

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การวิจัยเพื่อพัฒนาคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ ใช้เทลาดพื้นคูคลองชลประทานหรือคลองส่งน้ำต่างๆ การทดสอบในห้องปฏิบัติการได้คำนวณอัตราส่วน

ปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) สำหรับเทลาดพื้นคูคลอง เท่ากับ 0.62 อัตราส่วน ปูน : ทราย : หิน คือ 1 : 2.7 : 3 ตามลำดับ และทดสอบตามอัตราส่วนผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0% , 5%, 10% และ 15% ที่ 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ประกอบไปด้วยการทดสอบที่สำคัญ 3 ช่วง คือ

1. คุณสมบัติของคอนกรีตสด
  - 1.1. ความสามารถเทได้ของคอนกรีต
  - 1.2. การเชื่อมของคอนกรีต
2. คุณสมบัติทางกลของคอนกรีต
  - 2.1. กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต
  - 2.2. กำลังต้านทานแรงดึงแบบผ่าแยกของคอนกรีต
  - 2.3. กำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต
  - 2.4. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็ก
3. การดูดซึมน้ำของคอนกรีต

การทดสอบกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดึงทดสอบตามเวลาที่กำหนดไว้ ส่วนการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็ก กับกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต ทดสอบตามอัตราส่วนเดิม แต่ทดสอบตามระยะเวลาบ่มที่ 28 วัน

## 4.1 คุณสมบัติคอนกรีตสด

### 4.1.1 ความสามารถเทได้ของคอนกรีต

การทดสอบค่ายุบตัว (Slump Test) ของคอนกรีต ไม่ได้เป็นค่าที่วัดความสามารถเทได้โดยตรง แต่เป็นการช่วยวัด ความชื้นเหลวของคอนกรีต (Consistency) หรือ การไหลตัวของคอนกรีต (Flow Characteristic) ไม่เหมาะกับการทดสอบคอนกรีตเหลวหรือแห้งมาก แต่มีประโยชน์และสะดวกอย่างมาก สำหรับการควบคุมความสม่ำเสมอของคอนกรีตผสมเสร็จ เช่น ในกรณีที่ค่ายุบตัวของคอนกรีตมีค่ามากกว่า ที่ออกแบบไว้ แสดงให้เห็นว่า จะต้องมีความผิดปกติเกิดขึ้นใน อัตราส่วนผสม ขนาดคละ หรือความชื้นมวลรวม ในการศึกษาหาค่ายุบตัวของคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคานาในชั้นนี้ จะทดสอบการยุบตัวของแต่ละ อัตราส่วนว่ามีค่ายุบตัวเท่าใด สำหรับค่ายุบตัวมาตรฐานของคอนกรีตเทลาดพื้นคลุกลงอยู่ที่  $10 \pm 2$  ซม. (8 - 12 ซม.) ได้ผลทดสอบ ดังตารางที่ 4

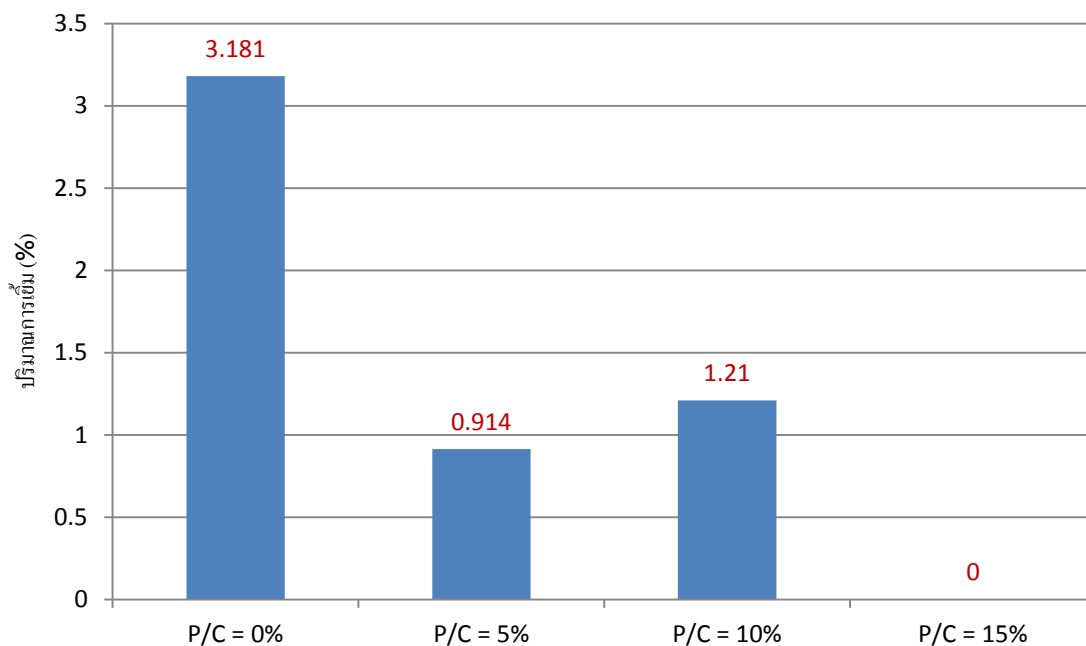
ตารางที่ 4 แสดงค่ายุบตัวของคอนกรีต ที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน P/C	ค่ายุบตัว (ซม.)
0%	9.5
5%	11
10%	9
15%	2

จากผลการทดสอบ อัตราส่วนที่ P/C 0% กับ P/C 5% และ 10% มีค่าอยู่ในช่วงของค่ายุบตัวมาตรฐาน มีเพียงอัตราส่วนที่ P/C 15% ที่ค่ายุบตัวน้อยมาก เนื่องจากปริมาณน้ำยางที่ผสมในคอนกรีตมีมาก ทำให้น้ำยางไปจับตัวกับปูนซีเมนต์ก่อน แล้วดูดซึมซับน้ำเกิดเป็นก้อนผสมรวมเข้ากับหินและทราย คอนกรีตจึงมีค่ายุบตัวต่ำเพราะคอนกรีตแห้งมากและมีลักษณะร่วนซุย รับกำลังด้านต่างๆ ได้น้อยมากหรือไม่สามารถรับกำลังได้เลย

#### 4.1.2 การเชื่อมของคอนกรีต

คอนกรีตสดปกติหากมีปริมาณการเชื่อมมากเกินไป จะทำให้การรับกำลังได้ต่ำหรือทนต่อการถลอกของพื้นผิวคอนกรีตได้น้อยลง อาจส่งผลกระทบต่อภารกิจร่อนของเหล็กเสริมเพราะปริมาณน้ำด้านล่างมีมาก ในหัวข้อนี้จะศึกษาปริมาณการเชื่อมของคอนกรีตเมื่อผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ โดยทดสอบตามอัตราส่วน P/C 0%, 5%, 10% และ 15% ได้ผลการทดสอบ ดังรูป 33



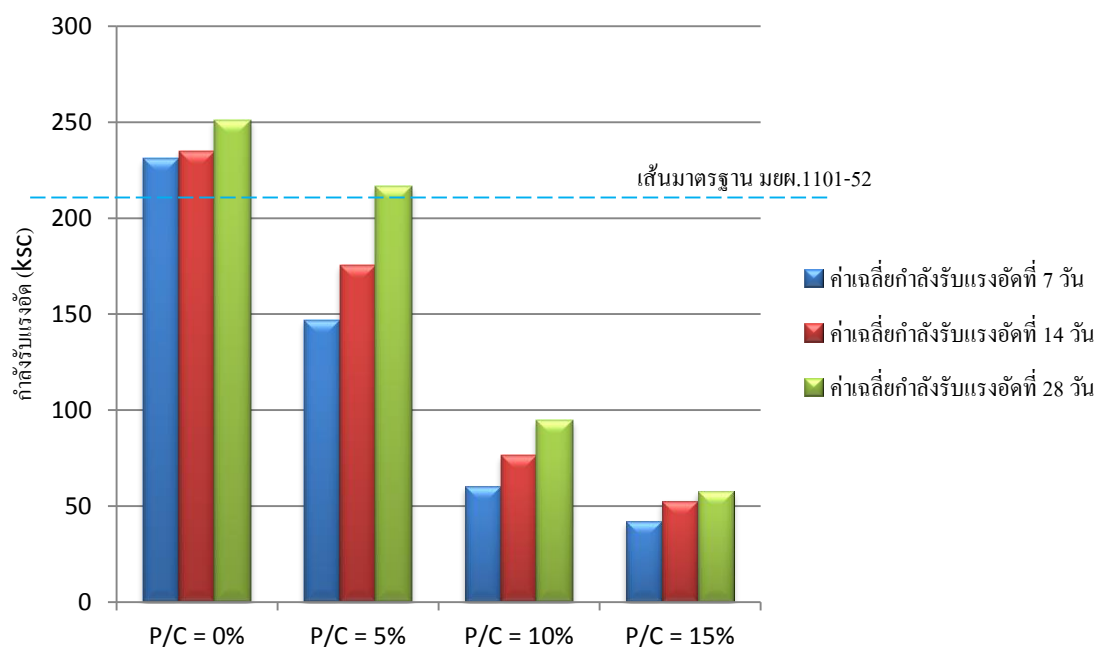
รูปที่ 33 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์เปรียบเทียบปริมาณการเชื่อมของคอนกรีตสด

จากผลการทดสอบ อัตราส่วน P/C 5% มีปริมาณการเชื่อมที่น้อยที่สุด เท่ากับ 0.914 % สำหรับอัตราส่วน P/C 15% มีปริมาณการเชื่อมเท่ากับ 0% เนื่องจากปริมาณน้ำยางที่ผสมกับปูนซีเมนต์มีมาก ทำให้ดูซีมน้ำออกไปจนคอนกรีตแห้งจึงไม่เกิดการเชื่อมขึ้น

## 4.2 คุณสมบัติทางกลของคอนกรีต

### 4.2.1 กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต

ในการทดสอบนี้เราจะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วลคาไนซ์ ทดสอบตามอัตราส่วน น้ำยางพริ้วลคาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ (P/C) ที่ 0%, 5%, 10% และ 15% วันเวลาที่กำหนด คือ 7 , 14 และ 28 วัน ซ้ำชุดไม่เกิน 6 ชั่วโมง หลังจากแกะตัวอย่างออกจากการบ่ม ได้ผลการทดสอบ ดังรูปที่ 34



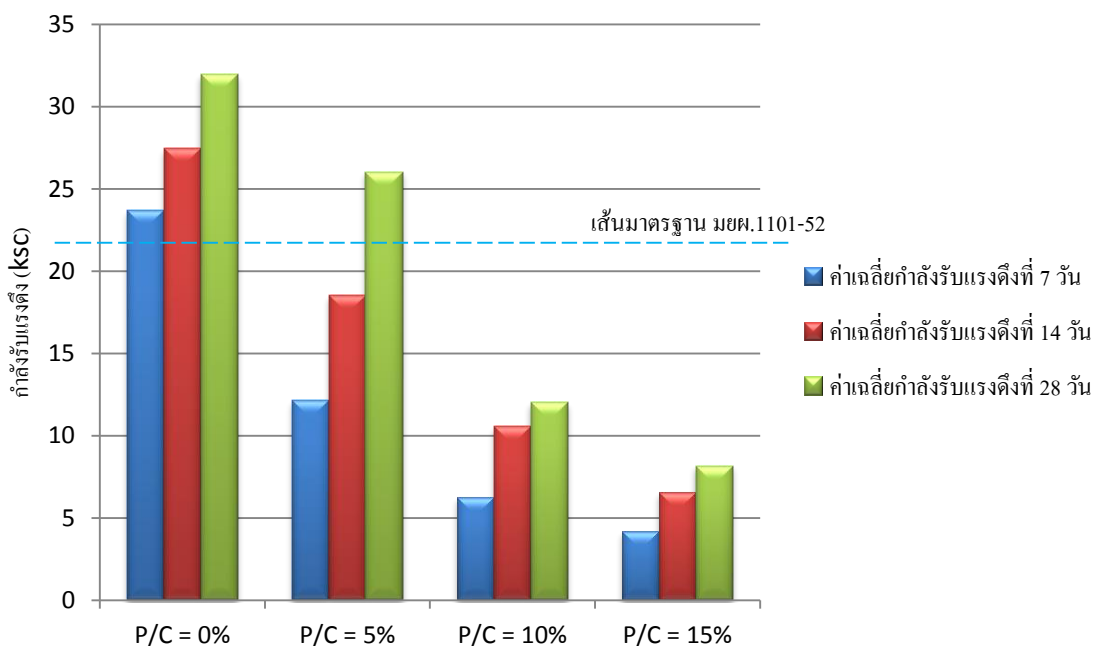
รูปที่ 34 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับอัตราส่วน P/C

เนื่องจากคอนกรีตรับกำลังต้านทานแรงอัดได้ดีที่สุด ผลการทดสอบจากรูปที่ 34 คอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วลคาไนซ์ (P/C) ที่ 0 % กำลังรับแรงอัด เท่ากับ 231.18, 235.00 และ 251.26 ksc ที่ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เมื่อผสมน้ำยางตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ จะเห็นว่ากำลังต้านทานแรงอัดจะค่อยๆ ลดลงตามอัตราส่วนผสมที่เพิ่มขึ้น โดยคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วลคาไนซ์ (P/C) 5 % ที่ กำลังรับแรงอัด เท่ากับ 146.82, 175.66 และ 216.60 ksc ที่ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ คอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วลคาไนซ์ (P/C) ที่ 10 % กำลังรับแรงอัด เท่ากับ 60.30, 76.41 และ 94.75 ksc ที่ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ และคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วลคาไนซ์ (P/C) ที่ 15 % กำลังรับแรงอัด เท่ากับ 41.87, 52.73 และ 57.54 ksc ที่ 7, 14 และ 28 วัน

ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า คอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ (P/C) ที่ 5 % เป็นอัตราส่วนที่กำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับคอนกรีต (P/C) ที่ 0% มากที่สุด เปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆที่กำลังรับแรงอัดลดลงอย่างมาก เมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์มากกว่า 5 %

4.2.2 กำลังต้านทานแรงดึงแบบผ่าแยกของคอนกรีต

กำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต รับผิดชอบประมาณ 8 – 11 % ของกำลังต้านทานแรงอัด ในหัวข้อนี้จะศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเมื่อผสมน้ำพริ้วคาลาไนซ์ หากนำไปใช้ใน งานเทลาดคูกดลอง น้ำยางพริ้วคาลาไนซ์จะมีผลต่อกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตเล็กน้อยเพียงใดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมน้ำยาง โดยอัตราส่วนผสมและระยะเวลาในการบ่มจะเหมือนกันกับการทดสอบกำลังรับแรงอัด ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 35



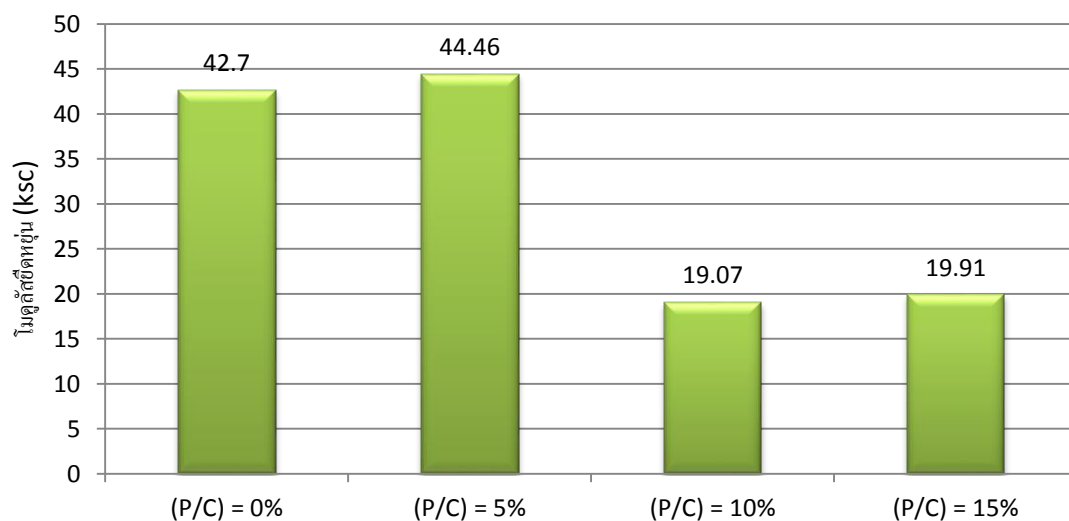
รูปที่ 35 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงดึงเปรียบเทียบกับ P/C

ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ อัตราส่วนน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ ต่อปูนซีเมนต์ (P/C) ที่ 0 % เท่ากับ 23.69, 27.44 และ 31.95 ksc ที่ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ อัตราส่วนน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ (P/C) ที่ 5 % เท่ากับ 12.14, 18.54 และ 26.05 ksc ที่ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ อัตราส่วนน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ (P/C) ที่ 10 % เท่ากับ 6.25, 10.56 และ 12.03 ksc ที่

7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ และอัตราส่วนน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ (P/C) ที่ 15 % เท่ากับ 4.17, 6.56 ksc ที่ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ จากผลการทดสอบคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ อัตราส่วน (P/C) ที่ 5 % มีค่ากำลังรับแรงดิ่งใกล้เคียงกับคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางมากที่สุดเช่นเดียวกับแรงอัด เมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำยางมากขึ้นกำลังรับแรงดิ่งจะลดลง

#### 4.2.3 กำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต

เมื่อคอนกรีตได้รับแรงในแนวตั้งฉากกับเส้นผ่านศูนย์กลาง จะทำให้เกิดแรงอัดและแรงดิ่งในฝั่งตรงกันข้ามกัน แล้วเป็นผลให้คอนกรีตเกิดการโก่งงอ จะเรียกว่าคอนกรีตอยู่ภายใต้ แรงดัด (**Bending**) หากเทลาดลูกลองชลประทานด้วยคอนกรีต คอนกรีตต้องทนต่อแรงที่เกิดทั้งน้ำและดิน ในหัวข้อนี้จะศึกษาปัจจัยต่างๆที่คอนกรีตจะรับแรงดัดได้สูงสุดเมื่อผสมกับน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ แล้วนำมาคำนวณหาโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต โดยทดสอบตามอัตราส่วนเดิม คือ คอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ (P/C) ที่ 0 % , 5%, 10% และ 15 % อัตราส่วนละ 3 ตัวอย่าง ที่ 28 วัน แล้วนำผลมาเปรียบเทียบกัน ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 36

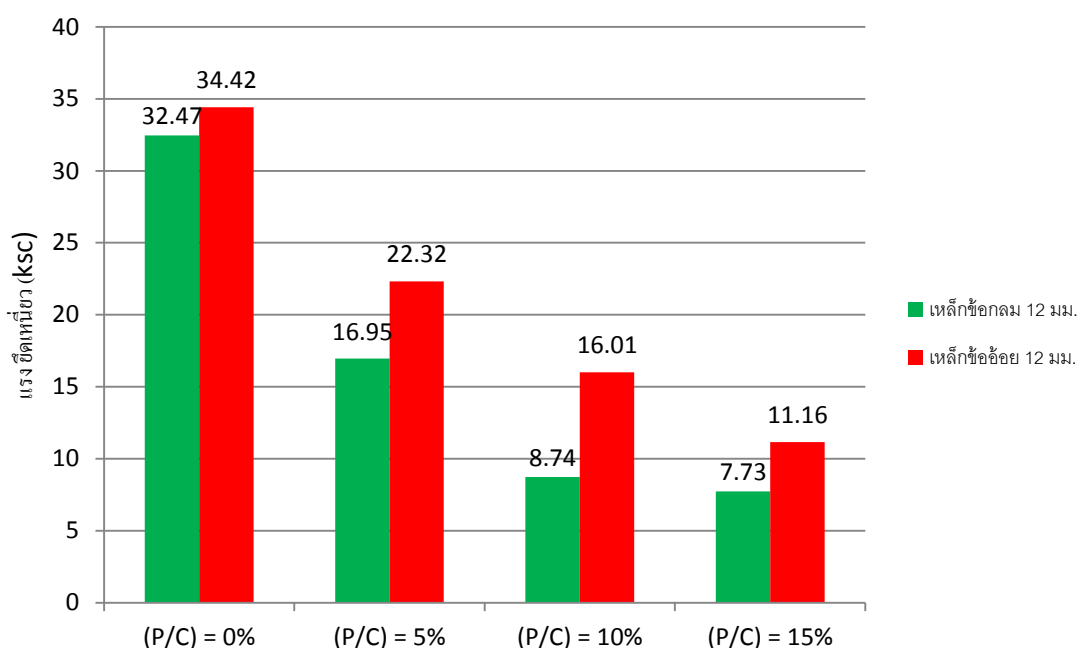


รูปที่ 36 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังต้านทานแรงดัดเปรียบเทียบกับ P/C

จากผลการทดสอบ ได้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ P/C ที่ 0% เท่ากับ 42.7 ksc P/C ที่ 5% เท่ากับ 44.46 ksc P/C ที่ 10% เท่ากับ 19.07 ksc และ P/C ที่ 15% เท่ากับ 19.91 ksc ค่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ P/C ที่ 0% มีค่าใกล้เคียงกับ P/C ที่ 5% มากที่สุด

#### 4.2.4 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็ก

แรงยึดเหนี่ยวของเหล็กต่อคอนกรีต มีผลต่อ โครงสร้างของคอนกรีตเมื่อเทลาดพื้นคลองชลประทาน เพราะเหล็กเป็นตัวช่วยยึดคอนกรีตไว้เมื่อมีแรงมากระทำหรือเมื่อคอนกรีตเกิดการวิบัติจากการทรุดตัวของดิน การศึกษาแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กต่อคอนกรีต ทดสอบโดยใช้เหล็กกลม 12 มม. และเหล็กข้ออ้อย 12 มม. จากนั้นเปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับคอนกรีตผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ได้ผลทดสอบดังรูปที่ 37

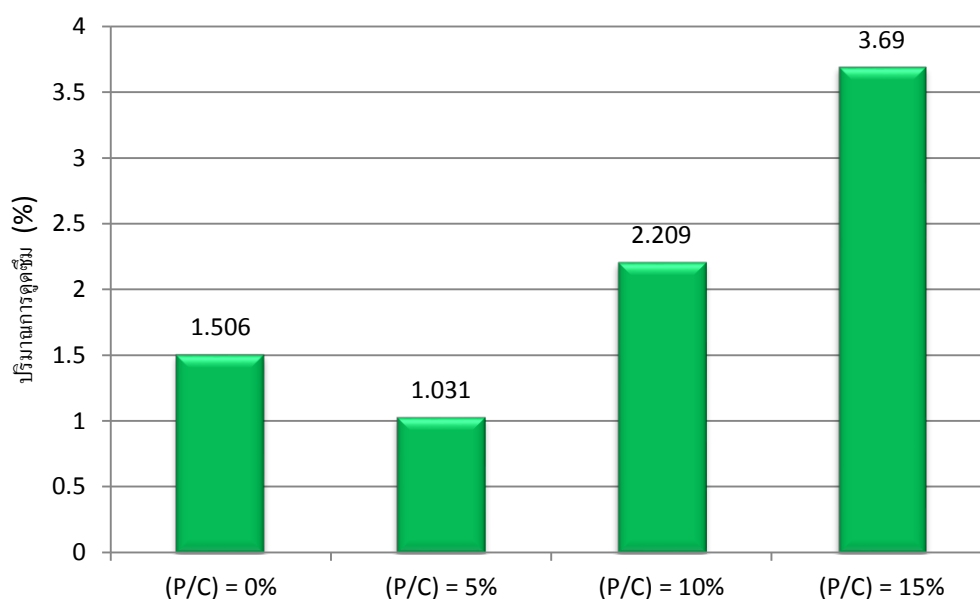


รูปที่ 37 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กกับคอนกรีตเปรียบเทียบกับ P/C

จากรูปที่ 37 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กกับคอนกรีตที่อัตราส่วน (P/C) 0% ผลการทดสอบเหล็กกลม เท่ากับ 32.47 ksc และเหล็กข้ออ้อย เท่ากับ 34.42 ksc ที่อัตราส่วน (P/C) 5% ผลการทดสอบเหล็กกลม เท่ากับ 16.95 ksc และเหล็กข้ออ้อย เท่ากับ 22.32 ksc ที่อัตราส่วน (P/C) 10% ผลการทดสอบเหล็กกลม เท่ากับ 8.74 ksc และเหล็กข้ออ้อย เท่ากับ 16.01 ksc ที่อัตราส่วน (P/C) 15% ผลการทดสอบเหล็กกลม เท่ากับ 7.73 ksc และเหล็กข้ออ้อย เท่ากับ 11.16 ksc เมื่อเปรียบเทียบแรงยึดเหนี่ยว อัตราส่วน (P/C) 5% มีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตไม่ผสมน้ำยาง (P/C) 0% มากที่สุด

### 4.3 การดูดซึมน้ำในคอนกรีต

การทดสอบการดูดซึมน้ำในคอนกรีต เป็นหัวใจสำคัญสำหรับการพัฒนาคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ เมื่อเทลาดูกลงชลประทานจะได้ทราบถึงอัตราการดูดซึมน้ำในคอนกรีต ว่าจะสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ปริมาณเท่าใดหากเกิดฝนตกหรือฝนแล้ง ในหัวข้อนี้จะศึกษาถึงอัตราส่วนน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำในคอนกรีต โดยทดสอบอัตราส่วนน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ต่อปูนซีเมนต์ P/C ที่ 0%, 5%, 10% และ 15 % ระยะเวลาบ่ม 28 วัน ได้ผลทดสอบ ดังรูปที่ 38



รูปที่ 38 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตเปรียบเทียบกับ P/C

ผลทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตอัตราส่วน P/C ที่ 0% ปริมาณการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 1.506 % คอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ P/C ที่ 5% ปริมาณการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 1.031 % คอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ P/C ที่ 10% ปริมาณการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 2.209 % และคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ P/C ที่ 15% ปริมาณการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 3.690 % จากผลการทดสอบดังรูปที่ 5 จะเห็นว่าปริมาณการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ P/C ที่ 5% มีค่าน้อยที่สุด เป็นอัตราส่วนที่น้ำซึมผ่านได้ยากเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ



ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบที่มีค่าใกล้เคียงกันและสามารถนำมาใช้งานได้

ระยะเวลาบ่ม 7 วัน						
	แรงอัด (ksc)	แรงดึง (ksc)	แรงค้ำ (ksc)	แรงยึดเหนี่ยว (ksc)		การซึมผ่าน (%)
				RB 12 mm.	DB 12 mm.	
P/C = 0%	✓ 231.18	✓ 23.69	✗	✗	✗	✗
P/C = 5%	✓ 146.82	✓ 12.14	✗	✗	✗	✗
P/C = 10%	✗ 60.32	✗ 6.25	✗	✗	✗	✗
P/C = 15%	✗ 41.87	✗ 4.17	✗	✗	✗	✗
ระยะเวลาบ่ม 14 วัน						
P/C = 0%	✓ 235.00	✓ 27.44	✗	✗	✗	✗
P/C = 5%	✓ 175.66	✓ 18.54	✗	✗	✗	✗
P/C = 10%	✗ 76.41	✗ 10.56	✗	✗	✗	✗
P/C = 15%	✗ 52.73	✗ 6.56	✗	✗	✗	✗
ระยะเวลาบ่ม 28 วัน						
P/C = 0%	✓ 251.26	✓ 31.95	✓ 42.70	✓ 31.27	✓ 32.08	✓ 1.506
P/C = 5%	✓ 216.6	✓ 26.05	✓ 44.64	✓ 16.95	✓ 22.32	✓ 1.031
P/C = 10%	✗ 94.75	✗ 12.03	✗ 19.07	✗ 8.74	✗ 16.01	✗ 2.209
P/C = 15%	✗ 57.54	✗ 8.16	✗ 19.91	✗ 7.73	✗ 11.16	✗ 3.690