปริซึม ปริมาณความชื้นในขณะก่อตลอดจนความชื้นเหลวของมอร์ต้า และฝีมือการก่อจะต้องเหมือนกับที่จะใช้กับโครงสร้างจริง ช่องในก้อนวัสดุออกวางไม่ต้องอุด ยกเว้นในกรณีงานก่อสร้างชนิดเชิงต้น กำลังอัด (f'_m) ให้คำนวณโดยหารแรงอัดสูงสุดด้วยเนื้อที่สุทธิของปริซึมซึ่งทำขึ้นด้วยวัสดุคอนกรีตกลวง และด้วยเนื้อที่รวมสำหรับปริซึมงานก่อสร้างที่ใช้ก้อนตันหรือเกร้าที่เต็มช่อง

ชิ้นตัวอย่างทุกชิ้นจะต้องมีอัตราส่วนความสูงต่อความหนา ($\frac{h}{t}$) ไม่น้อยกว่า 2 และต้องมีความสูงไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร

ในกรณีที่อัตราส่วน $\frac{h}{t}$ ต่างจากเงื่อนไขข้างต้น ค่า f'_m ให้ถือว่าเท่ากับกำลังอัดของชิ้นตัวอย่างกลวงด้วยแฟคเตอร์ สำหรับแก้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์กำลังอัด ความสูงต่อความหนาของแท่งปริซึม

อัตราส่วนความสูงต่อความหนา ($\frac{h}{t}$)	1.5	2.0	2.5	3.0
แฟคเตอร์สำหรับแก้	0.86	1.00	1.11	1.20
แฟคเตอร์ที่มีค่าอยู่ระหว่างค่าที่ให้ไว้ให้หาโดยวิธีค่าเฉลี่ยโดยตรง				

2.2 หน่วยแรงที่ยอมให้ในวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็ก[2]

หน่วยแรงที่ยอมให้ ของบล็อกประสานที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงอยู่ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน่วยแรงที่ยอมให้ในงานวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็ก

รายละเอียด	หน่วยแรงที่ยอมให้
หน่วยแรงอัด	0.33 $f'_m \leq 60$ ksc.
ตามแกน f_m	
เนื่องจากแรงดัด f_m	
หน่วยแรงเฉือน	0.05 $f'_m \leq 10$ ksc.
เมื่อเหล็กเสริมรับแรงเฉือน	
ทั้งหมด:	
องค์อาคารรับแรงดัด v	1000 $f'_m \leq 210,000$ ksc.
โมดูลัสยืดหยุ่น E_m	
โมดูลัสปริมาตร E_v	

2.3 หน่วยแรงที่ยอมให้ในเหล็กเสริม [2]



ค่าหน่วยแรงดึงต่างๆในเหล็กเสริมจะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ในเหล็กเสริม

รายละเอียด	หน่วยแรงดึงที่ยอมให้, ksc
เหล็กเส้นกลม เป็นเหล็กกล้าละมุน	1,200
เหล็กข้ออ้อย มีกำลังคราก 4200 ksc ขึ้นไป และมีขนาดตั้งแต่ 28 มม. ลงมา	1,700
สำหรับเหล็กเกรดพิเศษ ต้องไม่เกิน	2,100
สำหรับเหล็กเสริมอื่นๆ ทั้งหมด	1,400

ค่าหน่วยแรงอัดที่ยอมให้จะต้องไม่เกินหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ตามที่แสดงไว้ข้างบน และโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับ 2,040,000 กก./ซม.².

รูปที่ 1 แสดงรูปร่างของบล็อกประสานประเภทบล็อกคาน



รูปที่ 1 บล็อกประสานประเภทบล็อกคาน

2.4 การคำนวณออกแบบวัสดุคอก่อนกริตเสริมเหล็ก

วิธีการคำนวณออกแบบคานบล็อกประสานนั้น ใช้หลักการเดียวกันกับวิธีหน่วยแรงใช้งานของคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีสมมุติฐานหลักดังต่อไปนี้

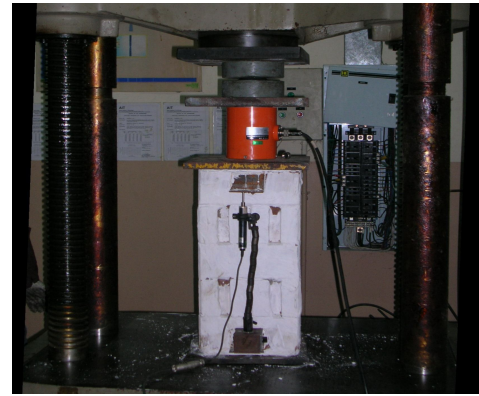
- หน้าตัดซึ่งเป็นระนาบก่อนรับแรงดัดยังคงเป็นระนาบอยู่หลังจากรับแรงดัดแล้ว
- โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุคอก่อนกริต และของเหล็กเสริมมีค่าคงที่
- แรงดัดถูกต้านด้วยเหล็กเสริมรับแรงดึงเท่านั้น
- เหล็กเสริมถูกหุ้มและยึดด้วยวัสดุที่ใช้กันอย่างแน่นหนาจนทำให้วัสดุทั้งสอง ชนิดทำงานด้วยกันเสมือนเป็นวัสดุเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้ภายในของเขตของหน่วยแรงปลอดภัย

3. การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

3.1 การทดสอบกำลังอัดของแท่งก่อปริซึม

กำลังอัดประลัยของบล็อกประสาน เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นต้องใช้ประกอบการศึกษา ซึ่งหาได้โดยก่อแท่งปริซึมขนาด 0.25x0.25x0.50 เมตร และติดตั้งเครื่องมือวัดการหดตัว

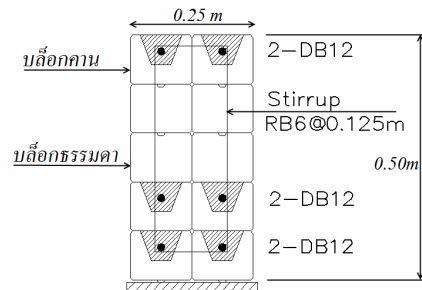
จากนั้นนำแท่งปริซึมมาทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C 447-97 และวัดการหดตัว



รูปที่ 2 แท่งปริซึมรอตทดสอบแรงอัดและการติดตั้งเครื่องมือวัดการหดตัว

3.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบคาน

รายละเอียดหน้าตัดคาน การก่อ และการติดตั้งอุปกรณ์วัดการยืด-หด แสดงอยู่ในรูปที่ 3 ถึงรูปที่ 6



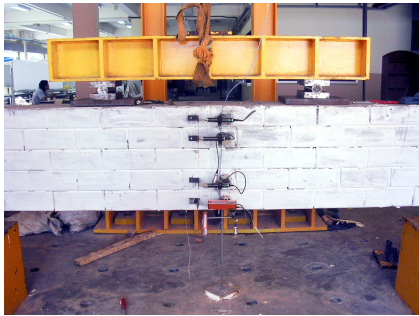
รูปที่ 3 หน้าตัดคานบล็อกประสานและเหล็กเสริมที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 4 การก่อคานบล็อกประสานชั้นสุดท้าย



รูปที่ 5 คานบล็อกประสาทรที่รอการทดสอบ



รูปที่ 6 คานบล็อกประสาทรและอุปกรณ์ประกอบการทดสอบ

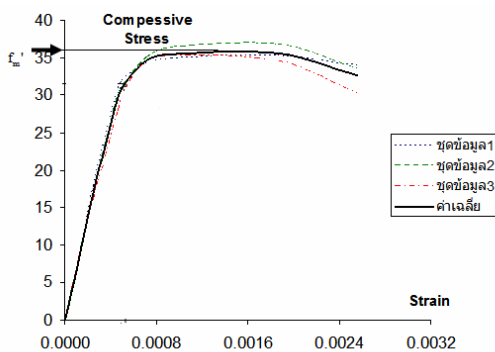
4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

4.1 กำลังอัดของแท่งปริซึม

จากการทดสอบตัวอย่างแท่งปริซึมทั้ง 3 ตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4 และจากรูปที่ 7 สรุปได้ว่าค่ากำลังอัด (f'_m) ของบล็อกเท่ากับ 35.6 กก./ซม².

ตารางที่ 4 กำลังอัดของแท่งปริซึม

Stress, ksc	0	7.01	17.1	29.8	31.3	34.5	35.5	35.6	32.6
Strian, $\times 10^{-4}$	0	1.0	3.0	5.0	5.0	7.0	9.0	19.0	26.0

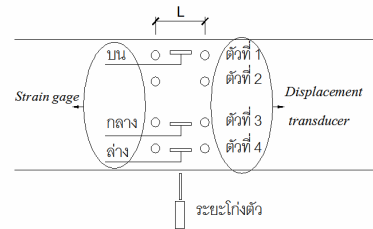


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Stress กับ Strain ของปริซึม

4.2 ผลการทดสอบคาน

เนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลของการทดสอบคานแต่ละความยาว โดยในรูปที่ 8 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งการติดตั้ง

อุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ (Displacement Transducer) ที่ผิวของบล็อก และ Strain gage ที่ผิวของเหล็กเสริม

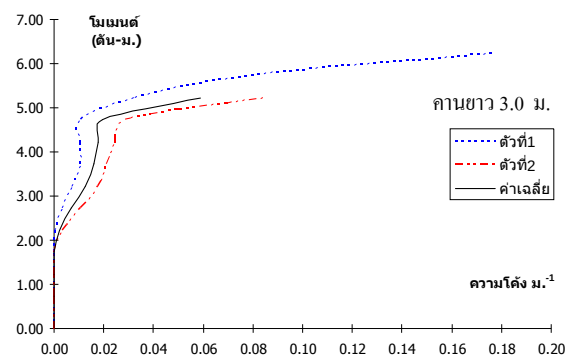


รูปที่ 8 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือวัด

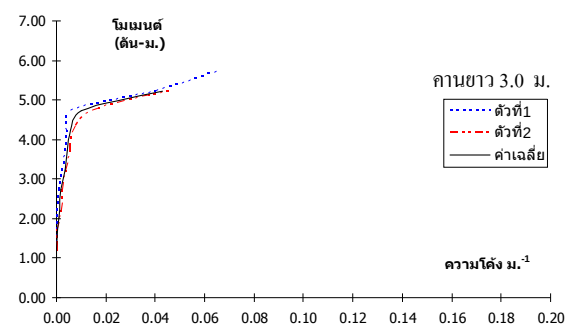
การทดสอบคานขนาด 0.25x0.50x3.00 เมตร

จากรูปที่ 9 และ รูปที่ 10 แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมที่สอดคล้องกัน ระหว่างบล็อกและเหล็กเสริม ซึ่งพบว่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมและบล็อกนั้นเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ถึงแม้ความโค้งในช่วงแรกที่วัดได้จะมีค่าต่างกันก็ตาม แต่แนวโน้มของโมเมนต์คดคั่นนั้นยังสอดคล้องกันอยู่

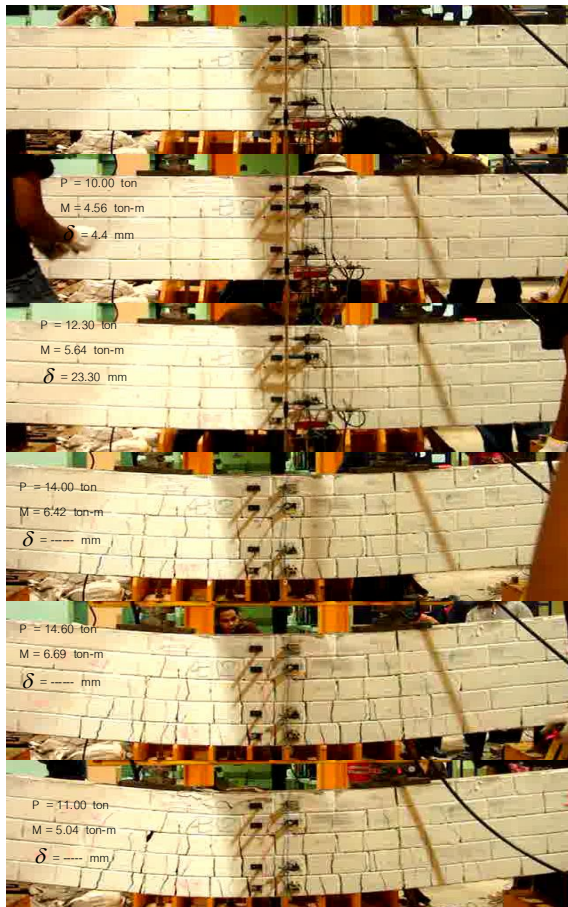
โมเมนต์คดคั่นที่จุดเริ่มร้าว จุดคราก และ จุดสูงสุด คือ 2.12 ตัน-เมตร, 4.83 ตัน-เมตร และ 6.79 ตัน-เมตร ตามลำดับ โดยที่จุดคราก ค่าการโก่งตัวที่วัดได้คือ 4.7 มิลลิเมตร และรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้ 14.6 ตัน



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คดคั่นกับความโค้งของคานจากบล็อก



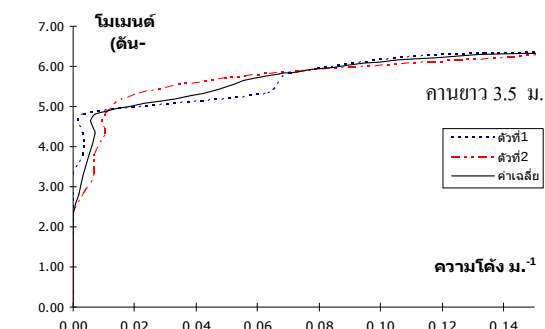
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คดคั่นกับความโค้งของคานจากเหล็ก



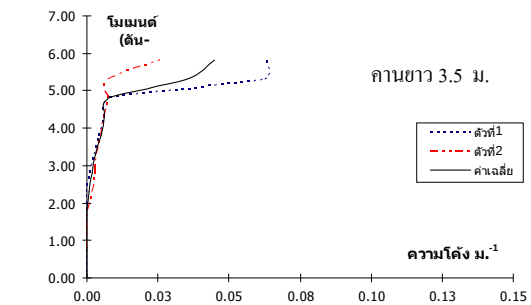
รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของคานยาว 3 ม. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุก
การทดสอบคานขนาด 0.25x0.50x3.50 เมตร

สำหรับคานยาว 3.5 เมตร การส่งผ่านแรงระหว่างเหล็กเสริม
และบล็อกยังคงทำงานได้ดีเช่นเดียวกับคานยาว 3.0 เมตร ซึ่ง
สังเกตได้จากรูปที่ 12 และรูปที่ 13

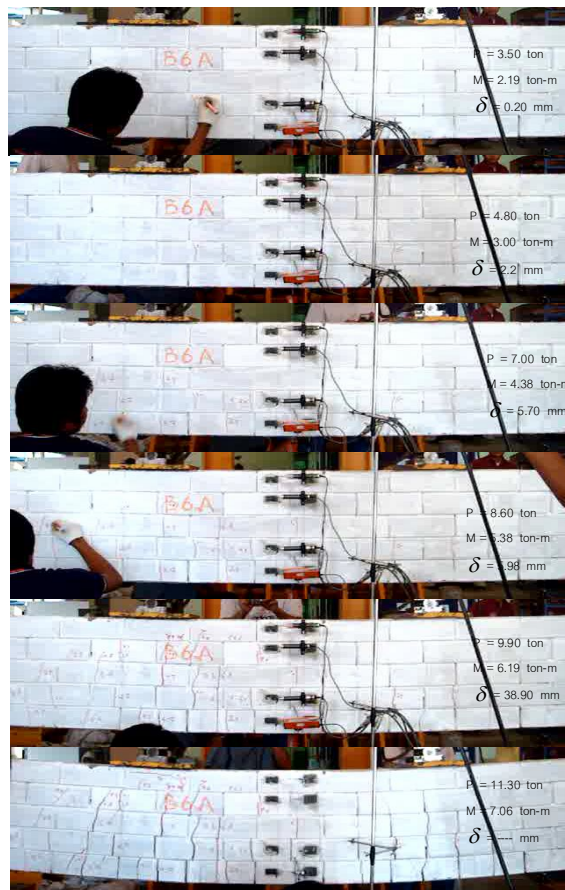
โมเมนต์คัตที่จุดเริ่มร้าว จุดคราก และ จุดสูงสุด คือ 2.44 ตัน-
เมตร, 4.71 ตัน-เมตร และ 7.14 ตัน-เมตร ตามลำดับ โดยที่จุด
คราก ค่าการโก่งตัวที่วัดได้คือ 6.55 มิลลิเมตร รับน้ำหนักบรรทุก
สูงสุดได้ 11.5 ตัน



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คัตกับความโค้งของคานจากบล็อก



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คัตกับความโค้งของคานจากเหล็ก

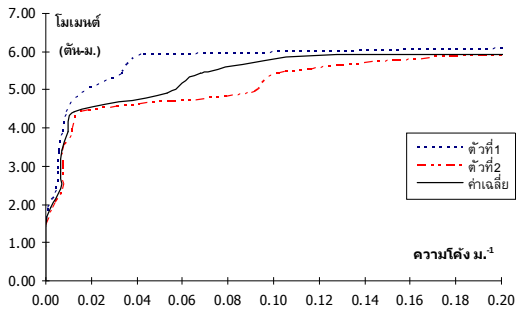


รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของคานยาว 3.5 ม. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกทุก

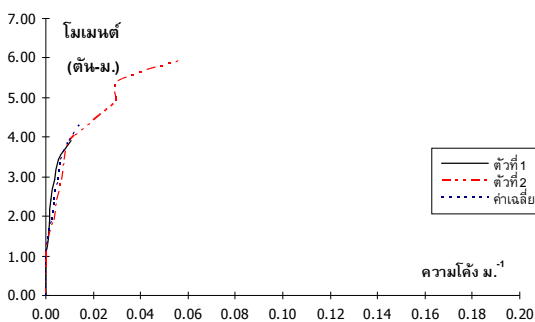
การทดสอบคานขนาด 0.25x0.50x4.00 เมตร

เช่นเดียวกับคานยาว 3.0 เมตร และ 3.5 เมตร บล็อกและ
เหล็กเสริมยังทำงานสัมพันธ์กันอยู่ผ่านแรงยึดเหนี่ยว ดูได้จากรูปที่
15 และรูปที่ 16

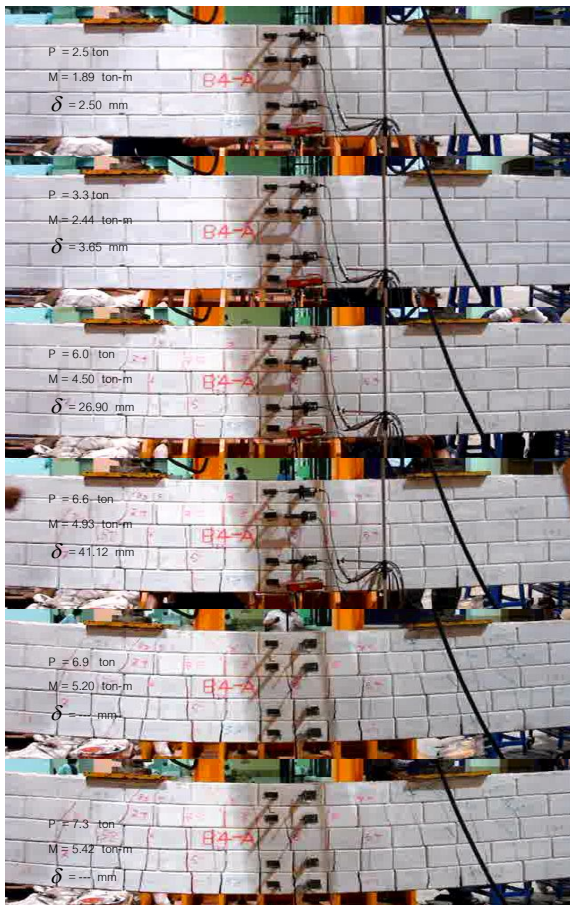
โมเมนต์คัตที่จุดเริ่มร้าว จุดคราก และ จุดสูงสุด คือ 1.89 ตัน-
เมตร, 4.42 ตัน-เมตร และ 6.60 ตัน-เมตร ตามลำดับ โดยที่จุด
คราก ค่าการโก่งตัวที่วัดได้คือ 6.7 มิลลิเมตร รับน้ำหนักบรรทุก
สูงสุดได้ 8.9 ตัน



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คานกับค่าความโค้งจากบล็อก



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คานกับค่าความโค้งจากเหล็ก



รูปที่ 17 การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของคานยาว 4.0 ม. เมื่อรับน้ำหนักบรรทุก

4.3 ลักษณะการวิบัติของคาน

จากรูปที่ 11, 14 และ 17 แสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของรอยร้าว และลักษณะการวิบัติของคานทั้ง 3 ความยาว ซึ่งทั้งหมดมีพฤติกรรมเป็นแบบเหนียว

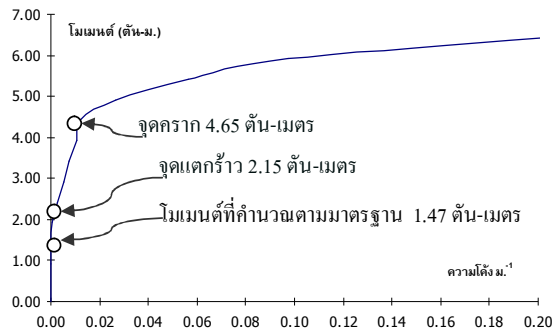
จากการสังเกตในช่วงการทดสอบพบว่า รอยร้าวของคานจะเริ่มที่ผิวด้านล่างที่กึ่งกลางความยาวคาน และรอยร้าวจะวิ่งสูงขึ้น พร้อมทั้งกระจายออกทางด้านข้าง ตามค่าน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้น จนถึงช่วงที่คานคราก รอยร้าวและการโก่งตัวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเห็นได้ชัด

4.4 โมเมนต์คานที่คานรับได้ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. (1005-18)

หาค่ากำลังอัด (f'_m) ของบล็อกที่ 35.6 กก./ซม² และหน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม SD30 มาคำนวณตามมาตรฐาน ว.ส.ท. โดยพิจารณาเป็นคานที่เสริมทั้งเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด พบว่าหน้าตัดของคานบล็อกประสานที่ใช้ทดสอบนี้ จะมีความสามารถในการรับโมเมนต์คานเท่ากับ 1.47 ตัน-เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่ากำลังที่จุดครากของคานทั้ง 3 ความยาว ค่าโมเมนต์คานที่คำนวณได้นี้ เทียบได้เท่ากับ 32 เปอร์เซ็นต์ ของโมเมนต์ครากเฉลี่ยของคานทั้ง 3 ความยาว คือ 4.65 ตัน-เมตร

5. สรุปผลการศึกษา

1. กำลังอัดของบล็อกประสานที่ทดสอบจากปริซึมมีค่าเพียง 35.6 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
2. จากผลการทดสอบคานทั้ง 3 ความยาว พบว่าการร้าวของคานบล็อกประสานจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อ โมเมนต์มีค่าประมาณ 2.15 ตัน-เมตร ดูรูปที่ 18
3. คานบล็อกประสานจะครากและมีการโก่งตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อโมเมนต์คานมีค่าประมาณ 4.65 ตัน-เมตร ดูรูปที่ 18
4. รอยร้าวของคานบล็อกประสานเป็นรอยร้าวเนื่องจากการคดและคานมีพฤติกรรมเป็นแบบเหนียว
5. โมเมนต์คานที่ยอมให้ใช้งานเมื่อคำนวณตามมาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ (ว.ส.ท.1005-18) เท่ากับ 1.47 ตัน-เมตร คิดเป็น 32 เปอร์เซ็นต์ ของโมเมนต์คานที่จุดครากที่ได้จากการทดสอบ



รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์กับความโค้งเฉลี่ย ของคานทั้ง 3 ความยาว

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายอภิเชษฐ์ คงใหม่, นายสิทธิชัย อภินันท์วัฒนา, นายภานุวัฒน์ เขว้ด้วง และ นายสุทัศน์ โทนนาดี ที่ช่วยเหลือในระหว่างการเตรียมการทดสอบ และระหว่างการทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท (ฟถท.), เทคโนโลยีบล็อกประสาน วว. เพื่อการก่อสร้างอาคารราคาประหยัด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
- [2] สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2526. มาตรฐานสำหรับอาคารวัสดุก่อ (มาตรฐาน ว.ศ.ท. 1005-18). พิมพ์ครั้งที่ 1
- [3] สุทัศน์ โทนนาดี, 2549. การศึกษาพฤติกรรมและความสามารถในการรับกำลังของคานบล็อกประสาน (1). วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหานคร
- [4] อภิเชษฐ์ คงใหม่, สิทธิชัย อภินันท์วัฒนา, ภานุวัฒน์ เขว้ด้วง, 2549. การศึกษาพฤติกรรมและความสามารถในการรับกำลังของคานบล็อกประสาน (2). วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหานคร



การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 13

14-16 พฤษภาคม 2551

ณ โรงแรมจอมเทียน ปาล์ม บีช พัทยา
