บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ส่วน ตามวิธีการทดสอบในแนวทางดำเนินการวิจัย ได้แก่ การยึดเกาะ การรั่วซึมของน้ำ ความต้านทานคาร์บอเนชั่น และความต้านทานคลอไรด์ แต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 การยึดเกาะ

การยึดเกาะระหว่างวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์กับคอนกรีตเดิมจัดอยู่ในการทดสอบด้านกำลัง เนื่องจากวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์มีลักษณะเปราะและต้องการระยะเวลาในการพัฒนากำลังเช่นเดียวกับซีเมนต์ ภายหลังการซ่อมแซมจึงพบปัญหาการหลุดร่อนของวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์บ่อยครั้ง มาตรฐาน ASTM ได้นำเสนอวิธีการทดสอบการยึดเกาะ คือ ASTM C1583 ซึ่งทดสอบการกำลังยึดเกาะระหว่างวัสดุเคลือบผิวหรือวัสดุเททับ (Overlay) กับวัสดุเดิมโดยการหากำลังพุลออฟ (Pull-off Strength) เครื่องมือทดสอบกำลังยึดเกาะตาม ASTM C1583 แบบพกพา ดังแสดงในภาพที่ 4.1 จึงถูกนำมาใช้ในการวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบการยึดเกาะภายหลังการซ่อมแซม

ภาพที่ 4.1 เครื่องมือทดสอบกำลังยึดเกาะแบบพกพา

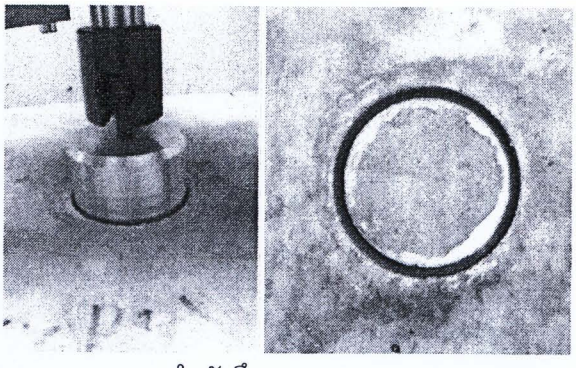
การดำเนินการวิจัยเริ่มจากการนำตัวอย่างคอนกรีตสัดส่วนผสมที่ 1 ถึงสัดส่วนผสมที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 มาหล่อเป็นคอนกรีตทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 30 x 60 x 10 ซม. หลังถอดแบบที่ 24 ชั่วโมง บ่มตัวอย่างด้วยการพันพลาสติกจนกระทั่งตัวอย่างอายุ 28 วัน เมื่ออายุครบ 91 วัน จึงทำการเคลือบผิวตัวอย่างด้วยวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ทั้งสามชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และบ่มวัสดุซ่อมด้วยการพ่นละอองน้ำดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.2 เมื่อวัสดุซ่อมอายุครบ 3 วัน 7 วัน 14 วัน

และ 28 วัน จึงทำการทดสอบกำลังยึดเกาะ ดังนั้นกรณีที่มีการทดสอบกำลังยึดเกาะที่อายุวัสดุซ่อม 3 วัน และ 7 วัน ตัวอย่างทดสอบจะถูกปล่อยให้แห้งอย่างน้อย 24 ชม. ก่อนการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการยึดเกาะ

ตัวอย่างที่	สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้	วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ที่ใช้เคลือบผิว
1	1	ก.
2	1	ข.
3	1	ค.
4	2	ก.
5	2	ข.
6	2	ค.
7	3	ก.
8	3	ข.
9	3	ค.
10	4	ก.
11	4	ข.
12	4	ค.

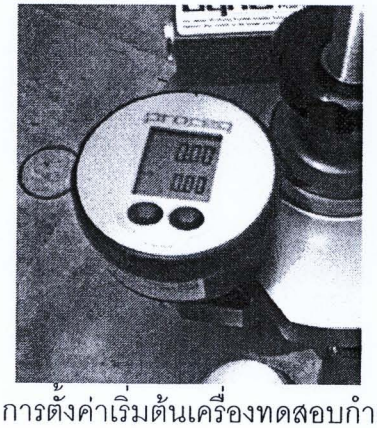
ในส่วนของรายละเอียดการทดสอบกำลังยึดเกาะนั้น มีการปรับเปลี่ยนวิธีการทดสอบจากมาตรฐาน ASTM C1583 ดังแสดงในภาพที่ 4.2 เล็กน้อย คือ ไม่เซาะร่อง (Partial Coring) รอบบริเวณที่ทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 เนื่องจากมีการทดสอบที่อายุวัสดุซ่อมน้อย เช่น ที่ 3 วัน ซึ่งวัสดุซ่อมยังมีกำลังยึดเกาะที่ต่ำ ค่าที่วัดจากการทดสอบตามมาตรฐานจะใกล้กับค่าต่ำสุดของเครื่องมือทดสอบ อาจเป็นเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นในการทดสอบได้ ดังนั้นจึงไม่ทำการเซาะร่องในทุกตัวอย่าง เพื่อช่วยเพิ่มกำลังยึดเกาะให้แก่วัสดุซ่อม อีกทั้งสภาพที่ไม่ได้ทำการเซาะร่องยังเป็นสภาพเดียวกับการใช้งานจริงอีกด้วย



ภาพที่ 4.2 การทดสอบกำลังยึดเกาะตามมาตรฐาน ASTM C1583

ภาพที่ 4.3 การทดสอบกำลังยึดเกาะดัดแปลงจากมาตรฐาน ASTM C1583 ในการวิจัย

การทดสอบกำลังยึดเกาะในงานวิจัยนี้ ใช้หัวทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยึดติดกับบริเวณที่ทดสอบด้วยอีพอกซี่ก่อนการทดสอบประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อเริ่มการทดสอบ ให้ตั้งค่าเริ่มต้นบนส่วนแสดงผลเป็นศูนย์ ดังแสดงในภาพที่ 4.4 จากนั้นจึงเริ่มหมุนคันหมุนด้วยอัตราสม่ำเสมอจนกระทั่งเกิดการวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักกระทำสูงสุดและลักษณะการวิบัติ



ภาพที่ 4.4 การตั้งค่าเริ่มต้นเครื่องทดสอบกำลังยึดเกาะ

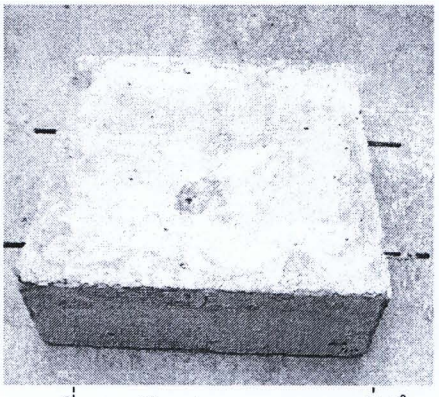
กำลังยึดเกาะของวัสดุซ่อมกับคอนกรีตเดิม (f_a) ในการทดสอบแบบดัดแปลงนี้ สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักกระทำ (P) ต่อพื้นที่ (A) ดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$f_a = P/A \qquad (4.1)$$

ในการทดสอบพุลออฟ 1 ตัวอย่าง ทดสอบอย่างน้อย 4 จุด โดยจุดทดสอบแต่ละจุดกึ่งกลางของจุดทดสอบต้องห่างจากจุดกึ่งกลางของจุดทดสอบถัดไปอย่างน้อย 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางหัวทดสอบ คือ 10 ซม.

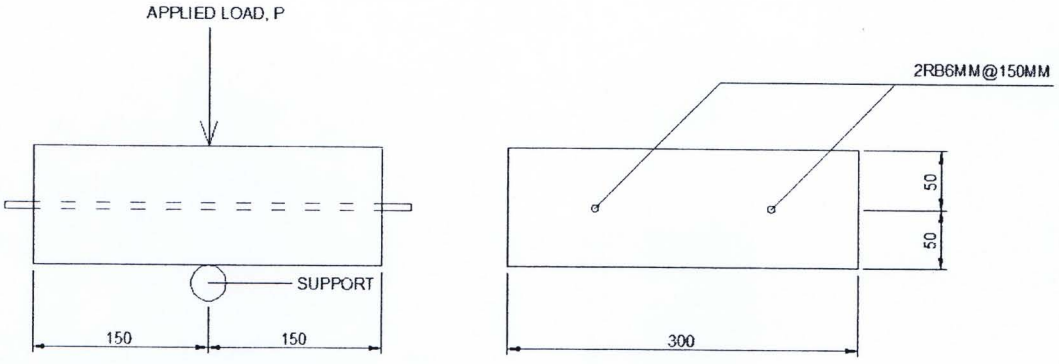
4.2 การรั่วซึมของน้ำ

การทดสอบการรั่วซึมของน้ำผ่านรอยร้าวคอนกรีตใช้อัตราการรั่วซึมของน้ำ คือ ปริมาณน้ำต่อหน่วยเวลาในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โดยใช้คอนกรีตสัดส่วนผสมที่ 1 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 มาหล่อเป็นตัวอย่างทรงสี่เหลี่ยมขนาด 30 x 30 x 10 ซม. มีเหล็กกลม 6 มม. 2 เส้น ที่ระยะ 7.5 ซม. และ 22.5 ซม. ของหน้าตัด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางความสูง เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างแยกเป็นออกจากกันขณะสร้างรอยร้าว ดังแสดงในภาพที่ 4.5

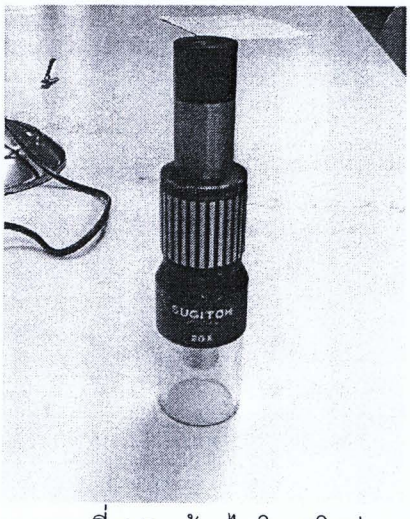


ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างทดสอบการรั่วซึม

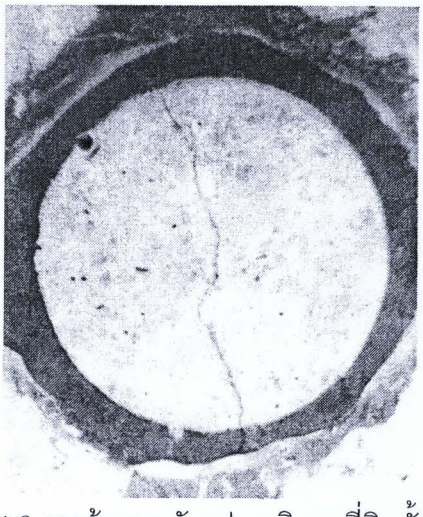
หลังถอดแบบที่ 24 ชั่วโมง บ่มตัวอย่างด้วยการพันพลาสติกจนกระทั่งตัวอย่างอายุ 28 วัน จากนั้นนำตัวอย่างมาสร้างรอยร้าวด้วยวิธีผ่าแยก ดังแสดงในภาพที่ 4.6 จากนั้นทิ้งไว้ให้รอยร้าวบนตัวอย่างปิดกลับอย่างน้อย 7 วัน จึงวัดความกว้างรอยร้าวด้วยกล้องไมโครสโคป ดังแสดงในภาพที่ 4.7 โดยที่บริเวณผิวตัวอย่างวัดทุกระยะ 10 ซม. และบริเวณที่ติดตั้งท่อน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 4.8 วัดทุกระยะ 2 ซม.



ภาพที่ 4.6 การสร้างรอยร้าวบนตัวอย่างทดสอบการรั่วซึมด้วยวิธีผ่าแยก

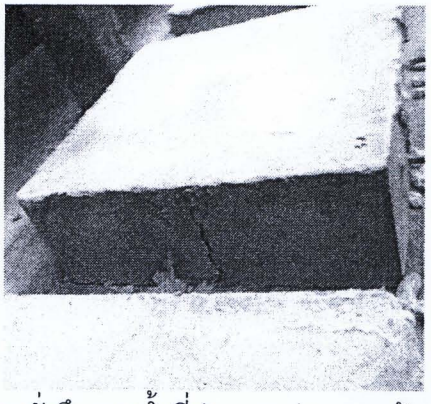


ภาพที่ 4.7 กล้องไมโครสโคป

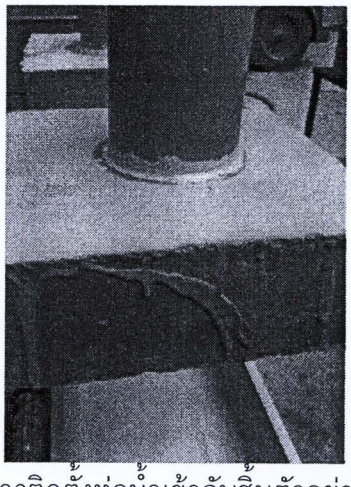


ภาพที่ 4.8 รอยร้าวบนตัวอย่างบริเวณที่ติดตั้งท่อน้ำ

เมื่อตัวอย่างอายุ 91 วัน เคลือบผิวตัวอย่างด้วยวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ทั้งสามชนิด ดังแสดงในภาพที่ 4.9 และบ่มวัสดุซ่อมตามที่กล่าวถึงในหัวข้อ 3.2 จนกระทั่งวัสดุซ่อมที่เคลือบผิวอยู่มีอายุ 25 วัน จึงทำการติดตั้งท่อน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. เข้ากับชิ้นตัวอย่างด้วยอีพอกซี่ ดังแสดงในภาพที่ 4.10 และเมื่อวัสดุซ่อมมีอายุครบ 28 วัน จึงนำไปทดสอบการรั่วซึม ซึ่งมีตัวอย่างในการทดสอบการรั่วซึมทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.2



ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างทดสอบการรั่วซึมของน้ำที่ผ่านการซ่อมแซมด้วยวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ก.

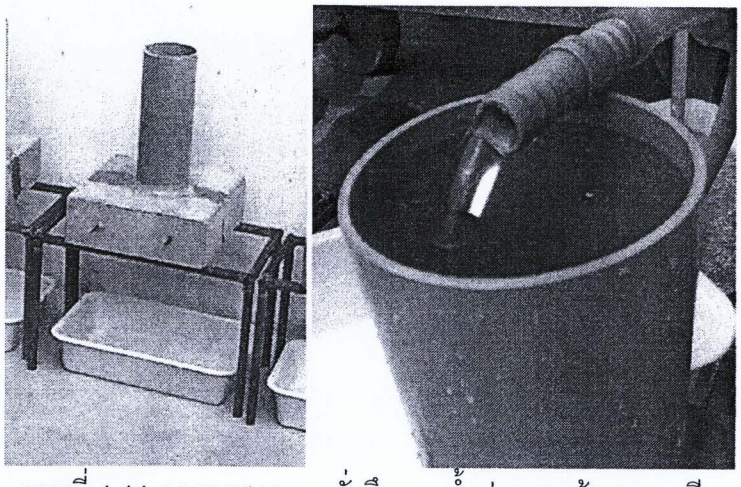


ภาพที่ 4.10 การติดตั้งท่อน้ำเข้ากับชิ้นตัวอย่างด้วยอีพอกซี่

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบการรั่วซึมของน้ำผ่านรอยร้าวคอนกรีต

ตัวอย่างชุดที่	วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ที่ใช้	จำนวนตัวอย่าง
1	ไม่มีการซ่อมแซม	6
2	ก.	6
3	ข.	6
4	ค.	6

ก่อนเริ่มการทดสอบ เติมน้ำลงในท่อและทำการควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในระดับ 30± 1 ซม. เมื่อระดับน้ำคงที่ เริ่มการทดสอบโดยนำภาชนะรองรับน้ำมารองไว้ใต้ตัวอย่างและเริ่มจับเวลา ดังแสดงในภาพที่ 4.11 เมื่อระดับน้ำในภาชนะรองรับน้ำสูงประมาณครึ่งหนึ่งของภาชนะรองรับน้ำ จึงบันทึกเวลาและน้ำหนักของน้ำในภาชนะรองรับน้ำ และดำเนินการทดสอบเช่นเดิมซ้ำอีกสองครั้ง เพื่อนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ผลต่อไป



ภาพที่ 4.11 การทดสอบการรั่วซึมของน้ำผ่านรอยร้าวคอนกรีต

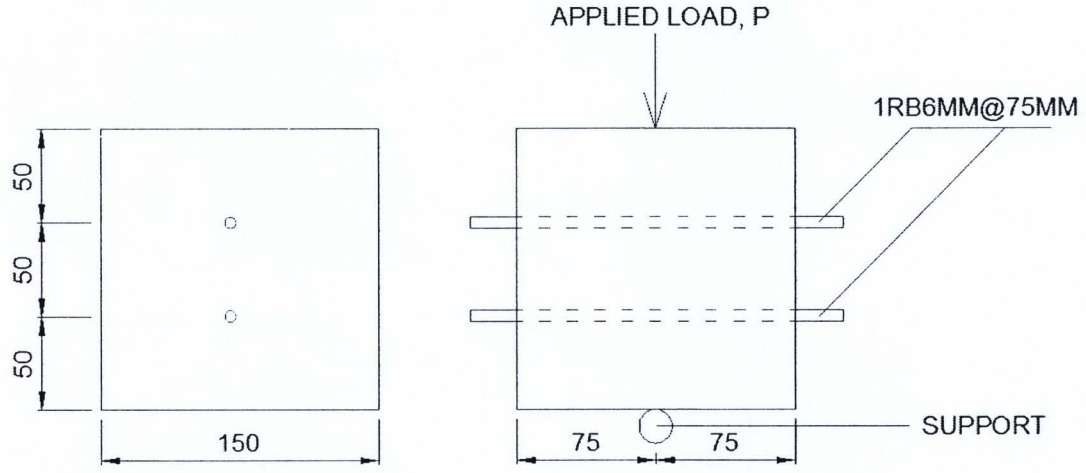
จากการทดสอบการรั่วซึมในงานวิจัยนี้ อัตราการไหลของน้ำผ่านรอยร้าวคอนกรีต (R, ลบ.ซม./วินาที) จึงสามารถหาได้จาก น้ำหนักน้ำ (W, กรัม) ความหนาแน่นของน้ำ (D_w, กรัม/ลบ.ซม.) และเวลา (t, วินาที) ดังแสดงในสมการที่ 4.2 สำหรับน้ำที่รั่วซึมลงสู่ภาชนะรองรับน้ำและมีการระเหยไปนั้น ดำเนินการโดยนำภาชนะรองรับน้ำขนาดและลักษณะเดียวกับที่ทดสอบมาเติมน้ำสูงครึ่งหนึ่งของภาชนะรองรับน้ำ วางไว้บริเวณที่ทดสอบการรั่วซึม น้ำในภาชนะรองรับน้ำจะเกิดการระเหย จึงทราบปริมาณน้ำที่ระเหยในระหว่างการทดสอบการรั่วซึมได้จากการวัดน้ำหนักของน้ำในภาชนะกับเวลา

$$R = W/(D_w \cdot t) \qquad (4.2)$$

4.3 ความต้านทานคาร์บอเนชั่น

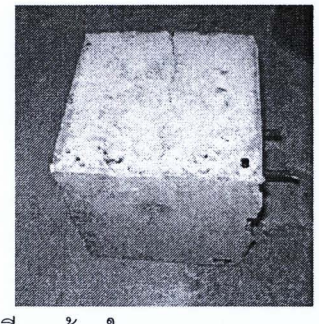
หนึ่งในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการซ่อมแซมรอยร้าวด้านความคงทนในการวิจัยนี้ คือ การทดสอบความต้านทานคาร์บอเนชั่น ซึ่งในการวิจัยนี้พิจารณาจากระยะคาร์บอเนชั่น เพื่อให้คอนกรีตในตัวอย่างทดสอบทุกชิ้นมีความสม่ำเสมอ คอนกรีตผสมเสร็จจึงถูกนำมาใช้งาน โดยใช้สัดส่วนผสมที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ถูกนำมาใช้หล่อเป็นตัวอย่างคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 15x15x15 ซม. ที่มีเหล็กเสริมเป็นเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มม. 2 เส้น ที่ระยะ 5 ซม. และ 10 ซม. ของความสูง เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างแยกออกจากกันเมื่อทำการสร้างรอยร้าวบนตัวอย่าง และภายหลังจากถอดแบบหล่อที่ 24 ชั่วโมง ทำการบ่มตัวอย่างด้วยการห่อพลาสติกจนกระทั่งตัวอย่างมีอายุ 7 วัน

ในส่วนของการสร้างรอยร้าวบนตัวอย่างคอนกรีต ใช้วิธีทางกายภาพ คือ การผ่าแยก ดังแสดงในภาพที่ 4.12 และได้ตัวอย่างที่มีรอยร้าว ดังแสดงในภาพที่ 4.13



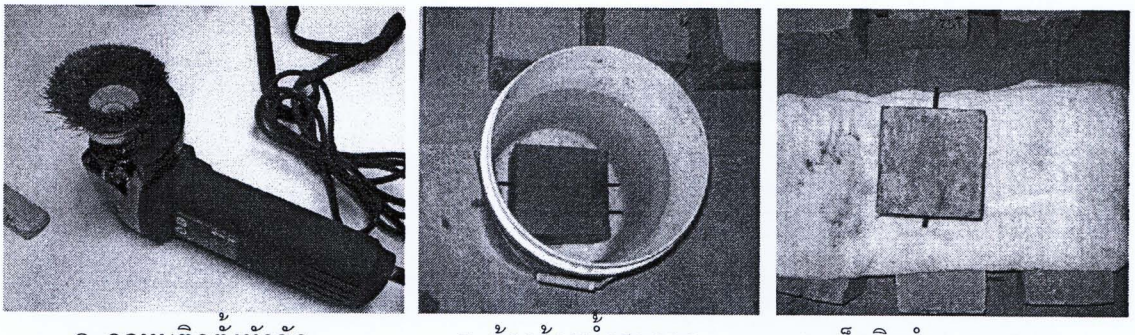
NOTE: ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.

ภาพที่ 4.12 การสร้างรอยร้าวบนตัวอย่างด้วยวิธีผ่าแยก



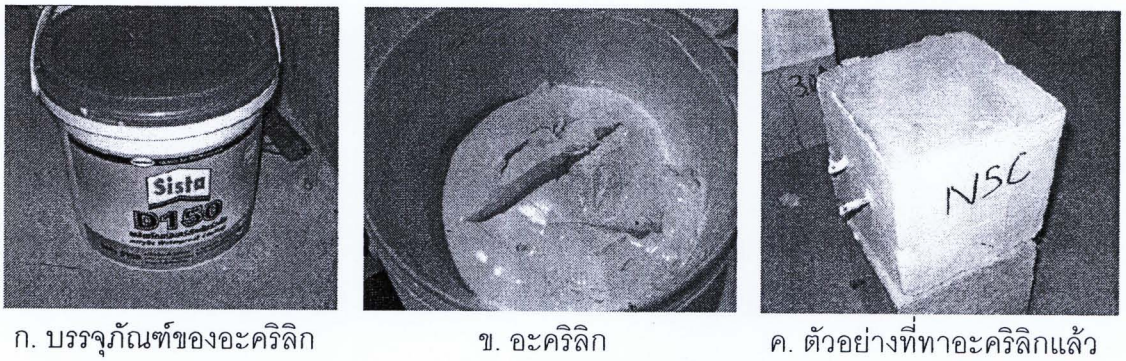
ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างที่มีรอยร้าวในการทดสอบความต้านทานคาร์บอเนชั่น

หลังจากการสร้างรอยร้าวบนชิ้นตัวอย่างอย่างน้อย 7 วัน ใช้กล้องไมโครสโคปวัดความกว้างรอยร้าวที่ผิวคอนกรีต ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของตัวอย่างด้านที่ทดสอบ และทำการคัดให้ได้ตัวอย่างที่ความกว้างรอยร้าวที่ผิวคอนกรีตอยู่ระหว่าง 0.2 มม. ถึง 2.0 มม. ตามขอบเขตของการวิจัย สำหรับผิวตัวอย่างด้านอื่นๆ ที่ไม่ได้ทดสอบ จะถูกขัดผิวด้วยลูกหมูที่ติดตั้งหัวขัดและล้างทำความสะอาดผิว ดังแสดงในภาพที่ 4.14 สำหรับการทดสอบความต้านทานคาร์บอเนชั่นนั้นต้องการให้เกิดคาร์บอเนชั่นในตัวอย่างเพียงด้านเดียว ด้านที่เหลืออีก 5 ด้านของตัวอย่างจึงถูกทาด้วยอะคริลิกปิดไว้ไม่ให้เกิดคาร์บอเนชั่น โดยทาอะคริลิกหนา 1 มม. และหลังจากทาชั้นแรก 1 วัน จึงทาอะคริลิกชั้นที่สองทับ ดังแสดงในภาพที่ 4.15



ก. ลูกหมูติดตั้งหัวขัด ข. ล้างด้วยน้ำสะอาด ค. เช็ดผิวทำความสะอาด

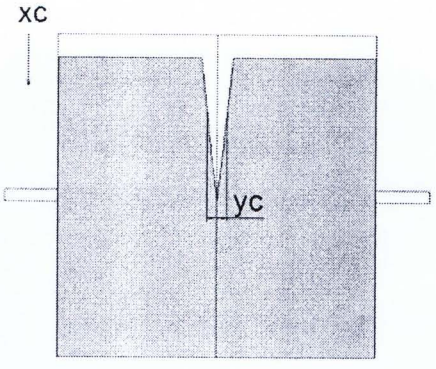
ภาพที่ 4.14 การทำความสะอาดผิวที่ไม่ทดสอบ



ก. บรรจุภัณฑ์ของอะคริลิก ข. อะคริลิก ค. ตัวอย่างที่ทาอะคริลิกแล้ว

ภาพที่ 4.15 การทาอะคริลิกป้องกันการรั่วซึมปิดผิวที่ไม่ต้องการทดสอบ

เมื่อตัวอย่างมีอายุ 56 วัน จึงนำมาซ่อมแซมรอยร้าวโดยการเคลือบผิวด้วยวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ทั้งสามชนิด และบ่มวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.2 ซึ่งเมื่อนำตัวอย่างไปทดสอบจะเกิดคาร์บอเนชั่นเพียงด้านเดียว คือ ด้านที่ไม่ได้ทาอะคริลิก ซึ่งคาร์บอเนชั่นเกิดในแนว xc ดังแสดงในภาพที่ 4.16



ภาพที่ 4.16 แบบจำลองการเกิดคาร์บอเนชั่นในตัวอย่างที่ทาอะคริลิกปิดด้านที่ไม่ทดสอบ

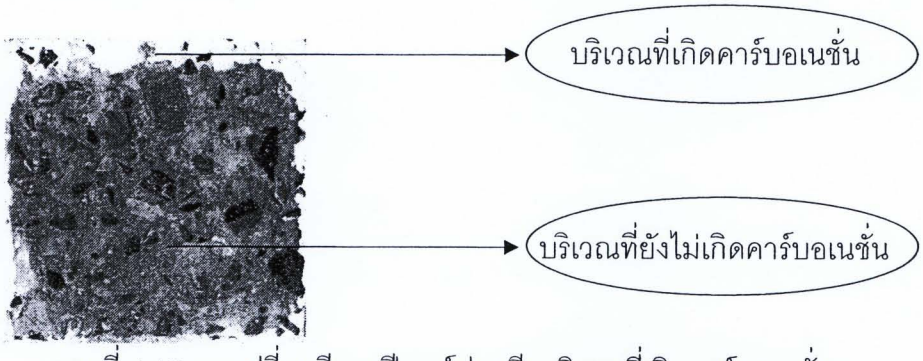
โดยทั่วไป การเกิดคาร์บอเนชั่นในคอนกรีตนั้นใช้ระยะเวลานาน จำเป็นต้องดำเนินการทดสอบที่สภาวะเร่ง ในการวิจัยนี้ใช้สภาวะเร่งเช่นเดียวกับ J. Khunthongkeaw [13] คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้น 4% อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 55% ตัวอย่างคอนกรีตที่ไม่มีรอยร้าว ตัวอย่างคอนกรีตที่มีรอยร้าว และตัวอย่างที่ผ่านการซ่อมแซมรอยร้าวด้วยวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ ก. ข. และ ค. ที่มีอายุคอนกรีต 70 วัน และอายุวัสดุซ่อม 14 วัน ทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 4.3 จะถูกเก็บไว้ภายใต้สภาวะดังกล่าวเป็นระยะเวลา 28 วัน และ 84 วัน ดังภาพที่ 4.17

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบความต้านทานคาร์บอเนชั่น

ตัวอย่างที่	รายละเอียด	วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ที่ใช้	จำนวนตัวอย่าง
1	คอนกรีตปกติ	-	6
2	คอนกรีตที่มีรอยร้าว	-	12
3	คอนกรีตที่มีรอยร้าวแล้วผ่านการซ่อมแซมแล้ว	ก.	12
4	คอนกรีตที่มีรอยร้าวแล้วผ่านการซ่อมแซมแล้ว	ข.	12
5	คอนกรีตที่มีรอยร้าวแล้วผ่านการซ่อมแซมแล้ว	ค.	12

ภาพที่ 4.17 ตู้ทดสอบคาร์บอเนชั่นที่สภาวะเร่ง

เมื่อครบกำหนด 28 วัน หรือ 84 วัน จึงนำตัวอย่างออกมาผ่าแยก ณ ตำแหน่งกึ่งกลางตัวอย่าง และพ่นด้วยละอองฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) เข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก ในเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) 70% ฟีนอล์ฟทาลีนจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงสำหรับคอนกรีตบริเวณที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยาคาร์บอเนชั่น ขณะที่ส่วนที่เกิดปฏิกิริยาแล้ว สีจะใกล้เคียงกับลักษณะเนื้อคอนกรีตเดิม ดังแสดงในภาพที่ 4.18 เนื่องจากฟีนอล์ฟทาลีนมีคุณสมบัติเปลี่ยนจากใสไม่มีสีเป็นสีชมพูเมื่อค่า pH มากกว่า 10 จากนั้นบันทึกข้อมูลรูปร่างลักษณะและระยะคาร์บอเนชั่นที่วัดได้



ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนสีของฟีนอล์ฟทาลีนบริเวณที่เกิดคาร์บอเนชั่น

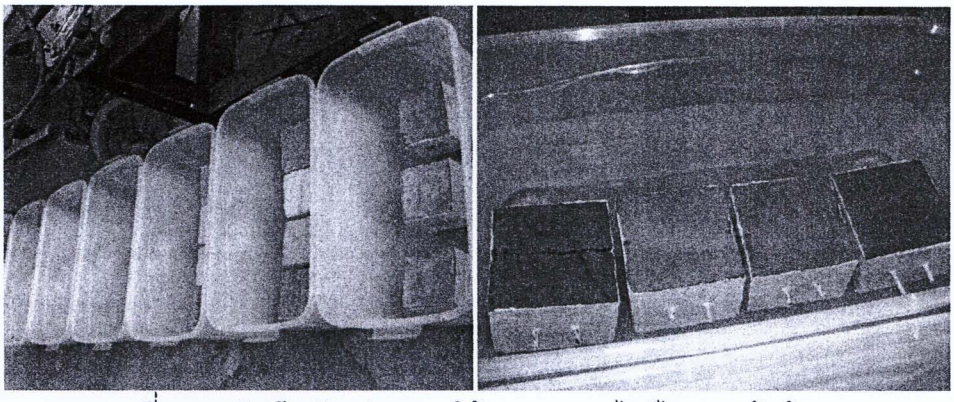
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

4.4 ความต้านทานคลอไรด์

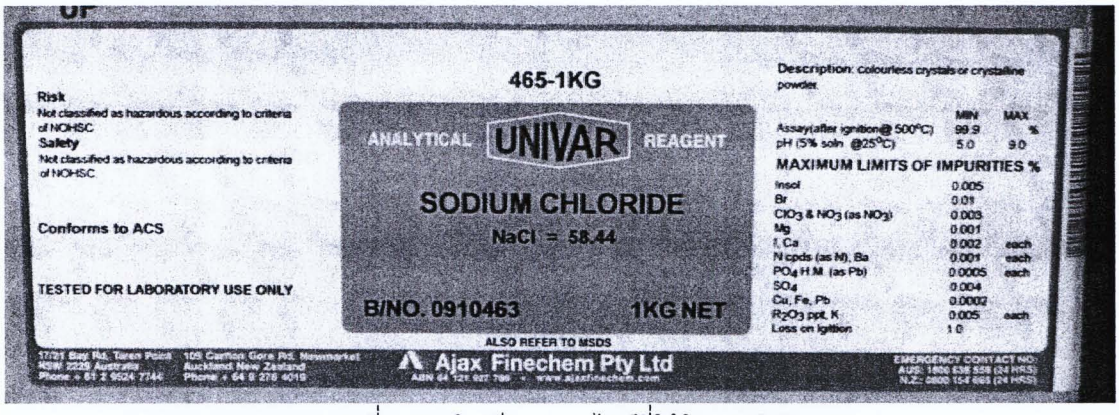
เช่นเดียวกับความต้านคาร์บอเนชั่น ความต้านทานคลอไรด์เป็นการทดสอบด้านความคงทน การวิจัยนี้ใช้ระยะแทรกซึมของคลอไรด์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการซ่อมแซมรอยร้าวด้วยวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ โดยคอนกรีตผสมเสร็จสัดส่วนผสมที่ 5 ถึงสัดส่วนผสมที่ 8 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ถูกนำมาใช้หล่อเป็นตัวอย่างสำหรับทดสอบความต้านทานคลอไรด์ ซึ่งมีขนาด รูปทรง การเสริมเหล็ก การบ่ม การสร้างรอยร้าว การปิดผิวที่ไม่ทดสอบ ตลอดจนการซ่อมรอยร้าวด้วยวัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ในลักษณะเดียวกับการเตรียมตัวอย่างของความต้านทานคาร์บอเนชั่น โดยมีส่วนที่แตกต่างกัน คือ ตัวอย่างทดสอบความต้านทานคลอไรด์ก่อนการทดสอบมีอายุคอนกรีต 84 วัน และอายุวัสดุซ่อม 28 วัน และถูกเก็บไว้ภายใต้สภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride, NaCl) ที่มีความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออน 3% โดยน้ำหนัก เป็นระยะเวลา 14 วัน และ 28 วัน ดังแสดงในภาพที่ 4.18 และ 4.19 ทั้งนี้เนื่องมาจากผลการทดสอบเบื้องต้น พบว่า การแทรกซึมของคลอไรด์เกิดขึ้นรวดเร็วกว่าการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอเนชั่น การทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์จึงปรับเพิ่มอายุของตัวอย่างและลดระยะเวลาที่ทดสอบลงมาให้มีความเหมาะสม ตัวอย่างแต่ละสัดส่วนผสมมีดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างสำหรับการทดสอบความต้านทานคลอไรด์ในแต่ละสัดส่วนผสม

ตัวอย่างที่	รายละเอียด	วัสดุซ่อมประสานซีเมนต์ที่ใช้	จำนวนตัวอย่าง
1	คอนกรีตปกติ	-	6
2	คอนกรีตที่มีรอยร้าว	-	12
3	คอนกรีตที่มีรอยร้าวแล้วผ่านการซ่อมแซมแล้ว	ก.	12
4	คอนกรีตที่มีรอยร้าวแล้วผ่านการซ่อมแซมแล้ว	ข.	12
5	คอนกรีตที่มีรอยร้าวแล้วผ่านการซ่อมแซมแล้ว	ค.	12

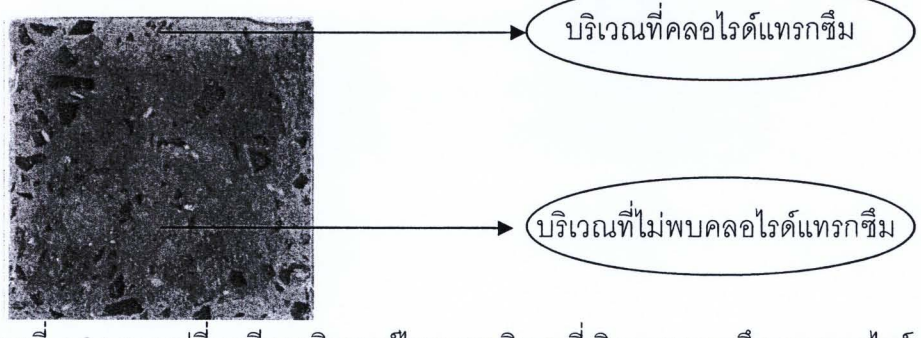


ภาพที่ 4.19 ถังเก็บตัวอย่างภายใต้สภาวะคลอไรด์ไอออนเข้มข้น 3%



ภาพที่ 4.20 โซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ในการวิจัย

เมื่อแช่ในสารละลายคลอไรด์ครบตามกำหนด จึงนำตัวอย่างออกมาผ่าแยก ณ ตำแหน่งกึ่งกลางตัวอย่าง เช่นเดียวกับการทดอสบความต้านทานคาร์บอเนชั่น และพ่นด้วยละอองซิลเวอร์ไนเตรต (Silver Nitrate, $AgNO_3$) เข้มข้น 0.1 M คอนกรีตบริเวณที่มีคลอไรด์แทรกซึมจะมีใกล้เคียงกับสีคอนกรีตเดิม ส่วนบริเวณที่ไม่พบคลอไรด์แทรกซึม สีคอนกรีตจะเปลี่ยนไปเป็นดังแสดงในภาพที่ 4.18 จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลรูปร่างลักษณะและระยะแทรกซึมของคลอไรด์



ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนสีของซิลเวอร์ไนเตรตบริเวณที่เกิดการแทรกซึมของคลอไรด์