

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาจะกล่าวถึง วัสดุที่ใช้ในการศึกษา เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา สัดส่วนผสมของบล็อกคอนกรีต วิธีการอัดขึ้นรูปบล็อกคอนกรีต และรายละเอียดวิธีการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

3.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ม.อ.ก. 15 เล่ม 1-2532



รูปที่ 3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

3.1.2 ทรายสะอาดใช้ทรายแม่น้ำผ่านตะแกรงเบอร์ 4



รูปที่ 3.2 ทรายสะอาด

3.1.3 หินฝุ่นร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8



รูปที่ 3.3 หินฝุ่นสะอาด

3.1.4 ตะกอนประปาจากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน



รูปที่ 3.4 ตะกอนประปา

3.1.5 น้ำสะอาดที่ใช้ในงานก่อสร้าง

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียด 0.01 กรัม



รูปที่ 3.5 เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล ความละเอียด 0.01 กรัม

3.2.2 ขนาดของตะแกรง 3/8", เบอร์ 4, 8, 16, 30, 50 และ 100



รูปที่ 3.6 ตะแกรงคัดแยกวัสดุขนาดต่างๆ

3.2.3 เครื่องบดตะกอนประปา



รูปที่ 3.7 เครื่องบดตะกอนประปา

3.2.4 เครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ



รูปที่ 3.8 เครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ

3.2.5 เครื่องขึ้นรูปบล็อกคอนกรีตมาตรฐาน ขนาด 0.07 x 0.19 x 0.39 เมตร



รูปที่ 3.9 เครื่องขึ้นรูปบล็อกคอนกรีต

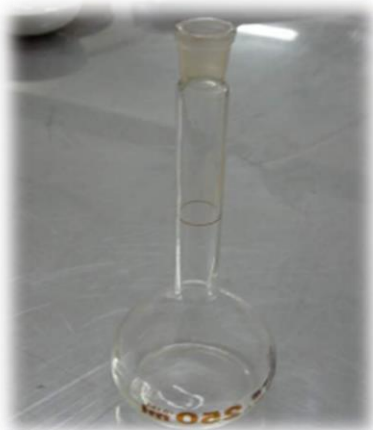
3.2.6 กระบอกตวงน้ำมาตรฐานขนาด 1 ลิตร



รูปที่ 3.10 กระบอกตวงน้ำ ขนาด

1 ลิตร

3.2.7 ขวดหาความถ่วงจำเพาะขนาด 250 cc



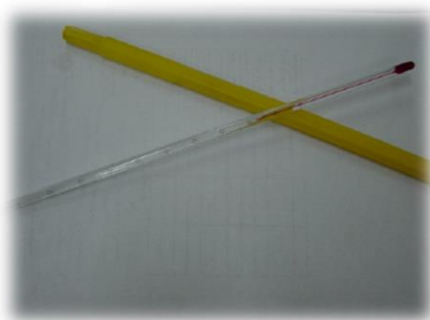
รูปที่ 3.11 ขวดหาความถ่วงจำเพาะ

3.2.8 เครื่องทดสอบกำลังอัด



รูปที่ 3.12 เครื่องทดสอบกำลังอัด

3.2.9 เทอร์โมมิเตอร์ 0-100 °C



รูปที่ 3.13 เทอร์โมมิเตอร์

3.3 สัดส่วนผสมของบล็อกคอนกรีต

สัดส่วนของวัสดุรวมที่ใช้ทำบล็อกคอนกรีตแยกในแต่ละสัดส่วน ใช้ตะกอนประปามาแทนที่ในหินปูนมากน้อยไม่เท่ากัน โดยเป็นไปตามตารางที่ 3.1 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนผสมแบบแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดเท่ากับหินฝุ่น

ลำดับ	สัญลักษณ์	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กก.)			
		ปูนซีเมนต์	ทราย	หินฝุ่น	ตะกอนประปา
1	1C2S10D	1.00	2.00	10.00	-
2	1C2S8D2L-1	1.00	2.00	8.00	2.00
3	1C2S6D4L-1	1.00	2.00	6.00	4.00
4	1C2S4D6L-1	1.00	2.00	4.00	6.00
5	1C2S2D8L-1	1.00	2.00	2.00	8.00
6	1C2S0D10L-1	1.00	2.00	-	10.00

1C2S10D หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 10 กก. : ตะกอนประปา 0 กก. , 0 หมายถึงสัดส่วนมาตรฐานอ้างอิง

1C2S8D2L-1 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 8 กก. : ตะกอนประปา 2 กก. , - 1 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 1

1C2S6D4L-1 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 6 กก. : ตะกอนประปา 4 กก. , - 1 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 1

1C2S4D6L-1 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 4 กก. : ตะกอนประปา 6 กก. , - 1 หมายถึงสัดส่วนผสมกลุ่มที่ 1

1C2S2D8L-1 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 2 กก. : ตะกอนประปา 8 กก. , - 1 หมายถึงสัดส่วนผสมกลุ่มที่ 1

1C2S0D10L-1 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 0 กก. : ตะกอนประปา 10 กก. , -1 หมายถึงสัดส่วนผสมกลุ่มที่ 1

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำจะไม่คงที่ จะขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณจำนวนของตะกอนประปา เพื่อให้สามารถขึ้นรูปบล็อกคอนกรีตได้

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนผสมแบบแทนที่หินฝุ่นโดยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด

ลำดับ	สัญลักษณ์	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กก.)			
		ปูนซีเมนต์	ทราย	หินฝุ่น	ตะกอนประปา
1	1C2S10D	1.00	2.00	10.00	-
2	1C2S8D2L-2	1.00	2.00	8.00	2.00
3	1C2S6D4L-2	1.00	2.00	6.00	4.00
4	1C2S4D6L-2	1.00	2.00	4.00	6.00
5	1C2S2D8L-2	1.00	2.00	2.00	8.00
6	1C2S0D10L-2	1.00	2.00	-	10.00

1C2S10D หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 10 กก. : ตะกอนประปา 0 กก. หมายถึง สัดส่วนมาตรฐานอ้างอิง

1C2S8D2L-2 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 8 กก. : ตะกอนประปา 2 กก. , -2 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 2

1C2S6D4L-2 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 6 กก. : ตะกอนประปา 4 กก., -2 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 2

1C2S4D6L-2 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 4 กก. : ตะกอนประปา 6 กก., -2 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 2

1C2S2D8L-2 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 2 กก. : ตะกอนประปา 8 กก., -2 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 2

1C2S0D10L-2 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 0 กก. : ตะกอนประปา 10 กก., -2 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 2

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำจะไม่คงที่ จะขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณจำนวนของตะกอนประปา เพื่อให้สามารถขึ้นรูปบล็อกคอนกรีตได้

ตารางที่ 3.3 สัดส่วนผสมแบบแทนที่หินฝุ่นโดยตะกอนประปาที่มีขนาดคล้อยผ่านตะแกรงเบอร์ 3/8 แต่ค้างเบอร์ 4

ลำดับ	สัญลักษณ์	สัดส่วนผสมโดยน้ำหนัก (กก.)			
		ปูนซีเมนต์	ทราย	หินปูน	ตะกอนประปา
1	1C2S10D	1	2	10	-
2	1C2S8D2L-3	1	2	8	2
3	1C2S6D4L-3	1	2	6	4
4	1C2S4D6L-3	1	2	4	6
5	1C2S2D8L-3	1	2	2	8
6	1C2S0D10L-3	1	2	-	10

1C2S10D หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 10 กก. : ตะกอนประปา 0 กก. หมายถึง สัดส่วนมาตรฐานอ้างอิง

1C2S8D2L-3 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 8 กก. : ตะกอนประปา 2 กก., -3 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 3

1C2S6D4L-3 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 6 กก. : ตะกอนประปา 4 กก., -3 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 3

1C2S4D6L-3 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 4 กก. : ตะกอนประปา 6 กก., -3 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 3

1C2S2D8L-3 หมายถึงสัดส่วนปูนซีเมนต์ 1 กก. : ทราย 2 กก. : หินฝุ่น 2 กก. : ตะกอนประปา 8 กก., -3 หมายถึง สัดส่วนผสมกลุ่มที่ 3

หมายเหตุ : ปริมาณน้ำจะไม่คงที่ จะขึ้นอยู่กับขนาดและปริมาณจำนวนของตะกอนประปา เพื่อให้สามารถขึ้นรูปบล็อกคอนกรีตได้

3.4 วิธีการอัดขึ้นรูปบล็อกคอนกรีต

3.4.1 ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปบล็อกคอนกรีตที่สัดส่วนผสมทั้ง 3 แบบ

1) ทำการหาขนาดกะของหินฝุ่น (gradation) ตั้งแต่ตะแกรงเบอร์ 8, 16, 30, 50 และ 100 และถาด แต่ต้องผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมดและบันทึกค่า



รูปที่ 3.14 การหาขนาดกะของหินฝุ่น

2) ทำการย่อยตะกอนประปาให้เล็กลงด้วยเครื่องบด จากนั้นนำมาร้อนโดยให้ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และแยกเก็บส่วนที่ค้างเบอร์ 8, 16, 30, 50, 100 และถาด ไว้ให้ได้มากที่สุด โดยที่สัดส่วนและปริมาณจะต้องมีขนาดกะเท่ากับหินฝุ่นทุกประการ โดยดูค่าจากร้อยละบนตะแกรงของหินฝุ่น

3) ทำการย่อยตะกอนประปาให้เล็กลงด้วยเครื่องบด จากนั้นนำมาร้อนให้ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เพียงเบอร์เดียวและเก็บไว้ให้มากที่สุด

4) ทำการย่อยตะกอนประปาให้เล็กลงด้วยเครื่องบด จากนั้นนำมาร้อนให้ผ่านตะแกรงเบอร์ 3/8 และค้างตะแกรงเบอร์ 4



รูปที่ 3.15 การย่อยขนาดตะกอนประปา



รูปที่ 3.16 การแยกขนาดตะกอนประปา

5) เตรียมทรายที่จะใช้ในการทดสอบให้ผ่านตะแกรงเบอร์ 4



รูปที่ 3.17 ทรายสะอาด

6) เตรียมหินฝุ่นที่จะใช้ในการทดสอบให้ผ่านตะแกรงเบอร์ 4



รูปที่ 3.18 หินฝุ่น

สะอาด

7) ทำการชั่งน้ำหนักวัสดุตามสัดส่วนที่ได้ออกแบบไว้ เช่น ปูนซีเมนต์ ทราย สองอย่างนี้เป็นวัสดุคงที่ แต่ตะกอนประปาและหินฝุ่นจะแปรผันตามสัดส่วนผสมที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3.19 การชั่งน้ำหนักมวลรวม

8) เมื่อทำการชั่งวัสดุทั้งเรียบร้อยแล้ว ก็นำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่องผสมแบบกระทะแล้วทำการเติมน้ำจนได้ที่ การเติมน้ำจะใช้การประมาณด้วยสายตาให้พอหมาดๆ และดูจากการนำมากำในมือ หากเป็นก้อนไม่แตกออกจากกันก็เป็นอันใช้ได้



รูปที่ 3.20 การผสมมวลรวม

9) หลังจากส่วนผสมทั้งหมดหมาดๆพอได้ที่แล้วให้นำส่วนผสมใส่เข้าไปในช่องตวงวัสดุให้เต็มช่อง ช่องตวงนี้จะทำมาสำหรับบล็อกคอนกรีต 2 ก้อนพอดี ทำการเปิดเครื่องและอัดก้อนบล็อกตามวิธีเครื่อง



รูปที่ 3.21 การตวงส่วนผสม



รูปที่ 3.22 การอัดบล็อกคอนกรีต



รูปที่ 3.23 บล็อกคอนกรีตที่ได้หลังการอัด

10) นำก้อนตัวอย่างที่ได้พักไว้ในที่ร่ม 3 วัน เพื่อให้บล็อกเซตตัว จากนั้นนำบล็อก 1 ก้อนไปทำการดูดซึม โดยการนำไปแช่น้ำหนัก่อนแล้วจึงนำไปแช่น้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง ส่วนที่เหลือนำไปบ่มในอากาศและรอทดสอบต่อไป



รูปที่ 3.24 การบ่มก้อนบล็อกคอนกรีตในที่ร่ม

3.5 รายละเอียดวิธีการศึกษา

3.5.1 ความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

วิธีการศึกษาและแสดงขั้นตอนการหาความถ่วงจำเพาะ

1) นำตัวอย่างตะกอนประปาที่แห้งประมาณ 50 กรัม (ถ้าเป็นดินชื้นต้องเผื่อน้ำหนักความชื้น) ผสมน้ำกลั่น แล้วกวนให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่น (mixer machine) ในการทดลองครั้งนี้ไม่มี mixer machine ทำการเขย่าดั่งรูปให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยให้ส่วนผสมไม่เกิน 200 ลบ.ซม.

2) เทส่วนผสมน้ำตะกอนประปาลงในขวดหา ถ.พ.ขนาด 250 ลบ.ซม. แล้วใช้น้ำกลั่นล้างตะกอนประปาที่ติดในภาชนะผสมลงในขวด ถ.พ. ให้หมด ระวังอย่าให้ระดับน้ำเกินขีดวัดปริมาตรที่คอขวด

3) ใส่ฟองอากาศโดยการตัมหรือดูดด้วยปั๊มสุญญากาศ ประมาณ 10 นาที จนฟองอากาศหมด แล้วเติมน้ำกลั่นให้ถึงระดับขีดที่คอขวด แล้วปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องทดลอง

4) ถ้าระดับน้ำลดลงอีกให้เติมให้เต็มถึงขีด แล้วนำไปชั่งให้ละเอียดถึง 0.1 กรัม แล้ววัดอุณหภูมิของน้ำตะกอนประปาในขวด

5) เทแล้วล้างส่วนผสมในขวด ถ.พ. ลงในภาคนำไปอบให้แห้งเพื่อชั่งน้ำหนักตะกอนประปาที่แน่นอนอีกครั้ง

3.5.2 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีต

วิธีการศึกษาและแสดงขั้นตอนการหากำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปา

1) นำก้อนคอนกรีตบล็อกที่ปมในอากาศแล้ว 7, 14 และ 28 วัน ทำการวัดขนาด ความกว้าง ความยาว และความหนา แล้วบันทึกค่า



รูปที่ 3.25 การวัดขนาดก่อนทดสอบกำลังอัด

2) นำก้อนคอนกรีตบล็อกเข้าเครื่องอัด universal testing machine แบบหางยวสูงขึ้นโดยแผ่นเหล็กรองเต็มหน้าก้อน จากนั้นนำแผ่นเหล็กอีกแผ่นประกบให้เต็มหน้าตัด แล้วจัดก้อนอิฐให้อยู่กลางแท่นกด



รูปที่ 3.26 การทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกวางแบบหงายรูขึ้น
3) ปล่อน้ำหนักกลงมาที่ก้อนคอนกรีตบล็อกจนแตก แล้วบันทึกค่า



รูปที่ 3.27 การทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อก

3.5.3 การดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีต

วิธีการศึกษาและแสดงขั้นตอนการหาการดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปา

- 1) นำก้อนคอนกรีตบล็อกที่มั่นใจว่าแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกค่า



รูปที่ 3.28 ชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ

- 2) นำก้อนคอนกรีตบล็อกที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
รูปที่ 3.29 การแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง



- 3) เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำขึ้นจากน้ำแล้วใช้ผ้าขนหนูซับน้ำที่ผิวบล็อกคอนกรีตออกให้หมด



รูปที่ 3.30 บล็อกคอนกรีตหลังจากแช่น้ำ

4) นำก้อนคอนกรีตบล็อกไปชั่งน้ำหนักบนที่กค้ำแล้วนำไปคำนวณตามสมการ 2.1 ต่อไป



รูปที่ 3.31 ชั่งน้ำหนักหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง

3.5.4 วิธีการวัดขนาดบล็อกคอนกรีต

วิธีการศึกษาและแสดงขั้นตอนการวัดหาขนาดของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอน

1) นำก้อนตัวอย่างที่มั่นใจว่าแห้งสนิทมาวัดขนาดความกว้าง ความยาว และความหนา จากนั้นบันทึกค่า เพื่อนำไปเปรียบเทียบ



รูปที่ 3.32 การวัดขนาดด้านยาว



รูปที่ 3.33 การวัดขนาดด้านสูง



รูปที่ 3.34 การวัดขนาดด้านกว้าง

3.5.5 วิธีการชั่งน้ำหนักบล็อกคอนกรีต

การศึกษาโดยการชั่งน้ำหนักของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนในแต่ละส่วนผสมมาเปรียบเทียบกัน หลังจากอัดขึ้นรูปบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนแล้วทิ้งไว้ในที่ร่ม 3 วัน หลังจากนั้นนำบล็อกคอนกรีตผสมตะกอนประปามาชั่งเพื่อหาหน่วยน้ำหนักในแต่ละสัดส่วนผสมนำมาเปรียบเทียบกัน



รูปที่ 3.35 การชั่งน้ำหนัก

บล็อกคอนกรีต