

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์

จากการศึกษาบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาได้พิจารณาถึง ความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และตะกอนประปา ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมบล็อกคอนกรีต กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีต การดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีต น้ำหนักของบล็อกคอนกรีต และราคาของบล็อกคอนกรีต โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษาความถ่วงจำเพาะของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา ซึ่งได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และตะกอนประปา มีค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความถ่วงจำเพาะ และการดูดซึมน้ำของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทราย หินฝุ่น และตะกอนประปา

วัสดุ	ความถ่วงจำเพาะ
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	3.12
ทราย	2.64
หินฝุ่น	2.60
ตะกอนประปา	2.57

4.2 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และตะกอนประปา

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และตะกอนประปา ได้องค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ชนิดและปริมาณของธาตุองค์ประกอบในรูปของอะตอมที่ผสมอยู่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และตะกอนประปา [19]

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	ตะกอนประปา
SiO ₂	19.50	45.31

TiO ₂	-	0.65
Al ₂ O ₃	4.97	27.44
Fe ₂ O ₃	3.78	5.49
CaO	65.38	0.48
MgO	1.08	1.02
K ₂ O	0.47	1.53
Na ₂ O	< 0.01	0.22
MnO	-	0.09
P ₂ O ₅	-	0.23
LOI	2.27	17.63
SO ₃	2.16	-
fCaO	1.00	-

4.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมบล็อกคอนกรีต

4.3.1 ผลการศึกษาปริมาณน้ำที่ใช้ผสมของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบคือ

- 1) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดเท่ากับหินปูน
- 2) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้างเบอร์ 4

ตารางที่ 4.3 , 4.4 และ 4.5 แสดงปริมาณน้ำที่ใช้ผสมบล็อกคอนกรีตแบบแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบ เพื่อที่ต้องการให้สัดส่วนผสมสามารถขึ้นรูปได้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดเท่ากับหินปูน

ลำดับ	สัญลักษณ์	อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c)
1	1C2S10D	0.75
2	1C2S8D2L-1	1.00
3	1C2S6D4L-1	1.50
4	1C2S4D6L-1	2.25
5	1C2S2D8L-1	3.00
6	1C2S0D10L-1	3.75

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด

ลำดับ	สัญลักษณ์	อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c)
1	1C2S10D	0.75
2	1C2S8D2L-2	1.00
3	1C2S6D4L-2	1.62
4	1C2S4D6L-2	2.00
5	1C2S2D8L-2	2.50
6	1C2S0D10L-2	3.25

ตารางที่ 4.5 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้างเบอร์ 4

ลำดับ	สัญลักษณ์	อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c)
1	1C2S10D	0.75
2	1C2S8D2L-3	1.20
3	1C2S6D4L-3	1.40
4	1C2S4D6L-3	1.60
5	1C2S2D8L-3	2.25
6	1C2S0D10L-3	3.50

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบคือ

- 1) การแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดเท่ากับหินฝุ่น
- 2) การแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินฝุ่นบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้างเบอร์ 4

รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณน้ำที่ใช้ผสมในสัดส่วนผสมต่างๆ จะเห็นได้ว่าปริมาณจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนของตะกอนประปาที่แทนที่เข้าไป กล่าวคือในสัดส่วนผสมที่แทนที่จำนวนตะกอนประปาน้อย ต้องการน้ำน้อย และปริมาณน้ำจะมากขึ้นตามปริมาณการแทนที่ตะกอนประปาที่มากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตะกอนประปามีความต้องกาน้ำมากกว่าฝุ่นหินปูน อย่างไรก็ตามการแทนที่ด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบ ที่อัตราส่วนการแทนที่ที่เท่ากันจะให้ค่าปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.1 ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบ

4.4 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีต

4.4.1 ผลการศึกษากำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบคือ

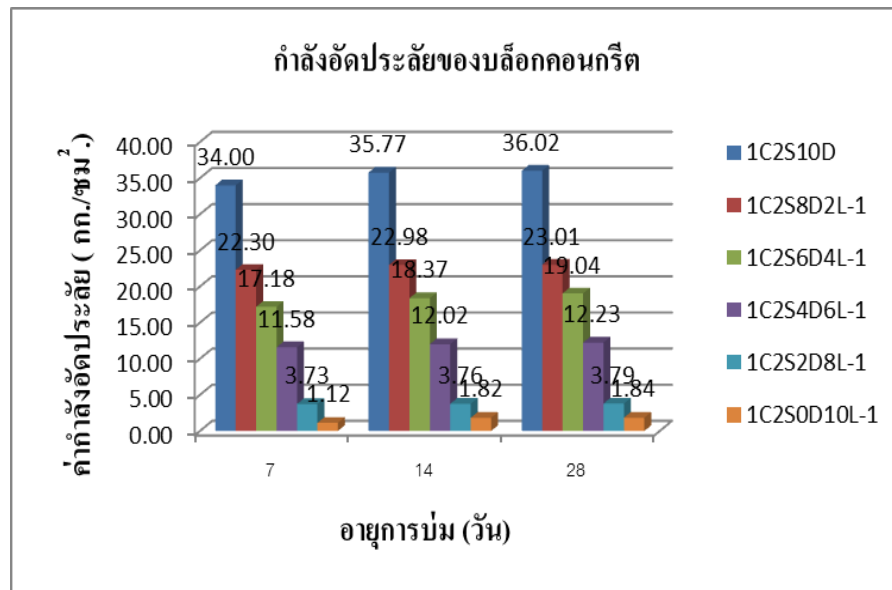
- 1) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละเท่ากับหินปูน
- 2) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้ำเบอร์ 4 ทั้งหมด

ตารางที่ 4.6 แสดงกำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละเท่ากับหินปูน ที่ระยะการบ่มในอากาศ 7, 14 และ 28 วัน จะเห็นได้ว่ากำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากการวัดกำลังอัดประลัยที่ระยะเวลาดัน 7 วัน 14 วัน ไปจนถึงการวัดกำลังอัดประลัยที่ระยะเวลาปลาย 28 วัน ดังแสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มกำลังอัดประลัยและความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มไว้ในรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3

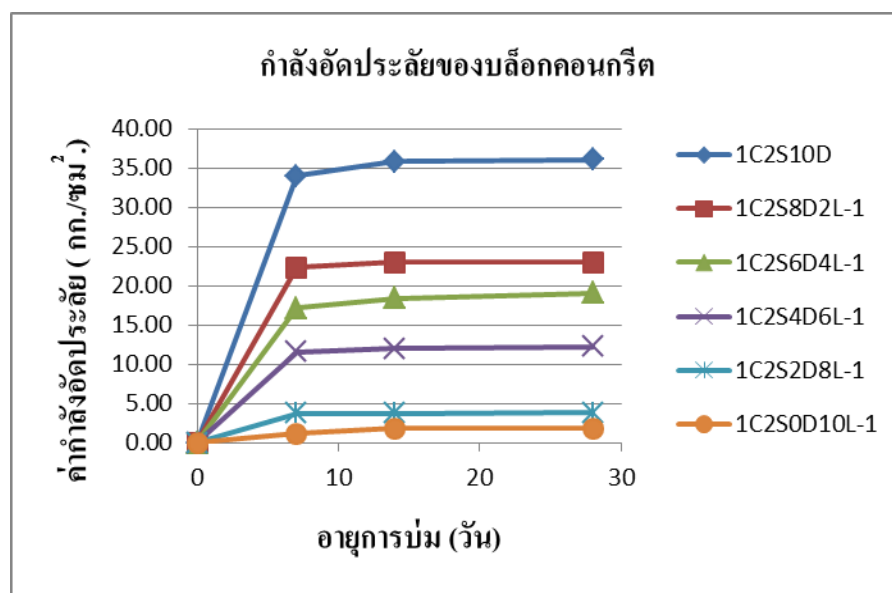
ตารางที่ 4.6 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละเท่ากับหินปูน

ลำดับ	สัญลักษณ์	กำลังอัด (กก./ซม. ²)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
1	1C2S10D	34.00	35.77	36.02
2	1C2S8D2L -1	22.30	22.98	23.01
3	1C2S6D4L -1	17.18	18.37	19.04
4	1C2S4D6L -1	11.58	12.02	12.23

5	1C2S2D8L -1	3.73	3.76	3.79
6	1C2S0D10L -1	1.12	1.82	1.84



รูปที่ 4.2 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดเท่ากับหินปูนโดยลดหินปูนครั้งละร้อยละ 20 แล้วแทนกลับด้วยตะกอนประปาค้างร้อยละ 20



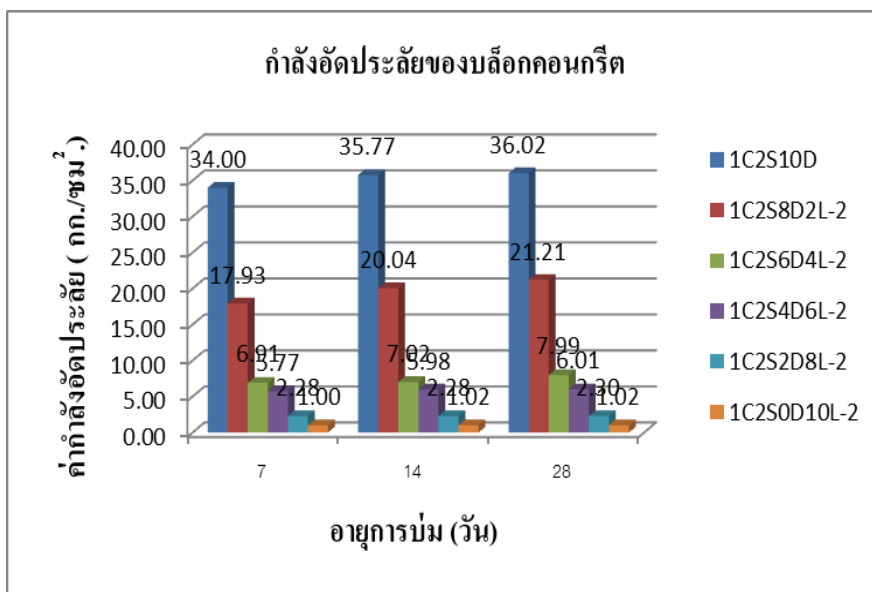
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดเท่ากับหินปูนโดยลดหินปูนครั้งละร้อยละ 20 แล้วแทนกลับด้วยตะกอนประปาค้างร้อยละ 20

ตารางที่ 4.7 แสดงกำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด ที่ระยะการบ่มในอากาศ 7, 14 และ 28 วัน จะเห็นได้ว่ากำลังประลัยของบล็อกคอนกรีตจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากการวัดกำลังอัดประลัยที่ระยะเวลาดัน 7 วัน

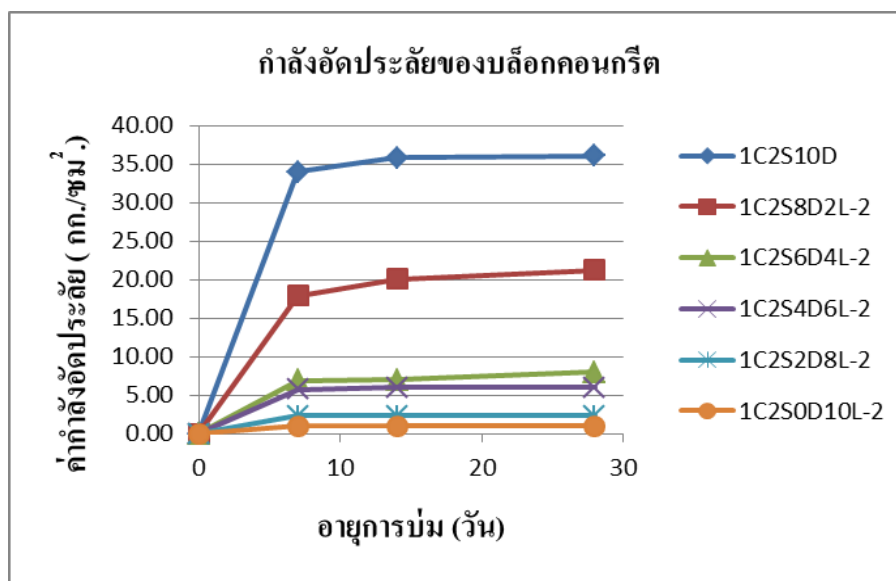
14 วันไปจนถึงการวัดกำลังอัดประลัยที่ระยะเวลาปลาย 28 วัน ดังแสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มกำลังอัดประลัยและความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มไว้ในรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.7 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด

ลำดับ	สัญลักษณ์	กำลังอัด (กก./ซม. ²)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
1	1C2S10D	34.00	35.77	36.02
2	1C2S8D2L -2	17.93	20.04	21.21
3	1C2S6D4L -2	6.91	7.02	7.99
4	1C2S4D6L -2	5.77	5.98	6.01
5	1C2S2D8L -2	2.28	2.28	2.30
6	1C2S0D10L -2	1.00	1.02	1.02



รูปที่ 4.4 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด โดยลดหินปูนครั้งละร้อยละ 20 แล้วแทนกลับด้วยตะกอนประปาค้างครั้งละร้อยละ 20

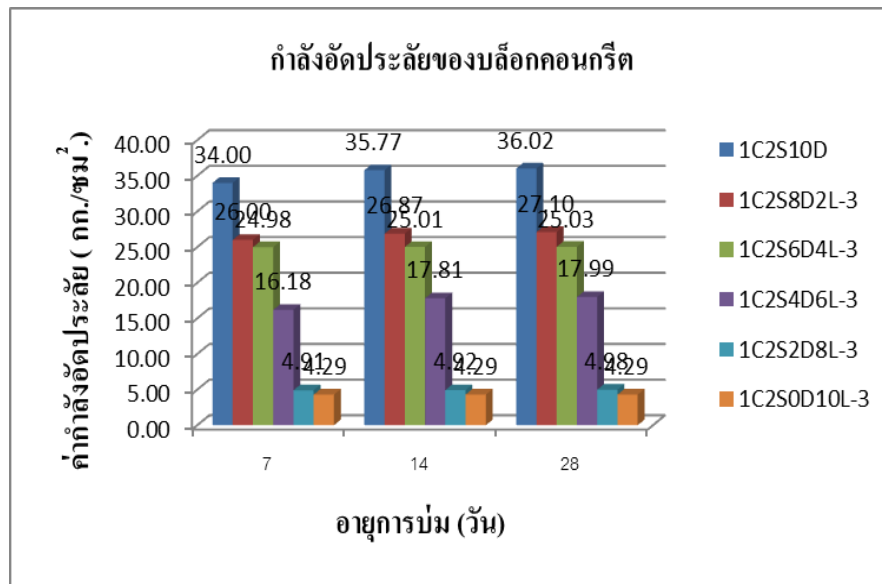


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด โดยลดหินปูนครั้งละร้อยละ 20 แล้วแทนกลับด้วยตะกอนประปาค้างร้อยละ 20

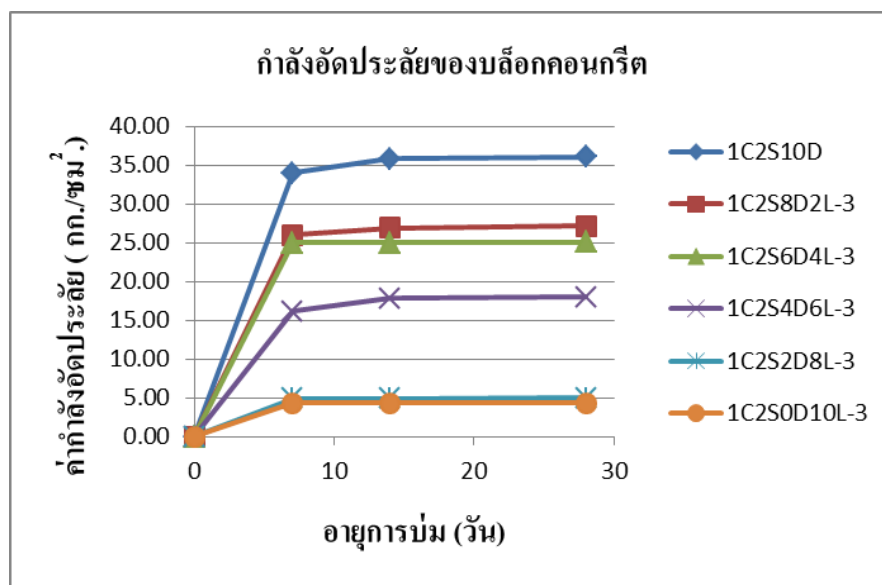
ตารางที่ 4.8 แสดงกำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว แต่ค้างเบอร์ 4 ทั้งหมด ที่ระยะการบ่มในอากาศ 7, 14 และ 28 วัน จะเห็นได้ว่ากำลังประลัยของบล็อกคอนกรีตจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจากการวัดกำลังอัดประลัยที่ระยะเวลาดัน 7 วัน 14 วันไปจนถึงการวัดกำลังอัดประลัยที่ระยะเวลาดัน 28 วัน ดังแสดงการเปรียบเทียบการเพิ่มกำลังอัดประลัยและความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มไว้ในรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.8 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว แต่ค้างเบอร์ 4 ทั้งหมด

ลำดับ	สัญลักษณ์	กำลังอัด (กก./ซม. ²)		
		7 วัน	14 วัน	28 วัน
1	1C2S10D	34.00	35.77	36.02
2	1C2S8D2L -3	26.00	26.87	27.10
3	1C2S6D4L -3	24.98	25.01	25.03
4	1C2S4D6L -3	16.18	17.81	17.99
5	1C2S2D8L -3	4.91	4.92	4.98
6	1C2S0D10L -3	4.29	4.29	4.29



รูปที่ 4.6 กำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว แต่ค้างเบอร์ 4 ทั้งหมด โดยลดหินปูนครั้งละร้อยละ 20 แล้วแทนกลับด้วยตะกอนประปาค้างร้อยละ 20

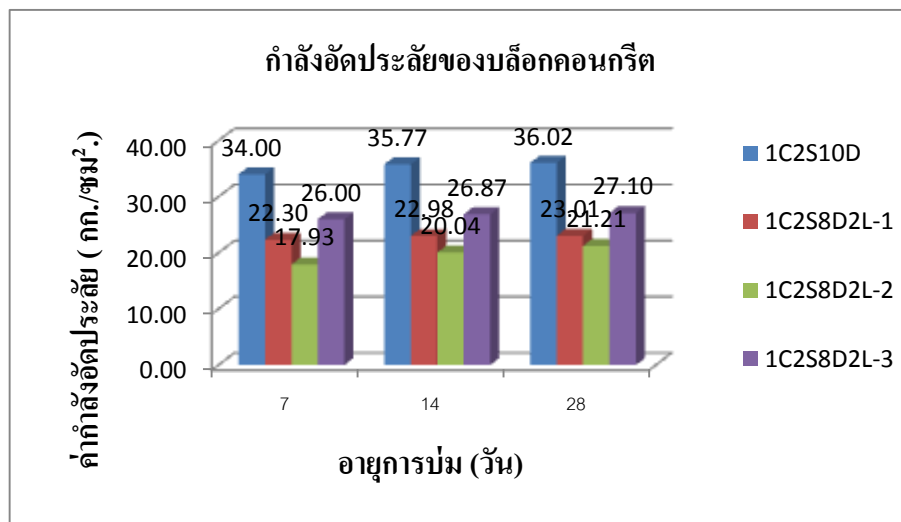


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดเม็ดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว แต่ค้างเบอร์ 4 ทั้งหมดโดยลดหินปูนครั้งละร้อยละ 20 แล้วแทนกลับด้วยตะกอนประปาค้างร้อยละ 20

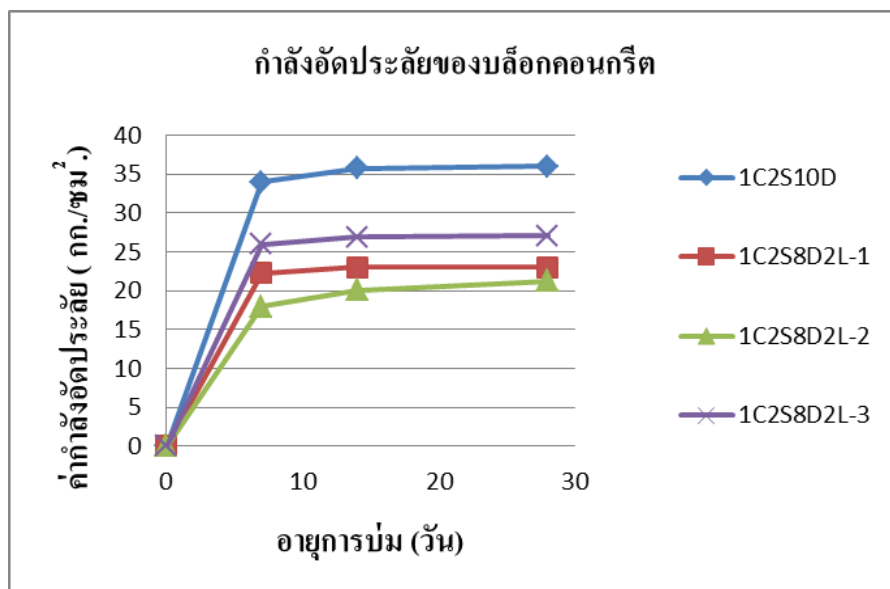
4.4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบคือ

- 1) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดเท่ากับหินปูน
- 2) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว แต่ค้างเบอร์ 4 ทั้งหมด

รูปที่ 4.8 และ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดประลัยของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบของสัดส่วนผสมที่ 1 ซึ่งแทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 20 ที่ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 7, 14 และ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่าเมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์กำลังอัดที่ 25 กก./ชม² ซึ่งสัดส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์คือ 1C2S10D เป็นสัดส่วนผสมมาตรฐานอ้างอิง และ 1C2S8D2L-3 เป็นสัดส่วนผสมที่ใช้ขนาดเม็ดตะกอนประปามีขนาดคละผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้ว แต่ค่าแรงเบอร์ 4 ทั้งหมด ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อแทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปา ซึ่งประปามีความแข็งน้อยกว่าหินฝุ่นจึงทำให้รับกำลังได้น้อยลง โดยเฉพาะเมื่อแทนที่ในปริมาณที่มากขึ้น ส่วนในกรณีตะกอนแบบที่ 3 นั้นมีกำลังที่สูงกว่าอีก 2 แบบ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนาดของตะกอนประปามีขนาดคละที่เล็กลงจึงเป็นไปได้ไปช่วยในการเติมเต็มได้ดีกว่าอีก 2 แบบ

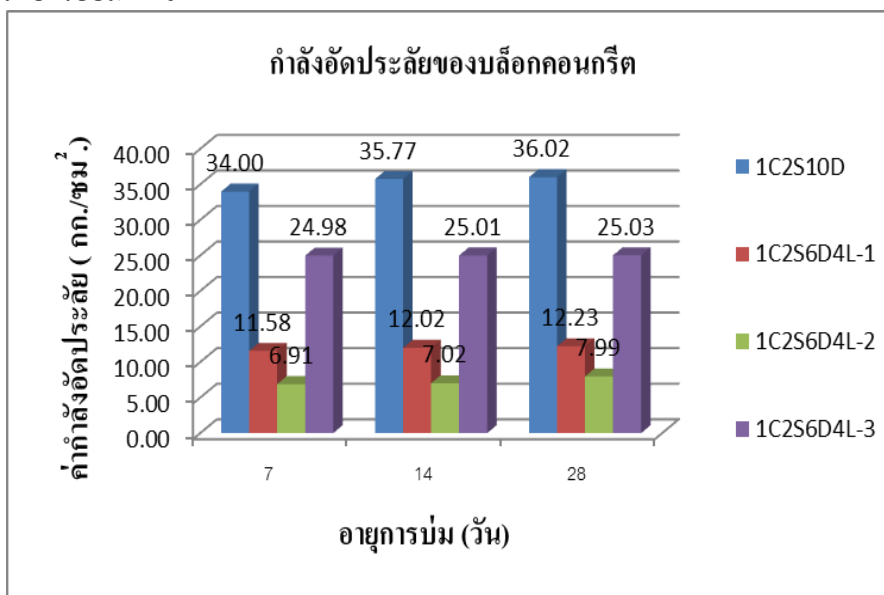


รูปที่ 4.8 กำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 20 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน

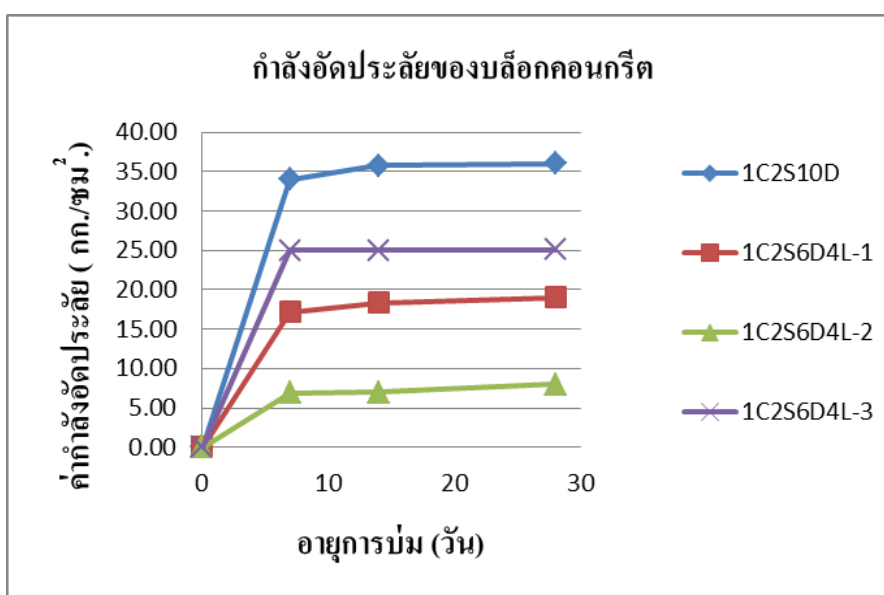


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบ ที่แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 20 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน

รูปที่ 4.10 และ 4.11 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกทั้ง 3 แบบของ สัดส่วนผสมที่ 2 ซึ่งแทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 40 ที่ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 7, 14 และ 28 วันผลคือมี 2 สัดส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์กำลังอัดได้แก่ 1C2S10D เป็นสัดส่วนผสมมาตรฐาน อ้างอิงที่มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากกำลังอัดที่ 7 และ 14 วัน เมื่อดูค่าที่ 28 วัน เช่นเดียวกันกับอัตรา ส่วนผสม 1C2S6D4L-3 ที่มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเช่นกันเมื่อเทียบกับกำลังอัดที่ 7 และ 14 วัน สาเหตุที่ทำให้ทั้ง 2 ตัวอย่างนี้ยังคงมีกำลังเพิ่มขึ้น เหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วเหมือนกับกรณีแทนที่ ตะกอนประปาร้อยละ 20

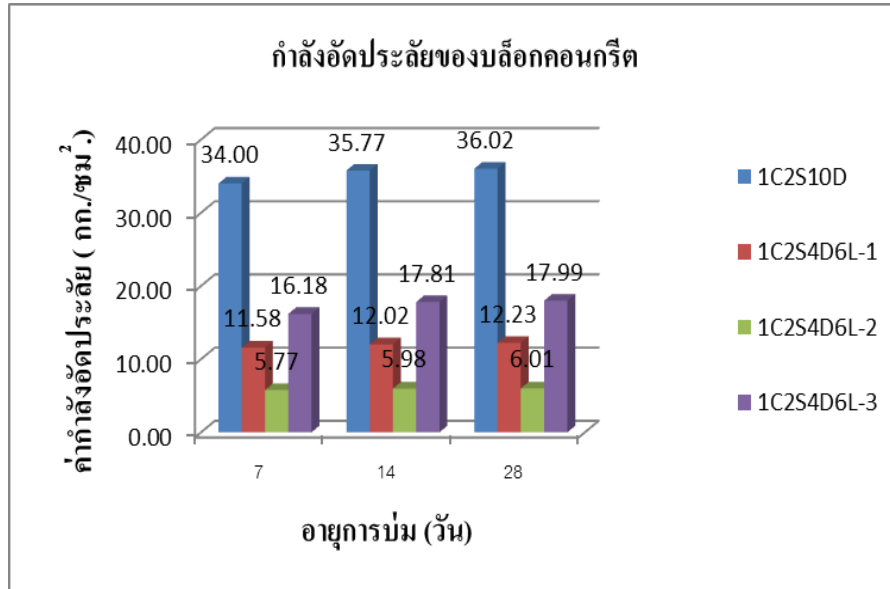


รูปที่ 4.10 กำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอน ประปาร้อยละ 40 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน

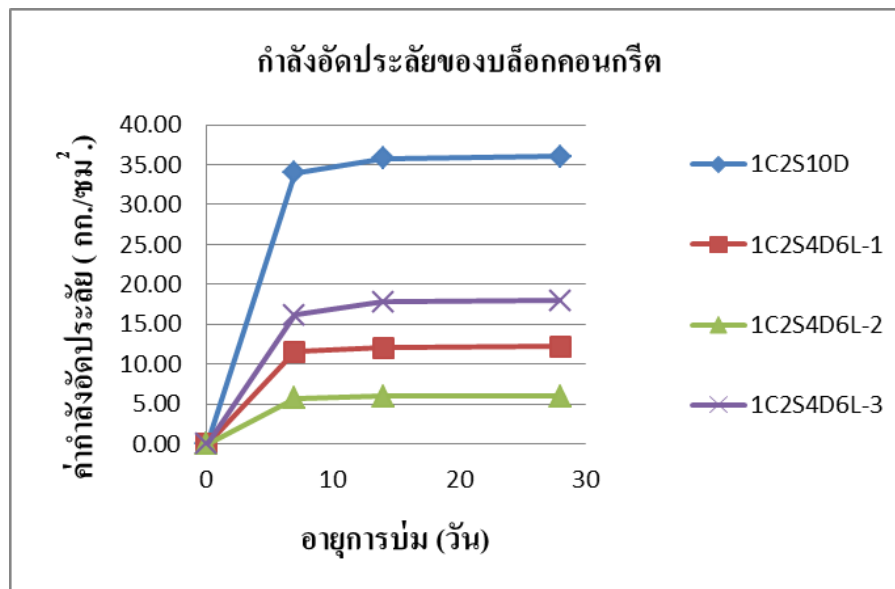


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่แทนที่ หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 40 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน

รูปที่ 4.12 และ 4.13 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตบล็อกทั้ง 3 แบบของ สัดส่วนผสมที่ 3 ซึ่งแทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 60 ที่ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 7,14 และ 28 วันผลคือมีแค่ 1 สัดส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์กำลังอัดได้แก่ 1C2S10D เป็นสัดส่วนผสม มาตรฐานอ้างอิงมีการพัฒนากำลังอัดมากกว่าการบ่มที่ 7 และ 14 วันเพียงเล็กน้อยเมื่อดูค่าที่ 28วัน ในส่วนของสัดส่วนผสมที่เหลือที่ไม่ผ่านเกณฑ์ เหตุผลดังที่ได้กล่าวแล้วโดยเมื่อแทนที่ตะกอนประปามาก ขึ้น คือร้อยละ 60 ซึ่งทำให้กำลังยังต่ำลง



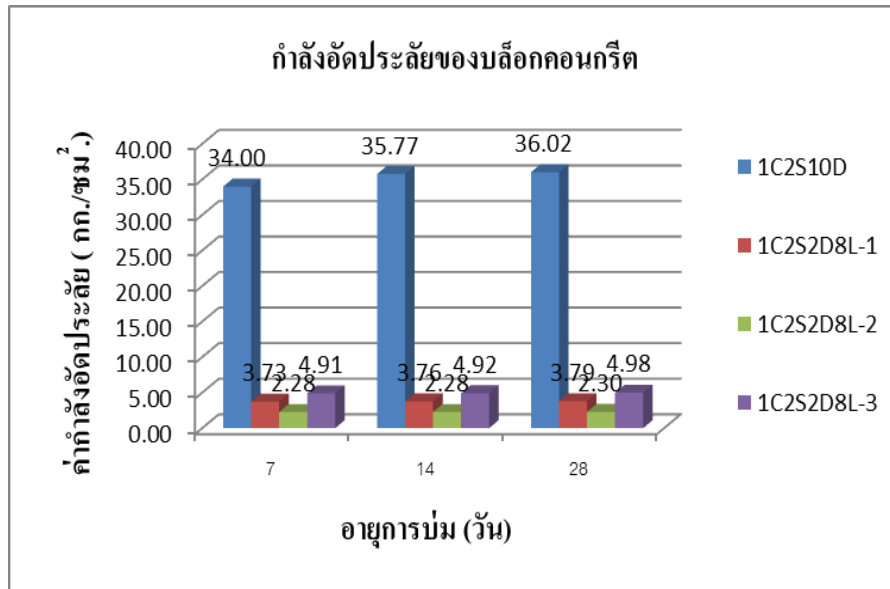
รูปที่ 4.12 กำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอน ประปาร้อยละ 60 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน



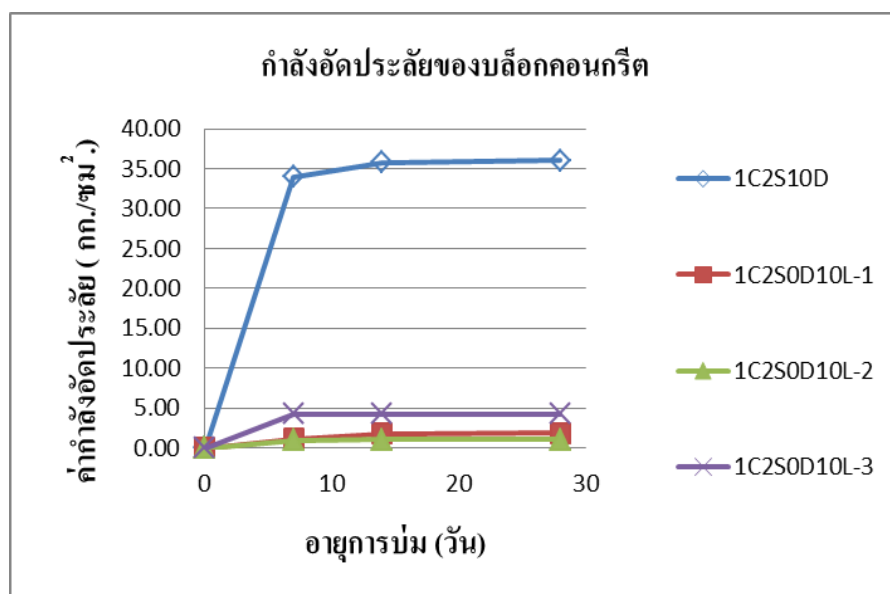
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบ ที่ แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 60 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน

รูปที่ 4.14 และ 4.15 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกทั้ง 3 แบบของ สัดส่วนผสมที่ 4 ซึ่งแทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 80 ที่ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 7,14

และ 28 วันผลคือมีแค่ 1 อัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์กำลังอัดได้แก่ 1C2S10D เป็นสัดส่วนผสมมาตรฐานอ้างอิง มีการพัฒนากำลังอัดมากกว่าการบ่มที่ 7 และ 14 วันเมื่อดูค่าที่ 28 วัน เพียงเล็กน้อย ในส่วนของสัดส่วนที่เหลือที่ไม่ผ่านเกณฑ์ เหตุผลดังที่ได้กล่าวแล้วโดยเมื่อแทนที่ตะกอนประปามากขึ้น คือร้อยละ 80 ซึ่งทำให้กำลังยังต่ำลง



รูปที่ 4.14 กำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 80 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน

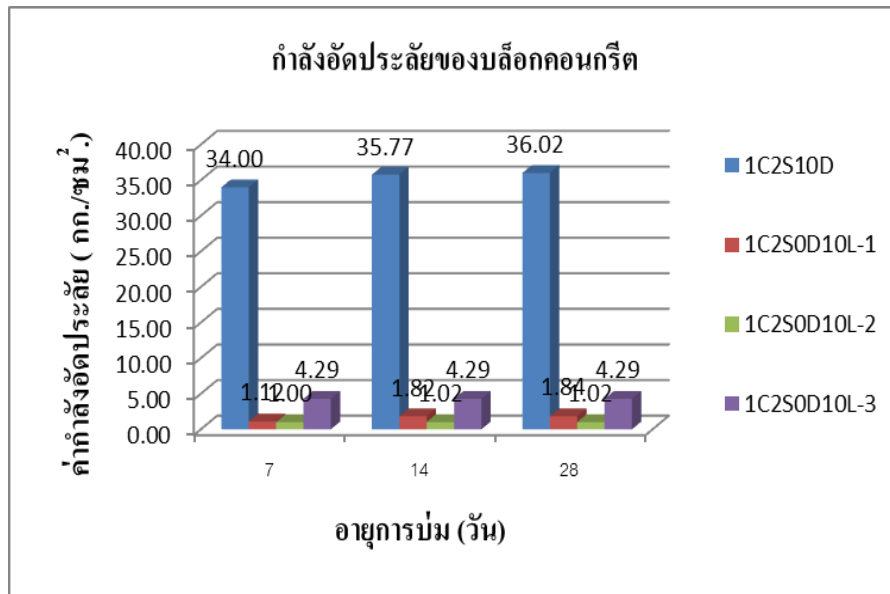


รูปที่
4.15

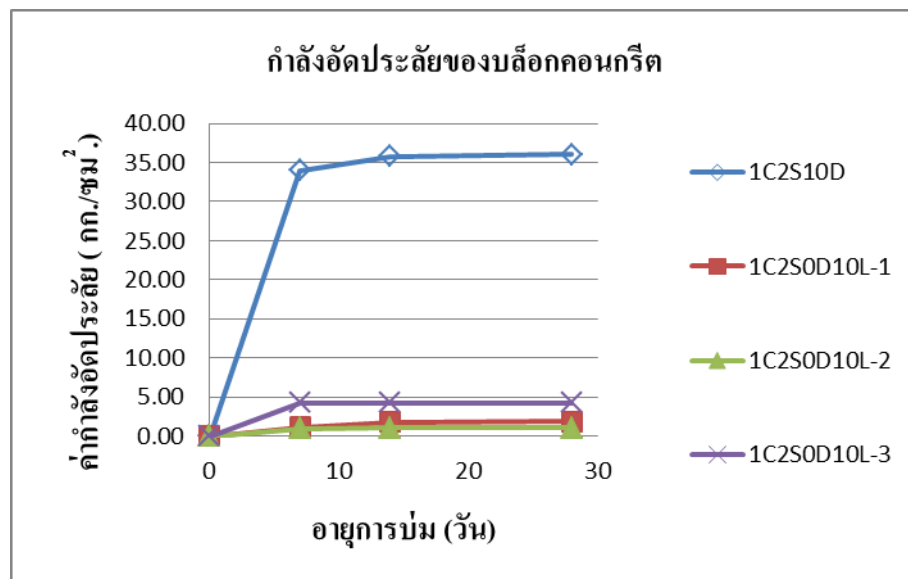
ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 80 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน

รูปที่ 4.16 และ 4.17 เป็นการเปรียบเทียบกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกทั้ง 3 แบบของสัดส่วนผสมที่ 5 ซึ่งแทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 100 ที่ระยะเวลาการบ่มในอากาศ 7, 14 และ 28 วันผลคือมีแค่ 1 อัตราส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์กำลังอัดได้แก่ 1C2S10D เป็นสัดส่วนผสมมาตรฐานอ้างอิง มีการพัฒนากำลังอัดมากกว่าการบ่มที่ 7 และ 14 วันเมื่อดูค่าที่ 28 วัน เพียง

เล็กน้อย เหตุผลดังที่ได้กล่าวแล้วโดยเมื่อแทนที่ตะกอนประปามากขึ้น คือร้อยละ 100 ซึ่งทำให้กำลังมีน้อยมาก



รูปที่ 4.16 กำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 100 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดประลัยกับอายุการบ่มของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่แทนที่หินฝุ่นด้วยตะกอนประปาร้อยละ 100 จากสัดส่วนผสมมาตรฐาน

4.5 การดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีต

4.5.1 ผลการศึกษาการดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบคือ

- 1) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดเท่ากับหินปูน
- 2) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้างเบอร์ 4

ตารางที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 แสดงร้อยละเส้นทางการดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปา ที่ระยะการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง โดยใช้ตัวอย่างบล็อกคอนกรีตที่อายุ 28 วัน จะเห็นได้ว่าการดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตจะค่อยๆ เพิ่มร้อยละของการดูดซึมน้ำมากขึ้น เมื่อมีการแทนที่ตะกอนประปาที่มากขึ้น และยังมีก้อนตัวอย่างที่วิบัติหรือพังทลายหลังจากแช่น้ำที่ 24 ชั่วโมง ดังแสดงการเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำไว้ในรูปที่ 4.18

ตารางที่ 4.9 ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดเท่ากับหินปูน โดยอายุของบล็อกคอนกรีตที่ 28 วัน

ลำดับ	สัญลักษณ์	ร้อยละการดูดซึมน้ำ
1	1C2S10D	5.67
2	1C2S8D2L-1	7.17
3	1C2S6D4L-1	7.98
4	1C2S4D6L-1	0.00
5	1C2S2D8L-1	0.00
6	1C2S0D10L-1	0.00

ตารางที่ 4.10 ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด โดยอายุของบล็อกคอนกรีตที่ 28 วัน

ลำดับ	สัญลักษณ์	ร้อยละการดูดซึมน้ำ
-------	-----------	--------------------

1	1C2S10D	5.67
2	1C2S8D2L-2	5.38
3	1C2S6D4L-2	6.39
4	1C2S4D6L-2	9.16
5	1C2S2D8L-2	0.00
6	1C2S0D10L-2	0.00

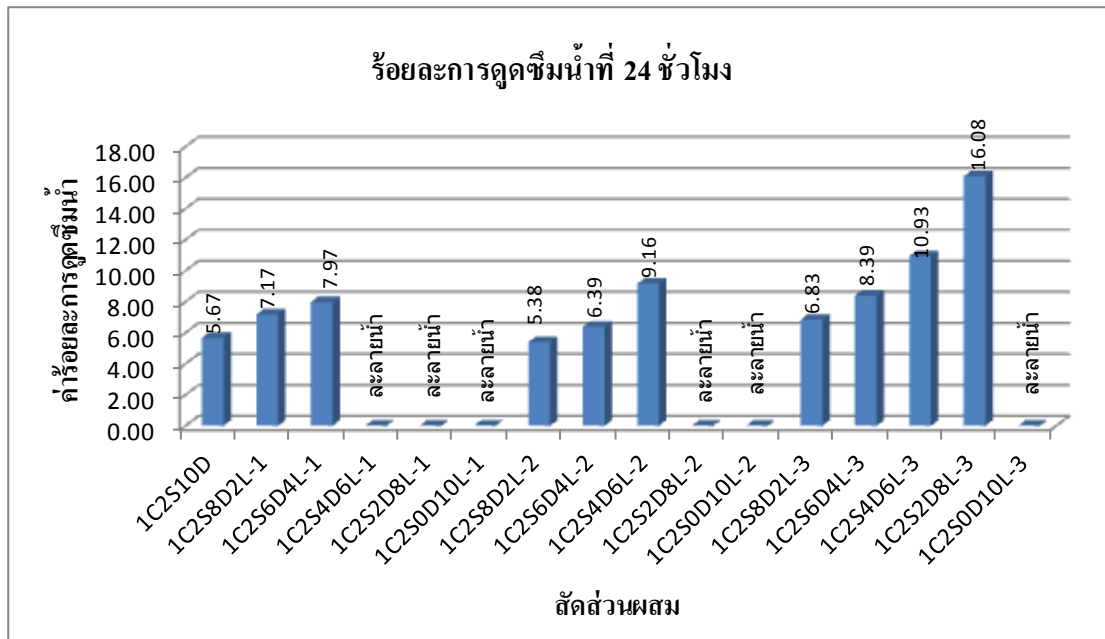
ตารางที่ 4.11 ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตที่มีการแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค่างเบอร์ 4 โดยอายุของบล็อกคอนกรีตที่ 28 วัน

ลำดับ	สัญลักษณ์	ร้อยละการดูดซึมน้ำ
1	1C2S10D	5.67
2	1C2S8D2L-3	6.83
3	1C2S6D4L-3	8.39
4	1C2S4D6L-3	10.93
5	1C2S2D8L-3	16.08
6	1C2S0D10L-3	0.00

4.5.2 ผลการวิเคราะห์การดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบคือ

- 1) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละเท่ากับหินปูน
- 2) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค่างเบอร์ 4 ทั้งหมด

รูปที่ 4.18 แสดงร้อยละการดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตที่ 24 ชั่วโมง ผลคือมี 4 สัดส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์การดูดซึมน้ำระหว่างร้อยละ 6-8 คือ 1C2S8D2L-1 , 1C2S6D4L-1 , 1C2S6D4L-2 , 1C2S8D2L-3 สังเกตว่าสัดส่วนผสมที่ผ่านเกณฑ์จะเป็นสัดส่วนที่แทนที่ตะกอนประปาน้อยๆ คือลำดับที่ 1 หรือ 2 เท่านั้น เพราะว่ายังไม่มีจำนวนตะกอนประปาที่มากเกินไป การดูดซึมน้ำจึงมีค่าน้อย หรือมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 6-8 ในส่วนของสัดส่วนผสมที่เหลือไม่ผ่านเกณฑ์คือมีการดูดซึมน้ำมากเกินไป ร้อยละ 6-8 เปอร์เซนต์ สาเหตุที่มีการดูดซึมน้ำมากเพราะว่ามีจำนวนตะกอนประปามาก



รูปที่ 4.18 การดูดซึมน้ำของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบที่ระยะเวลาการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง โดยใช้ตัวอย่างบล็อกคอนกรีตที่อายุ 28 วัน

4.6 น้ำหนักของบล็อกคอนกรีต

4.6.1 ผลการศึกษาน้ำหนักของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบคือ

- 1) การแทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดเท่ากับหินปูน
- 2) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้างเบอร์ 4 ทั้งหมด

ตารางที่ 4.12 ,4.13 และ 4.14 แสดงน้ำหนักของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปา โดยพิจารณาที่อายุของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน จะเห็นได้ว่าน้ำหนักของบล็อกคอนกรีตจะค่อยๆ ลดลงเมื่อมีการเพิ่มจำนวนตะกอนประปาตามสัดส่วนผสม

ตารางที่ 4.12 น้ำหนักของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดเท่ากับหินปูน โดยคอนกรีตบล็อกอายุ 28 วัน

ลำดับ	สัญลักษณ์	น้ำหนักบล็อกคอนกรีต (กิโลกรัม)
1	1C2S10D	7.06
2	1C2S8D2L-2	6.82
3	1C2S6D4L-2	6.02
4	1C2S4D6L-2	5.30
5	1C2S2D8L-2	4.68

6	1C2S0D10L-2	4.04
---	-------------	------

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละผ่านตะแกรงเบอร์ 4 โดยคอนกรีตบล็อกอายุ 28 วัน

ลำดับ	สัญลักษณ์	น้ำหนักบล็อกคอนกรีต (กิโลกรัม)
1	1C2S10D	7.06
2	1C2S8D2L-2	6.74
3	1C2S6D4L-2	6.26
4	1C2S4D6L-2	5.02
5	1C2S2D8L-2	4.74
6	1C2S0D10L-2	4.16

ตารางที่ 4.14 น้ำหนักของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้างเบอร์ 4 ทั้งหมด โดยคอนกรีตบล็อกอายุ 28 วัน

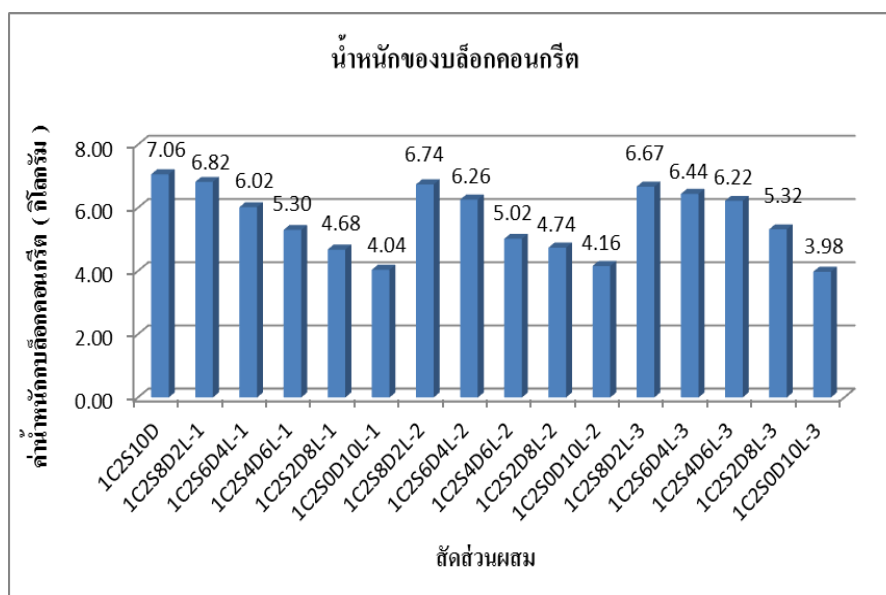
ลำดับ	สัญลักษณ์	น้ำหนักบล็อกคอนกรีต (กิโลกรัม)
1	1C2S10D	7.06
2	1C2S8D2L-3	6.67
3	1C2S6D4L-3	6.44
4	1C2S4D6L-3	6.66
5	1C2S2D8L-3	5.32
6	1C2S0D10L-3	3.98

4.6.2 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบคือ

- 1) การแทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละเท่ากับหินปูน
- 2) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดคละผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดคละผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้างเบอร์ 4

รูปที่ 4.19 แสดงน้ำหนักของบล็อกคอนกรีต ผลคือได้น้ำหนักก้อนบล็อกคอนกรีตมากที่สุดที่สัดส่วนผสม 1C2S10D มีน้ำหนัก 7.06 กิโลกรัม ในส่วนของน้ำหนักที่น้อยที่สุดอยู่ที่สัดส่วนผสม 1C2S0D10L-3 มีน้ำหนัก 3.98 กิโลกรัม สัดส่วนผสมนี้เป็นสัดส่วนผสมสุดท้ายที่ไม่มีหินปูนผสมอยู่เลย เป็นการแทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาร้อยละ 100 ทั้งนี้เพราะการแทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปานั้น เนื่องจากหน่วยน้ำหนักของตะกอนประปาที่มีค่าน้อยกว่าของหินปูน จึงทำให้บล็อก

คอนกรีตที่มีตะกอนประปาเป็นส่วนผสมมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่มีส่วนผสม โดยน้ำหนักจะลดลงตามการแทนที่ตะกอนประปาในปริมาณที่มากขึ้นนั้น



รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบน้ำหนักของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบ โดยบล็อกตะกอนประปามีอายุ 28 วัน

4.7 ราคาบล็อกคอนกรีต

ผลการศึกษาราคาของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาทั้ง 3 แบบ คือ

- 1) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดเท่ากับหินปูน
- 2) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่มีขนาดละเอียดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ทั้งหมด
- 3) การแทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่ขนาดละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 3/8 นิ้วแต่ค้างเบอร์ 4 โดย

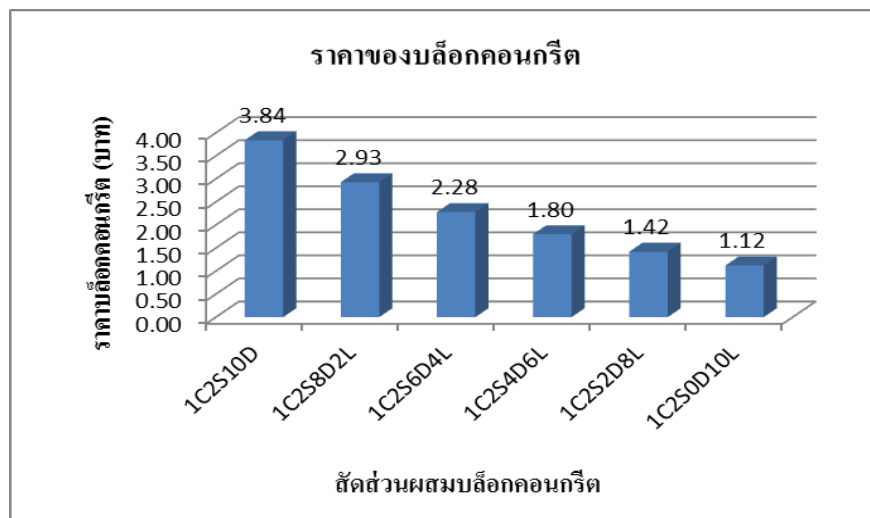
ในการพิจารณาครั้งนี้จะไม่คิดราคาค่าแรงและค่าขนส่ง

ตารางที่ 4.15 แสดงราคาของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปา จะเห็นว่าราคาของบล็อกคอนกรีตจะค่อยๆ ลดลงเมื่อมีการเพิ่มจำนวนตะกอนประปาตามสัดส่วนผสม เมื่อควบคุมปริมาณปูนซีเมนต์และทรายให้คงที่ การหาราคาของบล็อกนี้จะทำการนำเอาปริมาณวัสดุทุกอย่างที่ใช้มาคิดคำนวณราคาต่อก้อน โดยไม่คำนึงถึงราคาของตะกอนประปาและราคาค่าแรงในการผลิต

รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบราคาของบล็อกคอนกรีตที่สัดส่วนผสมต่างๆ ผลคือได้ราคาก่อนบล็อกคอนกรีตมากที่สุดที่สัดส่วนผสม 1C2S10D มีราคาต่อก้อน 3.84 บาท และราคาทีน้อยที่สุดอยู่ที่สัดส่วนผสม 1C2S0D10L มีราคาต่อก้อน 1.12 บาท ซึ่งจากการวิเคราะห์ราคาพบว่าบล็อกคอนกรีตจะมีค่าราคาต่ำลงเมื่อมีการแทนที่หินปูนด้วยตะกอนประปาในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จนถึงสัดส่วนผสมที่ไม่มีหินปูนผสมอยู่เลย

ตารางที่ 4.15 ราคาของบล็อกคอนกรีตที่แทนที่หินปูนบางส่วนด้วยตะกอนประปาที่สัดส่วนผสมต่างๆ

สัดส่วนผสม	ปูน (บาท)	ทราย (บาท)	หินฝุ่น (บาท)	จำนวนก้อนที่ได้	ราคาต่อก้อน
1C2S10D	10.00	1.200	8.00	5.00	3.84
1C2S8D2L	10.00	1.200	6.40	6.00	2.93
1C2S6D4L	10.00	1.200	4.80	7.00	2.28
1C2S4D6L	10.00	1.200	3.20	8.00	1.80
1C2S2D8L	10.00	1.200	1.60	9.00	1.42
1C2S0D10L	10.00	1.200	0.00	10.00	1.12



รูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบราคาของบล็อกคอนกรีตทั้ง 3 แบบ ราคาต่อก้อน โดยคิดแต่ค่าวัสดุ ไม่รวมค่าแรงและค่าขนส่งวัสดุ