หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การทดสอบและผลการทดสอบแผ่นพื้น

3.1 การเตรียมเครื่องมือและแผ่นพื้น

เมื่อน่มคอนกรีตจนมีอายุครบ 7 วันแล้วจึงถอดแบบด้านข้างและค้ำยันออก จากนั้นจึงติดเกจวัดความเครียดซึ่งมีทั้งเกจวัดความเครียดเชิงกลและชนิดไฟฟ้า เกจนี้จะติดไว้ที่แนวกึ่งกลางความยาวช่วงของแผ่นพื้น โดยติดเกจวัดความเครียดเชิงกลที่ผิวบนของคอนกรีตให้ห่างจากขอบด้านข้าง 15 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ส่วนที่ผิวล่างของแผ่นเหล็กพับจะติดทั้งเกจวัดความเครียดเชิงกลและชนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3.2

อนึ่ง เกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้าที่ใช้เป็นแบบฟอยล์ยาว 10 มม. มีค่าความต้านทาน 120 โอห์ม เกจแฟคเตอร์ 2.12 เกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้าจะถูกต่อเข้าเครื่องวัดความเครียด (Strain Indicator) แบบ "Half Bridge" พร้อมเกจ "Dummy" เพื่อใช้แก้ผลกระทบจากอุณหภูมิและสภาพความชื้นของอากาศ ก่อนที่จะติดเกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้าจะต้องขัดผิวคอนกรีตเพื่อเอาเศษปูนออกให้หมดจนถึงเนื้อคอนกรีตที่แข็งแรง อีกทั้งผิวคอนกรีตที่ขัดจะต้องเรียบ ส่วนในกรณีที่เป็นแผ่นเหล็กก็จะถูกขัดผิวด้วยกระดาษทราย เพื่อขจัดคราบสนิมและผิวขรุขระออกให้หมด จากนั้น จึงทำความสะอาดด้วยสารละลายคาร์บอนเตตะคลอไรด์ แล้วจึงติดเกจเข้ากับผิวคอนกรีตหรือเหล็ก โดยใช้น้ำยาติดเกจชนิดแห้งเร็ว ในการติดเกจวัดความเครียดชนิดไฟฟ้าจะต้องทำอย่างประณีตและสะอาด เพื่อให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องที่สุด

ส่วนเกจวัดความเครียดเชิงกลซึ่งมีระยะเกจยาว 20 ซม. จะอ่านค่าด้วยเครื่องวัดระยะที่มีความละเอียดถึง 0.002 มม. เพื่อให้ค่าที่อ่านได้เป็นค่าที่มีความเชื่อถือสูง ณ จุดหนึ่ง ๆ จะใช้เม็ดกระดุม 3 ชุด เพื่อใช้หาค่าเฉลี่ย

ในการวัดระยะโก่งของแผ่นพื้น จะใช้เกจวัดแบบหน้าปัทม์ (Dial Indicator) ที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.01 มม. และตำแหน่งที่ใช้วัดตลอดความยาวช่วงของแผ่นพื้นมีด้วยกัน

3 จุด โดยใช้ขายึด ยึดเกจให้แน่นกับพื้น เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ทั้งนี้ เพื่อศึกษาลักษณะการโก่งงอของแผ่นพื้น และที่ตำแหน่งเหนือจุดรองรับหัวท้ายจะใช้วัดการทรุดตัวของจุดรองรับที่อาจเกิดขึ้น เพื่อนำไปปรับค่าการโก่งตัวที่อ่านได้ ส่วนการวัดการเลื่อนตัวในแนวราบระหว่างผิวคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับจะใช้เครื่องวัดหน้าปัทม์ที่มีขายึดเป็นแม่เหล็กยึดติดกับแผ่นเหล็ก แล้วใช้ขาเกจยันที่ผิวคอนกรีตตรงปลายสุดของแผ่นพื้น ดังนั้น ถ้ามีการเลื่อนตัวเกิดขึ้นก็สามารถวัดออกมาในรูปของระยะทางได้

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำลงบนแผ่นพื้นจะใช้แบบสองจุด (Two Point Loading) โดยให้มีช่วงระยะของแรงดัดล้วนเป็นหนึ่งในสามของความยาวช่วงของแผ่นพื้น จุดที่แรงกระทำจะใช้คานเหล็กรูปไอ (I-beam) วางพาดหลังจากปรับระดับให้อยู่ในแนวราบแล้ว จากนั้น จึงใช้คานรูปไออีกตัววางพาดข้างบน แล้วใช้แม่แรงไฮดรอลิกซ์ ขนาด 10 ตัน อัดกดลงบนแผ่นพื้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4

3.2 การทดสอบแผ่นพื้น

เมื่อเครื่องมือและแผ่นพื้นได้ตระเตรียมเรียบร้อยแล้ว การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของแผ่นพื้นก็จะเริ่มดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้ คือ

ในตอนแรกขณะที่แผ่นพื้นอยู่ในช่วงอีลาสติก น้ำหนักบรรทุกจะเพิ่มครั้งละ 200 กก. แล้วจึงอ่านข้อมูลต่าง ๆ ให้ครบในแต่ละครั้ง ข้อมูลเหล่านี้จะประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุกที่กระทำ ระยะโก่งงอตลอดความยาวช่วง หน่วยการหดตัวของคอนกรีตที่ผิวบนของแผ่นพื้น และหน่วยการยืดตัวของแผ่นเหล็กพับใต้ท้องของแผ่นพื้น การเพิ่มน้ำหนักจะยังคงดำเนินต่อไปในลักษณะนี้จนกระทั่งการโก่งตัวเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทียบกับขนาดน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่า พฤติกรรมการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นเริ่มเข้าสู่ช่วงอินอีลาสติก การอ่านและจดบันทึกข้อมูลในช่วงนี้จะอาศัยระยะโก่งที่จุดกึ่งกลางความยาวช่วงของแผ่นพื้นเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา การทดสอบจะกระทำต่อไปจนกระทั่งแผ่นพื้นเกิดการวิบัติซึ่งเกิดจากการที่แผ่นเหล็กเกิดการยืดตัวเกินพิกัดที่กำหนด แต่แผ่นพื้นยังคงรับน้ำหนักบรรทุกได้และในที่สุดคอนกรีตที่ผิวบนสุดก็จะเกิดการ

แตกร่อน ในระหว่างการทดสอบจะมีการบันทึกการแตกร้าวพร้อมทั้งดอยสังเกตการแยกตัวและเลื่อนตัวระหว่างผิวคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับด้วย อนึ่ง แม่แรงไฮดรอลิกซ์ที่ใช้กดน้ำหนักบรรทุกมีพิกัดการวัดได้สูง 10 ตัน และก่อนการทดสอบในแต่ละครั้งจะต้องทำการตรวจเทียบ (Calibrate) กับเครื่องมาตรฐานก่อนทุกครั้ง

3.3 ผลการทดสอบแผ่นพื้น

ผลการทดสอบของแผ่นพื้นที่ใช้ในการวิจัยนี้ จะแบ่งแยกออกตามพฤติกรรมของตัวแปรที่ใช้ ซึ่งจะอยู่ในลักษณะของการโก่งงอ ความเครียดของคอนกรีตและเหล็ก ตลอดจนสภาพการวิบัติในแต่ละแผ่นพื้นตัวอย่าง

1. การทดสอบชุดที่มีความหนาของแผ่นเหล็กพับเป็นตัวแปร แผ่นพื้นที่ทดสอบจะมีความหนาของแผ่นเหล็กพับเป็นตัวแปร ซึ่งมีทั้งหมดสี่ตัวอย่าง มีสัดส่วนของเนื้อเหล็กต่อเนื้อคอนกรีตอยู่ระหว่าง 1.211 ถึง 2.426 % ซึ่งสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจาก 1,583 ถึง 3,232 กก. หรือ 1,081 ถึง 2,208 กก/ตร.ม. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งงอและค่าหน่วยการหดตัวของคอนกรีตตลอดจนหน่วยการยืดตัวของแผ่นเหล็กพับ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.5 ถึง 3.7

ก. แผ่นพื้น S_{16} ซึ่งมีความหนาของแผ่นเหล็กพับเท่ากับ 1.443 มม. การแตกร้าวเริ่มแรกของคอนกรีตจะเกิดเมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 355 กก. ซึ่งสามารถหาได้จากการสังเกตการเปลี่ยนความชันของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับระยะโก่งที่จุดกึ่งกลางของแผ่นพื้น เมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกต่อไปจะเกิดเสียงดัง "แป๊ก" ขึ้นครั้งแรกที่บริเวณความยาวช่วงที่รับแรงเฉือนที่น้ำหนักบรรทุก 1,000 กก. เสียงเหล่านี้เกิดจากผิวคอนกรีตและแผ่นเหล็กพับพยายามแยกตัวออกจากกัน เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 1,500 กก. หน่วนการยืดตัว

แผ่นเหล็กพับเริ่มจะเพิ่มไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักบรรทุกที่เพิ่มขึ้น และเมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 2,500 กก. เสียงที่เกิดจากผิวคอนกรีตและแผ่นเหล็กพับแยกตัวออกจากกันเริ่มจะหายไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผิวระหว่างวัสดุทั้งสองได้เกิดการแยกตัวออกจากกันโดยเด็ดขาดโดยสังเกตได้จากการฟังเสียงเคาะที่ผิวนอกของแผ่นเหล็กพับ หน่วยการหดตัวของคอนกรีตที่บริเวณผิวบนของแผ่นพื้นจะมีค่าเท่ากับ 0.003 เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 3,155 กก. และน้ำหนักบรรทุกสูงสุดจะมีค่า 3,230 กก. เมื่อระยะโก่งงอสูงสุดมีค่า 224 มม. ส่วนการแตกร้าวเริ่มปรากฏเหนือแผ่นเหล็กพับที่น้ำหนักบรรทุก 2,941 กก. และการแตกร้าวจะเพิ่มมากขึ้น พร้อมทั้งขยายตัวสูงขึ้นในแนวดิ่งบริเวณที่รับแรงดัดมากที่สุดเท่านั้น

ข. แผ่นพื้น S_{18} เป็นแผ่นพื้นเพียงตัวเดียวที่สามารถทดสอบจนเกิดการวิบัติขั้นที่สอง กล่าวคือ หลังจากที่แผ่นพื้นเกิดการวิบัติเบื้องต้นจากการยืดตัวในเหล็กแล้วก็จะเกิดการวิบัติขั้นที่สอง ซึ่งเกิดจากคอนกรีตแตกบริเวณจุดกึ่งกลางความยาวช่วงของแผ่นพื้น โดยที่หน่วยการหดตัวสูงสุดของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.005 ขณะที่น้ำหนักบรรทุกสูงสุดมีค่า 2,529 กก. และระยะโก่งงอมีค่า 180 มม. ส่วนการแตกร้าวจะเกิดในลักษณะทำนองเดียวกับแผ่นพื้น S_{16} และรอยแตกร้าวจะปรากฏให้เห็นเหนือแผ่นเหล็กพับ เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 2,336 กก. ส่วนคอนกรีตที่ผิวล่างในแผ่นเหล็กพับจะเกิดการแตกร้าวที่น้ำหนักบรรทุก 360 กก. แผ่นพื้นนี้จะเริ่มเข้าสู่ช่วงอินอีลาสติกที่น้ำหนักบรรทุก 1,140 กก. ซึ่งสังเกตได้จากการโก่งงอจะมากโดยที่น้ำหนักบรรทุกเพิ่มได้เพียงเล็กน้อย เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 2,146 กก. หน่วยการหดตัวของคอนกรีตที่ผิวบนของแผ่นพื้นจะมีค่า 0.003 อนึ่ง ตลอดการทดสอบจะได้ยินเสียงดัง "แป๊ก" หลังจากที่มีรอยแตกร้าวที่ผิวล่างของคอนกรีตแล้ว

ค. แผ่นพื้น S_{20} การแตกร้าวและการวิบัติของแผ่นพื้น S_{20} มีลักษณะคล้ายคลึงกับแผ่นพื้น S_{16} กล่าวคือ ในแผ่นพื้นนี้จะเกิดการวิบัติจากแรงดึงในเหล็ก แต่จะไม่เกิดการวิบัติขั้นที่สอง การแตกร้าวของคอนกรีตใต้แผ่นเหล็กพับจะพบได้เมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 380 กก. ส่วนเสียงที่เกิดจากผิวคอนกรีตและแผ่นเหล็กพับพยายามแยกตัวออกจากกันจะได้ยินเมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่าอยู่ระหว่าง 372 ถึง 1,115 กก. น้ำหนักบรรทุกที่วัดได้ขณะที่

หน่วยการหดตัวที่ผิวบนของคอนกรีตมีค่า 0.003 จะมีค่าเท่ากับ 1,891 กก. และน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของแผ่นพื้นนี้มีค่า 1,923 กก. ขณะที่การโก่งงอสูงสุดมีค่า 211 มม.

ง. แผ่นพื้น S_{22} แผ่นเหล็กพับที่ใช้มีความหนา 0.720 มม. ซึ่งบางที่สุดสำหรับแผ่นพื้นตัวอย่างที่ใช้ทดสอบในชุดนี้ และคิดเป็นสัดส่วนเนื้อเหล็กต่อเนื้อคอนกรีตเท่ากับ 1.211 % แผ่นพื้นนี้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 1,583 กก. โดยมีค่าการโก่งตัวสูงสุด 175 มม. การแตกร้าวส่วนใหญ่ก็ยังเกิดบริเวณกึ่งกลางความยาวช่วง การแตกร้าวเนื่องจากแรงดึงในเนื้อคอนกรีตที่ผิวล่างของแผ่นพื้นเกิดขึ้นเมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 400 กก. และแผ่นพื้นนี้เริ่มเข้าสู่ช่วงอินอีลาสติกเมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 1,193 กก. ที่หน่วยการหดตัวสูงสุดของคอนกรีตที่ผิวบนของแผ่นพื้นมีค่า 0.0022 แผ่นพื้นก็จะเกิดการวิบัติ เนื่องจากแรงดึงในเหล็ก

004110

2. การทดสอบแผ่นพื้นตัวอย่างชุดที่มีระยะของแผ่นเหล็กยึดเชิงกลเป็นตัวแปร การทดสอบแผ่นพื้นซึ่งมีระยะของแผ่นเหล็กยึดเชิงกลเป็นตัวแปรจะใช้ความหนาของแผ่นเหล็กพับคงที่ คือ 0.720 มม. หรือคิดเป็นสัดส่วนของเนื้อเหล็กกับเนื้อคอนกรีตเท่ากับ 1.211 % ระยะของแผ่นเหล็กยึดเชิงกลที่สั้นสุดมีค่า 5 ซม. และจะใช้ระยะห่างออกไปเป็น 15 และ 30 ซม. จนถึงขั้นที่ไม่ใช้แผ่นเหล็กยึดเชิงกลเลย ผลการทดสอบได้บันทึกในลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกกับการโก่งงอและหน่วยการหดตัวของคอนกรีตตลอดจนหน่วยการยืดตัวของเหล็กพับดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.8 ถึง 3.10

ก. แผ่นพื้น S_5 แผ่นพื้นนี้จะเป็นแผ่นพื้นเดียวกับแผ่นพื้น S_{22} ที่ใช้ทดสอบหาพฤติกรรมเชิงดัดในชุดที่มีความหนาของแผ่นเหล็กพับเป็นตัวแปร ซึ่งมีระยะห่างของแผ่นเหล็กยึดเชิงกลเท่ากับ 5 ซม. แผ่นพื้นนี้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้ 1,583 กก. โดยมีระยะโก่งงอสูงสุด 175 มม. ส่วนรายละเอียดต่าง ๆ ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น

ข. แผ่นพื้น S_{5a} ระยะห่างของแผ่นเหล็กยึดเชิงกลสำหรับแผ่นพื้นนี้มีค่าเท่ากับ 5 ซม. ตลอดความยาวช่วงของแผ่นพื้น คอนกรีตที่ท้องแผ่นพื้นจะเริ่มแตกร้าวเมื่อน้ำหนักบรรทุก

มีค่า 360กก. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะโก่งงอและน้ำหนักบรรทุกเริ่มเบนออกจากแนวเส้นตรงเมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 1,000 กก. แผ่นพื้นนี้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกสูงสุดได้ 1,551 กก. ขณะที่หน่วยการหดตัวของคอนกรีตที่ผิวบนมีค่า 0.0022 และระยะโก่งสูงสุดมีค่า 148 มม. ส่วนการแตกร้าวและการวิบัติจะมีลักษณะเช่นเดียวกับแผ่นพื้น S_5 ตลอดการทดสอบไม่พบการเลื่อนตัวที่หัวท้ายของแผ่นพื้น แต่จะได้ยินเสียงที่เกิดจากผิวคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพยายามแยกตัวออกจากกัน

ค. แผ่นพื้น S_{15} จะใส่แผ่นเหล็กยึดเชิงกลห่างกัน 15 ซม. เฉพาะช่วงที่รับแรงเฉือนเท่านั้น การทดสอบแผ่นพื้นนี้พบว่าการแตกร้าวเหนือแผ่นเหล็กพับมีน้อยมาก เพียงด้านละสามถึงสี่รอยเท่านั้น แต่จากการอ่านค่าเกจวัดจากหน้าปัทม์ที่ติดไว้กับหัวท้ายของแผ่นพื้นพบว่าไม่เกิดการเลื่อนตัวระหว่างผิวคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับเลย คอนกรีตที่ท้องแผ่นพื้นจะเริ่มแตกร้าวเมื่อน้ำหนักบรรทุกมีค่า 370 กก. ความสัมพันธ์ของน้ำหนักบรรทุกและการโก่งงอเริ่มเบนออกจากแนวเส้นตรงที่น้ำหนักบรรทุก 1,261 กก. และการทดสอบสิ้นสุดลงขณะที่น้ำหนักบรรทุกมีค่า 1,335 กก. ส่วนระยะการโก่งมีค่า 100 มม. และหน่วยการหดตัวของคอนกรีตมีค่า 0.0016

ง. แผ่นพื้น S_{30} ระยะห่างของแผ่นเหล็กยึดเชิงกลสำหรับแผ่นพื้นนี้มีค่าเท่ากับ 30 ซม. โดยจะใส่เฉพาะช่วงที่รับแรงเฉือน การทดสอบ ปรากฏว่า การแตกร้าวของแผ่นพื้นก็ยังคงพบมากบริเวณกึ่งกลางความยาวช่วง และน้ำหนักบรรทุกแตกร้าวเริ่มต้นของคอนกรีตที่ผิวล่างของแผ่นพื้นจะมีค่าเท่ากับ 400 กก. น้ำหนักบรรทุกสูงสุดจะมีค่า 1,453 กก. ขณะที่ระยะโก่งมีค่า 118 มม. และหน่วยการหดตัวที่ผิวบนของคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 0.0018 การทดสอบแผ่นพื้นนี้จะไม่พบการเลื่อนตัวในแนวราบทางด้านปลายของแผ่นพื้นเลย จนกระทั่งแผ่นพื้นเกิดการวิบัติ เนื่องจากการยึดตัวของแผ่นเหล็กพับ และตลอดการทดสอบยังคงได้ยินเสียงที่เกิดจากวัสดุทั้งสองแยกตัวออกจากกัน

จ. แผ่นพื้น S_o แผ่นพื้นนี้เป็นแผ่นพื้นที่ใช้ศึกษาลักษณะการวิบัติและความ

สามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกโดยไม่ใส่แผ่นเหล็กยึดเชิงกล แผ่นพื้นนี้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้สูงสุด 479 กก. โดยที่มีระยะโก่งสูงสุด 17 มม. และหน่วยการหดตัวที่ผิวบนของคอนกรีตก่อนเกิดการวิบัติมีค่าเท่ากับ 0.00028 หลังจากแผ่นพื้นเริ่มมีการแตกร้าวที่ผิวล่างของคอนกรีตที่น้ำหนักบรรทุก 414 กก. แล้ว ผิวของคอนกรีตและแผ่นเหล็กพับเริ่มแยกตัวออกจากกันบริเวณกึ่งกลางความยาวช่วงของแผ่นพื้น และเมื่อเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจนมีค่า 479 กก. การแยกตัวระหว่างผิวของวัสดุทั้งสองจะค่อย ๆ เคลื่อนไปยังจุดรองรับทั้งสองข้าง หลังจากนั้น คอนกรีตก็จะแตกออกพร้อมกับเกิดการเลื่อนตัวที่ปลายทั้งสองของแผ่นพื้น ซึ่งลักษณะการวิบัติแบบนี้ จะเรียกว่า "Shear Bond Failure" ดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.11