

การทดลอง

3.1 โครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 4 โครงการคือ

โครงการที่ 1 ศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตล้วนคือ B_0, B_4, B_9 และ B_{11} เมื่อมีแรงบิดกระทำ คานเหล่านี้แบ่งย่อยออกได้ 2 กลุ่ม ตามตำแหน่งการติดगेจวัดความเครียด กล่าวคือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่คาน B_0, B_4 ติดगेจวัดความเครียด บริเวณกึ่งกลางความยาวของคานคอนกรีต

กลุ่มที่ 2 ได้แก่คาน B_9, B_{11} ติดगेจวัดความเครียดที่ระยะ $1/3$ ของความยาวประสิทธิผลของคานคอนกรีต จากคานที่มีแรงบิดกระทำ

การติดगेจวัดความเครียด คานแต่ละตัวจะติดगेจวัดความเครียด จำนวน 2 ตัว ขนาดความยาวเกจ 3 ซม. ในลักษณะที่ห้ามุมฉากซึ่งกันและกัน และต่างก็ห้ามุม 45° กับแกนของคานคอนกรีต ดังรูปที่ 3.1

รูปตัดของคาน มีขนาดรูปตัดเท่ากันทั้งหมดคือ กว้าง 10 ซม. ลึก 15 ซม. และมีกำลังอัดประลัยของคอนกรีต ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

โครงการที่ 2 ศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงบิด จำนวน 9 คาน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามระยะเรียงของเหล็กดัดทั้ง กล่าวคือ

กลุ่มที่ 1 ได้แก่คาน B_1, B_2, B_3 ซึ่งมีระยะเรียงของเหล็กดัดเท่ากับ 10 ซม.

กลุ่มที่ 2 ได้แก่คาน B_6, B_7, B_8 ซึ่งมีระยะเรียงของเหล็กดัดเท่ากับ 7.5 ซม.

กลุ่มที่ 3 ได้แก่คาน B_{10}, B_{12}, B_{13} ซึ่งมีระยะเรียงของเหล็กดัดเท่ากับ 5 ซม.

การติดเกจวัดความเครียดของเหล็กเสริม คานแต่ละตัวจะติดเกจวัดความเครียด จำนวน 12 ตัว คือ จุดแรกที่ระยะ $\frac{1}{3}$ ของความยาวประสิทธิผลของคานคอนกรีตจากคานที่มีแรงบิดกระทำ จะติดเกจวัดความเครียด 4 ตัว ที่กึ่งกลางของคานทั้งสี่ของเหล็กดัดทั้งและอีก 4 ตัวที่เหล็กเสริมตามยาว ณ ตำแหน่งเดียวกัน ส่วนเกจที่เหลือติดที่กึ่งกลางความยาวของคานสั้น และคานยาวของเหล็กดัดทั้ง ดัดทั้งละ 2 เกจที่ระยะ $\frac{1}{3}$ ของความยาวประสิทธิผลจากปลายที่เหลือ และที่กึ่งกลางความยาวของคานคอนกรีตตามลำดับ รูปที่ 3.2 (ก-ข) แสดงตำแหน่งการติดเกจวัดความเครียดดังกล่าวข้างต้น

สำหรับขนาดรูปตัดของคานคอนกรีต มีขนาดเท่ากันคือ กว้าง 10 ซม. ลึก 15 ซม. เสริมด้วยเหล็กเสริมตามยาว 3 ขนาดคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 9 และ 12 มม. และมีเหล็กดัดทั้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. ในลักษณะวงปิด ตารางที่ 3.2 แสดงขนาดรูปตัดและการเสริมเหล็กเสริม

โครงการที่ 3 นำผลจากการทดลองของ Thomas Hsu⁽¹⁷⁾ ดังแสดงรายละเอียดรูปตัดกำลังอัดประลัยของคอนกรีต และการเสริมเหล็กในตารางที่ 3.3 มาวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ทางทฤษฎี

โครงการที่ 4 ศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็กคือ B₁₄ B₁₅ B₁₆ และ B₁₇ เมื่อมีแรงดัดกระทำ คานทั้งหมดเสริมเฉพาะเหล็กเสริมรับแรงดึง สำหรับขนาดรูปตัดเหล็กเสริม และกำลังอัดประลัยของคอนกรีตได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4

การติดเกจวัดความเครียดในคานแต่ละคานจะติดเกจวัดความเครียดบนเหล็กเสริมรับแรงดึง จำนวน 4 ตัว คือ 2 ตัวที่จุดกึ่งกลางความยาวคาน และอีก 2 ตัวที่ระยะ $\frac{1}{3}$ ของความยาวคานคอนกรีต ส่วนที่ผิวบนสุดของคานคอนกรีต ติดเกจวัดความเครียดจำนวน 2 ตัว ขนาดความยาวเกจ 6 ซม. ณ จุดกึ่งกลางความยาวคานในแนวเดียวกับเหล็กเสริมรับแรงดึง

3.2 วิธีการก่อสร้างคานคอนกรีตที่ใช้ทดลอง

การก่อสร้างคานคอนกรีต ต้องมีการเตรียมการต่าง ๆ ดังนี้

1) ปรุกลมไม้ลัดหน้า 10 มม. เป็นแบบไม้สำหรับหล่อคานคอนกรีตขนาด ความกว้าง 10 ซม. ลึก 15 ซม. และยาว 145 ซม. พร้อมทั้งเจาะรูที่ปลายหัวท้าย ของแบบไม้ให้มีขนาดและจำนวนพอดักกับเหล็กเสริมตามยาวที่นำมาบรรจุลงในแบบไม้ จุดประสงค์ของการเจาะรูก็เพื่อจัดเหล็กตามยาวให้อยู่ในตำแหน่งตามต้องการ

2) ตัดเหล็กเสริมตามยาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6, 9, 12 และ 15 มม. ให้ได้ความยาวท่อนละ 150 ซม. และมีจำนวนท่อนตามความต้องการที่ใช้ในการ ทดลอง เหตุที่ต้องตัดเหล็กเสริมยาวกว่าแบบไม้ เพราะต้องการให้ปลายทั้งสองข้างของ เหล็กตามยาวยื่นออกจากแบบไม้ ทางบริเวณหัว ท้ายของแบบไม้ ด้านละประมาณ 1.5 ซม. ซึ่งนอกจากจะง่ายต่อการจัดตำแหน่งเหล็กเสริมตามยาวแล้ว ยังช่วยป้องกันการ เปลี่ยนตำแหน่งขณะเทคอนกรีตอีกด้วย

3) ตัดเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. ความยาวท่อนละ 50 ซม. นำมาดัดเป็นเหล็กลูกตั้งโดยมีขนาดและระยะต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.3 ทั้งนี้เพื่อให้การรับ แรงของเหล็กลูกตั้งเป็นไปอย่างสมบูรณ์

4) ใช้กระดาษทรายเบอร์ละเอียดขัดผิวของเหล็กเสริมตามยาว เหล็กลูกตั้ง ณ ตำแหน่งที่คาดว่าจะเกิดหน่วยแรงขึ้นมากที่สุดให้เรียบจากนั้นจึงติดเกจวัดความเครียด เข้ากับผิวเหล็ก โดยให้แกนของเกจวัดความเครียดขนานกับแกนของเหล็กเสริม

หลังจากติดเกจวัดความเครียด พร้อมทั้งหน้ายาบันทึกความชื้นแล้ว จะบันทึก วิสลายไฟซึ่งมีกระดาษติดเทป บอกตำแหน่งของเกจวัดความเครียด จากนั้นจึงเคลือบด้วย ทรายกรวดเพื่อป้องกันความชื้นและผลจากการเทคอนกรีต ดังรูปที่ 3.2 (ก-ข)

5) ประกอบเหล็กลูกตั้งเข้ากับเหล็กเสริมตามยาวลักษณะการประกอบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ การนำคานนั้น ๆ ไปทดลองคือ

ก. คานคอนกรีตล้วนภายใต้แรงบิด บริเวณปลายทั้งสองของคาน มีเหล็ก เสริมตามยาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม. จำนวน 4 เส้น และเหล็กลูกตั้งที่ระยะ

เรียง 3 มม. ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลอันอาจเกิดจากการบีบรัดของเครื่องมือต่อปลายคาน
คังแสดงในรูปที่ 3.4

ข. คานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงบิด ประกอบด้วยเหล็กเสริมตามยาว
ขนาดเท่ากันจำนวน 4 เส้น เข้ากับเหล็กดัด โดยให้ระยะเรียงของเหล็กดัดเท่า
กันตลอดความยาวคาน ยกเว้นที่บริเวณปลายทั้งสองระยะประมาณ 25 ซม. จากปลายสุด
ระยะเรียงของเหล็กดัดเท่ากับ 3 มม. ทั้งนี้เพื่อป้องกันการชำรุดเนื่องจากผลของ
เครื่องมือ คังรูปที่ 3.2 (ก-ข)

ค. คานคอนกรีตเสริมเหล็กภายใต้แรงคด ประกอบด้วยเหล็กเสริม
ตามยาวขนาดเท่ากันจำนวน 2 เส้น และเพื่อป้องกันการชำรุดบริเวณฐานรองรับ ที่ปลาย
ทั้งสองของคานคอนกรีตจะเสริมด้วยเหล็กดัด ระยะเรียง 3 มม. เข้ามาในตัวคาน
ประมาณ 25 ซม.

6) ผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนผสม 1 : 2.2 : 2.73 นำไปเทลงใน
แบบไม้ซึ่งจัดเตรียมไว้ คังรูปที่ 3.5 และลงในแบบหล่อเหล็กรูปทรงกระบอก ขนาดเส้น
ผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. หลังจากเทไปแล้วประมาณ 12 ชั่วโมง จึงบ่ม
คอนกรีตพร้อมแบบหล่อด้วยกระสอบชุบน้ำเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นจึงถอดแบบออก แต่ยังคง
บ่มคอนกรีตด้วยกระสอบชุบน้ำต่อไปอีก 5 วัน จึงเอากระสอบออก ปล่อยให้คอนกรีต
แห้งในอากาศจนถึงวันทำการทดลอง

3.3 การทดลองการรับน้ำหนักของคาน

1) ภายใต้แรงบิด ทำการทดลองคานคอนกรีต 13 คาน แบ่งออกเป็นคานคอน
กรีตล้วน 4 คาน คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 9 คาน ซึ่งมีขนาดรูปตัดและการเสริม คัง
แสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับน้ำหนักที่กระทำต่อคานจะอาศัยจากแม่แรงน้ำมัน
ขนาด 10 ตันส่งผ่าน Proving ring No. 3-1287 Model 320-06 ทั้งนี้เพื่อให้สามารถ
เพิ่มน้ำหนักได้ทีละน้อย ๆ การทดลองนี้จะเพิ่มน้ำหนักทีละ 20 ชองของ Proving ring

หรือประมาณครึ่งละ 13.75 กิโลกรัม รอยจรรยาทั้งคานคอนกรีตสมมูลย์กับแรงภายนอก ซึ่งสังเกตได้จากเงาตัวระยะทางจะไม่มีเคลื่อนที่ การเพิ่มน้ำหนักแต่ละครั้งจนเกิด สมดุลย์ใช้เวลาประมาณ 3 นาที และทุกค่าของน้ำหนักที่กระทำต่อคานคอนกรีตจะถูกบันทึกไว้พร้อมกันด้วยมมิคที่อ่านจากเงาตัวระยะทาง (Mechanical dial gage) จำนวน 4 ตัว และความเครียดจากเงาตัวความเครียดที่ผิวของคอนกรีตหรือที่ผิวของเหล็กเสริมแล้ว แต่การทดลองพร้อมทั้งคอยสังเกตท่าเครื่องหมายของรอยแตกร้าวจรรยาทั้งคานชำรุด ดังรูปที่ 3.6 แสดงลักษณะการแตกร้าวของคาน B₂

2) ภายใต้แรงค้ำ ทดลองคานคอนกรีตทั้งหมด 4 คาน คานแต่ละคานจะเสริม เฉพาะเหล็กเสริมรับแรงดึง ดังแสดงในตารางที่ 3.4 การทดลองการรับน้ำหนักบรรทุก ของคานจะทดลองแบบ "Third point load" โดยมีเครื่องทดสอบ Amsler ขนาด 20 หรือ 500 ตัน เป็นตัวค้ำน้ำหนักและฐานรองรับ ส่วนการโง่งที่จุดกึ่งกลางคานจะ บันทึกด้วยเงาตัวระยะโง่ง และใช้เงาตัวความเครียด บันทึกความเครียดของเหล็กเสริม ที่เกิดขึ้น หลังจากเตรียมคาน เครื่องมือต่าง ๆ เรียบร้อย ดังรูปที่ 3.7 แล้วจึงเริ่ม ทดสอบโดยเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทีละ 150-200 กิโลกรัม ตามความละเอียดที่คาดการณไว้ แต่ละค่าของน้ำหนักบรรทุกจะถูกบันทึก พร้อมกับระยะโง่ง ความเครียดที่ผิวบนของ คอนกรีต และที่เหล็กเสริมรับแรงดึง พร้อมทั้งคอยสังเกตท่าเครื่องหมายรอยแตกร้าวไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งคานคอนกรีตเกิดการชำรุด