

## การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา

### Research and development of concrete ditch mixed with rubber latex for farm irrigation system

ผศ.ดร.พีรวัฒน์ ปลาเงิน<sup>1</sup>, ผศ.พ.อ.ดร.ชวน จันทวาลย์<sup>2</sup>, นายณัฐพล อภินันท์<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

<sup>2</sup>กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

<sup>3</sup>โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่จตุสมบูรณชล กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

\*Corresponding author; E-mail address: pheerawat.pla@siam.edu

#### บทคัดย่อ

การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (พรีวัลคาไนซ์) ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ โครงสร้างจุลภาควิชาคอนกรีตผสมน้ำยางพาราความสามารถในการเทได้ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยกำหนดอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% (โดยน้ำหนัก) อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.5 และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตระยะเวลา 28 วัน พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1% มีคุณสมบัติทางกลได้ค่ากำลังรับแรงอัด 244 กก./ซม<sup>2</sup> กำลังรับแรงดึง 35 กก./ซม<sup>2</sup> โมดูลัสความยืดหยุ่น 46 กก./ซม<sup>2</sup> การดูดซึมน้ำร้อยละ 1.0 จากผลการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตในห้องปฏิบัติการจึงแนะนำให้ใช้อัตราส่วนผสมคอนกรีตสำหรับนำไปใช้งานในการหล่อคูล่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยใช้ยางพาราต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% (โดยน้ำหนัก) สำหรับปูนซีเมนต์ 50 กก. (1 ถุง) ประกอบไปด้วยวัสดุต่างๆ ดังนี้ หินกรวด 135 กก. หินกรวด 148 กก. น้ำ 29.67 กก. และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 0.83 กก. การศึกษาวิจัยภาคสนามได้พัฒนาคูล่งน้ำผสมน้ำยางพาราแบบสำเร็จรูปและแบบตาดในที่ดินที่แปลงนาของเกษตรกร ซึ่งมีขนาดของคูล่งน้ำ 0.40 ม. สูง 0.30 ม. และความหนา 0.07 ม. การติดตามประเมินผลเบื้องต้นการใช้งานคูล่งน้ำในพื้นที่แปลงนา พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่แปลงนาจะไหลได้สะดวกและเร็ว สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำเนื่องจากการรั่วซึมจึงทำให้ประสิทธิภาพการชลประทานเพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ:** คูล่งน้ำชลประทาน, น้ำยางพารา, คอนกรีต, ชลประทานไร่นา

#### Abstract

Research and development of concrete ditch mixed with rubber latex farm irrigation system. This study analyzed the physical and mechanical properties of concrete mixed with rubber latex (pre-vulcanized). The experiment was performed in a laboratory to test the properties of the mixture in terms of microstructure, workability, compressive strength, tensile strength, flexural strength and water absorption of concrete. To test the performance polymer and cement (P/C) were mixed in different proportions of 0%, 1%, 3%, 5%, 10% and 15% by weight to prepare the solution and was further added to concrete. Water and cement were mixed in the proportion of 0.5 (w/c) and the strength of the structure was tested after 28 days. The results indicated that the polymer cement ratio (P/C) of 1% gives the best performance with 244 ksc compressive strength, 35 ksc tensile strength, 46 ksc flexural strength and 1% water absorption of concrete. Thus this study recommends that polymer cement ratio (P/C) of 1% by weight is most suitable for construction of concrete ditches. The material used in construction of irrigation ditch was consist of Portland cement 50 kg, sand 135 kg, gravel 148 kg, water 29.67 kg and rubber latex 0.83 kg. For field research precast concrete lining ditch having the bottom width of 0.4 m, height 0.3 m and thickness 0.07 m were constructed using the recommended mixture. The preliminary evaluation of the ditches in the field also indicates that these ditches allow water to flow quickly and easily. Reduction in the seepage loss the irrigation efficiency has improved significantly.

**Keywords:** irrigation ditch, rubber latex, concrete, farm irrigation system

## 1. บทนำ

คุณสมบัติของน้ำขุ่นในพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงได้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างยิ่งสำหรับโครงการชลประทาน เนื่องจากโครงการชลประทานทำหน้าที่จัดสรรน้ำให้กับเกษตรกรเพื่อการเพาะปลูก และน้ำขุ่นก็ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากคลองหลักเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร ถ้าหากน้ำขุ่นในชลประทานเป็นดินจะทำให้เกิดการสูญเสีย น้ำเนื่องจากการรั่วซึม และปัจจุบันน้ำขุ่นที่คั่งด้วยคอนกรีตก็มักประสบกับปัญหาการแตกร้าวตามผนังและท้องน้ำทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าไปสู่พื้นที่เพาะปลูกได้อย่างไม่ทั่วถึง แต่อย่างไรก็ตามการที่จะให้น้ำขุ่นทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์แบบนั้นไม่ใช่สิ่งที่ทำได้ง่าย เนื่องจากน้ำขุ่นในชลประทานที่ติดจะมีพื้นฐานมาจากการออกแบบและก่อสร้างที่ถูกต้องในด้านวิศวกรรมมีความเหมาะสมในด้านเศรษฐกิจรวมถึงมีการดูแลซ่อมแซมและบำรุงรักษาอย่างทั่วถึงขณะใช้งาน ในปัจจุบันน้ำขุ่นที่สร้างขึ้นมักเป็นคลองดินธรรมชาติหรือคูน้ำด้วยคอนกรีต แต่คูน้ำทั้งคูดินและคูน้ำด้วยคอนกรีตจะประสบปัญหาต่างๆ ดังนี้ คูดินเมื่อใช้งานไปนาน ๆ ทำให้เกิดการทับถมของตะกอนและมีโอกาสดินขึ้นได้ง่าย นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการสูญเสียเนื่องมาจากการรั่วซึมและการพังทลายของคันคูดินส่งน้ำ ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่จะส่งเข้าไปในพื้นที่เพาะปลูกลดน้อยลง สำหรับคูน้ำด้วยคอนกรีตเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งมักประสบกับปัญหาการแตกร้าวตามผนัง (รูปที่ 1) ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำและเกิดโพรงใต้ผนังคูน้ำและทำให้เกิดการทับถมของตะกอนและทำให้ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าไปสู่พื้นที่เพาะปลูกได้อย่างไม่ทั่วถึงและส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของพื้นที่



รูปที่ 1 ลักษณะการแตกร้าวตามผนังคูน้ำชลประทาน [1]

จากผลการศึกษาวิจัยประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในงานบำรุงรักษาระบบชลประทาน พิวัฒน์ และคณะได้ทำการศึกษาคูน้ำขุ่นที่มีคุณสมบัติทางกลของมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ซ่อมแซมรอยแตกร้าวคลองชลประทาน [1,2] การประยุกต์ใช้น้ำยางพารามีสวนผสมดินซีเมนต์สำหรับใช้เป็นวัสดุสร้างสระเก็บกักน้ำ [3] และการศึกษาการรั่วซึมของน้ำในแบบจำลองคลองชลประทานผสมน้ำยางพารา [4] พบว่าการใช้น้ำยางพาราในปริมาณที่เหมาะสมในมอร์ตาร์หรือคอนกรีต จะทำให้มอร์ตาร์หรือคอนกรีตมีคุณสมบัติทางกลที่ดี เช่น การรับแรงดึงและแรงดัดจะสูงกว่ามอร์ตาร์หรือคอนกรีตที่ไม่ผสมน้ำยางพารา และที่สำคัญพบว่าสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีกว่ามอร์ตาร์หรือคอนกรีตที่ไม่ผสมน้ำยางพารา [5] ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาคอนกรีตผสมน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ เนื่องจากน้ำ

ยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์มีคุณสมบัติทนทานต่อความร้อนและสภาวะแวดล้อมในธรรมชาติได้ดีกว่าน้ำยางพาราธรรมชาติ [6] การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ (1) ศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (2) พัฒนาคูน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์สำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา

## 2. ระเบียบวิธีการวิจัย

### 2.1 วัสดุ

1. ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. ทราย : เป็นทรายแม่น้ำที่มีขนาดละเอียดมาตรฐาน ASTM C33 [7] ค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาพอิ่มตัวแห้งเท่ากับ 2.55 และค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.92 โดยน้ำหนัก
3. หิน : เป็นหินปูนสำหรับงานก่อสร้างตามท้องตลาด มีขนาดโตสุด 25 มม. ขนาดละเอียดมาตรฐาน ASTM C33 [7] ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาพอิ่มตัวแห้งเท่ากับ 2.71 และค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.95 โดยน้ำหนัก
4. น้ำ : ใช้น้ำประปามีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 7
5. น้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ [8] : น้ำยางพาราวัลคาไนซ์ในสภาวะของเหลวและขึ้นรูปเป็นยางวัลคาไนซ์ได้โดยไม่ต้องให้ความร้อนอีก น้ำยางพาราวัลคาไนซ์ยังคงสถานะเป็นของไหลและมีลักษณะทั่วไปเหมือนเดิม การพรีวัลคาไนซ์จะให้ความร้อนแก่น้ำยางคอมพาวด์ที่เหนือจุดเดือดของน้ำ ในตัวความดันแต่ต่อมาเนื่องจากมีการใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความว่องไวสูงเป็นพิเศษ จึงทำให้การทำน้ำยางพาราวัลคาไนซ์สามารถทำได้ภายใต้ความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

### 2.2 สัดส่วนของคอนกรีต

การกำหนดสัดส่วนของคอนกรีตที่ใช้หล่อตัวอย่างทดสอบคุณสมบัติทางกลและใช้เป็นอัตราส่วนผสมของวัสดุสำหรับคาน้ำแบบในและคูน้ำแบบสำเร็จรูป โดยกำหนดอัตราส่วนคอนกรีต คือ 1 : 2.7 : 3 โดยปริมาตร (ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน) และอัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.60 ดังนั้นสำหรับคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารา สำหรับปูนซีเมนต์ 50 กก. (1 ถุง) จะใช้วัสดุต่างๆ ดังนี้ ทราย 135 กก. หินกรวด 148 กก. น้ำ 30 กก.

### 2.3 การกำหนดปริมาณน้ำยางผสมในคอนกรีต

การศึกษาได้กำหนดอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (Polymer/Cement Ratio , P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% โดยน้ำหนัก การเตรียมปริมาณน้ำและน้ำยางสำหรับใช้ผสมคอนกรีต แสดงในตารางที่ 2 ปริมาณน้ำยางที่ใช้ในการผสมคอนกรีต ที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) ต่างๆ ซึ่งถ้าใช้ปูนซีเมนต์จำนวน 50 กก. และอัตราส่วน P/C เท่ากับ 1% จะได้ปริมาณเนื้อยาง 0.5 กก. น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ มีค่า D.R.C. (Dry Rubber Content % by Weight) เท่ากับ 60% ดังนั้นในน้ำยางพารา 1 กก. ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อยาง 0.60 กก. และส่วนที่เป็นน้ำ 0.40 กก. ดังนั้น

ปริมาณน้ำยางที่จะใช้ผสมคอนกรีตสำหรับปูนซีเมนต์ 50 กก. จะใช้น้ำยางเท่ากับ 0.83 กก. และน้ำที่จะใช้ในการผสมคอนกรีต 29.66 กก.

ตาราง 2 กำหนดอัตราส่วนของน้ำและน้ำยางที่ใช้ผสมคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ 50 กก. [4]

| P/C | ปริมาณน้ำยาง (กก.) | ปริมาณน้ำยางฟรีวัลคาไนซ์ (กก.) | ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต (กก.) |
|-----|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 0%  | 0                  | 0                              | 30                              |
| 1%  | 0.5                | 0.83                           | 29.66                           |
| 3%  | 1.5                | 2.5                            | 29.25                           |
| 5%  | 2.5                | 4.16                           | 28.33                           |
| 10% | 5.0                | 8.33                           | 26.66                           |
| 15% | 7.5                | 12.5                           | 25                              |

## 2.4 โครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราด้วยเทคนิค กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดหนึ่ง ที่ถ่ายภาพชิ้นงานโดยอาศัยหลักการการกระเจิงของอิเล็กตรอนที่ฉายเข้ามายังชิ้นงาน โดยอิเล็กตรอนที่กระเจิงจะตกกระทบบนผิวตัวอย่างและจะปล่อยสัญญาณที่สามารถนำไปประมวลผลและให้ข้อมูลเป็นภาพพื้นผิวของวัตถุ โดยส่งตัวอย่างชิ้นงานคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนน้ำยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% ส่งไปวิเคราะห์ที่หน่วยวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)

## 2.5 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต

### 2.5.1 การทดสอบความสามารถในการเทได้

การทดสอบความสามารถในการเทได้ (Workability) ของคอนกรีตสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของคอนกรีต ตามปกติทั่วไปนิยมใช้การทดสอบการยุบตัว (Slump Test) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต (รูปที่ 2) โดยขั้นตอนทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C143 [9] เพื่อกำหนดและควบคุมความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยปกติค่าการยุบตัวของคอนกรีตให้อยู่ในมาตรฐานการใช้งานทั่วไปซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 7.5-12.5 ซม. การทดสอบความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตและคอนกรีตผสมน้ำยาง



รูปที่ 2 การทดสอบความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต

### 2.5.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

การทดสอบหาลังรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นการทดสอบหาความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ โดยกำหนดคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ดังนี้ ปริมาณน้ำยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารารูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15 ซม. x 15 ซม. x 15 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM C39 [10] และบ่มตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน จำนวนชิ้นงานตัวอย่างทดสอบกรณีละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 18 ตัวอย่าง หลังจากนั้นนำชิ้นตัวอย่างทดสอบให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของน้ำหนักกดจนกระทั่งชิ้นตัวอย่างทดสอบถึงจุดประลัยบนที่ก้านน้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบสามารถรับได้ (รูปที่ 3) พร้อมทั้งบันทึกการเปลี่ยนแปลงของชิ้นตัวอย่างทดสอบและคำนวณหาความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบดังสมการที่ 1

$$f_c = \frac{P_u}{A} \quad (1)$$

โดยที่  $f_c$  คือ ความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก./ซม.<sup>2</sup>

$P_u$  คือ น้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบรับได้, กก.

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, ซม.<sup>2</sup>



รูปที่ 3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

### 2.5.2 การทดสอบกำลังรับแรงดึง

การศึกษานี้ได้ทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตด้วยวิธีผ่าซีก (Splitting Test) ได้ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ทดสอบหาลังรับแรงดึงของคอนกรีต ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบรูปทรงกระบอกมาตรฐาน เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. (รูปที่ 4) ตามมาตรฐาน ASTM C496 [11] โดยกำหนดตัวอย่างชิ้นงานทดสอบที่มีอัตราส่วนปริมาณน้ำยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% จำนวนชิ้นงานตัวอย่างทดสอบกรณีละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 18 ตัวอย่าง นำตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มครบตามระยะเวลาที่กำหนด 28 วัน มาทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างทดสอบ วางชิ้นตัวอย่างทดสอบให้ได้ศูนย์กลางบนแท่นทดสอบ กดชิ้นตัวอย่างทดสอบอย่างช้าๆ จนกระทั่งแตก (รูปที่ 4) แล้วบันทึกแรงกดสูงสุด และคำนวณหาลังรับแรงดึงของคอนกรีตดังสมการที่ 2

$$T = \frac{2P}{\pi ld} \quad (2)$$

โดยที่  $T$  คือ กำลังดึงแยก, กก./ซม.<sup>2</sup>

$P$  คือ แรงกดสูงสุด, กก

$l$  คือ ความยาวของชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอก, ซม.

$d$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอก, ซม.





รูปที่ 4 ตัวอย่างทดสอบและการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

### 2.5.3 การทดสอบกำลังรับแรงดัด

การทดสอบหาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นหรือการหาค่าแรงดัด ของคอนกรีตใช้วิธี Simple Beam ทำการหล่อขึ้นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ที่อัตราส่วน P/C เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% สำหรับใช้ทดสอบหาลำดับดัดของคอนกรีต ตัวอย่างรูปคานทดสอบขนาด 15 ซม.x15 ซม.x 50 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM C78 [12] จำนวนชิ้นงานตัวอย่างทดสอบกรณีละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 18 ตัวอย่างที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เมื่อครบระยะเวลาการบ่มแล้ว นำแท่งทดสอบตัวอย่างรูปคาน ติดเข้ากับเครื่องทดสอบ โดยความยาวของ Span length ต้องไม่ต่ำกว่า 3 เท่าของความลึกของแท่งตัวอย่าง จัดแท่งทดสอบในให้ตรงกับกึ่งกลางคาน ในกรณีที่ใช้วิธี Center Point Loading เปิดเครื่องกดเพิ่มแรงกดบนแท่งตัวอย่างอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งแท่งตัวอย่างแตก (รูปที่ 5) วัดขนาดของแท่งตัวอย่างที่หน้าตัดที่แตกและคำนวณหาค่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตดังสมการที่ 3

$$\sigma_b = M_c / I = 6M / bd^2 \quad (3)$$

โดย M คือ ค่าโมเมนต์สูงสุด, กก.ซม.

b คือ ความกว้างเฉลี่ยของแท่งตัวอย่างที่หน้าตัดที่แตก, ซม.

d คือ ความลึกเฉลี่ยของแท่งตัวอย่างที่หน้าตัดที่แตก, ซม.



รูปที่ 5 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของคอนกรีต

### 2.5.4 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตเพื่อหาค่าแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเสริมชนิดข้ออ้อยที่ฝังอยู่ในก้อนคอนกรีตตัวอย่าง โดยวิธีการดึง (Pull-Out Test) ทำการหล่อขึ้นตัวอย่างคอนกรีต รูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15 ซม.x 15 ซม.x 15 ซม. (รูปที่ 6) ซึ่งฝังเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM C 234 [13] ตัวอย่างก้อนคอนกรีตทดสอบผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วน P/C เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ

15% ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน การทดสอบทำการติดตั้งก้อนตัวอย่างเข้ากับ Bond-test apparatus และหัวจับของ Testing Machine เริ่มเปิดเครื่องให้แรงดึงกับเหล็กเสริมบันทึกค่าแรงดึงที่ใช้และระยะเลื่อนของเหล็กเสริม ทุกๆ 0.02 มม. จนกระทั่งแรงดึงที่ใช้ถึงจุดสูงสุด (รูปที่ 6) เขียนกราฟระหว่างแรงยึดเหนี่ยวกับระยะเลื่อนไถลและคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงสุดจากการหารค่าแรงดึงสูงสุดด้วยพื้นที่ผิวของเหล็กเสริมที่สัมผัสกับคอนกรีต



รูปที่ 6 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราต่อเหล็กเสริม

### 2.5.5 การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีต

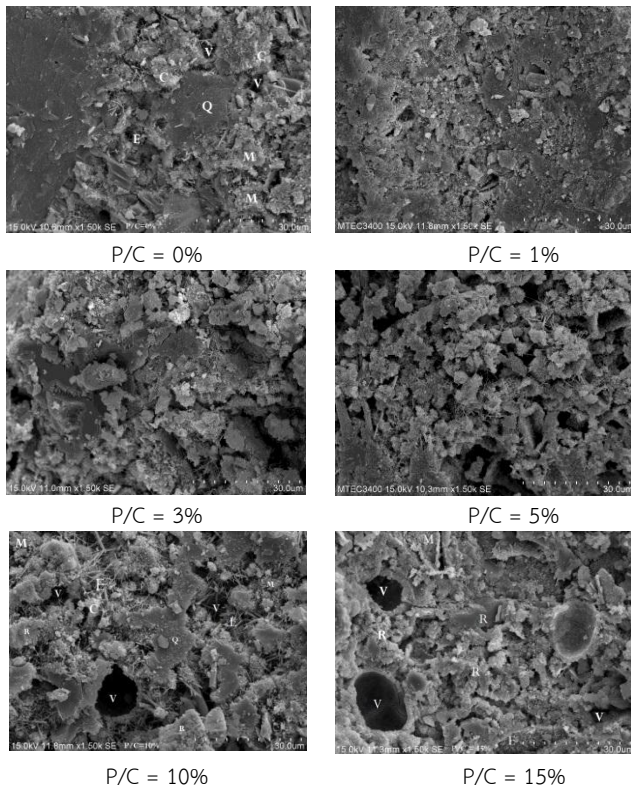
การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C1585 [14] เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีตโดยการแช่น้ำ โดยทำการหล่อแบบทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีต ในแบบหล่อขนาด 10 ซม.x 10 ซม.x10 ซม. กำหนดอัตราส่วนของน้ำเนื้อมายางพารา (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน หลังจากบ่มได้ระยะเวลาที่กำหนด ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบ และแช่ตัวอย่างทดสอบลงในน้ำให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา ทำการเช็ดตัวอย่างทดสอบด้วยผ้า จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบให้เสร็จสิ้นภายใน 5 นาที และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของคอนกรีต

## 3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

### 3.1 โครงสร้างจุลภาค (Microstructure)

ผลการศึกษาภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ที่กำลังขยาย 1500 เท่า แสดงในรูปที่ 7 ซึ่งเป็นภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารา (P/C=0%) จะเห็นได้ว่าโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมน้ำยางพารา มีลักษณะไม่สม่ำเสมอหรือแน่นไม่เต็มที่ ซึ่งมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันน้อยและพบว่ามีช่องว่างเล็กๆ จากการวิเคราะห์แร่ธาตุ พบว่ามีแร่แคลไซต์ (C) แร่ควอตซ์ (Q) ไมโครไคลน์ (M) และโพรงช่องว่าง (V) สำหรับภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา P/C เท่ากับ 1% พบโครงสร้างจุลภาคของผิวคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและแน่นเต็มที่ ขนาดอนุภาคของเนื้อยางพารามีอิทธิพลโดยตรงต่อการเกิดปฏิกิริยาของคอนกรีต ซึ่งมีช่องว่างน้อยเล็กน้อย เนื้อยางพารา (R) และวัสดุอื่นรวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน มีความหนาแน่นเต็มที่

สม่ำเสมอและเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น และมีแอตตรึงไคต์หรือผลึกเข็ม (E)

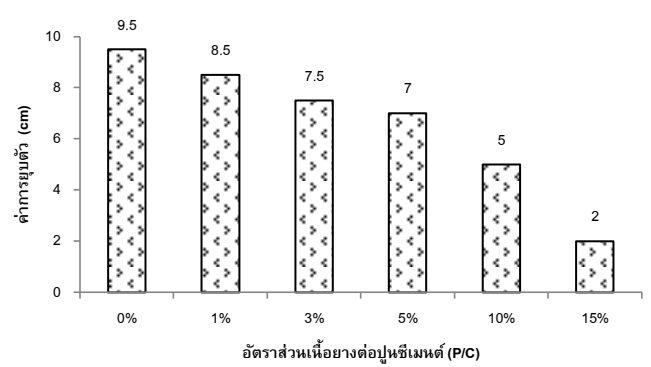


รูปที่ 7 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา กำลังขยาย 1500 เท่า

จากรูปที่ 7 ลักษณะภาพถ่ายจุลทรรศน์ของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา P/C เท่ากับ 5%, 10% และ 15% จะเห็นได้ว่าเนื้อยางและวัสดุผสมคอนกรีตเข้ากันไม่สนิทและมีรูโพรงช่องว่างอยู่ทั่ว (V) และมีแอตตรึงไคต์ผลึกเข็ม (E) ยังไม่รวมกันเป็นโครงสร้างแน่นมีเนื้อยางที่เห็นได้ชัดมากขึ้น จะเห็นได้ชัดจนว่เนื้อยางพาราจะมีอิทธิพลต่อพื้นผิวของคอนกรีต ทำให้เห็นเนื้อยางชัดมากขึ้น มีความไม่สม่ำเสมอและลักษณะของเนื้อยางเข้ากันกับวัสดุอื่นได้ไม่ดี ทำให้มีโพรงช่องว่างมากขึ้น

### 3.2 ความสามารถในการเทได้

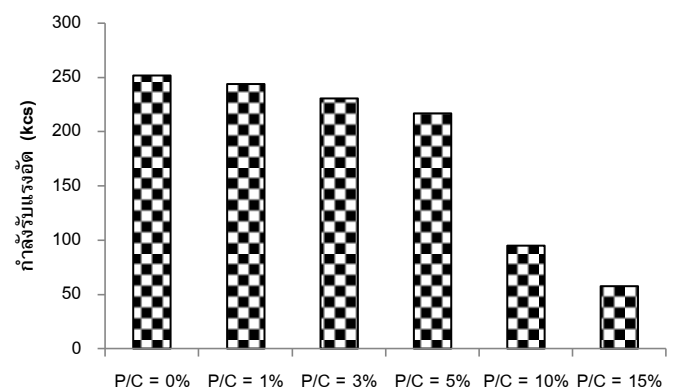
ผลการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตแสดงในรูปที่ 8 ค่าการยุบตัวของคอนกรีตมาตรฐานที่ไม่ผสมน้ำยางพารา (P/C = 0%) เท่ากับ 9.5 เซนติเมตร ในขณะที่คอนกรีตที่ผสมน้ำยางพารามีค่าการยุบตัวลดลงตามปริมาณน้ำยางพาราที่ผสมในคอนกรีต พบว่าการผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) 1% - 5% ค่าการยุบตัวจะอยู่ในช่วงมาตรฐานเท่ากับ 8.5, 7.5 และ 7 ซม. ที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ 1%, 3% และ 5% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผสมน้ำยางในคอนกรีต P/C มากกว่า 5% ค่าการยุบตัวของคอนกรีตจะลดลงต่ำกว่าข้อกำหนด



รูปที่ 8 ค่าความสามารถในการเทได้คอนกรีตโดยวิธี Slump test

### 3.3 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา พบว่าความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราลดลงดังแสดงในรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่ากำลังอัดของคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารา (P/C = 0%) มีค่ากำลังรับแรงอัด 250 กก./ซม.<sup>2</sup> แต่คุณสมบัติการรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1%, 3% และ 5% ได้ค่ากำลังรับแรงอัด 244 กก./ซม.<sup>2</sup>, 230 กก./ซม.<sup>2</sup> และ 217 กก./ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ซึ่งลดลงประมาณ 3% - 17% และเมื่อผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ 10% และ 15% พบว่าความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตลดลงเหลือเพียง 95 กก./ซม.<sup>2</sup> และ 58 กก./ซม.<sup>2</sup> สาเหตุที่ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงมากเนื่องจากในคอนกรีตมีปริมาณเนื้อยางค่อนข้างมากและมีช่องว่างและรูพรุนในเนื้อคอนกรีตจึงส่งผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต

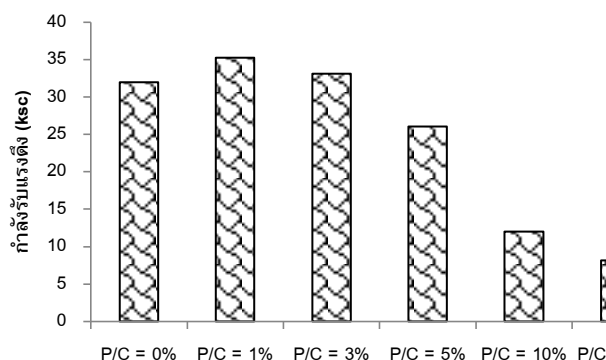


รูปที่ 9 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยาง ระยะการบ่ม 28 วัน

### 3.4 กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ผลการทดสอบแรงดึงของคอนกรีตผสมน้ำยางที่ระยะการบ่ม 28 วัน ได้แสดงในรูปที่ 10 พบว่าคอนกรีตมาตรฐาน (P/C = 0%) มีค่ากำลังรับแรงดึง 32 กก./ซม.<sup>2</sup> และคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% และ 3% มีกำลังรับแรงดึงสูงสุด คือ 35 กก./ซม.<sup>2</sup> และ 33 กก./ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าคอนกรีตมาตรฐานที่ไม่ได้ผสมน้ำยาง ประมาณ 1-3 กก./ซม.<sup>2</sup> แต่

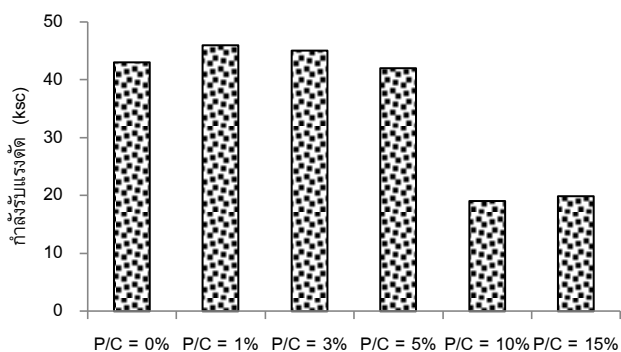
กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วน P/C เท่ากับ 5%, 10% และ 15% มีค่ากำลังรับแรงดึง 26 กก./ซม.<sup>2</sup>, 12 กก./ซม.<sup>2</sup>, และ 8 กก./ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ ซึ่งส่งผลทำให้ค่ากำลังดึงลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการผสมน้ำยางพาราในเปอร์เซ็นต์ที่สูงขึ้น



รูปที่ 10 กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมน้ำยางที่ระยะการบ่ม 28 วัน

### 3.5 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ผลการทดสอบกำลังดัดหรือค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ระยะการบ่ม 28 วัน (รูปที่ 11) พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% ให้ค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุด เท่ากับ 46 กก./ซม.<sup>2</sup> แต่คอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารามีค่ากำลังรับแรงดัด 43 กก./ซม.<sup>2</sup> และคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 10% และ 15% มีค่ากำลังรับแรงดัดค่อนข้างต่ำ 19 กก./ซม.<sup>2</sup> และ 20 กก./ซม.<sup>2</sup>



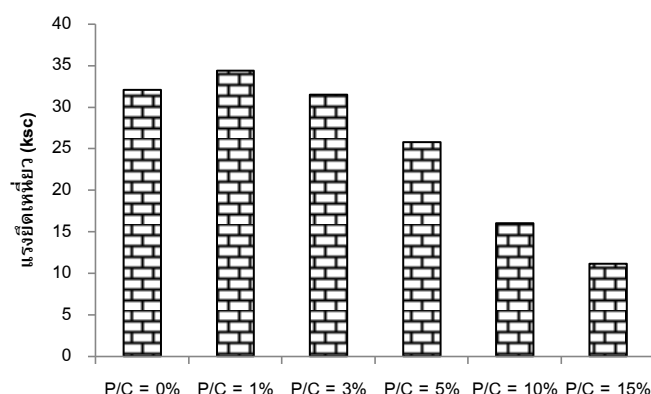
รูปที่ 11 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตผสมน้ำยางที่ระยะการบ่ม 28 วัน

จะเห็นว่าคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพารามากกว่า 5% (P/C : 10% - 15%) ทำให้คุณสมบัติการรับแรงดัดลดลงเนื่องจากปริมาณเนื้อยางที่มากเกินไปทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตที่แข็งตัวจึงส่งผลกระทบต่อแรงดัดของคอนกรีต กำลังรับแรงดัดมีลักษณะสอดคล้องกับกำลังรับแรงอัดและแรงดึงของคอนกรีตกล่าวคือเมื่อผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตลดลง แต่เป็น

ที่น่าสังเกตถ้าผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วน 1% - 3% ทำให้คุณสมบัติการรับแรงดัดของคอนกรีตสูงขึ้นประมาณ 5% - 7%

### 3.6 แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริมเป็นแรงต้านทานที่เกิดจากการยึดติดกันกับซีเมนต์ที่แข็งตัวแล้วได้ทำการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราของเหล็กข้ออ้อย ผลการทดสอบพบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพาราต่อเหล็กเสริมมีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 32 กก./ซม.<sup>2</sup> และคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% (รูปที่ 12) ให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 34, 31, 26, 16 และ 11 กก./ซม.<sup>2</sup> ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% มีค่าแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริมสูงสุดซึ่งมากกว่าคอนกรีตมาตรฐานประมาณ 6% - 8% และเมื่อคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 10% และ 15% มีค่าแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริมลดลงจากคอนกรีตมาตรฐานประมาณ 50% - 65%

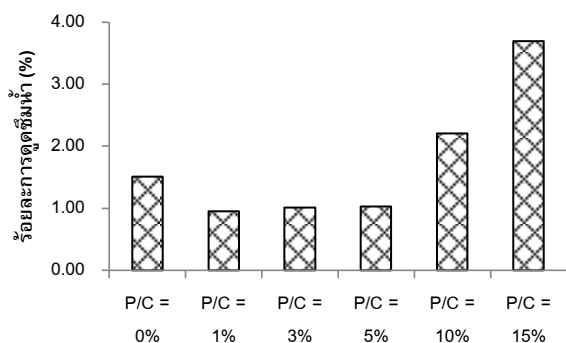


รูปที่ 12 กำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

### 3.7 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ผลการเปรียบเทียบการร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่างๆ แสดงในรูปที่ 13 พบว่าร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารา 1.50% และเมื่อเทียบกับคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 10% และ 15% ได้ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ 2.21% และ 3.69% ซึ่งสูงกว่าคอนกรีตมาตรฐานประมาณ 0.71% - 2.18% แต่คอนกรีตผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อมะพร้าวต่อน้ำซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1%, 3% และ 5% มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.95%, 1.01% และ 1.03% ซึ่งร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำกว่าคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพาราแสดงให้เห็นว่าการผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนที่เหมาะสมประมาณ 1%- 5% จะทำให้คอนกรีตมีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ดังรูปที่ 6 ภาพถ่ายโครงสร้างพื้นผิวของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา กำลังขยาย 1500 เท่า ใช้จุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและ

วัสดุแห่งชาติ พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนน้อยอย่างต่อเนื่องมีแนวโน้มมากกว่า 5% ลักษณะพื้นผิวคอนกรีตจะมีช่องว่างหรือรูพรุนที่มากกว่าคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วน P/C เท่ากับ 1% - 5% ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำต่ำ



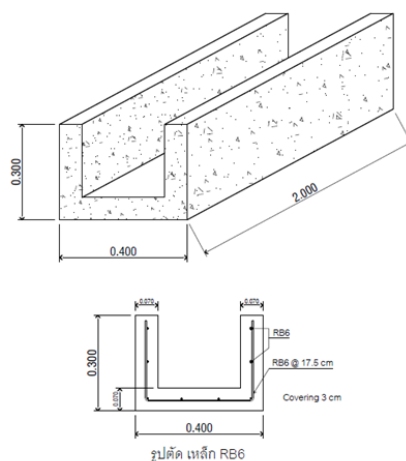
รูปที่ 13 ร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

#### 4 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้ทำการคัดเลือกอัตราส่วนผสมของคอนกรีตจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในห้องปฏิบัติ ได้ทำการคัดเลือกอัตราส่วนของเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก เนื่องจากผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วน P/C เท่ากับ 1% มีคุณสมบัติทางกลและป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพาราและคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วน P/C เท่ากับ 3%, 5%, 10% และ 15% ดังนั้นจึงใช้อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ผสมในคอนกรีตทดสอบใช้เป็นวัสดุหล่อคูล่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราแบบสำเร็จรูป และทำการติดตั้งคูล่งน้ำสำเร็จรูปในพื้นที่แปลงนาของเกษตรกรที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่

##### 4.1 ขนาดหน้าตัดและความยาวของคูล่งน้ำสำเร็จรูป

กำหนดขนาดหน้าตัดและความยาวของคูล่งน้ำ ความยาวของคูล่งน้ำ 2 ม. ความสูง 30 ซม. ความกว้าง 40 ซม. และความหนาของคูล่งน้ำ 7 ซม. และเสริมเหล็กกลมขนาด 6 มม. ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 รูปแปลนคูล่งน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้า

การทำแบบหล่อคูล่งน้ำส่ง ได้กำหนดขนาดของคูล่งน้ำตามรูปที่ 14 ใช้ไม้อัดและไม้เนื้ออ่อนทำแบบหล่อคอนกรีต โดยแยกทำที่ละด้าน ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังต่อไปนี้ ด้านข้างของแบบหล่อทั้งสองด้านและด้านล่างของแบบหล่อ หลังจากที่ได้เกษตรกรได้ทำแบบหล่อคอนกรีตเสร็จ ทำการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และเทลงในแบบหล่อคูล่งน้ำที่ได้เตรียมไว้แล้ว ดังรูปที่ 15 และปล่อยให้คอนกรีตผสมน้ำยางพาราแข็งตัว ประมาณ 24 ชั่วโมง จึงทำการถอดแบบคูล่งน้ำ และหลังจากถอดแบบแล้วทำการบ่มคูล่งน้ำโดยใช้กระสอบป่านชุบน้ำให้เปียกทุกวัน บ่มเป็นเวลา 28 วัน ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 15 การประกอบแบบหล่อและเทคอนกรีตผสมน้ำยางพารา





รูปที่ 16 คู่งน้ำหลังจากที่ถอดแบบเรียงร้อยแล้วและทำการบ่ม 28 วัน

#### 4.2 การปรับพื้นที่แปลงนา

การติดตั้งคู่งน้ำสำเร็จรูปในพื้นที่แปลงนา จะต้องทำการปรับระดับพื้นที่แปลงนาให้ได้ระดับก่อนที่จะมีการติดตั้งคู่งน้ำ โดยใช้รถแทรกเตอร์ไถเปิดหน้าดินตามแนวคู่งน้ำที่ได้กำหนดไว้ (รูปที่ 17) หลังจากนั้นทำการปรับระดับหน้าดินในพื้นที่นาโดยใช้รถแทรกเตอร์เมื่อปรับระดับแปลงนาได้ระดับแล้วทำวัตรระดับความลาดชันด้วยกล้องวัดระดับ สำหรับเตรียมฐานดินเพื่อวางคู่งน้ำสำเร็จรูป หรือความลาดชันของท้องคู่งน้ำ (รูปที่ 18) เมื่อได้ระดับความลาดชันตามที่กำหนดไว้ เกษตรกรใช้ทรายปรับระดับความลาดชันของท้องคู่งน้ำก่อนที่จะมีการวางคู่งน้ำสำเร็จรูป



รูปที่ 17 ปรับหน้าดินในพื้นที่นาโดยใช้รถแทรกเตอร์



รูปที่ 18 กำหนดความลาดของท้องคู่งน้ำโดยใช้กล้องวัดระดับ



#### 4.3 การติดตั้งคู่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยาพารา

การติดตั้งคู่งน้ำสำเร็จรูปได้ทำการเคลื่อนย้ายคู่งน้ำด้วยรถบรรทุก (รูปที่ 19) และนำไปวางบนฐานดินหรือทรายที่ได้ทำการบดอัดให้แน่นเรียบร้อยแล้ว โดยนำคู่งน้ำสำเร็จรูปไปวางเรียงต่อกันเป็นแนวให้ได้ระดับและความยาวตามที่กำหนดไว้ หลังจากทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะได้แนวคู่งน้ำ แสดงในรูปที่ 20-21 ซึ่งเป็นคู่งน้ำที่ได้วางบนฐานทรายบดอัด แต่ยังไม่ทำการยาแนวตามรอยต่อของคู่งน้ำ ดังรูปที่ 22 เกษตรกรทำการผสมวัสดุยาแนวคู่งน้ำหรือมอร์ตาร์ผสมน้ำยาพารา เกษตรกรใช้วัสดุยาแนวทำการยาแนวรอยต่อคู่งน้ำตลอดความยาวคู่งน้ำเพื่อให้คู่งน้ำเชื่อมติดกันและป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และใช้รถแทรกเตอร์ไถเปิดหน้าดินสำหรับถมทำคันดินคู่งน้ำในแปลงนาตลอดความยาวคู่งน้ำ (รูปที่ 23) และรูปที่ 24 คู่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยาพาราที่ได้ทำคันดินและพร้อมที่จะใช้งานในพื้นที่แปลงนา



รูปที่ 19 เคลื่อนย้ายคู่งน้ำสำเร็จรูปด้วยรถบรรทุก



รูปที่ 20 การติดตั้งคู่งน้ำสำเร็จรูปผสมน้ำยาพารา



รูปที่ 21 ตัวอย่างคู่งน้ำสำเร็จรูปที่ได้ทำการติดตั้งในแปลงนา





รูปที่ 22 เกษตรกรทำการย่นารอยต่อคูส่งน้ำ



รูปที่ 23 รถแทรกเตอร์ไถเปิดหน้าดินสำหรับทำคันคูส่งน้ำ



รูปที่ 24 คูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราพร้อมใช้งานในพื้นที่แปลงนา

## 5 ติดตามประเมินผลคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

คณะนักวิจัยได้ติดตามประเมินผลการใช้งานคูส่งน้ำในพื้นที่ศึกษาวิจัยสำหรับฤดูการเพาะปลูกข้าวนาปี (กรกฎาคม – ตุลาคม 2560) จากรูปที่ 24 ภาพคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่ได้ติดตั้งในพื้นที่แปลงนาในช่วงเดือน พฤษภาคม – มิถุนายน 2559 และรูปที่ 25 คูส่งน้ำส่งน้ำขณะใช้งานจริงอยู่ในช่วงฤดูการเพาะปลูกของเกษตรกร (เดือนสิงหาคม)



รูปที่ 25 คูส่งน้ำหลังจากก่อสร้างและคูส่งน้ำขณะใช้งาน



รูปที่ 26 ภาพคูส่งน้ำขณะใช้งานและบริเวณโดยรอบ

จากการติดตามประเมินผลเบื้องต้นการใช้งานคูส่งน้ำในพื้นที่แปลงนาพบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่แปลงนาจะไหลได้สะดวกและเร็วเมื่อเทียบกับคูส่งน้ำที่เป็นคูดิน และการรั่วซึมของน้ำในคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับคูส่งน้ำคอนกรีตและมีการไหลของน้ำที่ค่อยสะดวกและรวดเร็วทำให้ปริมาณน้ำส่งเข้าพื้นที่แปลงนาได้อย่างเต็มที่และมีการสูญเสียน้ำขณะส่งน้อย จึงทำให้ต้นข้าวได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต แต่อย่างไรก็ตามขณะติดตามประเมินผลพบว่าปัญหาที่สำคัญได้แก่การเจริญเติบโตของวัชพืชตามคันคูส่งน้ำมีการขึ้นตามคันคูและปกคลุมคูส่งน้ำเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำในคูส่งน้ำและการใช้งาน ดังนั้นเกษตรกรจะต้องมีการกำจัดวัชพืชตามคันคูส่งน้ำอย่างสม่ำเสมอในช่วงฤดูการเพาะปลูก รูปที่ 26 พื้นที่แปลงนาที่ได้ติดตั้งคูส่งน้ำต้นแบบซึ่งได้รับน้ำจากคูส่งน้ำในช่วงฤดูการเพาะปลูก และรูปที่ 27 ทำการวัดความลึกสูงสุดของน้ำในคูส่งน้ำขณะใช้งาน ซึ่งพบว่าระดับน้ำสูงสุดในคูส่งน้ำอยู่ต่ำกว่าผืนคูส่งน้ำ ประมาณ 5 - 7 เซนติเมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคูส่งน้ำที่ออกแบบและใช้งานสามารถรับปริมาณน้ำสูงสุดได้โดยปริมาณน้ำจะไม่ล้นผืนคูส่งน้ำ สำหรับภาพที่ 28 เป็นการติดตามประเมินผลคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ช่วงเดือนธันวาคม 2560 จะเห็นได้ว่า สภาพของคูส่งน้ำคอนกรีตอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ปกติไม่พบการแตกร้าวตามผืนและท้องคูส่งน้ำ สภาพคูส่งน้ำพร้อมที่จะใช้งานได้ในช่วงฤดูการเพาะปลูกต่อไป



รูปที่ 27 วัดระดับความลึกของน้ำในคูส่งน้ำ



รูปที่ 28 ภาพติดตามประเมินผลการใช้งานคูส่งน้ำ ปีที่ 2 หลังฤดูการเก็บเกี่ยว (ธันวาคม 2560)

## 6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผล

การศึกษาและพัฒนาคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา และการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ภาคสนาม สรุปได้ดังนี้

- 1) ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) 1% โดยน้ำหนัก ให้คุณสมบัติทางกลและดูดซึมน้ำที่ดีที่สุด ประกอบด้วย กำลังรับแรงอัด 244 กก./ซม.<sup>2</sup> กำลังรับแรงดึง 35 กก./ซม.<sup>2</sup> กำลังรับแรงดัด 46 กก./ซม.<sup>2</sup> แรงยืดเหี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม 34 กก./ซม.<sup>2</sup> ความสามารถในการเทได้ ค่าการดูดซึมน้ำ 1%
- 2) อัตราส่วนของคอนกรีตที่ใช้หล่อคูส่งน้ำใช้คอนกรีตส่วนผสม 1 : 2.7 : 3 โดยปริมาตร อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.6 และอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1% สำหรับปูนซีเมนต์ 50 กก. (1 ถุง) จะใช้วัสดุต่างๆ ดังนี้ ทราย 135 กก. หินกรวด 148 กก. น้ำ 29.67 กก. และน้ำยางพริ้วคาไนซ์ 0.83 กก. ซึ่งได้แนะนำให้เกษตรกรใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับหล่อคูส่งน้ำสำเร็จรูป โดยขนาดคูส่งน้ำมีความยาว 2 ม. ความสูง 30 ซม. ความกว้าง 40 ซม. และความหนาของคูส่งน้ำ 7 ซม. และเสริมเหล็กกลมขนาด 6 มม.
- 3) ได้ทำการติดตั้งคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำเร็จรูป มีความยาวประมาณ 150 ม. ในแปลงนาของเกษตรกร ที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่ และได้ทำการติดตามประเมินผลการใช้งานของคูส่งน้ำต้นแบบที่ได้ทำการติดตั้งในแปลงนา ระยะในช่วงฤดูการเพาะปลูกข้าวของเกษตรกร (เดือนสิงหาคม) พบว่าคูส่งน้ำที่ได้ติดตั้งในแปลงนามีความสามารถในการส่งน้ำเข้าแปลงนาได้เป็นอย่างดี และลดการรั่วซึมของน้ำได้ดี จึงทำให้ปริมาณน้ำไหลเข้าสู่แปลงนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่

อย่างไรก็ตามพบว่ามิวัชพืชขึ้นตามคันคูส่งน้ำ ดังนั้นเกษตรกรควรหมั่นกำจัดวัชพืชตามคันคูส่งน้ำในฤดูฝน

### 6.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ควรใช้คอนกรีตผสมน้ำยางพาราครั้งเดียวกันสำหรับหล่อชิ้นงานทดสอบ และการบ่มชิ้นงานตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ไม่ควรบ่มในน้ำหรือบ่มด้วยพลาสติก ควรบ่มโดยการปล่อยทิ้งไว้ให้ครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วจึงนำไปทดสอบ เนื่องจากถ้าบ่มด้วยน้ำหรือพลาสติกจะทำให้เนื้อยางในคอนกรีตมีความชื้น เวลานำไปทดสอบจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้
- 2) การผสมน้ำยางในคอนกรีตจะต้องผสมน้ำและน้ำยางรวมกันก่อนเพื่อลดความเข้มข้นของน้ำยาง และการผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) มากกว่า 5% ควรใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในน้ำยางพาราเพื่อไม่ให้น้ำยางจับตัวกับปูนซีเมนต์และทำให้เป็นก้อนยางขึ้นเล็กๆ ในคอนกรีต
- 3) ควรใช้แบบหล่อคูส่งน้ำที่เป็นแบบหล่อเหล็ก หรือทำแบบหล่อสำเร็จรูปที่เป็นแบบหล่อเหล็ก จะทำให้ได้ขนาดคูส่งน้ำที่ได้มาตรฐาน
- 4) ควรมีการวางแผนการศึกษาวิจัยในระดับแปลงนา เช่น ช่วงเวลาที่จะทำการปรับพื้นที่แปลงนา ช่วงเวลาในการติดตั้งคูส่งน้ำในแปลงนา ควรหลีกเลี่ยงการทำการปฏิบัติงานในช่วงฤดูฝนหรือฤดูการเพาะปลูกของเกษตรกร เนื่องจากปริมาณฝนและน้ำในคลองชลประทานจะเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานภาคสนามได้
- 5) ควรมีการติดตามประเมินผลการใช้งานคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในพื้นที่แปลงนาหลังจากติดตั้งใช้งาน ในระยะเวลา 2 - 3 ปี เพื่อสรุปผลการใช้งานจริงและนำไปสู่การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาและกลุ่มเกษตรกรผู้สนใจ ฯลฯ

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ สวก. และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกร โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่ ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยภาคสนาม นอกจากนี้ภาคีวิชาชีพวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม และกองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ได้ให้ความอนุเคราะห์การใช้ห้องปฏิบัติการคอนกรีต คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] พีรวัฒน์ ปลาเงิน (2558). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำด้านภัยแล้ง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
- [2] พีรวัฒน์ ปลาเงิน, ชวน จันทวาลย์, สมพร พิบูลย์ และฐกมลพัศ เชนจิวัฒนกุล (2559). การถ่ายทอดเทคโนโลยีประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในงานบำรุงรักษาระบบชลประทาน. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, ปีที่ 14, ฉบับที่ 14, หน้า 117 - 129
- [3] พีรวัฒน์ ปลาเงิน (2549). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การศึกษาการรั่วซึมของน้ำในแบบจำลองคลองชลประทานผสมน้ำยางพารา. โครงการวิจัยแห่งชาติ : ยางพารา, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (สกว.)
- [4] พีรวัฒน์ ปลาเงิน และชวน จันทวาลย์ (2559). รายงานการวิจัยและการพัฒนาวิจัยการเกษตรฉบับสมบูรณ์ การพัฒนาคลองชลประทานผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานในนาสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) : สวก.
- [5] พีรวัฒน์ ปลาเงิน, ชวน จันทวาลย์, สมพร พิบูลย์ และฐกมลพัศ เชนจิวัฒนกุล (2559). รายงานกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย การถ่ายทอดเทคโนโลยีประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในงานบำรุงรักษาระบบชลประทาน. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- [6] วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2554) เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการถ่ายทอดความรู้วิชาการพื้นฐานด้านยางพาราสำหรับนักวิจัยเพื่อพัฒนาข้อเสนอโครงการวิจัยยางพารา. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 3 – 6 สิงหาคม 2554
- [7] American Society for Testing and Materials (2009) ASTM C33 Standard Specification for Concrete Aggregates, *ASTM International, Book of Standards*, Volume 04-02, West Conshohocken, PA.
- [8] วราภรณ์ ขจรไชยกูล (2549) *ยางธรรมชาติ : การผลิตและการใช้งาน* สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2554
- [9] American Society for Testing and Materials (2009) ASTM C143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. *Annual Book of ASTM Standard*, Section 4 Construction, Volume 04.02 Concrete and Aggregate.
- [10] American Society for Testing and Materials (2009) ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, *Annual Book of ASTM Standard*, Section 4 Construction, Volume 04.02 Concrete and Aggregate.
- [11] American Society for Testing and Materials (2009) ASTM C496 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens, *Annual Book of ASTM Standard*, Section 4 Construction, Volume 04.02 Concrete and Aggregate.
- [12] American Society for Testing and Materials (2009) ASTM C78 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading), *Annual Book of ASTM Standard*, Section 4 Construction, Volume 04.02 Concrete and Aggregate.
- [13] American Society for Testing and Materials (2009) ASTM C234 Standard Test Method for Comparing Concretes on the Basis of the Bond Developed with Reinforcing Steel, *Annual Book of ASTM Standard*, Section 4 Construction, Volume 04.02 Concrete and Aggregate.
- [14] American Society for Testing and Materials, 2009, ASTM C1585 Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes, *Annual Book of ASTM Standard*, Section 4 Construction, Volume 04.02 Concrete and Aggregate.