บทที่ 2

การทดสอบและผลการทดสอบ

รายละเอียดในการทดสอบคานคอนกรีตอัดแรงบางส่วน ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งตามลำดับ คือ รายการการทดสอบ การเตรียมตัวอย่างทดสอบ วิธีการทดสอบ และ ผลการทดสอบ

2.1. รายการการทดสอบ

การทดสอบได้ทำการเตรียมตัวอย่างทดสอบทั้งหมด 8 คานตัวอย่าง เป็นคานที่มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดความกว้าง 10 ซม. ลึก 18 ซม. ความยาวคานทั้งหมด 140 ซม. และมีช่วงทดสอบยาว 120 ซม. ลักษณะการเสริมเหล็ก รูปตัดตามขวาง และหน้าตัดของคานได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.1

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้อัตราส่วนของการอัดแรงและสัดส่วนของน้ำหนักบรรทุกเป็นตัวแปรหลักในการศึกษา โดยมีรายละเอียด คือ

ก. ผลของอัตราส่วนของการอัดแรงที่ 0.27 และที่ 0.59

ข. ผลของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำต่อน้ำหนักบรรทุกประลัยที่ 50 % , 70 % และ 90 %

ดังนั้นคานตัวอย่างทั้งหมด ได้แบ่งออกเป็น 2 ชุด ๆ ละ 4 ตัวอย่าง แต่ละชุดจะมีปริมาณเหล็กเสริมและการอัดแรงเท่ากัน ดังรายละเอียดที่แสดงในตาราง 2.1 โดยที่คานตัวอย่างชุดแรก, ใช้สัญลักษณ์ว่า PP1, มีอัตราส่วนของการอัดแรง (PPR) เท่ากับ 0.27 ส่วนคานตัวอย่างชุดสอง, ใช้สัญลักษณ์ว่า PP2, ,มีอัตราส่วนของการอัดแรงเท่ากับ 0.59 คานตัวอย่างในแต่ละชุด จะถูกนำไปทดสอบด้วยน้ำหนักบรรทุกสถิตย์ชุดละ 1 ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นคานเปรียบเทียบ ส่วนคานตัวอย่างที่เหลือจะถูกนำไปทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุก

กระทำซ้ำที่ขนาดของน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำต่างกัน 3 ค่าคือ ที่ช่วงน้ำหนักบรรทุกระหว่าง 20 %- 50 %, 40 %-70 %, และ 60 %-90 % ของกำลังประลัยตามลำดับ การทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำจะกระทำภายในจำนวน 2,000,000 รอบหาก ไม่เกิดการวิบัติ คานตัวอย่างจะถูกนำมาทดสอบต่อภายใต้น้ำหนักบรรทุกสถิตย์จนกระทั่งวิบัติ เพื่อเปรียบเทียบกับพฤติกรรมของคานที่ทดสอบด้วยน้ำหนักบรรทุกสถิตย์เพียงอย่างเดียว

2.2. การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

2.1 การเตรียมวัสดุทดสอบ

ก. คอนกรีต

ในการทดสอบได้กำหนดกำลังอัดของคอนกรีตไว้ประมาณ 400 กก/ซม^2 ของตัวอย่างรูปทรงกระบอก โดยเลือกใช้ปูนซิเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 3 ตามมาตรฐาน ASTM C 150-71 Type 3 และใช้สารผสมคอนกรีตชนิดที่มีคุณสมบัติช่วยให้คอนกรีตมีความลื่นไหลได้มากขึ้น สัดส่วนการผสมคอนกรีตได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.6 หินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ใช้หินคละที่มีขนาดโตสุด เท่ากับ 1/2" มีขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C 33 ดังได้แสดงไว้ในในภาคผนวก ก-1 ส่วนทรายที่ใช้ในงานวิจัยเป็นทรายแม่น้ำที่ใช้กับงานคอนกรีตทั่วไป ทดสอบได้ขนาดคละตามมาตรฐาน ASTM C 33 เช่นกัน ดังได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก-2

ข. เหล็กเสริมและลวดอัดแรง

ในงานวิจัยนี้ ใช้เหล็กเสริมแบบข้ออ้อย ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.24-2527 กระทรวงอุตสาหกรรม SD-40 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. ได้นำตัวอย่างของเหล็กเส้น มาทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด โดยใช้เกจวัดความเครียดแบบไฟฟ้า โดยแสดงความสัมพันธ์ไว้ในภาคผนวก ก-3 สามารถหาค่าเฉลี่ยของ หน่วยแรงที่จุดคลากได้ประมาณ 4100 กก/ซม^2 และค่าเฉลี่ยหน่วยแรงที่จุดประลัย ได้ประมาณ 6000 กก/ซม^2 โดยมีค่าเฉลี่ยของโมดูลัสแห่งความยืดหยุ่น

เท่ากับ 1.90×10^6 กก/ซม^2

สำหรับลวดอัดแรงในงานวิจัยนี้ ใช้ลวดแรงดึงสูงเส้นกลมผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.27-2527 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม. โดยนำตัวอย่างของลวด มาทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก-4 สามารถหาค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงที่จุดคลากได้เท่ากับ 17,500 กก/ซม^2 และค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงที่จุดประลัยได้ประมาณ 18,300 กก/ซม^2 โดยมีค่าเฉลี่ยของโมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นเท่ากับ 1.96×10^6 กก/ซม^2

เพื่อเป็นการป้องกันการวิบัติเนื่องจากแรงเฉือน จึงได้ใช้เหล็กปลอกซึ่งเป็นเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 20-2527 กระทรวงอุตสาหกรรม SR-24 โดยมีหน่วยแรงดึงที่จุดคลากประมาณ 2,400 กก/ซม^2 และค่าเฉลี่ยหน่วยแรงที่จุดประลัยเท่ากับ 4,200 กก/ซม^2 โดยใช้จำนวนปลอกให้มากเกินพอที่จะไม่เกิดการวิบัติด้วยแรงเฉือน

2.2.2 <u>การดึงลวดอัดแรง</u>

การดึงลวดอัดแรงในการเตรียมตัวอย่างทดสอบ จะใช้แบบวิธีดึงก่อน (Pre-Tentioned) โดยใช้อุปกรณ์ซึ่งมีอยู่ในห้องปฏิบัติการคอนกรีต ซึ่งประกอบไปด้วย แท่นดึงลวดอัดแรงด้านหัว และท้าย และเครื่องดึงลวดอัดแรงไฮโดรลิค ที่สามารถควบคุมแรงดึงได้ โดยใช้จำปายึดลวดขนาด 4 มม. แบบ Split Cone Wedge

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ใช้ตัวอย่างทดสอบ 2 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีการอัดแรงเท่ากัน ดังนั้นในการดึงลวดอัดแรง จึงทำการดึงพร้อมกันครั้งละ 1 ชุด โดยร้อยลวดอัดแรงผ่านแบบของคานตัวอย่างที่เตรียมไว้ทั้ง 4 คาน ในตำแหน่งที่ต้องการ แล้วทำการดึงด้วยเครื่องดึงไฮโดรลิค ระหว่างดึงลวดอัดแรง จำต้องมีการตรวจสอบค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในลวดอัดแรงด้วยเกจวัดความเครียดแบบไฟฟ้า เนื่องจากมีความละเอียด และถูกต้องมากกว่ามาตรวัดจากเครื่องดึงไฮโดรลิค สำหรับแรงดึงที่ใช้เป็นไปตามข้อกำหนดของ ACI 318-83 คือ หน่วยแรง

ดึงในลวดอัดแรงจะไม่เกิน 0.70 fpu โดยค่าแรงดึงในเส้นลวดแต่ละเส้น จะมีค่าไม่เกิน 1,670 กก.

2.2.3 การหล่อและการเก็บตัวอย่างทดสอบ

ในการหล่อคานตัวอย่างจะทำการหล่อครั้งละ 2 คาน พร้อมกับเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตทรงกระบอก จำนวน 6 ตัวอย่าง ก่อนการผสมคอนกรีตแต่ละครั้งจำต้องทำการหาค่าความชื้น (Moisture) และค่าความซึมซับน้ำ (Water Absorption) ในทรายและหินก่อนเพื่อจะได้คำนวณปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในส่วนผสมให้ถูกต้อง การเทคอนกรีตลงในแบบหล่อจำต้องใช้ความระมัดระวังมากเป็นพิเศษ เนื่องจากได้ทำการติดเกจวัดความเครียดแบบไฟฟ้าไว้บนผิวของเหล็กเสริมและลวดอัดแรง หลังจากทำการตบแต่งผิวหน้าของคอนกรีตแล้ว จึงปล่อยให้คอนกรีตได้ทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ในช่วงแรกประมาณ 3 ชั่วโมง จึงเริ่มทำการบ่มคอนกรีตโดยใช้กระสอบชุบน้ำปิดทับบนผิวคอนกรีต แล้วใช้แผ่นพลาสติคหุ้มทับอีกชั้นหนึ่ง ตัวอย่างแท่งคอนกรีตทรงกระบอกก็ทำการบ่มในลักษณะเดียวกัน

2.2.4 การตัดลวดและบ่มตัวอย่างทดสอบ

หลังจากที่ได้ทำการบ่มคานตัวอย่างในแบบหล่อ ครบ 7 วัน จึงทำการตัดลวดอัดแรง เพื่อนำไปบ่มต่อในห้องบ่มชื้น พร้อมกับแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ทำการวัดค่าหน่วยแรงในลวดอัดแรงตั้งแต่เริ่มทำการตัดลวดอัดแรง จนกระทั่งนำไปบ่มในห้องบ่มชื้น เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลในการเสื่อมสูญของลวดอัดแรง ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.5

2.3. ขั้นตอนการทดสอบ

2.3.1 การเตรียมเพื่อการทดสอบ

ก่อนทำการทดสอบ จะทำการติดตั้งเกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้าบนผิวคอนกรีตที่กึ่งกลางคานด้านบน ตัวเกจมีขนาดความยาว 10 มม. ความต้านทาน 120 โอห์ม และมี

เกจแฟคเตอร์ (G.F.) เท่ากับ 2.02 เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความเครียดของคอนกรีตที่ผิวบนของคานภายใต้วงรอบของการกระทำซ้ำ จากนั้นจึงทำการตีตารางเพื่อความสะดวกในการวาดรอยแตกร้าวโดยทำการแบ่งออกเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 9.5 x 6 ซม.

ลักษณะของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Third Point Loading โดยส่งผ่านแรงจากเครื่องกดน้ำหนักไฮโดรลิกซ์ แบบ Survopulser ของ SHIMADZU Model EHF-EA 10 ขนาด น้ำหนักสูงสุด 10 ตัน ผ่านคานเหล็กรูปพรรณ ที่ออกแบบและเตรียมไว้เป็นพิเศษสำหรับการทดสอบนี้เป็นแบบ Wide Flange Shape ขนาด WF 100 x 100 x 21.90 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 และ 2.6 โดยมีระยะระหว่างจุดกดเท่ากับ 0.40 ม. สามารถรับแรงกดสูงสุดได้มากกว่า 12 ตัน เครื่องมือวัดค่าการแอ่นตัวได้ติดตั้งไว้ที่กึ่งกลางคานจำนวน 2 ตัว และที่ระยะ 30 ซม. จากจุดรองรับอีก 1 ตัว เป็นเครื่องมือวัดการเปลี่ยนระยะในแนวดิ่งแบบไฟฟ้า เรียกว่า LVDT'S (Linear Variable Displacement Transducers) ซึ่งสามารถวัดค่าแอ่นตัวในแนวดิ่งของคานได้ละเอียดถึง 0.0001 มม. ตำแหน่งการติดตั้งชุดเครื่องมือทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2

หลังจากการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบดังกล่าวข้างต้นเรียบร้อย จึงทำการต่อสายไฟที่ติดกับเกจวัดความเครียดแบบไฟฟ้าทั้งจากเหล็กเสริมและลวดอัดแรงภายในคาน และจากคอนกรีตที่ผิวบนของคาน และสายไฟที่ติดกับ LVDT'S เข้ากับเครื่องแปลงสัญญาณ DATA LOGGING ซึ่งถูกควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ IBM-PC โดยสัญญาณความต้านทานไฟฟ้าจากเกจวัดความเครียดและสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจาก LVDT'S จะถูกแปลงเป็นค่าความเครียดและระยะการแอ่นตัวตามลำดับ ข้อมูลที่ผ่านการแปลงสัญญาณแล้วจะถูกนำไปบันทึกไว้บนแผ่นแม่เหล็กของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ อนึ่งเพื่อขจัดผลกระทบจากการรบกวนของสัญญาณไฟฟ้า สายไฟฟ้าที่ต่อจากตัวเกจและ LVDT'S จึงควรใช้สายไฟชนิดที่มีความต้านทานต่ำและมีสายดินหุ้มอยู่ตลอดสาย

2.3.2 การทดสอบ

2.3.2.1 การทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุกสถิตย์

การทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุกสถิตย์จะกระทำกับคานตัวอย่าง เพียง 2 ตัว คือ คาน PP1 S1 และ คาน PP2 S1 เพื่อใช้เป็นคานเปรียบเทียบ ภายหลังจากการติดตั้งชุดเครื่องมือทดสอบเรียบร้อยแล้ว พร้อมกับต่อวงจรในการอ่านค่าความเครียดและค่าการแอ่นตัว เข้ากับเครื่อง DATA LOGGING เรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอย่างช้าๆ โดยน้ำหนักบรรทุกจะเพิ่มขึ้นทีละ 250 กก. และหยุดเพื่อบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนกระทั่งคานตัวอย่างถึงจุดวิบัติ ข้อมูลที่ทำการบันทึกระหว่างการทดสอบคือ ระยะการแอ่นตัวของคาน ความเครียดของคอนกรีตที่ผิวรับแรงอัด ความเครียดของเหล็กเสริมตามยาวรับแรงดึง และความเครียดของลวดอัดแรง รวมทั้งบันทึกลักษณะของรอยแตกร้าวที่ผิวคอนกรีตและลักษณะการวิบัติ

2.3.2.2 การทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ

มีขั้นตอนในการทดสอบ ดังต่อไปนี้

ก. ทำการติดตั้งชุดเครื่องมือทดสอบ พร้อมกับต่อวงจรในการอ่านค่าความเครียด และค่าการแอ่นตัว เข้ากับเครื่อง DATA LOGGING ตามรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.3.1

ข. ตั้งโปรแกรมการทำงานของเครื่อง Survopulser โดยทำการกำหนดรูปแบบของน้ำหนักบรรทุกตามลักษณะที่ต้องการ ในงานวิจัยนี้ใช้ลักษณะน้ำหนักกระทำซ้ำในแบบ Constant Amplitude Sinusoidal Cyclic Loading จากนั้นจึงทำการกำหนดช่วงของน้ำหนักบรรทุกการกระทำซ้ำ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดไว้ที่ 20 % ถึง 50 %และ 40 % ถึง 70 % และ 60 % ถึง 90 % ของน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของคาน คิดเป็นน้ำหนักระหว่าง 1200 ถึง 3000 กก.,2400 ถึง 4200 กก.และ 3600 ถึง 5400 กก. สำหรับคานตัวอย่างในชุดแรก ,PP1, ตามลำดับ และคิดเป็นน้ำหนักระหว่าง 1100 ถึง 1800 กก.,

2200 ถึง 4000 กก. และ 3300 ถึง 5000 กก. สำหรับคานตัวอย่างในชุดสอง ,PP2, ตามลำดับ เสร็จแล้วจึงกำหนดความถี่ของการกระทำซ้ำ และจำนวนรอบของการกระทำซ้ำไว้ที่ 10 Hz และ 2,000,000 รอบ ตามลำดับ

ค. หลังจากตั้งโปรแกรมการทำงานของเครื่อง Survopulser เรียบร้อยแล้ว ทำการเรียกโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง DATA LOGGING เพื่อเตรียมพร้อมในการเก็บข้อมูล แล้วจึงเดินเครื่องไฮโดรลิคจาก Survopulser เพื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอย่างช้า ๆ ไปจนกระทั่งถึงน้ำหนักสูงสุด ของช่วงน้ำหนักที่กำหนดไว้ ซึ่งถือว่าเป็นรอบแรกของการกระทำซ้ำ จากนั้นจึงเดินเครื่องให้ทำงานตามโปรแกรมที่เซทไว้ เครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติ โดยกดคานตัวอย่างในช่วงน้ำหนักที่กำหนดที่ค่าสูงสุดและต่ำสุดสลับไป-มา จะทำการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ในรอบแรกและรอบที่ 1,000 : 3,000 : 5,000 : 10,000 : 30,000 : 50,000 : 100,000 : 150,000 : 200,000 : 400,000 : 600,000 : 800,000 และเพิ่มขึ้นครั้งละ 200,000 รอบ จนกระทั่งที่ 2,000,000 รอบ ข้อมูลที่ทำการบันทึกประกอบด้วยการแอ่นตัว ความเครียดของคอนกรีต ความเครียดในเหล็กเสริม และลวดอัดแรง ซึ่งจะถูกเก็บลงบนแผ่นแม่เหล็กของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนการบันทึกลักษณะการแตกร้าว ขนาดของรอยร้าว และการขยายตัวของรอยร้าวได้ตรวจตราด้วยตาเปล่าและวาดบันทึกในกระดาษที่เตรียมไว้

ง. ปล่อยคานให้อยู่ในภาวะไร้น้ำหนักบรรทุก หลังจากผ่านการกระทำซ้ำครบ 2,000,000 รอบ เพื่อทำการบันทึกค่าการแอ่นตัวถาวรของคานตัวอย่าง จากนั้นจึงทำการทดสอบต่อด้วยน้ำหนักบรรทุกสถิตย์ จนกระทั่งคานวิบัติ พร้อมกับบันทึกข้อมูลการแอ่นตัว และความเครียดของคอนกรีต เหล็กเสริมและลวดอัดแรง รวมทั้งลักษณะการแตกร้าวและการวิบัติ รวมเวลาที่ใช้ในการทดสอบประมาณ 58-60 ชั่วโมง ต่อตัวอย่างทดสอบ 1 คาน

2.4. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบแยกแสดงแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะของการทดสอบคือ กลุ่มการทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ กลุ่มการทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุกสถิตย์

และกลุ่มการทดสอบด้วยน้ำหนักบรรทุกสถิตย์หลังการกระทำซ้ำ

2.4.1 ผลจากการทดสอบของกลุ่มน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ

จะกล่าวถึงผลการทดสอบของกลุ่มน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำในขนาดต่างๆ แต่ละตัวอย่าง จะมีน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำเหมือนกันตลอดการทดสอบ และจะกระทำซ้ำไปจนครบ 2,000,000 รอบ โดยพิจารณาถึงพฤติกรรมการขยายตัวของการแตกร้าว การเพิ่มขึ้นของการแอ่นตัว และการเปลี่ยนแปลงหน่วยแรงภายในของคานตามจำนวนรอบของการกระทำซ้ำ

2.4.1.1 กลุ่มทดสอบชุดที่มีค่าอัตราส่วนของการอัดแรง 0.27 (PP1)

คาน PP1 R1 (น้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำระหว่าง 20-50 % ของกำลังประลัย)

พิจารณาผลการทดสอบจากรูปที่ 2.7 พบว่า คานมีค่าการแอ่นตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยภายใต้การเพิ่มขึ้นของจำนวนรอบ โดยที่ค่าการแอ่นตัวของคานได้เพิ่มขึ้นจาก 1.432 มม. ในรอบแรกของการกระทำซ้ำไปเป็น 1.614 ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

จากผลการทดสอบจากรูปที่ 2.10 พบว่า หน่วยแรงที่ผิวคอนกรีตของคาน PP1 R1 มีการเพิ่มขนาดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 1,000 ถึง 5,000 รอบ จากนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยที่ หน่วยแรงของคอนกรีตมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 93 กก/ซม^2 ในรอบแรกไปเป็น 107 กก/ซม^2 ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ ส่วนหน่วยแรงในเหล็กเสริมและลวดอัดแรง เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.13 และ 2.16 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยที่ค่าหน่วยแรงของเหล็กเสริมได้เพิ่มขึ้นจาก 1227 กก/ซม^2 ในรอบแรกไปเป็น 1370 กก/ซม^2 ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ ส่วนหน่วยแรงในลวดอัดแรงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากจนไม่พบข้อแตกต่างระหว่างรอบแรกและรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

เมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนถึงน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของช่วงน้ำหนักที่ต้องการ คือประมาณ 3,000 กก. ทำการตรวจสอบดูไม่ปรากฏรอยร้าวที่สามารถมองเห็นได้ด้วย

15453

ตาเปล่า ภายใต้รอบแรกของการกระทำซ้ำ หลังจากผ่านการกระทำซ้ำไปแล้ว 150,000 รอบ จึงตรวจพบรอยร้าวรอยแรกที่บริเวณกึ่งกลางคาน เป็นรอยร้าวเล็ก ๆ ที่มีขนาดเล็กกว่า 0.10 มม. และยาวประมาณ 2-3 ซม. จากผิวล่างของคานและมีแนวทางตั้งฉากกับแนวคาน ลักษณะของรอยร้าวจะเปิดและปิด สลับไป-มา ภายใต้วงรอบของการกระทำซ้ำ หลังจากนั้นได้มีการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวขึ้นอีก 1 รอย ในบริเวณช่วงการดัด (Flexural Span) ที่ 200,000 รอบ เป็นรอยร้าวเล็ก ๆ ยาวประมาณ 2-3 ซม. ลักษณะเช่นเดียวกับรอยแรก จากนั้นไม่พบการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวขึ้นอีก จนกระทั่งครบ 2,000,000 รอบของการกระทำซ้ำ แต่รอยร้าวทั้ง 2 รอย มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยที่รอยร้าวรอยแรกมีความยาวเพิ่มขึ้นเป็น 8-9 ซม. ส่วนรอยที่สองมีการขยายตัวเพียงเล็กน้อย

<u>คาน PP1 R2</u> (น้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำระหว่าง 40-70 % ของกำลังประลัย)

พิจารณาผลจากการทดสอบในรูปที่ 2.7 พบว่า อัตราการเพิ่มขนาดของการแอ่นตัวของคาน จะมีค่าสูงมากในช่วง 1,000 รอบแรก โดยพิจารณาได้จากค่าการแอ่นตัวมีการเพิ่มขึ้นจาก 2.55 มม. ในรอบแรก ไปเป็น 3.00 มม. ในรอบที่ 1,000 จากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นของการแอ่นตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยที่ค่าการแอ่นตัวได้เพิ่มจาก 3.00 มม. ในรอบที่ 1000 ไปเป็น 3.15 มม. ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

ผลการทดสอบจากรูปที่ 2.11 พบว่า หน่วยแรงของคอนกรีตมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง โดยเฉพาะในช่วง 800,000-2,000,000 รอบ โดยที่ค่าหน่วยแรงของคอนกรีตได้เปลี่ยนแปลงลงจาก 123 กก/ซม^2 ในรอบแรกไปเป็น 113 กก/ซม^2 ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ เช่นเดียวกันกับหน่วยแรงในเหล็กเสริม และลวดอัดแรง เมื่อพิจารณาในรูปที่ 2.13 และ 2.16 ซึ่งมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงลดลง โดยที่หน่วยแรงในเหล็กเสริมและลวดอัดแรง มีการเปลี่ยนแปลงจาก 2779 กก/ซม^2 และ 14232 กก/ซม^2 ในรอบแรก ไปเป็น 2567 กก/ซม^2 และ 14042 กก/ซม^2 ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

ภายใต้รอบแรกของการกระทำซ้ำ พบรอยร้าวรอยแรกบริเวณกึ่งกลางคานที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 2900 กก.และเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นอีกจนถึง 4200 กก. ซึ่งเป็นน้ำหนัก

บรรทุกสูงสุดของช่วงการกระทำซ้ำ ตรวจพบรอยร้าวอีก 2 รอย ในบริเวณช่วงการดัด ยาวประมาณ 4-5 ซม. ภายใต้การเพิ่มจำนวนรอบของการกระทำซ้ำ มีการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวขึ้นอีก 1 รอย ในบริเวณช่วงการดัด หลังจากรอบที่ 50,000 และที่ 1,000,000 รอบ ตรวจพบรอยร้าวเพิ่มขึ้นอีก 2 รอย อยู่นอกช่วงการดัด เอียงทำมุมกับแนวคานเล็กน้อยยาวประมาณ 5-7 ซม. ส่วนรอยร้าวอื่น ๆ ก็มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะรอยร้าวรอยแรกที่กึ่งกลางคาน มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีขนาดประมาณ 0.15 มม.และยาวประมาณ 10-11 ซม.

<u>คาน PP1 R3</u> (น้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำระหว่าง 60-90 % ของกำลังประลัย)

พิจารณาผลการทดสอบในรูปที่ 2.7 จะเห็นว่า ขนาดของสัดส่วนของน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำยิ่งมาก การเพิ่มขนาดของการแอ่นตัวยิ่งมีแนวโน้มสูงมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วง 1000 รอบแรกของการกระทำซ้ำ โดยที่ค่าการแอ่นตัวได้เพิ่มจาก 3.29 มม. ในรอบแรก ไปเป็น 3.93 มม. ในรอบที่ 1000 หลังจากนั้นค่าการแอ่นตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ โดยเพิ่มขึ้นเป็น 4.16 มม. ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

พิจารณาจากรูปที่ 2.10 2.13 และ 2.16 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงในคอนกรีตเหล็กเสริม และลวดอัดแรงมีแนวโน้มที่ลดลง โดยที่ค่าหน่วยแรงในคอนกรีต เหล็กเสริมและลวดอัดแรงได้เปลี่ยนแปลงจาก 166 กก/ซม^2, 3500 กก/ซม^2 และ 14840 กก/ซม^2 ในรอบแรกไปเป็น 156 กก/ซม.^{2}, 3142 กก/ซม^2 และ 14428 กก/ซม^2 ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำตามลำดับ

ในรอบแรกของการกระทำซ้ำ ปรากฏรอยแตกร้าวรอยแรกที่บริเวณกึ่งกลางคาน ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 2800 กก. เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอีกจนถึง 3000 กก. ตรวจพบรอยร้าวอีก 3 รอย ในบริเวณช่วงการดัดใกล้รอยแรก โดยที่รอยร้าวทั้ง 4 รอย เป็นรอยร้าวขนาดเล็กมีความกว้างน้อยกว่า 0.1 มม. ยาวประมาณ 2-5 ซม. ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 3500 ปรากฏรอยร้าวขึ้นอีก 3 รอย หนึ่งในจำนวนนั้นเป็นรอยร้าวที่เกิดขึ้นนอกช่วงการดัด เอียงทำมุมกับแนวคานเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนถึงน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของช่วงน้ำหนักกระทำซ้ำ ที่

5400 กก. มีรอยร้าวเกิดขึ้นทั้งหมดรวม 10 รอย ในจำนวนนั้นมี 4 รอย เกิดขึ้นนอกช่วงการดัด มีลักษณะเอียงทำมุมกับแนวคาน ภายใต้การเพิ่มจำนวนของการกระทำซ้ำพบว่า รอยร้าวทั้งหมดมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบว่ามีการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวอีก สังเกตุพบว่ารอยร้าวที่เกิดขึ้นด้านริมสุดใกล้ฐานรองรับ ซึ่งเป็นลักษณะของรอยร้าวจากแรงเฉือน มีการขยายตัวมากจนมีขนาดกว้างถึง 0.15 มม. และยาวประมาณ 15 - 16 ซม. ส่วนรอยร้าวที่อยู่ในช่วงการดัดมีการขยายตัวขึ้นอีกเล็กน้อย โดยมีความยาวประมาณ 5-9 ซม. ขณะทำการตรวจสอบในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

2.4.1.2 <u>กลุ่มทดสอบชุดที่มีค่าอัตราส่วนของการอัดแรง 0.59</u> (PP2)

<u>คาน PP2 R1</u>

พิจารณาการทดสอบจากรูปที่ 2.8 พบว่าคานจะมีการเพิ่มขนาดของการแอ่นตัวอย่างชัดเจนในช่วงระหว่าง 1000 ถึง 3000 รอบ หลังจากนั้นการเพิ่มขนาดของการแอ่นตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยโดยที่ค่าการแอ่นตัวได้เพิ่มจาก 0.73 มม. ในรอบแรกไปเป็น 0.84 มม. ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

จากผลการทดสอบในรูปที่ 2.11 พบว่าหน่วยแรงของคอนกรีตมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรกของการกระทำซ้ำหลังจากรอบที่ 800,000 หน่วยแรงในคอนกรีตเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ค่าหน่วยแรงของคอนกรีตจะมีการเปลี่ยนแปลงจาก 66 กก/ซม.^{2} ในรอบแรกไปเป็น 89 กก/ซม.^{2} ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำส่วนหน่วยแรงในเหล็กเสริมและลวดอัดแรง พิจารณาจากผลการทดสอบพบว่าในรูปที่ 2.14 และ 2.17 มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจาก 600 กก/ซม^2 และ 11482 กก/ซม.^{2} ในรอบแรกไปเป็น 621 กก/ซม^2 และ 11427 กก/ซม^2 ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอย่างช้า ๆ ไปจนกระทั่งถึงน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของช่วงน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำที่ 2800 กก ไม่ปรากฏรอยร้าวใด ๆ ภายใต้รอบแรกของการกระทำซ้ำ หลังจากผ่านการกระทำซ้ำไปกว่า 600,000 รอบ จึงพบรอยร้าวรอยแรกบริเวณ

กึ่งกลางคาน เป็นรอยร้าวเล็ก ๆ ยาวประมาณ 2-3 ซม. จากนั้นไม่พบการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวอีกจนกระทั่งสิ้นสุดการกระทำซ้ำ

คาน PP2 R2

ผลจากการเพิ่มขนาดของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ ทำให้คานมีอัตราการเพิ่มขนาดของการแอ่นตัวสูงกว่า คาน PP2 R1 อย่างเห็นได้ชัด พิจารณาจากรูปที่ 2.8 จะเห็นว่า การแอ่นตัวมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยที่ค่าการแอ่นตัวมีการเพิ่มขนาดจาก 2.23 มม. ในรอบแรกไปเป็น 2.82 มม. ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

ในขณะที่ผลจากการเพิ่มขนาดของสัดส่วนบรรทุกกระทำซ้ำ ได้ทำให้อัตราการเพิ่มขนาดการแอ่นตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ผลกระทบที่มีต่อหน่วยแรงภายในของคานกลับไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้เห็นอย่างเด่นชัด พิจารณาจากผลการทดสอบในรูปที่ 2.11, 2.14 และ 2.17 จะเห็นว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงค่อนข้างคงที่ ยกเว้นค่าหน่วยแรงในลวดอัดแรงกลับมีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อย โดยที่ค่าหน่วยแรงในคอนกรีตได้มีการเปลี่ยนแปลงจาก 1318 กก/ซม^2 ไปเป็น 1381 กก/ซม^2 ส่วนหน่วยแรงในเหล็กเสริมและลวดอัดแรงมีการเปลี่ยนแปลงจาก 3013 กก/ซม^2 และ 14353 กก/ซม^2 ในรอบแรกไปเป็น 3080 กก/ซม^2 และ 14282 กก/ซม^2 ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำตามลำดับ

ปรากฏรอยแตกร้าวขนาดเล็ก บริเวณกึ่งกลางคาน ยาวประมาณ 5-6 ซม. กว้างน้อยกว่า 0.1 มม. ในรอบแรกของการกระทำซ้ำที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 3,400 กก. เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนถึงน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของช่วงน้ำหนักที่ 4000 กก. ไม่ปรากฏรอยร้าวเพิ่มขึ้นอีกในรอบแรกนี้ ภายใต้ผลของการกระทำซ้ำในสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกที่สูงขึ้น ทำให้การขยายตัวของรอยร้าวเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น โดยที่รอยร้าวมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอีก 2 รอย ในบริเวณช่วงการดัด ยาวประมาณ 4-5 ซม. มีขนาดเล็กกว่า 0.1 มม. ที่ประมาณรอบที่ 20,000 ของการกระทำซ้ำ ตรวจพบว่ามีการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวอีก 2 รอย ที่ประมาณ 36,000 และ 200,000 รอบของการกระทำซ้ำ ตามลำดับ หลังจากนั้นไม่ปรากฏการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวอีกจนสิ้นสุดการกระทำซ้ำ

คาน PP2 R3

พิจารณาจากรูปที่ 2.8 พบว่า แนวโน้มของการแอ่นตัวภายใต้การเพิ่มจำนวนของการกระทำซ้ำมีลักษณะคล้ายกับคาน PP2 R2 จะเห็นว่า การแอ่นตัวจะมีอัตราการเพิ่มขนาดขึ้นค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยที่ ค่าการแอ่นตัวมีการเพิ่มขนาดขึ้นจาก 3.15 มม. ในรอบแรกไปเป็น 3.81 มม. ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ

พิจารณาจากรูปที่ 2.11 พบว่าหน่วยแรงในคอนกรีตมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ค่าหน่วยแรงในคอนกรีตได้เพิ่มจาก 175 กก/ซม^2 ในรอบแรกไปเป็น 203 กก/ซม.^{2} ในรอบสุดท้ายของการกระทำซ้ำ เช่นเดียวกับหน่วยแรงในเหล็กเสริมและลวดอัดแรง พิจารณาจากรูปที่ 2.14 และ 2.17 พบว่าหน่วยแรงมีแนวโน้มสูงขึ้นภายใต้การเพิ่มจำนวนของการกระทำซ้ำอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ค่าหน่วยแรงในเหล็กเสริมและลวดอัดแรงได้เพิ่มจาก 3931 กก/ซม^2 และ 15670 กก/ซม^2 ในรอบแรกไปเป็น 4400 กก/ซม^2 และ 16117 กก/ซม^2 ในรอบสุดท้ายตามลำดับ

ในรอบแรกของการกระทำซ้ำ ปรากฏรอยร้าวรอยแรกที่บริเวณกึ่งกลางคานยาวประมาณ 5-6 ซม. ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 3500 กก. เมื่อน้ำหนักบรรทุกขึ้นจนถึงน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของช่วงน้ำหนักกระทำซ้ำที่ 5000 กก. รอยร้าวได้เพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 6 รอย 2 รอยในจำนวนนั้น เกิดขึ้นนอกช่วงการดัดเล็กน้อย รอยร้าวส่วนใหญ่เป็นรอยร้าวขนาดเล็กกว่า 0.1 มม. และยาวประมาณ 4-6 ซม. ยกเว้นรอยร้าวรอยแรกมีขนาดกว้างกว่า 0.1 มม. และยาวประมาณ 6-7 ซม. ภายใต้การเพิ่มจำนวนของการกระทำซ้ำ พบว่า รอยร้าวมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอีกประมาร 1-3 ซม. ขณะทำการตรวจสอบที่ 50,000 รอบของการกระทำซ้ำ จากนั้นรอยร้าวได้มีการขยายตัวขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย โดยไม่พบการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวขึ้นอีก จนสิ้นสุดการกระทำซ้ำ

2.4.2 ผลการทดสอบของกลุ่มน้ำหนักบรรทุกสถิตย์

คาน PP1 S1

เริ่มเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอย่างช้า ๆ คานจะเริ่มมีการแอ่นตัว ความเครียดของคอนกรีตที่ผิวบนของคาน รวมทั้งความเครียดในเหล็กเสริมและลวดอัดแรง จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งปรากฏรอยร้าวรอยแรกที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 3,100 กก. เป็นรอยร้าวที่เกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางคาน ยาวประมาณ 4 ซม. จากผิวล่างของคานตั้งฉากกับแนวคาน เพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นอีกจนพบรอยร้าวเพิ่มขึ้นอีก 2 รอยยาวประมาณ 4-5 ซม. ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 3,700 กก. เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นอีก อัตราการแอ่นตัวและความเครียดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักบรรทุก และมีรอยร้าวเพิ่มมากขึ้นเป็น 5 รอย เป็นรอยร้าวที่อยู่นอกช่วงการดัด 2 รอย ส่วนรอยร้าวรอยแรกที่บริเวณกึ่งกลางคานมีการขยายตัวไปกว่าครึ่งหนึ่งของความลึกของคาน จากนั้นรอยร้าวได้แยกออกเป็น 2 ทาง (Forked Cracks) โดยมีทิศทางลาดเอียงไปสู่จุดกดของน้ำหนัก ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 7250 กก. การแอ่นตัวในช่วงนี้มากจนสังเกตุเห็นได้ชัด โดยมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้น และสิ้นสุดลงเมื่อลวดอัดแรงขาดออก และคอนกรีตที่ผิวบนของคานแตกออกที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 7500 กก.

คาน PP2 S1

เริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอย่างช้า ๆ จนกระทั่งปรากฏรอยร้าวรอยแรกที่บริเวณกึ่งกลางคาน ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 3700 กก. เป็นรอยร้าวที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 มม. ยาวประมาณ 4-5 ซม. จากผิวล่างของคานตั้งฉากกับแนวคาน และมีการขยายตัวเอียงทำมุมเล็กน้อย ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 4500 กก. ตรวจพบรอยร้าวเพิ่มขึ้นอีก 2 รอยในบริเวณช่วงการดัด และอีก 1 รอย นอกช่วงการดัดเล็กน้อย ลักษณะของการแตกร้าวในช่วงหลังต่างกับคาน PP1 S1 เล็กน้อยคือ ไม่พบลักษณะการแตกร้าวที่แยกออกเป็น 2 ทาง ในขณะที่ลักษณะการวิบัติของคาน PP2 S1 คล้ายกับคาน PP1 S1 ซึ่งเป็นการวิบัติด้วยแรงดัด (Flexural Failure) แต่คอนกรีตที่ผิวบนของคานไม่แตกออกอย่างรุนแรงเช่นเดียวกับคาน PP1 S1 ที่น้ำหนักบรรทุกประลัยเท่ากับ 6000 กก.

2.4.3 ผลการทดสอบของกลุ่มหลังการกระทำซ้ำ

4.3.1 กลุ่มทดสอบชุดที่มีค่าอัตราส่วนของการอัดแรง 0.27

คาน PP1 R1

เมื่อคานกลับคืนสู่สภาพไร้น้ำหนัก สังเกตุเห็นว่ารอยร้าวได้ปิดตัวจนยากที่จะสังเกตุเห็นได้ บันทึกค่าการแอ่นตัวถาวร (Parmanent Deflection) ได้เท่ากับ 0.19 มม จึงเริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอย่างช้า ๆ สังเกตุเห็นว่ารอยร้าว 2 รอยแรกที่มีอยู่เดิมเริ่มเปิดออก และมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่รอยร้าวได้เพิ่มขึ้นจนถึง 5 รอย ในบริเวณช่วงการดัด ลักษณะการแตกร้าวคล้ายกับคาน PP1 S1 แต่ไม่พบรอยร้าวนอกช่วงการดัด ลักษณะการวิบัติของคาน PP1 R1 ก็คล้ายกับคาน PP1 S1 คือ เมื่อรอยร้าวที่กึ่งกลางคานขยายตัวไปจนถึง 2 ใน 3 ของความลึกคานจะแยกออกเป็น 2 ทาง ลาดเอียงเข้าหาจุดกดน้ำหนักทั้ง 2 จุด และสิ้นสุดลงเมื่อลวดอัดแรงขาดออก และคานจะพับลงขณะที่ผิวบนของคอนกรีตแตกระเบิดออก ที่น้ำหนักรรทุกประมาณ 8800 กก.

คาน PP1 R2

ผลของการเพิ่มขนาดของสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกกระทำซ้ำ ทำให้มีรอยร้าวบางรอยแม้จะปิดตัวลงแต่ไม่สนิทสามารถสังเกตุเห็นได้ด้วยตาเปล่า ค่าการแอ่นตัวถาวรที่บันทึกไว้มีค่าเท่ากับ 0.47 มม. เมื่อเริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุก คานจะมีการแอ่นตัวในขณะที่ความเครียดของคอนกรีต เหล็กเสริมและลวดอัดแรงมีค่ามากขึ้น รอยร้าวก็มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ปรากฏว่ามีการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวขึ้นอีก ลักษณะการขยายตัวของรอยร้าวก่อนการวิบัติ คล้ายกับคาน PP1 S1 และคาน PP1 R1 คือก่อนการวิบัติรอยร้าวที่กึ่งกลางคานมีการแยกตัวออกเป็น 2 ทาง เข้าหาจุดกดน้ำหนักทั้ง 2 จุด และสิ้นสุดลงเมื่อลวดอัดแรงขาดออกในขณะที่คอนกรีตที่ผิวบนของคานแตกระเบิดออก พร้อมกับคานพับลงมา ซึ่งเป็นลักษณะการวิบัติด้วยแรงดัดที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 8000 กก.

คาน PP1 R3

เมื่อคานอยู่ในภาวะไร้น้ำหนักบรรทุก รอยร้าวส่วนใหญ่ปิดตัวลงจนยากที่จะสังเกตุเห็นได้ ยกเว้น รอยร้าวที่อยู่ริมนอกสุดซึ่งเป็นรอยร้าวแบบทแยง (Diagonal Tension Crack) ค่าการแอ่นตัวถาวรที่บันทึกไว้มีค่าเท่ากับ 0.95 มม. รอยร้าวไม่มีการเพิ่มจำนวนขึ้นอีก แต่มีการขยายตัวตามน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะรอยร้าวด้านทแยงมีการขยายตัวที่เร็วมาก และสิ้นสุดลงเมื่อรอยร้าวด้านทแยง มีการขยายตัวไปจนถึงผิวคอนกรีตด้านบนที่จุดกดน้ำหนัก เมื่อน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 7400 กก. โดยที่รอยร้าวที่กึ่งกลางคานกำลังจะขยายตัวไปจนถึงผิวบนของคานเช่นกัน และหน่วยแรงในเหล็กเสริมและลวดอัดแรงของคานก่อนการวิบัติที่สามารถจะบันทึกได้ มีค่าเท่ากับ 4100 กก/ซม^2 และ 16846 กก/ซม^2 จะเห็นว่าหน่วยแรงในเหล็กเสริมกำลังเข้าสู่ช่วงคลากพอดี ลักษณะการวิบัติจึงเป็นการวิบัติด้วยแรงเฉือน

2.4.3.2 กลุ่มทดสอบชุดที่มีค่าอัตราส่วนของการอัดแรง 0.59

คาน PP2 R1

เมื่อคานอยู่ในภาวะไร้น้ำหนัก มีค่าการแอ่นตัวถาวรเท่ากับ 0.17 มม. โดยที่รอยร้าวได้ปิดตัวลงจนไม่สามารถสังเหตุเห็นได้ ทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นไปจนถึง 5350 กก. รอยร้าวรอยแรกที่บริเวณกึ่งกลางคานได้ขยายตัวไปมากกว่าครึ่งหนึ่งของความลึกคาน และเริ่มแยกตัวออกเป็น 2 ทาง ลาดเอียงเข้าหาจุดกดน้ำหนักทั้ง 2 จุด ในขณะที่รอยร้าวในช่วงการดัดได้เพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 6 รอย ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 6500 กก. รอยร้าวบริเวณกึ่งกลางคานที่แยกตัวออกเป็น 2 ทาง ได้ขยายตัวไปมากกว่า 2 ใน 3 ของความลึกคาน และสิ้นสุดลงเมื่อลวดอัดแรงขาดจากกัน ในขณะที่คอนกรีตที่ผิวบนของคานแตกออกอย่างรุนแรง พร้อมกับคานพับลงมาอย่างรวดเร็วที่น้ำหนักบรรทุก 7480 กก.

คาน PP2 R2

มีค่าการแอ่นตัวถาวรเท่ากับ 0.57 มม. เมื่อทำการเพิ่มขนาดของน้ำหนักบรรทุก

ขึ้นเรื่อย ๆ จะพบว่ารอยร้าวที่มีอยู่เดิมมีการขยายตัวมากขึ้น แต่ไม่พบว่ามีการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวขึ้นอีก จนกระทั่งคานวิบัติ เมื่อลวดอัดแรงขาดออก และรอยร้าวที่กึ่งกลางคานขยายตัวไปจนถึงผิวคอนกรีตด้านบน โดยที่รอยร้าวไม่มีการแยกตัวออกเป็น 2 ทาง เข้าหาจุดกดน้ำหนักบรรทุกเช่นเดียวกับคาน PP2 R1 แต่เป็นลักษณะการวิบัติด้วยแรงดัดเช่นกันที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 6480 กก.

คาน PP2 R3

การแอ่นตัวถาวรของคานมีค่าเท่ากับ 0.62 มม. เพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นจะพบว่าจะมีการขยายตัวจากรอยร้าวที่มีอยู่เดิม โดยไม่มีการเพิ่มจำนวนของรอยร้าวขึ้นอีก จนกระทั่งคานวิบัติลักษณะการแตกร้าวของคานก่อนการวิบัติ คล้ายกับคาน PP2 S1 และ คาน PP2 R1 โดยที่รอยร้าวที่กึ่งกลางคานจะขยายตัวเข้าหาคอนกรีตที่ผิวบนของคาน โดยไม่มีการแยกออกเป็น 2 รอย และสิ้นสุดลงเมื่อลวดอัดแรงขาดจากกัน ในขณะที่รอยร้าวที่กึ่งกลางคานได้ขยายตัวไปจนถึงผิวคอนกรีตด้านบนสุดของคาน ที่น้ำหนักบรรทุกประมาณ 7000 กก.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย