บทที่ 3

การทดสอบและผลการทดสอบ

รายละเอียดในการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนของสลักคอนกรีตล้วนในงานวิจัยนี้ได้แบ่งตามลำดับดังนี้คือ รายการทดสอบ, การเตรียมตัวอย่างทดสอบ, วิธีการทดสอบ และผลการทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุกดิ่งจนถึงวิบัติ

3.1.รายการทดสอบ

การทดสอบได้เตรียมชิ้นตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 36 คู่ เป็นการทดสอบแรงเฉือนแบบไม่มีสลักแรงเฉือนคอนกรีตล้วนจำนวน 9 คู่ และการทดสอบแรงเฉือนแบบมีสลักแรงเฉือนคอนกรีตล้วน 27 คู่ ชิ้นตัวอย่างมีความสูง 39.40 ซม. กว้าง 25 ซม. หนา 7.5 ซม. มีความยาวเมื่อประกบคู่แล้วเท่ากับ 56.40 ซม. ความยาวของพื้นที่ที่สัมผัสของชิ้นตัวอย่างที่รอยต่อ 22.40 ซม. ตามแสดงไว้ที่รูปที่ 3.2 ลักษณะของสลักคอนกรีตมีความยาวฐาน 9.84 ซม. ลึก 2.46 ซม. และ ความหนา 7.50 ซม. การเสริมเหล็กเพื่อป้องกันการพังทลายจากการดัดและแรงดึงในชิ้นส่วนตัวอย่างดังแสดงรูปที่ 3.4 ชื่อ และ คุณสมบัติทั้งหมดมีอยู่ในตารางที่ 3.1

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบกับชิ้นตัวอย่างที่มีลักษณะของรอยต่อแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มที่มีรอยต่อเรียบ และกลุ่มที่รอยต่อมีสลักแรงเฉือนคอนกรีตล้วน สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีรอยต่อชนิดสลักแรงเฉือนคอนกรีตล้วน ใช้สลักแรงเฉือนคอนกรีต 1 อันซึ่งแทนพฤติกรรมของสลักคอนกรีตล้วนในชุดของสลักคอนกรีตในโครงสร้างจริง ในแต่ละกลุ่มของตัวอย่างกำหนดให้กำลังอัดของคอนกรีต และแรงโอบรัดด้านข้างเป็นตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยกำลังอัดของคอนกรีตมี 3 ระดับคือ 210 กก./ซม.^{2} 280 กก./ซม.^{2} และ 350 กก./ซม.^{2} และแรงโอบรัดด้านข้างมี 3 ระดับคือ 6.77 กก./ซม.^{2} 13.54 กก./ซม.^{2} และ 27.08 กก./ซม.^{2} ซึ่งแต่ละคู่ของตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ กำลังอัดของคอนกรีต และแรงโอบรัดด้านข้างจะทำการทดสอบชิ้นตัวอย่าง 3 ชิ้น ชื่อของตัวแปร และคุณสมบัติทั้งหมด แสดงในตารางที่ 3.1 โดยอักษรตัวแรกบอกชนิดของรอยต่อ ซึ่ง F หมายถึง กลุ่มที่มีรอยต่อเรียบ และ K หมายถึง กลุ่มที่มีสลักแรงเฉือนคอนกรีต ตัวเลขตำแหน่งที่ 2 แทนระดับของกำลังอัดประลัย

ของคอนกรีต ส่วนตัวอักษรในตำแหน่งที่ 3 หมายถึง ระดับของแรงโอบรัดด้านข้าง ตัวอย่างจะถูกนำมาทดสอบภายใต้น้ำหนักกระทำในแนวดิ่งจนกระทั่งวิบัติ ข้อมูลที่ทำการบันทึก คือ แรงที่กระทำในแนวดิ่ง การเคลื่อนตัวของชิ้นตัวอย่างในแนวดิ่ง และการเคลื่อนตัวในแนวราบของชิ้นตัวอย่าง

3.2.การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

3.2.1.วัสดุทดสอบ

ก. คอนกรีต

ในการทดสอบได้กำหนดกำลังอัดของคอนกรีตไว้ประมาณ 210 กก./ซม.^{2} 280 กก./ซม.^{2} และ 350 กก./ซม.^{2} ของตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่ 7 วัน มีอัตราส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ ก.1 โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้าง, ทรายแม่น้ำ, หินย่อยขนาดไม่เกิน 3/8" และใช้สารผสมคอนกรีต SIKAMENT - FF ซึ่งช่วยเร่งกำลังของคอนกรีต และ ช่วยให้คอนกรีตมีลักษณะลื่นไหลมากขึ้น เมื่อนำแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาด 15 ซม. สูง 30 ซม. มาทำการทดสอบได้ค่าดังตารางที่ ก. 2 ถึง ก. 11 มีค่ากำลังอัดประลัย (f_c') เท่ากับ 428 กก./ซม.^{2} 471 กก./ซม.^{2} และ 543 กก./ซม.^{2} ที่ 21 วันและค่าโมดูลัสแห่งความยืดหยุ่น (E_c) เท่ากับ 431 กก./ซม.^{2} 703 กก./ซม.^{2} 411,003 กก./ซม.^{2} และ 417,233 กก./ซม.^{2} ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดแสดงไว้ดังรูปในภาคผนวก ก.

ข.เหล็กเส้น

ในงานวิจัยนี้ใช้เหล็กเสริมแบบข้ออ้อยผลิตตามมาตราฐานอุตสาหกรรม ม.อ.ก. 24 - 2527 กระทรวงอุตสาหกรรม SD 40 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. สำหรับเหล็กเสริมกันการแตกร้าว และ เหล็กเสริมรับแรงดึง, สำหรับเหล็กเสริมปลอกใช้เหล็กเส้นกลม ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ม.อ.ก. 20 - 2527 กระทรวงอุตสาหกรรม SR 24 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม.

วัตถุประสงค์ของเหล็กเสริมในชิ้นตัวอย่าง เพื่อป้องกันการพังทลายของชิ้นตัวอย่างจากแรงดัดและแรงดึง (Splitting) ที่อาจเกิดขึ้นในชิ้นตัวอย่าง ตลอดจนแรงเฉือนในชิ้นตัวอย่าง โดยไม่มีการเสริมเหล็กในส่วนที่เป็นสลักคอนกรีต

3.2.2.แบบหล่อคอนกรีตและการเสริมเหล็ก

แบบหล่อคอนกรีตที่ใช้เป็นไม้อัดหนา 15 มม. เป็นแบบด้านข้าง และ ผิวล่าง, โดยทาน้ำยาทาแบบเพื่อสะดวกในการถอดไม้แบบ เมื่อประกอบไม้แบบแล้วเสร็จจึงนำลูกปูนขนาดที่เหมาะสม (หนา 1.5 ซม.) มาวาง จากนั้นนำเหล็กเสริมที่เตรียมไว้มาวาง ตรวจสอบระยะหุ้มของคอนกรีตที่ผิวบน

3.2.3.การหล่อและการบ่มตัวอย่างทดสอบ

เพื่อให้รอยต่อของสลักคอนกรีตล้วนประกอบกันได้สนิทพอดี การทำการหล่อคอนกรีตจะเตรียมไม้แบบ, วางเหล็กเสริม และ หล่อคอนกรีตสำหรับชิ้นตัวอย่างตัวเมีย (female) ก่อนแต่งผิวหน้าให้เรียบและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้คอนกรีตทำปฏิกิริยาและแข็งตัวก่อน จากนั้นจึงหล่อคอนกรีตชิ้นตัวอย่างตัวผู้ (male) โดยอาศัยชิ้นตัวอย่างตัวเมียที่หล่อเรียบร้อยแล้วเป็นแบบในด้านที่สัมผัสกัน โดยใช้น้ำมันทาแบบทาที่ผิวรอยต่อของผิวรอยต่อของตัวอย่างตัวเมีย เพื่อช่วยในการแยกตัวอย่างทั้งสองออกจากกันได้โดยสะดวก โดยก่อนการทดสอบจะทำการล้างและขัดผิวด้วยกระดาษทราย เพื่อนำน้ำมันทาแบบส่วนเกินออกจากพื้นผิวสัมผัส ชิ้นตัวอย่างจะถูกบ่มในน้ำ 7 วัน จากนั้นจึงนำมาบ่มในอากาศ การเก็บตัวอย่างของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 15 ซม. สูง 30 ซม. เก็บทั้งหมด 9 ชิ้น โดยที่ระดับกำลังของคอนกรีตละ 3 ชิ้น

3.3.วิธีการทดสอบ

3.3.1.การเตรียมเพื่อการทดสอบ

หลังจากทำการทำความสะอาดน้ำมันทาแบบที่ผิวสัมผัสบริเวณรอยต่อของชิ้นตัวอย่างตัวเมียและตัวผู้ จากนั้นจึงนำชิ้นส่วนขึ้นไปวางบนจุดรองรับ ซึ่งประกอบขึ้นโดยโครงเหล็กรูปตัวเอช ลักษณะของโครงเหล็กทดสอบดังแสดงรูปที่ 3.3 โดยมีการค้ำยันและเชื่อมแน่นที่ฐานเพื่อป้องกันการขยับตัวของโครงเหล็กทดสอบระหว่างทดสอบ การวัดค่าการเคลื่อนตัวของชิ้นตัวอย่างกระทำโดยทำการติดตั้ง Dial gauge จำนวน 5 จุด เพื่อวัดค่าการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง 2 จุด วัดค่าการเคลื่อนตัวในแนวราบ 2 จุด และ วัดค่าการเคลื่อนตัวของชิ้นตัวอย่างตัวเมีย ดังแสดงที่รูป 3.1 และ 3.2 สำหรับการติดตั้งเครื่องมือทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบดูได้จากรูปที่ 3.5 หลังจากติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วจึงทำการต่อสายไฟเข้ากับเครื่องมือวัดการเปลี่ยนระยะแบบไฟฟ้า LVDT'S (Linear variable displacement transducer) ผ่านทางเครื่องแปลงสัญญาณ (Data logger) ซึ่งถูกควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจาก LVDT'S จะถูกแปลงเป็นระยะการเคลื่อนตัว ข้อมูลที่ผ่านการแปลงสัญญาณแล้วจะปรากฏขึ้นบนแผงควบคุมที่เป็นเชิงตัวเลข ลักษณะน้ำหนักกระทำในแนวดิ่งที่ใช้ทดสอบเป็นแบบกระทำเป็นจุด โดยใช้ท่อนเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มม. วางบนแผ่นเหล็กขนาดกว้าง 7.5 ซม. ยาว 10 ซม. หนา 1 ซม. ที่วางอยู่บนผิวบนของชิ้นตัวอย่าง การอ่านค่าน้ำหนักกระทำในแนวดิ่งใช้อุปกรณ์ Load cell ซึ่งสามารถอ่านค่าน้ำหนักกระทำได้สูงสุด 25 ตันต่อเข้ากับเครื่องแปลงสัญญาณ (Data Logger)

แรงกระทำด้านข้างที่จำลองแรงโอบรัดในโครงสร้างจริงจะถูกกระทำผ่านแผ่นเหล็กขนาดกว้าง 7.5 ซม. ยาว 10 ซม. หนา 2 ซม. โดยรักษาความดันของแรงอัดให้คงที่ด้วยปั๊มไฮดรอลิคทั้ง 2 ข้าง การอ่านค่าแรงอัดด้านข้างกระทำโดยใช้อุปกรณ์ Load cell ต่อเข้ากับเครื่องแปลงสัญญาณ (Data logger) เพื่อแปลงสัญญาณข้อมูลให้ปรากฏบนแผงควบคุมที่เป็นเชิงตัวเลข แล้วจึงทำการบันทึกด้วยการจดค่าในการเพิ่มแรงทุกครั้ง โดยข้อมูลที่จะทำการบันทึกได้แก่ น้ำหนักกระทำ หรือ แรงกดในแนวดิ่ง การเคลื่อนตัวของชิ้นตัวอย่างในแนวดิ่งและแนวราบ นอกจากนี้ยังได้ทำการบันทึกค่าการเคลื่อนตัวในแนวขวางของชิ้นตัวอย่างในชุดที่ K3A, K3B, K3C

ลำดับขั้นตอนในการเตรียม และติดตั้งชิ้นตัวอย่างในการทดสอบ มีดังนี้

1.) วัดขนาดของชิ้นส่วนที่จะทำการทดสอบโดยละเอียด โดยวัดความกว้าง ความลึก และ ความหนา ของสลักคอนกรีตล้วน โดยขนาดของสลักแรงเฉือนคอนกรีตล้วนที่วัดได้แสดงในตารางภาคผนวกที่ ก. 12.

2.) ทำการวัดตำแหน่งของแรงอัดกระทำด้านข้าง ให้ได้ตรงกับจุดศูนย์กลางของสลักแรงเฉือน

3.) นำชิ้นตัวอย่างตัวเมียขึ้นวางบนจุดรองรับ ตรวจสอบตำแหน่งให้ตรงกับจุดศูนย์กลางของน้ำหนักกระทำ , ตรวจสอบแนวดิ่งของรอยต่อ

4.) นำชิ้นตัวอย่างตัวผู้เข้าประกอบกับ ชิ้นตัวอย่างตัวเมีย , นำแผ่นไม้อัดรองรับบริเวณช่องว่างระหว่างชิ้นตัวอย่างตัวผู้ และ ตัวเมีย เพื่อป้องกันตัวอย่างเลื่อนไถลออกจากกัน และป้องกันมิให้เกิดหน่วยแรงขึ้นในชิ้นตัวอย่างจากน้ำหนักของตัวอย่างก่อนการทดสอบ

5.) ตรวจสอบแนวดิ่งของชิ้นตัวอย่าง และติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าต่างๆ

6.) นำแผ่นเหล็กขนาดกว้าง 7.50 ซม. ยาว 10 ซม. หนา 2 ซม. และ Load cell ขึ้นประกอบด้านข้างของชิ้นตัวอย่าง พร้อมทั้งตรวจสอบแนวดิ่งของแผ่นเหล็ก ให้ได้แนวดิ่งด้วยระดับน้ำ โดยแผ่นเหล็กได้ทำการทำตำแหน่งจุดศูนย์กลางเพื่อให้ Load cell วางได้ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของแผ่นเหล็กมากที่สุด การติดตั้ง Load cell กระทำโดย วางอยู่บนที่รองรับเหล็กฉากซึ่งสามารถปรับเลื่อนระยะในแนวดิ่งตามระยะที่แท้จริงในการทดสอบ จากนั้นทำการอัดแรงด้านข้าง จนได้ระดับที่ต้องการ อ่านค่า และบันทึกผล

7.) เมื่อได้ทำการอัดแรงด้านข้างได้ระดับที่ต้องการ จึงทำการถอดที่รองรับ Load cell และนำไม้อัดที่รองรับชิ้นตัวอย่างตัวผู้ออก จากนั้นทำการหาแนวกระทำของน้ำหนักกระทำในแนวดิ่งให้ตรงกับแนวของรอยต่อ สำหรับลักษณะของน้ำหนักกระทำเป็นแบบจุดด้วยการใช้ท่อนเหล็กกลมขนาด 15 มม. เมื่อทำการติดตั้งน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งเรียบร้อยแล้ว จึงทำการปรับค่าอ่านของอุปกรณ์ต่างๆ เท่ากับ ศูนย์ เพื่อเริ่มทำการทดสอบ

3.3.2. <u>การทดสอบ</u>

เมื่อทำการติดตั้งตัวอย่างเรียบร้อยจึงเริ่มทำการใส่น้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งเพิ่มน้ำหนักบรรทุกอย่างช้าๆ โดยเพิ่มครั้งละประมาณ 400 กิโลกรัม ในช่วงแรก และ หยุดเพื่อ

บันทึกข้อมูลและบันทึกภาพ ทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนกระทั่งถึงจุดวิบัติ โดยเมื่อใกล้จุดวิบัติการเพิ่มน้ำหนักกระทำในแนวดิ่งจะกระทำทีละน้อย ข้อมูลที่ทำการบันทึกได้แก่ ค่าการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง และ แนวราบ, น้ำหนักกระทำในแนวดิ่ง และ ลักษณะรอยแตกร้าวที่ผิวคอนกรีตรวมไปถึงลักษณะการวิบัติ

3.4. ผลการทดสอบภายใต้น้ำหนักบรรทุกสถิตย์ในแนวดิ่งจนถึงจุดวิบัติ

ผลการทดสอบกลุ่มตัวอย่างแบบรอยต่อไม่มีสลักแรงเฉือนคอนกรีตล้วนอยู่ในตารางที่ 3.2 ส่วนผลการทดสอบโดยละเอียดอยู่ในตารางภาคผนวกที่ ข. 1. ถึง ข. 9. ผลการทดสอบกลุ่มที่รอยต่อมีสลักแรงเฉือนคอนกรีตล้วน อยู่ในตารางที่ 3.3 และผลการทดสอบโดยละเอียดอยู่ในตารางภาคผนวกที่ ค.1 ถึง ค. 26

3.4.1. ผลการทดสอบตัวอย่างแบบไม่มีสลักคอนกรีตล้วน (Flat Dry joint)

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 และผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.10 จะเห็นว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกระทำ และการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของชิ้นตัวอย่างเกือบจะเป็นเส้นตรงในช่วงเริ่มต้นจนถึงจุดที่ตัวอย่างเกิดการเลื่อนไถล หลังจากตัวอย่างเริ่มเกิดการเลื่อนไถล ค่าความชันของกราฟแสดงความสัมพันธ์เริ่มมีค่าน้อยลงเรื่อย ๆจนถึงจุดที่น้ำหนักในแนวดิ่งกระทำสูงสุดมีค่าคงที่ ซึ่งตัวอย่างมีการลื่นไถลเพิ่มขึ้น และไม่สิ้นสุดการทดสอบหยุดเมื่อชิ้นตัวอย่างมีการลื่นไถลเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยมีน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งมีค่าคงที่ ไม่เกิดรอยแตกร้าวในชิ้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบ และ ผิวรอยต่อของชิ้นตัวอย่างไม่เกิดความเสียหาย ยกเว้นเกิดรอยขัดสีเป็นจุดเล็กๆ ที่ผิว ซึ่งสามารถสังเกตุได้โดยเกิดผงซิเมนต์ที่ผิวสัมผัส ลักษณะของผิวรอยต่อหลังการทดสอบดังแสดงรูปที่ 3.11 ความชันของกราฟที่ได้จากการทดสอบของตัวอย่างที่ระดับคอนกรีตต่างๆ ที่มีแรงโอบรัดด้านข้างเท่ากันจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก ยกเว้นในตัวอย่างของชุดที่ 1 กำลังอัดของคอนกรีตเท่ากับ 428 กก./ซม.^{2} ซึ่งความชันของกราฟหลังจากตัวอย่างเริ่มเกิดการลื่นไถลจะมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างในชุดที่กำลังอัดของคอนกรีตเท่ากับ 473 กก./ซม.^{2} และ 541 กก./ซม.^{2} ตัวอย่างเกิดการเลื่อนไถลค่อนข้างสูงก่อนที่จะถึงน้ำหนักสูงสุด อย่างไรก็ตามจากตารางที่ 3.2 ค่าน้ำหนักสูงสุดที่ได้จากการทดสอบ

ของตัวอย่างทั้ง 3 ชุด ของระดับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่มีแรงโอบรัดด้านข้างเท่ากัน มีค่าใกล้เคียงกันมาก

3.4.2.ผลการทดสอบตัวอย่างแบบมีสลักคอนกรีตล้วน (Key dry joint)

3.4.2.1 ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K1A

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ก่อนการทดสอบสลักคอนกรีตล้วน และ ชิ้นตัวอย่างไม่มีรอยร้าวเมื่อทำการอัดแรงด้านข้างตัวอย่างเคลื่อนเข้าประกบกันได้สนิท หลังจากนั้นเริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งอย่างช้าๆ ครั้งละ 400 กิโลกรัม จนถึงค่าน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งมีค่าเท่ากับ 4,000 กิโลกรัม จึงเพิ่มน้ำหนักบรรทุกครั้งละ 100 กิโลกรัม ตัวอย่างเกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งที่เพิ่มขึ้น จนถึงน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 4,780 กิโลกรัม 5,630 กิโลกรัม และ 4,940 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ ที่จุดนี้เกิดรอยร้าวขึ้นที่มุมด้านล่างของสลักคอนกรีตจำนวน 1 รอย พร้อมๆ กับการอ่านค่าน้ำหนักบรรทุกสถิตย์ที่ลดลง และ การเคลื่อนตัวของชิ้นตัวอย่างในแนวดิ่งมีค่าที่เพิ่มขึ้น ที่จุดนี้ตัวอย่างที่ 3 มีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งที่สูงมากโดยตัวอย่างเกิดการเคลื่อนตัวออกด้านข้างที่สูงมาก ขณะเดียวกันเกิดการแยกตัวของชิ้นตัวอย่างในบริเวณรอยต่อของพื้นที่ส่วนล่างของสลักแรงเฉือน ซึ่งแสดงได้โดยค่าการเคลื่อนที่ในแนวราบที่อ่านได้ และ ค่าที่อ่านได้จาก Load cell ของปั๊มไฮดรอลิค ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำการอัดแรงด้านข้างของการทดสอบมีค่าที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักบรรทุกจะลดลงพร้อมๆ กับการเกิดรอยร้าวยาวขึ้น โดยมีแนวโน้มที่จะมุ่งสู่ส่วนกลางความสูงของสลักคอนกรีต จนถึงน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 4,620 กิโลกรัม 4,960 กิโลกรัม และ 3,430 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่าง 1 , 2 และ 3 ตามลำดับจึงหยุด จากนั้นเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกสถิตย์ขึ้นถึงจุดหนึ่งจะเกิดรอยร้าวทแยงสั้นๆ ขึ้นตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีต ซึ่งบางส่วนขยายตัวลงสู่ส่วนล่างของสลักคอนกรีต และ รอยร้าวทแยงเหล่านั้นเชื่อมต่อกันในแนวดิ่งขนานกับหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีตอย่างรวดเร็ว เกิดการเฉือนสลักคอนกรีตขาดแยกออกจากชิ้นตัวอย่างตัวผู้ ซึ่งคือน้ำหนักสูงสุดที่อ่านได้มีค่าเท่ากับ 6,670

กิโลกรัม 6,500 กิโลกรัม และ 6,250 กิโลกรัม เมื่อเกิดการพังทลายของหน้าตัดแล้วรอยแตกร้าวเริ่มต้นที่มุมล่างของสลักคอนกรีตได้ปิดลง

3.4.2.2. ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K1B

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ก่อนการทดสอบสลักคอนกรีตล้วน และชิ้นตัวอย่างไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้น เมื่อทำการอัดแรงด้านข้างได้ตามระดับที่กำหนด จึงเริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง ตัวอย่างเกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งที่เพิ่มขึ้น จนถึงค่าน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 5,870 กิโลกรัม 5,680 กิโลกรัม 4,590 กิโลกรัม และ 6,270 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ทำการทดสอบที่ 1 , 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ ตัวอย่างเกิดรอยร้าวที่บริเวณมุมล่างของสลักแรงเฉือนคอนกรีต จำนวน 1 รอยเอียงทำมุมกับแนวรอยต่อ พร้อมกับชิ้นตัวอย่างมีการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ขณะที่น้ำหนักบรรทุกที่บันทึกได้มีค่าลดลงเล็กน้อย ที่จุดนี้ตัวอย่างเริ่มเกิดการเคลื่อนตัวออกจากกันในแนวราบที่บริเวณรอยต่อส่วนที่อยู่ใต้สลักคอนกรีตล้วน เมื่อ ทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้น ตัวอย่างเกิดรอยร้าวทแยงทำมุมกับหน้าตัดที่รับแรงเฉือนตลอดแนวหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีตล้วน หลังจากนั้นรอยร้าวทแยงเหล่านี้เชื่อมต่อเข้าด้วยกันในแนวดิ่งอย่างรวดเร็วเกิดการเฉือนสลักคอนกรีตขาดออกจากชิ้นตัวอย่างตัวผู้ ที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 7,730 กิโลกรัม 5,900 กิโลกรัม 6,650 กิโลกรัม และ 7,080 กิโลกรัม ตามลำดับ

3.4.2.3. ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K1C

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ก่อนการทดสอบไม่พบรอยแตกร้าวในสลักคอนกรีตล้วนและชิ้นตัวอย่าง เมื่อ

ทำการอัดแรงด้านข้างได้ตามระดับที่กำหนด จึงเริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง ตัวอย่างเกิดการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งที่เพิ่มขึ้น จนถึงค่าน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 6,350 กิโลกรัม 7,200 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ทำการทดสอบที่ 1 , 2 ตามลำดับ ตัวอย่างเกิดรอยร้าวที่บริเวณมุมล่างของสลักคอนกรีตจำนวน 1 รอย จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นจนถึงน้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 7,650 กิโลกรัม และ 7,260 กิโลกรัม ตัวอย่างเกิดรอยร้าวทแยงขึ้นตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีต หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นเพียงเล็กน้อย รอยร้าวทแยงเหล่านี้เชื่อมต่อเข้าด้วยกันในแนวดิ่งตลอดความยาวฐานของสลักคอนกรีต ในขณะที่ในตัวอย่างทำการทดสอบที่ 1 สามารถสังเกตุเห็นรอยแตกของผิวคอนกรีตบางส่วนที่อยู่ระหว่างรอยแตกร้าวทแยง ตัวอย่างเกิดการเฉือนขาดออกจากกันอย่างรวดเร็ว ที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 7,350 กิโลกรัม และ 7,260 กิโลกรัม ตามลำดับ

3.4.2.4. ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K2A

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ก่อนการทดสอบไม่พบรอยแตกร้าวในสลักคอนกรีตล้วนและชิ้นตัวอย่าง เมื่อทำการอัดแรงด้านข้างได้ตามระดับที่กำหนด จึงเริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง ชิ้นตัวอย่างตัวผู้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งอย่างต่อเนื่องตามค่าน้ำหนักบรรทุกดิ่งที่เพิ่มขึ้น เมื่อน้ำหนักบรรทุกดิ่งมีค่าเท่ากับ 5,500 กิโลกรัม และ 5,750 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ทำการทดสอบที่ 1 , 2 ตามลำดับ ตัวอย่างเกิดรอยร้าวที่บริเวณมุมล่างของสลักคอนกรีตล้วนจำนวน 1 รอย เอียงทำมุมกับแนวรอยต่อจากนั้นเริ่มมีทิศทางขนานกับแนวรอยต่อที่ส่วนปลาย หลังจากทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกดิ่งขึ้นตัวอย่างเกิดรอยร้าวทแยงตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีตและบางส่วนวิ่งลงสู่ส่วนล่างของสลักคอนกรีตล้วน จากนั้นรอยร้าวทแยงเหล่านี้เชื่อมต่อเข้าด้วยกันในแนวดิ่งตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีตล้วน ทำให้สลักคอนกรีตล้วนขาดออกจากชิ้นตัวอย่างตัวผู้และตัวอย่างแยกออกจากกัน โดยค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 6,420 กิโลกรัม และ 5,800 กิโลกรัม

3.4.2.5. ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K2B

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ก่อนการทดสอบสลักคอนกรีตล้วน และชิ้นตัวอย่างไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้น เมื่อทำการอัดแรงด้านข้างได้ตามระดับที่กำหนด จึงเริ่มทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่ง ชิ้นตัวอย่างตัวผู้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเกิดรอยร้าวขึ้น 1 รอยที่บริเวณมุมล่างของสลักคอนกรีตล้วนที่น้ำหนักบรรทุกเท่ากับ 6,000 กิโลกรัม 6,300 กิโลกรัม และ 7,200 กิโลกรัม จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งขึ้น ตัวอย่างเกิดรอยร้าวทแยงตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีต และที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุดรอยร้าวทแยงเหล่านี้เชื่อมต่อเข้าด้วยกันในแนวดิ่งอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้เกิดการเคลื่อนตัวของตัวอย่างตัวผู้ที่สูงและรวดเร็วมาก ทำให้สลักคอนกรีตถูกเฉือนขาดออกจากชิ้นตัวอย่างตัวผู้ และชิ้นตัวอย่างแยกออกจากกัน โดยน้ำหนักบรรทุกสูงสุดที่บันทึกได้มีค่าเท่ากับ 7,500 กิโลกรัม 6,450 กิโลกรัม และ 7,200 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

3.4.2.6. ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K2C

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ตัวอย่างและสลักคอนกรีตล้วนไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้นก่อนการทดสอบ เมื่อทำการอัดแรงด้านข้างได้ตามระดับที่ต้องการ จึงเริ่มทำการบรรทุกน้ำหนักในแนวดิ่ง โดยชิ้นตัวอย่างตัวผู้มีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งอย่างต่อเนื่อง ตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 8,650 กิโลกรัม 8,500 กิโลกรัม และ 7,750 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ ตัวอย่างเกิดรอยร้าวขึ้นที่มุมล่างเอียงทำมุมกับแนวรอยต่อพร้อมๆ กับเกิดรอยร้าวทแยงตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีต และรอยร้าวเหล่านี้เชื่อมต่อกันในแนวดิ่งอย่างรวดเร็ว แยกสลักคอนกรีตออกจากชิ้นตัวอย่างตัวผู้ น้ำหนักบรรทุกที่คอนกรีตเกิดรอยร้าวที่มุมล่าง พร้อมกับรอยร้าวทแยงตลอดหน้าตัดมีค่าเท่ากับ 8,650 กิโลกรัม 8,500 กิโลกรัม และ 7,750 กิโลกรัม ซึ่งเป็นน้ำหนักสูงสุดที่บันทึกได้

3.4.2.7. ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K3A

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ตัวอย่างและสลักคอนกรีตล้วนไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้นก่อนการทดสอบ เมื่อทำการอัดแรงด้านข้างได้ตามระดับที่ต้องการ จึงเริ่มทำการบรรทุกน้ำหนักในแนวดิ่ง โดยชิ้นตัวอย่างตัวผู้มีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งอย่างต่อเนื่องตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 5,600 กิโลกรัม 5,200 กิโลกรัม และ 6,300 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ ตัวอย่างเกิดรอยร้าวขึ้นที่มุมล่างจำนวน 1 รอยทำมุมกับแนวรอยต่อจากนั้นรอยร้าวเหล่านี้ขยายตัวขึ้นโดยส่วนปลายวิ่งโค้งในลักษณะขนานกับรอยต่อ พร้อมกับชิ้นตัวอย่างตัวผู้มีการเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ส่วนค่าน้ำหนักบรรทุกมีค่าลดลง เมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นจนค่าน้ำหนักบรรทุกดิ่งมีค่าเท่ากับ 6,770 กิโลกรัม 6,800 กิโลกรัม และ 7,250 กิโลกรัม ตัวอย่างเกิดรอยร้าวทแยงตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีต หลังจากนั้นรอยร้าวทแยงเหล่านี้เชื่อมต่อกันในแนวดิ่งตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีต เกิดการเฉือนสลักคอนกรีตขาดออกจากชิ้นตัวอย่างตัวผู้อย่างรวดเร็ว

3.4.2.8. ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K3B

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ตัวอย่างและสลักคอนกรีตล้วนไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้นก่อนการทดสอบ เมื่อทำการอัดแรงด้านข้างได้ตามระดับที่ต้องการ จึงเริ่มทำการบรรทุกน้ำหนักในแนวดิ่ง โดยชิ้นตัวอย่างมีการเคลื่อนตัวลงในแนวดิ่งอย่างต่อเนื่องตามน้ำหนักบรรทุกดิ่งที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งน้ำหนักบรรทุกมีค่าเท่ากับ 7,000 กิโลกรัม 6,900 กิโลกรัม และ 7,150 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตัวอย่างเกิดรอยร้าวที่มุมล่างของสลักคอนกรีตเอียงทำมุมกับแนวรอยต่อ หลังจากนี้เมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นจนค่าน้ำหนักบรรทุกดิ่งมีค่าเท่ากับ 7,150 กิโลกรัม, 8,350 กิโลกรัม, 7,450 กิโลกรัม ตัวอย่างเกิดรอยร้าวทแยงตลอดหน้าตัดฐานของสลักแรงเฉือน และรอยร้าวทแยงเชื่อมเข้าหากันในแนวดิ่งอย่างรวดเร็ว เกิดการเฉือนสลักคอนกรีตล้วนขาดออกจากชิ้นตัวอย่างตัวผู้ และชิ้นตัวอย่างทั้งสองแยกออกจากกัน

3.4.2.9. ผลการทดสอบตัวอย่างในชุด K3C

ชื่อและตัวแปรที่ทำการทดสอบมีแสดงในตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 3.3 ก่อนการทดสอบชิ้นตัวอย่างและสลักคอนกรีตล้วนไม่มีรอยร้าวเกิดขึ้น หลังจากทำการอัดแรงด้านข้างได้ระดับที่กำหนด จึงเริ่มทำการบรรทุกน้ำหนักในแนวดิ่ง โดยค่าการเคลื่อนที่ของชิ้นตัวอย่างตัวผู้มีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเกิดรอยร้าวเอียงทำมุมกับรอยต่อที่มุมล่างของสลักคอนกรีตจำนวน 1 รอย ที่น้ำหนักบรรทุกดิ่งมีค่าเท่ากับ 8,150 กิโลกรัม 7,000 กิโลกรัม และ 7,600 กิโลกรัม สำหรับตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ ขณะที่ชิ้นตัวอย่างมีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเมื่อทำการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้น ชิ้นตัวอย่างเกิดรอยร้าวทแยงตลอดหน้าตัดฐานของสลักคอนกรีต ที่ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุดเท่ากับ 8,400 กิโลกรัม 8,790 กิโลกรัม และ 9,460 กิโลกรัม รอยร้าวทแยงเหล่านี้เชื่อมเข้าหากันในแนวดิ่งเกิดการเฉือนสลักคอนกรีตขาดออกจากชิ้นตัวอย่างตัวผู้อย่างรวดเร็ว