หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การเตรียมแผ่นพื้นตัวอย่าง

2.1 แผ่นเหล็กพับ

แผ่นเหล็กพับที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกตามลักษณะต่าง ๆ ได้ เช่น ลักษณะรูปร่างหน้าตัด ลักษณะการใช้งาน และลักษณะการเพิ่มเครื่องยึดเกาะระหว่างคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับ

1. ลักษณะรูปร่างหน้าตัด แผ่นเหล็กพับที่ใช้จะมีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น ชนิดลอน (Corrugate) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular-Rib) รูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal-Rib) และรูปหางนก (Dovetail) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 แผ่นเหล็กพับเหล่านี้นิยมใช้กันมากทั้งในอเมริกาและยุโรป เช่น แผ่นพื้นที่มีความยาวช่วงอยู่ระหว่าง 2.00 ถึง 4.00 ม. จะนิยมใช้แผ่นเหล็กที่มีความหนาอยู่ระหว่าง 0.90 ถึง 1.60 มม. และสูง 50 ถึง 75 มม.(4) อนึ่ง แผ่นเหล็กพับแต่ละชนิดก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน เช่น แผ่นเหล็กพับรูปหางนกจะมีข้อเสียที่ใช้เวลาในการเทคอนกรีตมากกว่าแผ่นเหล็กพับรูปอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากช่องว่างด้านบนแคบกว่าด้านล่าง แต่ลักษณะดังกล่าวจะทำให้การเสียดทานระหว่างผิวคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะช่วยชลอการเลื่อนตัวระหว่างคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับ ทำให้แผ่นพื้นสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้มากขึ้นก่อนที่จะเกิดการวิบัติแบบ "Shear-Bond"

2. ลักษณะการใช้งาน แบ่งออกเป็นแผ่นเหล็กพับชนิดที่ไม่มีช่องว่างข้างใต้ (Non-Cellular) กับแผ่นเหล็กพับชนิดที่มีช่องว่างข้างใต้ (Cellular) ช่องว่างเหล่านี้จะใช้เป็นทางเดินของท่อสายไฟ สายโทรศัพท์ ซึ่งเกิดจากการสอดและเชื่อมเหล็กให้ติดกับด้านล่างของแผ่นเหล็กพับ

3. ลักษณะการทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับ โดยปกตินิยมทำผิวของแผ่นเหล็กพับให้มีรอยนูนหรือเว้าบนปีก (Flange) หรือสัน (Web) หรืออาจจะเจาะรูบนสันเหล็กพับ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ก และ ข ซึ่งทั้งสองลักษณะจะช่วยเพิ่มการเสียดทานระหว่างผิวคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับ ส่วนแผ่นเหล็กพับที่มีเส้นลวดเชื่อมติดด้านบน (T-Wire) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ค เส้นลวดเหล่านี้จะช่วยป้องกันการแยกตัวระหว่างแผ่นเหล็กพับกับคอนกรีต และยังใช้ต้านการยืดและหดตัวของคอนกรีตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อีกด้วย

2.2 วัสดุที่ใช้ในการหล่อแผ่นพื้น

1. แผ่นเหล็ก แผ่นเหล็กที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้สองประเภท คือ แผ่นเหล็กชนิดตีนเป็ด และชนิดเรียบ แผ่นเหล็กทั้งสองชนิดมีข้อแตกต่างกันที่ผิว กล่าวคือ แผ่นเหล็กชนิดตีนเป็ดจะมีผิวขรุขระมากกว่า และจะให้แรงยึดเกาะระหว่างผิวคอนกรีตและแผ่นเหล็กมากกว่าชนิดเรียบ แต่แผ่นเหล็กชนิดตีนเป็ดที่ขายอยู่ตามท้องตลาดจะมีความหนามากเกินกว่าที่จะใช้เป็นเหล็กเสริมสำหรับแผ่นพื้นแบบนี้ได้ ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แผ่นเหล็กชนิดเรียบที่เป็นเหล็กกล้าละมุน ซึ่งมีขนาดเกจเบอร์ 16 18 20 และ 22 ซึ่งหนา 1.443 1.217 0.900 และ 0.720 มม. ตามลำดับ อนึ่ง ขนาดเกจที่ใช้จะต้องมีความหนามากพอที่จะไม่ทำให้แผ่นเหล็กบิด งอ มากเกินไปในขณะเชื่อม และคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นเหล็กสามารถหาค่าได้จากการทดสอบการดึงตาม ASTM E8[1] โดยใช้แผ่นเหล็กกว้าง 12.5 มม. ยาว 200 มม. ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งจะให้ค่าเฉลี่ยของกำลังคลากและกำลังประลัยเท่ากับ 2,120 และ 3,068 กก/ตร.ซม. ตามลำดับ ส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นเหล็กที่ใช้นี้มีค่าประมาณ 2.06×10^6 กก/ตร.ซม.

2. คอนกรีต ในการหล่อแผ่นพื้นเสริมเหล็กพับนี้ ใช้คอนกรีตชนิดเดียวกันสำหรับแผ่นพื้นทุกแผ่นและใช้สัดส่วนการผสมเหมือนกัน โดยที่ปูนซิเมนต์ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์แบบที่หนึ่ง (Portland Cement Type I) แต่ในงานวิจัยนี้ต้องการคอนกรีตที่ให้กำลังเร็วเพื่อที่จะสามารถทำการทดสอบได้เร็วขึ้น ดังนั้น จึงเลือกใช้ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็วหรือแบบที่สาม (Portland Cement Type III) ส่วนหินและทรายจะใช้เหมือนกับที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ทั่ว ๆ ไป กล่าวคือ หินมีขนาดโตสุด 3/4 นิ้ว และทรายมีค่าโมดูลัสของความละเอียดเท่ากับ 3.00 ในการผสมจะใช้ปูนซิเมนต์ประมาณ 7.3 ถุงต่อ ลบ.ม. และใช้สัดส่วนของน้ำต่อซิเมนต์เท่ากับ 0.55 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนการผสมของคอนกรีตใน 1 ลบ.ม. จะประกอบด้วยหินหนัก 960 กก. ทราย 834 กก. น้ำ 200 กก. และปูนซิเมนต์ 364 กก. ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ในการหล่อแผ่นพื้นแต่ละอันจะเก็บคอนกรีตรูปทรงกระบอกตัวอย่างไว้ทดสอบหากำลังอัดและกำลังดึงตาม ASTM C39 และ C496 ที่มีอายุการบ่ม 3, 7 และ 28 วัน กำลังอัดของคอนกรีตที่ 3 วัน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 180 ถึง 280 กก./ตร.ซม. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 248 กก./ตร.ซม. เมื่อคอนกรีตมีอายุการบ่มครบ 7 วัน ซึ่งเท่ากับการบ่มในแผ่นพื้นทดสอบ จะให้ค่ากำลังอัดทรงกระบอกของคอนกรีตอยู่ระหว่าง 215 ถึง 340 กก./ตร.ซม. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 293 กก/ตร.ซม. และมีแรงดึงแยกตัว (Splitting tensile)อยู่ระหว่าง 24 ถึง34 กก/ตร.ซม. ส่วนค่าโมดูลัสยืดหยุ่นวัดได้ประมาณ 1.50×10^5 กก/ตร.ซม. และกำลังอัดของคอนกรีตที่มีอายุครบ 28 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 290 ถึง 340 กก/ตร.ซม. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยประมาณ 306 กก/ตร.ซม. ดังแสดงในตารางที่ 2.2

2.3 การจัดเตรียมวัสดุ

1. แผ่นเหล็กยึดเชิงกล ในงานวิจัยนี้จะใช้แผ่นเหล็กขนาด 5 x 11 x 0.1443 ซม. พับให้ได้ลักษณะดังรูปที่ 2.4 และเชื่อมยึดหัวท้ายเข้ากับสันข้างของแผ่นเหล็กพับเพื่อช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างคอนกรีตกับแผ่นเหล็กพับ

2. แผ่นเหล็กพับ แผ่นพื้นที่จะใช้ทดสอบมีความยาวช่วง 4.00 ม. แต่ขนาดของแผ่นเหล็กในท้องตลาดมีความยาวเพียง 2.40 ม. ดังนั้น จึงจำเป็นต้องเชื่อมแผ่นเหล็กพับเข้าด้วยกัน แต่เพื่อหลีกเลี่ยงการเชื่อมแผ่นเหล็กพับตรงกึ่งกลางความยาวช่วง และเพื่อให้รอยเชื่อมต่อเกิดการสมดุลย์ จึงแบ่งแผ่นเหล็กที่จะใช้พับในแต่ละแผ่นพื้นออกเป็น 3 ส่วน โดยให้ส่วนกลางยาว 2.40 ม. ส่วนปลายทั้งสองข้างจะมีความยาว 0.90 ม. ในการตัดแผ่นเหล็กให้ได้ขนาดดังกล่าวจะใช้เครื่องตัดแผ่นเหล็ก (Guillotine Shear Machine) ซึ่งสามารถตัดแผ่นเหล็กได้หนาถึง 12 มม. ดังแสดงในรูปที่ 2.7 จากนั้นจึงนำแผ่นเหล็กมาพับด้วยวิธี "Press Brake" ด้วยเครื่องพับแผ่น

เหล็กแบบไฮโดรอลิกซ์ (Hydraulic Press Machine) ซึ่งสามารถปรับแรงอัดที่จะกดลงบนแผ่นเหล็กให้มีส่วนสัมพันธ์กับความยาว และความหนาของแผ่นเหล็กที่จะใช้พับ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 แผ่นเหล็กที่พับแล้วจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สูง 9.5 ซม. มีจำนวน 4 ลอน แต่ละลอนกว้าง 18.3 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 2.9

ในการเชื่อมแผ่นเหล็กพับแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน รวมทั้งการเชื่อมแผ่นเหล็กยึดเชิงกลเข้ากับแผ่นเหล็กพับจะต้องวางแผ่นเหล็กบนเครื่องยึด ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ให้แน่นก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นเหล็กพับเกิดการโก่งและบิดเนื่องมาจากความร้อนในขณะที่เชื่อม อนึ่ง ลำดับการเชื่อมจะต้องเริ่มต้นจากช่วงกลางของแผ่นเหล็กพับไปยังปลายทั้งสองข้าง เพื่อหลีกเลี่ยงการบิดงอ เมื่อเชื่อมแผ่นเหล็กยึดเชิงกล และแผ่นเหล็กพับเข้าด้วยกันเรียบร้อยแล้ว จะได้แผ่นเหล็กพับมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.11

2.4 การหล่อแผ่นพื้น

นำแผ่นเหล็กที่ได้พับและเชื่อมแผ่นเหล็กยึดเชิงกลเรียบร้อยแล้ว ดังกล่าวในหัวข้อที่ 2.3 มาวางบนจุดรองรับที่ตั้งห่างกันเป็นระยะ 4.00 ม. จากนั้นจึงประกอบแบบด้านข้างและยึดให้แน่นไม่ให้เกิดการแบะหรือปริออกได้ ก่อนการเทจะต้องใช้ค้ำยัน 2 จุด โดยให้มีระยะห่างเท่า ๆ กัน ดังแสดงในรูปที่ 2.12 อนึ่ง รอยต่อแบบและขอบแบบที่เชื่อมต่อระหว่างเหล็กพับและแบบข้างควรจะติดเทปเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำคอนกรีตไหลออกได้ จากนั้นจึงนำคอนกรีตที่ผสมตามสัดส่วนในตารางที่ 2.1 มาเทลงบนแบบที่เตรียมไว้ โดยเริ่มเทในช่วงกลางของแผ่นเหล็กพับก่อนแล้วจึงค่อย ๆ เทออกไปสู่จุดรองรับทั้งสองข้าง โดยให้เนื้อคอนกรีตสูงจากผิวบนของแผ่นเหล็กพับ 5 ซม. ในการเทคอนกรีตแต่ละแผ่นจะมีการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาด 15 x 30 ซม. ไว้ทั้งหมด 12 อัน เพื่อใช้หาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีต เช่น กำลังอัด โมดูลัสยืดหยุ่น และกำลังดึงแยกตัวของคอนกรีต หลังจากเทคอนกรีตเสร็จเรียบร้อยแล้วจะบ่มทิ้งไว้ในอากาศ 1 คืน แล้วจึงเริ่มบ่มคอนกรีตด้วยการแช่น้ำไว้บนผิวของแผ่นพื้น (Ponding) จนครบ 7 วัน จึงลงมือถอดแบบข้างเพื่อทำการทดสอบต่อไป ส่วนลูกปูนคอนกรีตทรงกระบอกที่หล่อเพื่อใช้ทดสอบหาค่ากลสมบัติจะบ่มควบคู่ไปกับแผ่นพื้นทดสอบ โดยวางให้ใกล้กันและใช้วิธีบ่มเช่นเดียวกัน

2.5 รายละเอียดของแผ่นพื้นตัวอย่าง

การวิจัยอันนี้จะแยกการศึกษาพฤติกรรมของแผ่นพื้นในสองลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 คือ

1. ศึกษาพฤติกรรมเชิงดัด ในการศึกษานี้จะพิจารณาให้ความหนาของแผ่นเหล็กพับเป็นตัวแปร ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจะให้ชื่อตามขนาดเกจของแผ่นเหล็กเป็นเกณฑ์ กล่าวคือ แผ่นพื้น S_{16} S_{18} S_{20} และ S_{22} ใช้เหล็กเกจ 16 18 20 และ 22 ตามลำดับ แผ่นเหล็กพับทุกแผ่นในการศึกษานี้จะมีแผ่นเหล็กยึดเชิงกลเชื่อมติดอยู่ในระยะที่สามารถป้องกันการวิบัติจาก "Shear Bond" ได้อย่างเด็ดขาด กล่าวคือ จะให้ระยะของแผ่นเหล็กยึดเชิงกลมีค่าเท่ากับ 5 ซม. ในช่วงความยาวที่รับแรงเฉือน (Shear Span)

2. ศึกษาพฤติกรรมการยึดเกาะระหว่างแผ่นเหล็กพับกับคอนกรีต ในการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมของการยึดเกาะระหว่างแผ่นเหล็กพับและคอนกรีตจะใช้แผ่นเหล็กพับที่มีความหนาเท่ากันทุกแผ่น กล่าวคือ จะใช้แผ่นเหล็กเกจ 22 ซึ่งมีความหนา 0.720 มม. ส่วนแผ่นเหล็กยึดเชิงกลที่ใช้จะมีขนาดเท่ากันและมีสภาพเหมือนกันทุกอัน แต่ระยะห่างระหว่างแผ่นเหล็กยึดเชิงกลในแต่ละแผ่นพื้นจะมีค่าต่างกัน คือ ในแผ่นพื้น S_o จะไม่ใส่แผ่นเหล็กยึดเชิงกล ส่วนแผ่นพื้น S_{15} และ S_{30} จะใช้ระยะระหว่างแผ่นเหล็กยึดเชิงกลในช่วงความยาวที่รับแรงเฉือนเท่ากับ 15 และ 30 ซม. ตามลำดับ สำหรับแผ่นพื้น S_{5a} จะเชื่อมแผ่นเหล็กยึดเชิงกลตลอดความยาวช่วงของแผ่นพื้น โดยให้ระยะห่างของแต่ละแผ่นเหล็กยึดเชิงกลมีค่าเท่ากับ 5 ซม.