

การศึกษาและพัฒนาคู่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา Research and Development of Concrete Ditch Mixed with Rubber Latex for Farm Irrigation System

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีรวัฒน์ ปลาเงิน^{1*}
Assistant Professor Dr. Pheerawat Plangoen^{1*}
พันเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวน จันทวาลย์²
Colonel Assistant Professor Dr. Chuan Chuntavan²

^{1*}ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
38 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160

^{1*} Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Siam University
38 Petchkasem Road, Phasi Chareon District, Bangkok, 10160

²ผู้อำนวยการ กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จังหวัดนครนายก 26001

² Director, Department of Civil Engineering, Education Section, Chulachomklao Royal Military
Academy, Nakhonnayok, 26001

*Corresponding Author: pheerawat.pla@siam.edu

(Received: October 12, 2018, Revised: May 16, 2019, Accepted: May 22, 2019)

บทคัดย่อ : การศึกษาและพัฒนาคู่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นาได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (พรีวลคาไนซ์) ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ โครงสร้างจุลภาค คอนกรีตผสมน้ำยางพารา ความสามารถในการเทได้ กำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยกำหนดอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0% 1% 3% 5% 10% และ 15% (โดยน้ำหนัก) และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตระยะเวลา 28 วัน พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1% มีคุณสมบัติการรับแรงต่างๆ ดีที่สุด ได้แก่ กำลังรับแรงอัด 244 กก./ซม² กำลังรับแรงดึง 35 กก./ซม² โมดูลัสความยืดหยุ่น 46 กก./ซม² การดูดซึมน้ำร้อยละ 1.0 จากผลการศึกษาคูสมบัติของคอนกรีตในห้องปฏิบัติการจึงแนะนำให้ใช้อัตราส่วนผสมคอนกรีตสำหรับนำไปใช้งานในการหล่อคู่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยใช้น้ำยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% (โดยน้ำหนัก) สำหรับปูนซีเมนต์ 50 กก. ประกอบไปด้วยวัสดุต่างๆ ดังนี้ หยาบ 135 กก. หินกรวด 148 กก. น้ำ 29.67 กก. และน้ำยางพรีวลคาไนซ์ 0.83 กก. การศึกษาวิจัยภาคสนามได้พัฒนาคู่งน้ำผสมน้ำยางพาราแบบสำเร็จรูปและแบบตาดในที่ดินที่เปลี่ยนแปลงของเกษตรกร ความกว้างท้องคู่งน้ำ 0.40 ม. สูง 0.30 ม. และความหนา 0.07 ม. การติดตามประเมินผลเบื้องต้นการใช้งานคู่งน้ำในพื้นที่แปลงนาพบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่แปลงนาจะไหลได้สะดวกและเร็ว สามารถป้องกันการสูญเสียเนื่องจาก การรั่วซึม จึงทำให้ประสิทธิภาพการชลประทานเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : คู่งน้ำชลประทาน 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 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

คูส่งน้ำชลประทานในพื้นที่แปลงน้านับได้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างยิ่งสำหรับโครงการชลประทาน เนื่องจากโครงการชลประทานทำหน้าที่จัดสรรน้ำไปให้กับเกษตรกรเพื่อการเพาะปลูก และคูส่งน้ำ ก็ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากคลองหลักเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร ถ้าหากคูส่งน้ำชลประทานเป็นคูดินจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการรั่วซึม [3] และปัจจุบันคูส่งน้ำที่ตาดด้วยคอนกรีตมักประสบกับปัญหาการแตกร้าวตามผนัง และท้องคูส่งน้ำทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าไปสู่พื้นที่เพาะปลูกได้อย่างไม่ทั่วถึง แต่อย่างไรก็ตามการที่จะให้คูส่งน้ำทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์แบบนั้นไม่ใช่เป็นสิ่งที่ทำได้ง่าย เนื่องจากคูส่งน้ำชลประทานที่ดีจะต้องมีพื้นฐานมาจากการออกแบบและก่อสร้างที่ถูกต้องในด้านวิศวกรรม มีความ

เหมาะสมในด้านเศรษฐกิจรวมถึงมีการดูแลซ่อมแซมและบำรุงรักษาอย่างทั่วถึงขณะใช้งาน ในปัจจุบันคูส่งน้ำที่สร้างขึ้นมักเป็นคลองดินธรรมดาหรือคูตาดด้วยคอนกรีต แต่คูส่งน้ำทั้งคูดินและคูตาดด้วยคอนกรีตจะประสบปัญหาต่าง ๆ ดังนี้ คูดินเมื่อใช้งานไประยะหนึ่ง ทำให้เกิดการทับถมของตะกอนและมีโอกาสตื้นเขินได้ง่าย นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความเสียหายเนื่องมาจากการรั่วซึมของน้ำ และการพังทลายของคันคูดินส่งน้ำ ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าไปในพื้นที่เพาะปลูกลดน้อยลง สำหรับคูตาดคอนกรีตเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งมักประสบกับปัญหาการแตกร้าวตามผนัง (ภาพที่ 1) ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำ และเกิดโพรงใต้ผนังคูส่งน้ำและทำให้เกิดการทับถมของตะกอนและทำให้ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าไปสู่พื้นที่เพาะปลูกได้อย่างไม่ทั่วถึงและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของพืช



ภาพที่ 1 ลักษณะการแตกร้าวตามผนังคูส่งน้ำชลประทาน [1]

จากผลการศึกษาวิจัยประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในงานบำรุงรักษาระบบชลประทาน พีรวัฒน์ และคณะ [1,2,3] ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกลของมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ซ่อมแซมรอยแตกร้าวคลองชลประทาน [1,2] การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราผสมดินซีเมนต์สำหรับใช้เป็นวัสดุสร้างสระเก็บกักน้ำ [3] และการศึกษาการรั่วซึมของน้ำในแบบจำลองคลองชลประทานผสมน้ำยางพารา [4] พบว่าการใช้น้ำยางพาราในปริมาณที่เหมาะสมผสมในมอร์ตาร์หรือคอนกรีต ทำให้มอร์ตาร์หรือคอนกรีตมีคุณสมบัติทางกลที่ดี เช่น การรับแรงดึงและแรงดัดสูงกว่ามอร์ตาร์หรือคอนกรีตที่ไม่ผสมน้ำยางพารา และที่สำคัญพบว่าสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีกว่ามอร์ตาร์หรือคอนกรีตที่ไม่ผสมน้ำยางพารา [5] งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง Chatveera และ Wongkamjan [6] Chatveera และ Kongsub [7] ได้นำเถ้าแกลบซึ่งมีปริมาณ SiO_2 สูงมาพัฒนาเป็นวัสดุพอซโซลานเพื่อใช้ในงานคอนกรีต โดยอยู่ในรูปของการแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเถ้าแกลบบดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในปริมาณที่เหมาะสมสามารถทำให้กำลังรับแรงอัดดีขึ้นและยังมีความคงทนต่อสารละลายซัลเฟตและกรดอะซิติกดีกว่าปูนซีเมนต์ธรรมดา เนื่องจากเถ้าแกลบมีองค์ประกอบของ SiO_2 ประมาณร้อยละ 81 ขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีองค์ประกอบของ SiO_2 ประมาณร้อยละ 21 Hom Sriprasert

และ Chatveera [8] ได้ศึกษาสมบัติการรับแรงอัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ และพบว่าจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์มีจุดเด่นหลายประการ ได้แก่ ค่ากำลังอัดสูง ความสามารถในการซึมผ่านน้ำต่ำ ทนไฟ ทนทานต่อการสัมผัสสารละลายซัลเฟตและการกัดกร่อนของกรด Phoo-ngernkham และคณะ [9] ได้ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนทรายต่อวัสดุประสานต่อสมบัติของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์แทนด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ พบว่าอัตราส่วนทรายต่อวัสดุประสานที่เพิ่มขึ้นทำให้ระยะการก่อตัวจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และทำให้กำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มาก

ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาคอนกรีตผสมน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ เนื่องจากน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์มีคุณสมบัติทนทานต่อความร้อนและสภาวะแวดล้อมในธรรมชาติได้ดีกว่าน้ำยางพาราธรรมชาติ [10] การศึกษาวิจัยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ (1) ศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา (2) พัฒนาคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราตลาดในที่ใช้สำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา

2. ระเบียบวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

1) ปูนซีเมนต์ : ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2) ทราย : เป็นทรายแม่น้ำที่มีขนาดละเอียดมาตรฐาน ASTM C33 [11] ค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาพอิ่มตัวผิวแห้งเท่ากับ 2.55 และค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.92 โดยน้ำหนัก

3) หิน : เป็นหินปูนสำหรับงานก่อสร้างตามท้องตลาดมีขนาดใหญ่สุด 25 มม. ขนาดละเอียดมาตรฐาน ASTM C33 [11] ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาพอิ่มตัวผิวแห้งเท่ากับ 2.71 และค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.95 โดยน้ำหนัก

4) น้ำ : ใช้น้ำประปามีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 7

5) นํ้ายางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ [12] : นํ้ายางที่วัลคาไนซ์ในสภาวะของเหลวและขึ้นรูปเป็นยางวัลคาไนซ์ได้โดยไม่ต้องให้ความร้อนอีก นํ้ายางพรีวัลคาไนซ์ยังคงสถานะเป็นของไหลและมีลักษณะทั่วไปเหมือนเดิม การพรีวัลคาไนซ์จะให้ความร้อนแก่นํ้ายางคอมพาวด์ที่เหนือจุดเดือดของน้ำ ในตู้ความดันแต่ต่อมาเนื่องจากมีการใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความไวสูงเป็นพิเศษ จึงทำให้การทำนํ้ายางพรีวัลคาไนซ์สามารถทำได้ภายใต้ความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

2.2 สัดส่วนของคอนกรีต

การกำหนดสัดส่วนของคอนกรีตที่ใช้หล่อตัวอย่างทดสอบคุณสมบัติทางกลและใช้เป็นอัตราส่วนผสมของวัสดุสำหรับดาดคูล่งน้ำแบบในและคูล่งน้ำแบบสำเร็จรูป โดยกำหนดอัตราส่วนคอนกรีต คือ 1 : 2.7 : 3 โดยปริมาตร (ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน) และอัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.60 ดังนั้นสำหรับคอนกรีตไม่ผสมนํ้ายางพารา สำหรับปูนซีเมนต์ 50 กก. (1 ถัง) จะใช้วัสดุต่าง ๆ ดังนี้ ทราย 135 กก. หินกรวด 148 กก. และน้ำ 30 กก.

2.3 การกำหนดปริมาณนํ้ายางผสมในคอนกรีต

การศึกษาได้กำหนดอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (Polymer/Cement Ratio , P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% โดยน้ำหนัก การเตรียมปริมาณน้ำและนํ้ายางพรีวัลคาไนซ์สำหรับใช้ผสมคอนกรีต แสดงในตารางที่ 1 ปริมาณนํ้ายางที่ใช้ในการผสมคอนกรีตที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) ต่างๆ ซึ่งถ้าใช้ปูนซีเมนต์ จำนวน 50 กก. และอัตราส่วน P/C เท่ากับ 1% จะได้ปริมาณเนื้อยาง 0.5 กก. นํ้ายางพรีวัลคาไนซ์ มีค่า D.R.C. (Dry Rubber Content % by Weight) เท่ากับ 60% ดังนั้นในนํ้ายางพารา 1 กก. ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อยาง 0.60 กก. และส่วนที่เป็นน้ำ 0.40 กก. ดังนั้นปริมาณนํ้ายางที่จะใช้ผสมคอนกรีตสำหรับปูนซีเมนต์ 50

กก. จะใช้นํ้ายางเท่ากับ 0.83 กก. และน้ำที่จะใช้ในการผสมคอนกรีต 29.66 กก.

ตารางที่ 1 กำหนดอัตราส่วนของน้ำและนํ้ายางที่ใช้ผสมคอนกรีตที่ใช้

P/C	ปริมาณเนื้อยาง (กก.)	ปริมาณนํ้ายางพรีวัลคาไนซ์ (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 โครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตผสมนํ้ายางพารา

การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของคอนกรีตผสมนํ้ายางพาราด้วยเทคนิค กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy, SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดหนึ่ง ที่ถ่ายภาพชิ้นงานโดยอาศัยหลักการการกระเจิงของอิเล็กตรอนที่พุ่งเข้าชนตัวอย่างแล้วเกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกแปลงเป็นภาพที่มองเห็นได้บนจอภาพ โดยภาพที่ได้จะแสดงถึงลักษณะของผิวหน้าของตัวอย่างที่ศึกษา ซึ่งภาพที่ได้จะมีความละเอียดสูงมาก สามารถเห็นรายละเอียดของผิวหน้าของตัวอย่างได้เป็นอย่างดี การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของคอนกรีตผสมนํ้ายางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% ถูกนำไปวิเคราะห์ที่หน่วยวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของวัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)

2.5 การทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต

2.5.1 การทดสอบความสามารถในการเทได้

การทดสอบความสามารถเทได้ (Workability) ของคอนกรีตสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับความแข็ง

ของคอนกรีต ตามปกติทั่วๆ ไปนิยมใช้การทดสอบการยุบตัว (Slump Test) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต (ภาพที่ 2) โดยขั้นตอนทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C143 [13] เพื่อกำหนดและควบคุมความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยปกติค่าการยุบตัวของคอนกรีตให้อยู่ในมาตรฐานการใช้งานทั่วไปซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 7.5-12.5 ซม. (+/-2.5 ซม.) โดยการทดสอบความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตและคอนกรีตผสมน้ำยาง



ภาพที่ 2 การทดสอบความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตโดยวิธีการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต

2.5.2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

การทดสอบหาลำดับรับแรงอัดของคอนกรีตเป็นการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ โดยกำหนดคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ดังนี้ ปริมาณเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารารูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15 ซม. x 15 ซม. x 15 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM C39 [14] และบ่มตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน จำนวนชิ้นงานตัวอย่างทดสอบกรณีละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 18 ตัวอย่าง หลังจากนั้นนำชิ้นตัวอย่างทดสอบให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของน้ำหนักกดจนกระทั่งชิ้นตัวอย่างทดสอบถึงจุดประลัยบันทึกค่าน้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบสามารถรับได้ (ภาพที่ 3) พร้อมทั้งบันทึกอุปลักษณะการแตกของชิ้นตัวอย่าง

ทดสอบและคำนวณหาความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ ดังสมการที่ 1

$$f_c = P_u / A \quad (1)$$

โดยที่

f_c คือ ความต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, กก./ซม.²

P_u คือ น้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบรับได้, กก.

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่รับน้ำหนักกดของชิ้นตัวอย่างทดสอบ, ซม.²



ภาพที่ 3 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

2.5.3 การทดสอบกำลังรับแรงดึง

การศึกษานี้ได้ทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีตด้วยวิธีผ่าซีก (Splitting Test) ได้ทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ทดสอบหาลำดับรับแรงดึงของคอนกรีต ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบรูปทรงกระบอกมาตรฐาน เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. (ภาพที่ 4) ตามมาตรฐาน ASTM C496 [15] โดยกำหนดตัวอย่างชิ้นงานทดสอบที่มีอัตราส่วนปริมาณเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% จำนวนชิ้นงานตัวอย่างทดสอบกรณีละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 18 ตัวอย่าง นำตัวอย่างคอนกรีตที่บ่มครบตามระยะเวลาที่กำหนด 28 วัน มาทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของชิ้นตัวอย่างทดสอบ วางชิ้นตัวอย่างลงบนเครื่องทดสอบ (Universal Testing Machine) ให้ได้

ศูนย์กลางบนแท่งทดสอบ กดขึ้นตัวอย่างทดสอบอย่างช้า ๆ จนกระทั่งแตก (ภาพที่ 4) แล้วบันทึกแรงกดสูงสุดและคำนวณหาค่ากำลังดึงของคอนกรีตดังสมการที่ 2

$$T = 2P/(\pi ld) \quad (2)$$

โดย

T คือ กำลังดึงแยก, กก./ซม.²

P คือ แรงกดสูงสุด, กก.

l คือ ความยาวของชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอก, ซม.

d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่างรูปทรงกระบอก, ซม.



ภาพที่ 4 ตัวอย่างทดสอบและการทดสอบกำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

2.5.4 การทดสอบกำลังรับแรงดัด

การทดสอบหาค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นหรือการหาค่าแรงดัดของคอนกรีตใช้วิธี Simple Beam ทำการหล่อขึ้นตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยาพารา ที่อัตราส่วน P/C เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% สำหรับใช้ทดสอบหาค่ากำลังดัดของคอนกรีต ตัวอย่างรูปคานทดสอบ ขนาด 15 ซม. x 15 ซม. x 50 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM C78 [16] จำนวนชิ้นงานตัวอย่างทดสอบกรณีละ 3 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 18 ตัวอย่างที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน เมื่อครบระยะเวลาการบ่มแล้ว นำแท่งทดสอบตัวอย่างรูปคาน ติดเข้ากับเครื่องทดสอบ โดยความยาวของ Span length ต้องไม่ต่ำกว่า 3 เท่าของความลึกของแท่งตัวอย่าง จัดแท่งทดสอบบนให้ตรงกับกึ่งกลางคาน ในกรณีที่ใช้วิธี Center Point Loading เปิดเครื่องกดเพิ่มแรงกดบนแท่ง

ตัวอย่างอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งแท่งตัวอย่างแตก (ภาพที่ 5) วัดขนาดของแท่งตัวอย่างที่หน้าตัดที่แตกและคำนวณหาค่ากำลังรับแรงดัดของคอนกรีต ดังสมการที่ 3

$$\sigma = 6M / bd^2 \quad (3)$$

โดย

σ คือ กำลังรับแรงดัด, กก./ซม.²

M คือ ค่าโมเมนต์สูงสุด, กก.ซม.

b คือ ความกว้างเฉลี่ยของแท่งตัวอย่างที่หน้าตัดที่แตก, ซม.

d คือ ความลึกเฉลี่ยของแท่งตัวอย่างที่หน้าตัดที่แตก, ซม.



ภาพที่ 5 การทดสอบกำลังรับแรงดัดของคอนกรีต

2.5.5 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตเพื่อหาค่าแรงยึดเหนี่ยวของเหล็กเสริมชนิดข้ออ้อยที่ฝังอยู่ในก้อนคอนกรีตตัวอย่าง โดยวิธีการดึง (Pull-Out Test) ทำการหล่อขึ้นตัวอย่างคอนกรีต รูปทรงลูกบาศก์ขนาด 15 ซม. x 15 ซม. x 15 ซม. (รูปที่ 6) ซึ่งฝังเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM C 234 [17] ตัวอย่างก้อนคอนกรีตทดสอบผสมน้ำยาพาราที่อัตราส่วน P/C เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน การทดสอบทำการติดตั้งก้อนตัวอย่างเข้ากับ Bond-Test Apparatus และหัวจับของ Testing Machine เริ่มเปิดเครื่องให้แรงดึงกับเหล็กเสริมบันทึกค่าแรงดึงที่ให้และระยะเลื่อนของเหล็กเสริม ทุก ๆ 0.02 มม. จนกระทั่ง

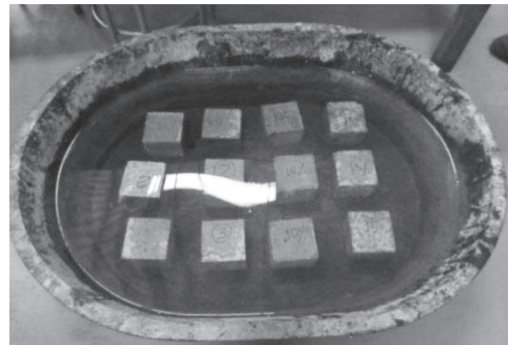
แรงดึงที่ใช้ถึงจุดสูงสุด (ภาพที่ 6) เขียนกราฟระหว่างแรงยึดเหนี่ยวกับระยะเลื่อนไถลและคำนวณหาค่ากำลังยึดเหนี่ยวสูงสุดจากการหารค่าแรงดึงสูงสุดด้วยพื้นที่ผิวของเหล็กเสริมที่สัมผัสกับคอนกรีต



ภาพที่ 6 การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตผสมน้ำยางต่อเหล็กเสริม

2.5.6 การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีต
การทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C1585 [18] เพื่อศึกษาร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตโดยการแช่น้ำ โดยทำการหล่อแบบทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีต ในแบบหล่อขนาด 10 ซม. x 10 ซม. x 10 ซม. กำหนดอัตราส่วนของน้ำเนื้อยาคือปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน หลังจากบ่มได้ระยะเวลาที่กำหนด ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบ และแช่ตัวอย่างทดสอบลงในน้ำให้ท่วมเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 7) เมื่อครบกำหนดเวลา ทำการเช็ดตัวอย่างทดสอบด้วยผ้า จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างทดสอบให้เสร็จสิ้นภายใน 5 นาที และทำการคำนวณร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตดังสมการที่ 4 ร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีต = $(w' - w_s) / w_s \times 100$ (4)

โดยที่ w' คือ น้ำหนักคอนกรีตหลังจากแช่น้ำ (กรัม)
 w_s คือ น้ำหนักคอนกรีตที่อบแห้ง (กรัม)

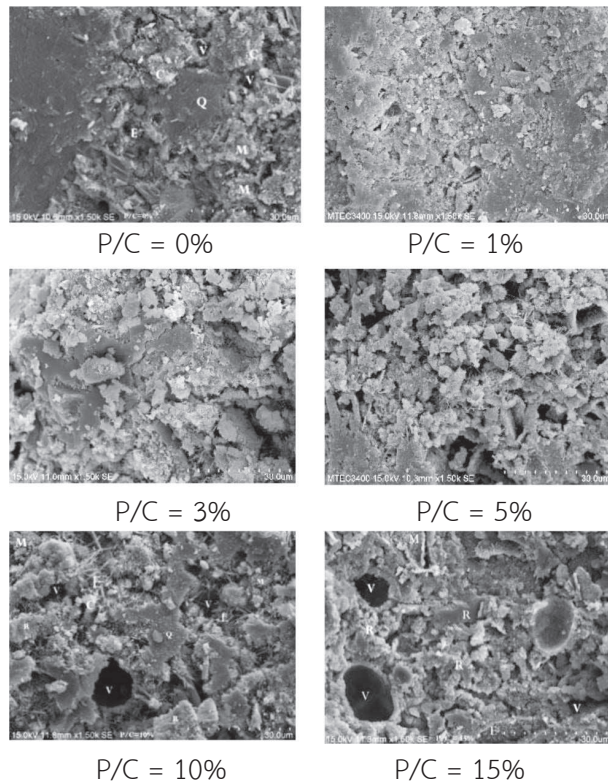


ภาพที่ 7 ทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยาง

3. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

3.1 โครงสร้างจุลภาค (Microstructure)

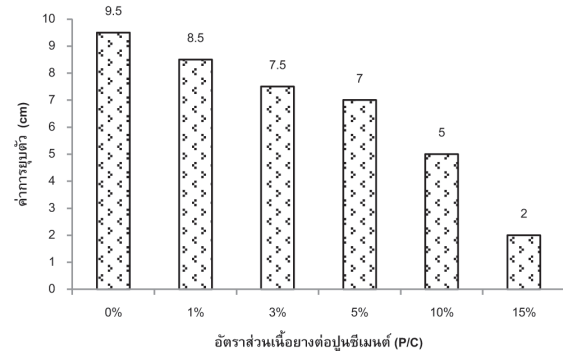
ผลการศึกษากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ที่กำลังขยาย 1500 เท่า แสดงในภาพที่ 8 ซึ่งเป็นภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารา (P/C=0%) จะเห็นได้ว่าโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมน้ำยางพารา มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันน้อยและพบว่ามีช่องว่างเล็กๆ จากการวิเคราะห์แร่ธาตุ โดยวิธีเอกซเรย์ สเปกโตรสโคปีแบบกระจายพลัง (Energy Dispersive Spectroscopy X-ray Spectroscopy, EDS) พบว่ามีแร่แคลไซต์ (C) แร่ควอตซ์ (Q) ไมโครไคลน์ (M) และโพรงช่องว่าง (V) สำหรับภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา P/C เท่ากับ 1% พบโครงสร้างจุลภาคของผิวคอนกรีตผสมน้ำยางพารามีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน จากภาพที่ 8 ลักษณะภาพถ่ายจุลทรรศน์ของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา P/C เท่ากับ 5%, 10% และ 15% จะเห็นได้ว่าเนื้อยาคือปูนซีเมนต์คอนกรีตเข้ากันไม่เต็มที่และมีโพรงช่องว่างอยู่ทั่ว (V) และมีเอทริงไกต์ (Ettringite) ผลึกเข็ม (E) ยังไม่รวมกันเป็นโครงสร้างแน่นมีเนื้อยาคือปูนซีเมนต์มากขึ้น จะเห็นได้ชัดเจนว่าเนื้อยาคือปูนซีเมนต์มีอิทธิพลต่อพื้นผิวของคอนกรีต ทำให้เห็นเนื้อยาคือปูนซีเมนต์มากขึ้น มีความไม่สม่ำเสมอและลักษณะของเนื้อยาคือปูนซีเมนต์เข้ากันกับวัสดุอื่นได้ไม่ดี ทำให้มีโพรงช่องว่างมากขึ้น



ภาพที่ 8 ภาพถ่ายจุลทรรศน์แบบส่องกราดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา กำลังขยาย 1500 เท่า

3.2 ความสามารถในการเทได้

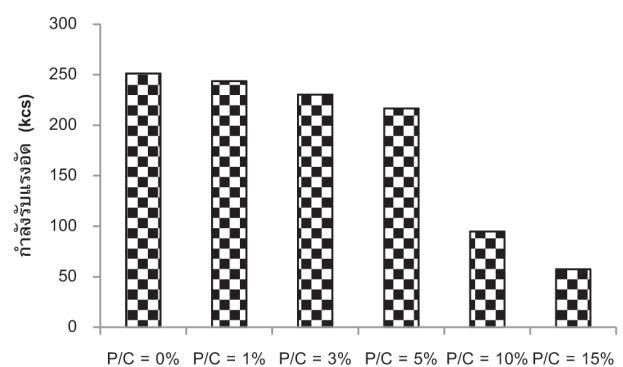
ผลการทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตแสดงในภาพที่ 9 ค่าการยุบตัวคอนกรีตมาตรฐานที่ไม่ผสมน้ำยางพารา (P/C = 0%) เท่ากับ 9.5 เซนติเมตร ในขณะที่คอนกรีตที่ผสมน้ำยางพารามีค่าการยุบตัวลดลงตามการเพิ่มปริมาณน้ำยางพาราที่ผสมในคอนกรีต พบว่าการผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) 1% - 5% ค่าการยุบตัวจะอยู่ในช่วงมาตรฐานเท่ากับ 8.5, 7.5 และ 7 ซม. ที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ 1%, 3% และ 5% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผสมน้ำยางพาราในคอนกรีต P/C มากกว่า 5% ค่าการยุบตัวคอนกรีตจะลดลงต่ำกว่าข้อกำหนด



ภาพที่ 9 ค่าความสามารถในการเทได้คอนกรีตโดยวิธี Slump Test

3.3 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา พบว่าความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราลดลงดังแสดงในภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่ากำลังอัดของคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารา (P/C = 0%) มีค่ากำลังรับแรงอัด 250 กก./ชม.² แต่คุณสมบัติการรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1%, 3% และ 5% ได้ค่ากำลังรับแรงอัด 244 กก./ชม.², 230 กก./ชม.² และ 217 กก./ชม.² ตามลำดับ ซึ่งลดลงประมาณ 3% - 17% และเมื่อผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ 10% และ 15% พบว่าความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตลดลงเหลือเพียง 95 กก./ชม.²

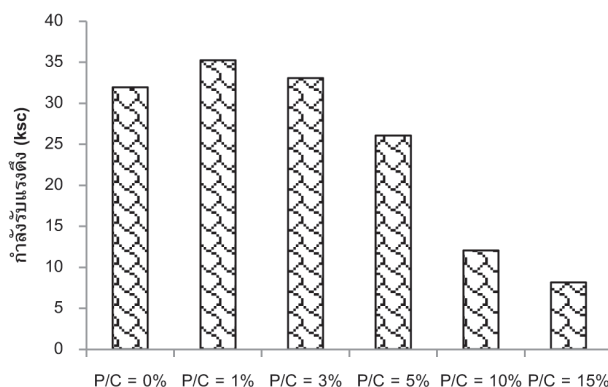


ภาพที่ 10 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมน้ำยางระยะการบ่ม 28 วัน

และ 58 กก./ชม.² สาเหตุที่ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลงมากเนื่องจากในคอนกรีตมีปริมาณเนื้อยางค่อนข้างมากและมีโพรงช่องว่างในเนื้อคอนกรีตจึงส่งผลกระทบต่อกำลังอัดของคอนกรีต

3.4 กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต

ผลการทดสอบแรงดึงคอนกรีตผสมน้ำยางที่ระยะการบ่ม 28 วัน ได้แสดงในภาพที่ 11 พบว่าคอนกรีตมาตรฐาน (P/C = 0%) มีค่ากำลังรับแรงดึง 32 กก./ชม.² และคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% และ 3% มีกำลังรับแรงดึงสูงสุด คือ 35 กก./ชม.² และ 33 กก./ชม.² ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าคอนกรีตมาตรฐานที่ไม่ได้ผสมน้ำยาง ประมาณ 1-3 กก./ชม.² แต่กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วน P/C ตั้งแต่ 5% ขึ้นไป ส่งผลทำให้ค่ากำลังรับแรงดึงลดลงอย่างต่อเนื่อง

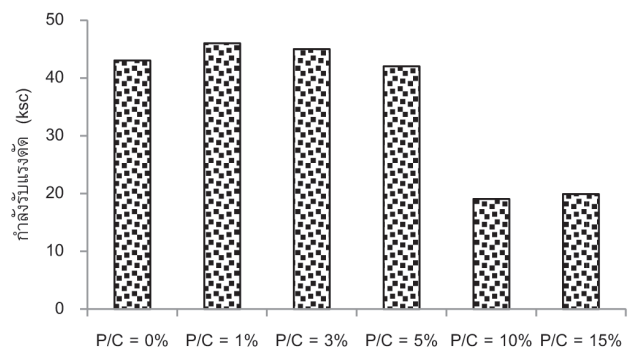


ภาพที่ 11 กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตผสมน้ำยางที่ระยะการบ่ม 28 วัน

3.5 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีต

ผลการทดสอบกำลังดัดหรือค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ระยะการบ่ม 28 วัน (ภาพที่ 12) พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% ให้ค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดเท่ากับ 46 กก./ชม.² แต่คอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารามีค่ากำลังรับแรงดัด 43 กก./ชม.² และคอนกรีตผสมน้ำ

ยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 10% และ 15% มีค่ากำลังรับแรงดัดค่อนข้างต่ำ 19 กก./ชม.² และ 20 กก./ชม.² จะเห็นได้ว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% และ 3% และ 5% จะมีคุณสมบัติการรับแรงดัดของคอนกรีตสูงกว่าเมื่อเทียบกับคอนกรีตมาตรฐาน แต่คอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนมากกว่า 5% ทำให้คุณสมบัติการรับแรงดัดของคอนกรีตลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตมาตรฐาน เนื่องจากปริมาณเนื้อยางที่มากเกินไปทำให้เกิดโพรงช่องว่างในเนื้อคอนกรีตที่แข็งตัวจึงส่งผลกระทบต่อแรงดัดของคอนกรีต กำลังรับแรงดัดมีลักษณะสอดคล้องกับกำลังรับแรงอัดและแรงดึงของคอนกรีตกล่าวคือเมื่อผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตลดลง แต่เป็นที่น่าสนใจถ้าผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วน 1% – 3% ทำให้คุณสมบัติการรับแรงดัดของคอนกรีตสูงขึ้นประมาณ 5% – 7%

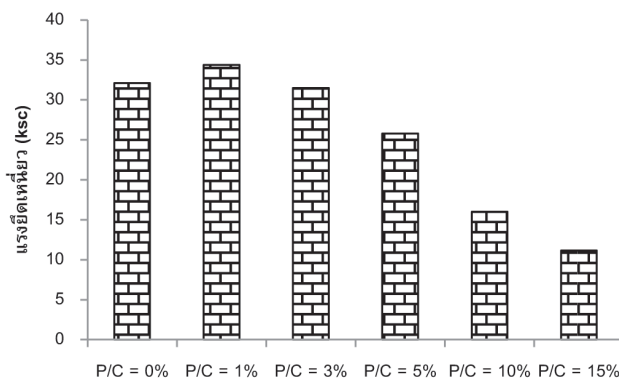


ภาพที่ 12 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตผสมน้ำยางที่ระยะการบ่ม 28 วัน

3.6 แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวคอนกรีตต่อเหล็กเสริมเป็นแรงต้านทานที่เกิดจากการยึดติดกันกับซีเมนต์ที่แข็งตัวแล้วได้ทำการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราของเหล็กข้ออ้อย ผลการทดสอบพบว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพาราต่อเหล็กเสริมมีค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 32 กก./ชม.² และคอนกรีต

ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% (ภาพที่ 13) ให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวเท่ากับ 34, 31, 26, 16 และ 11 กก./ซม.2 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% มีค่าแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริมสูงสุดซึ่งมากกว่าคอนกรีตมาตรฐานประมาณ 6% - 8% และเมื่อคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 10% และ 15% มีค่าแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริมลดลงจากคอนกรีตมาตรฐานประมาณ 50% - 65%

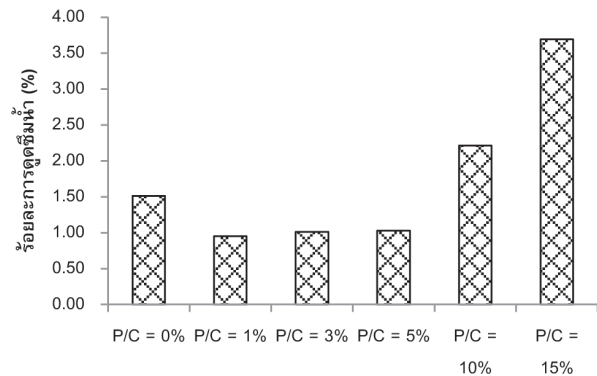


ภาพที่ 13 กำลังรับแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม

3.7 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

ผลการเปรียบเทียบการร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 14 พบว่าร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพารา 1.50% และเมื่อเทียบกับคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 10% และ 15% ได้ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ 2.21% และ 3.69% ซึ่งสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมน้ำยางพารา (ภาพที่ 14) ประมาณ 0.71% - 2.18% แต่คอนกรีตผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1%, 3% และ 5% มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 0.95%, 1.01%

และ 1.03% ซึ่งร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำกว่าคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพาราแสดงให้เห็นว่าการผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนที่เหมาะสมประมาณ 1% - 5% จะทำให้



ภาพที่ 14 ร้อยละการดูดซึมน้ำของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

คอนกรีตมีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ดังภาพที่ 8 ภาพถ่ายโครงสร้างพื้นผิวคอนกรีตผสมน้ำยางพารา กำลังขยาย 1500 เท่า ใช้จุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) โดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์มากกว่า 5% ลักษณะพื้นผิวคอนกรีตจะมีช่องว่างหรือรูพรุนที่มากกว่าคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วน P/C เท่ากับ 1% - 5% ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำต่ำ

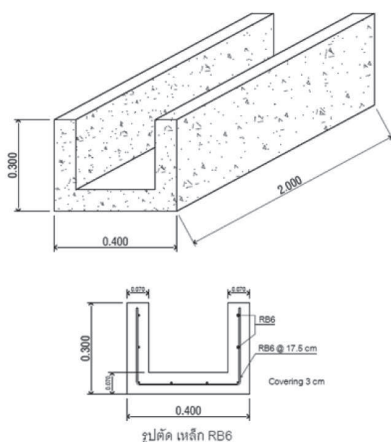
4. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้ทำการเลือกอัตราส่วนผสมของคอนกรีตจากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในห้องปฏิบัติการได้ทำการเลือกอัตราส่วนของเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก เนื่องจากผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วน P/C เท่ากับ 1% มีคุณสมบัติทางกลและป้องกันการรั่วซึมของน้ำ

ได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับคอนกรีตไม่ผสมน้ำยางพาราและคอนกรีตที่ผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วน P/C เท่ากับ 3%, 5%, 10% และ 15% [4] ดังนั้นจึงใช้อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1% โดยน้ำหนัก ผสมในคอนกรีตสดสำหรับใช้เป็นวัสดุหล่อคูล่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราแบบสำเร็จรูป และทำการติดตั้งคูล่งน้ำสำเร็จรูปในพื้นที่แปลงนาของเกษตรกรที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่

4.1 ขนาดหน้าตัดและความยาวของคูล่งน้ำสำเร็จรูป

หลักเกณฑ์การออกแบบรูปร่างและพื้นที่หน้าตัดของคูล่งน้ำ ปกติกำหนดขนาดกันคูล่งน้ำ เริ่มจาก 30 ซม., 40 ซม. และ 50 ซม. [19] สำหรับการศึกษานี้ได้กำหนดคูล่งน้ำหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกันคูล่งน้ำ 40 ซม. ความสูง 30 ซม. ความหนาของคูล่งน้ำ 7 ซม. ความยาวของคูล่งน้ำ 2 ม. และเสริมเหล็กกลมขนาด 6 มม. ดังแสดงในภาพที่ 15 การทำแบบหล่อคูล่งน้ำ ได้กำหนดขนาด



ภาพที่ 15 รูปแปลนคูล่งน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ของคูล่งน้ำตามภาพที่ 15 ใช้ไม้อัดและไม้เนื้ออ่อนทำแบบหล่อคอนกรีต โดยแยกทำที่ละด้าน ประกอบด้วยชิ้นส่วนดังต่อไปนี้ ด้านข้างของแบบหล่อทั้งสองด้านและด้านล่างของแบบหล่อ หลังจากที่ได้เกษตรกรได้ทำแบบหล่อคอนกรีตเสร็จ ทำการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และเทลงในแบบหล่อคูล่งน้ำที่ได้เตรียมไว้แล้ว ดังภาพที่ 16 และปล่อยให้คอนกรีตผสมน้ำยางพาราแข็งตัวประมาณ 24 ชั่วโมง จึงทำการถอดแบบคูล่งน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 17 และหลังจากถอดแบบแล้วทำการบ่มคูล่งน้ำโดยใช้กระสอบป่านชุบน้ำให้เปียกทุกวัน บ่มเป็นเวลา 28 วัน



ภาพที่ 16 การประกอบแบบหล่อและเทคอนกรีตผสมน้ำยางพารา



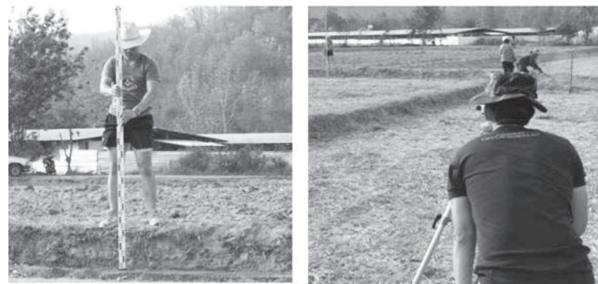
ภาพที่ 17 คูส่งน้ำหลังจากที่ถอดแบบเรียบร้อยแล้วและทำการบ่ม 28 วัน

4.2 การปรับพื้นที่แปลงนา

การติดตั้งคูส่งน้ำสำเร็จรูปในพื้นที่แปลงนา จะต้องทำการปรับระดับพื้นที่แปลงนาให้ได้ระดับก่อนที่จะมีการติดตั้งคูส่งน้ำ โดยใช้รถแทรกเตอร์ไถเปิดหน้าดินตามแนวคูส่งน้ำที่ได้กำหนดไว้ (ภาพที่ 18) หลังจากนั้นทำการปรับระดับหน้าดินในพื้นที่นาโดยใช้รถแทรกเตอร์ เมื่อปรับระดับแปลงนาได้ระดับแล้วทำวัดระดับความลาดชันด้วยกล้องวัดระดับ สำหรับเตรียมฐานดินเพื่อวางคูส่งน้ำสำเร็จรูป หรือความลาดชันของท้องคูส่งน้ำ (ภาพที่ 19) เมื่อได้ระดับความลาดชันตามที่กำหนดไว้ เกษตรกรใช้ทรายปรับระดับความลาดชันของท้องคูส่งน้ำก่อนที่จะมีการวางคูส่งน้ำสำเร็จรูป



ภาพที่ 18 ปรับหน้าดินในพื้นที่นาโดยใช้รถแทรกเตอร์



ภาพที่ 19 กำหนดความลาดของท้องคูส่งน้ำโดยใช้กล้องวัดระดับ

4.3 การติดตั้งคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

การติดตั้งคูส่งน้ำสำเร็จรูปได้ทำการเคลื่อนย้ายคูส่งน้ำด้วยรถบรรทุก (ภาพที่ 20) และนำไปวางบนฐานดินหรือทรายที่ได้ทำการบดอัดให้แน่นเรียบร้อยแล้ว โดยการนำคูส่งน้ำสำเร็จรูปไปวางเรียงต่อกันเป็นแนวให้ได้ระดับและความยาวตามที่กำหนดไว้ หลังจากทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้วจะได้แนวคูส่งน้ำ แสดงในภาพที่ 21-22 ซึ่งเป็นคูส่งน้ำที่ได้วางบนฐานทรายบดอัด แต่ยังไม่ได้ทำการยาแนวตามรอยต่อของคูส่งน้ำ ดังภาพที่ 23 เกษตรกรทำการผสมวัสดุยาแนวคูส่งน้ำหรือมอร์ตาร์ผสมน้ำยางพารา เกษตรกรใช้วัสดุยาแนวทำการยาแนวรอยต่อคูส่งน้ำตลอดความยาวคูส่งน้ำเพื่อให้คูส่งน้ำเชื่อมติดกัน และป้องกันการรั่วซึมของน้ำ และใช้รถแทรกเตอร์ไถเปิดหน้าดินสำหรับถมทำคันดินคูส่งน้ำในแปลงนาตลอดความยาวคูส่งน้ำ (ภาพที่ 24) และภาพที่ 25 คูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่ได้ทำคันดินและพร้อมที่จะใช้งานในพื้นที่แปลงนา



ภาพที่ 20 เคลื่อนย้ายคูส่งน้ำสำเร็จรูปด้วยรถบรรทุก



ภาพที่ 21 การติดตั้งคูส่งน้ำสำเร็จรูปผสมน้ำยางพารา



ภาพที่ 22 ตัวอย่างคูส่งน้ำสำเร็จรูปที่ได้ทำการติดตั้งในแปลงนา



ภาพที่ 23 เกษตรกรทำการยาแนวรอยต่อคูส่งน้ำ



ภาพที่ 24 รถแทรกเตอร์ไถเปิดหน้าดินสำหรับทำคันคูส่งน้ำ

5. การติดตามประเมินผลคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา

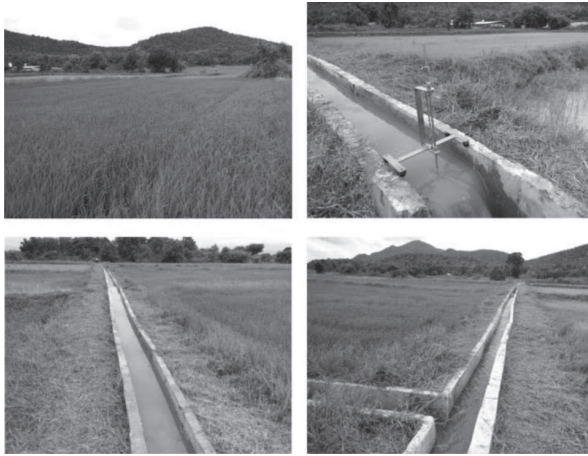
คณะนักวิจัยได้ติดตามประเมินผลการใช้งานคูส่งน้ำในพื้นที่ศึกษาวิจัยสำหรับฤดูการเพาะปลูกข้าวนาปี (กรกฎาคม – ตุลาคม 2560) จากภาพที่ 25 ภาพคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่ได้ติดตั้งในพื้นที่แปลงนาในช่วงเดือน พฤษภาคม – มิถุนายน 2559 และภาพที่ 26 คูส่งน้ำส่งน้ำขณะใช้งานจริงอยู่ในช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของเกษตรกร (เดือนสิงหาคม)



ภาพที่ 25 คูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราพร้อมใช้งานในพื้นที่แปลงนา



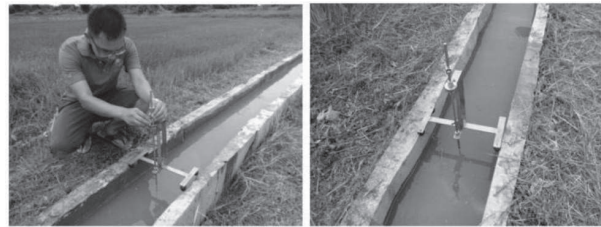
ภาพที่ 26 คูส่งน้ำหลังจากก่อสร้างและคูส่งน้ำขณะใช้งาน



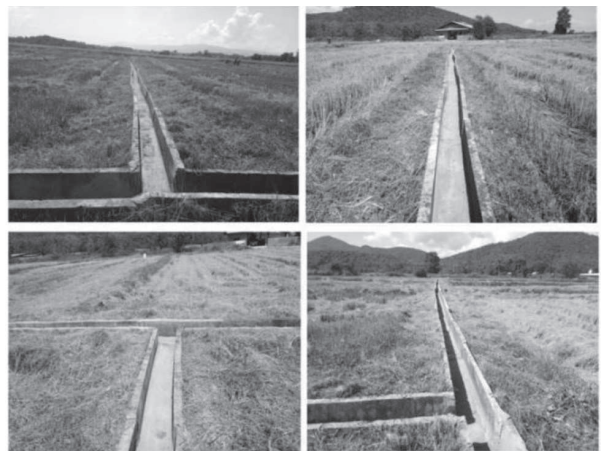
ภาพที่ 27 ภาพคูส่งน้ำขณะใช้งานและบริเวณโดยรอบ

จากการติดตามประเมินผลเบื้องต้นการใช้งานคูส่งน้ำในพื้นที่แปลงนา พบว่าปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่พื้นที่แปลงนาจะไหลได้สะดวกและเร็วเมื่อเทียบกับคูส่งน้ำที่เป็นคูดิน และการรั่วซึมของน้ำในคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยาพารา มีปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับคูส่งน้ำคอนกรีตและมีการไหลของน้ำที่ค่อนข้างสะดวกและรวดเร็วทำให้ปริมาณน้ำส่งเข้าสู่พื้นที่แปลงนาได้อย่างเต็มที่และมีการสูญเสียน้ำขณะส่งน้อย จึงทำให้ต้นข้าวได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต แต่อย่างไรก็ตามขณะติดตามประเมินผลพบว่าปัญหาที่สำคัญได้แก่การเจริญเติบโตของวัชพืชตามคันคูส่งน้ำมีการขึ้นตามคันคูและปกคลุมคูส่งน้ำเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำในคูส่งน้ำและการใช้งาน ดังนั้นเกษตรกรจะต้องมีการกำจัดวัชพืชตามคันคูส่งน้ำอย่างสม่ำเสมอในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก ภาพที่ 27 พื้นที่แปลงนาที่ได้ติดตั้งคูส่งน้ำต้นแบบซึ่งได้รับน้ำจากคูส่งน้ำในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก และภาพที่ 28 ทำการวัดความลึกสูงสุดของน้ำในคูส่งน้ำขณะใช้งาน ซึ่งพบว่าระดับน้ำสูงสุดในคูส่งน้ำอยู่ต่ำกว่าผนังคูส่งน้ำ ประมาณ 5 - 7 ซม. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคูส่งน้ำที่ออกแบบและใช้งานสามารถรับปริมาณน้ำสูงสุดได้โดยปริมาณน้ำจะไม่ล้นผนังคูส่งน้ำ สำหรับภาพที่ 29 เป็นการติดตามประเมินผลคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยาพาราในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ช่วงเดือน

ธันวาคม 2560 จะเห็นได้ว่า สภาพของคูส่งน้ำคอนกรีตอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ปกติไม่พบการแตกร้าวตามผนังและท้องคูส่งน้ำ สภาพคูส่งน้ำพร้อมที่จะใช้งานได้ในช่วงฤดูกาลเพาะปลูกต่อไป



ภาพที่ 28 วัดระดับความลึกของน้ำในคูส่งน้ำ



ภาพที่ 29 ภาพติดตามประเมินผลการใช้งานคูส่งน้ำ ปีที่ 2 หลังฤดูกาลเก็บเกี่ยว (ธันวาคม 2560)

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

การศึกษาและพัฒนาคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยาพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา จากผลการศึกษาคูผสมบัติน้ำยาพาราและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยาพารา และการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ภาคสนาม สรุปได้ดังนี้

1) ผลการศึกษาคูผสมบัติน้ำยาพาราและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยาพารา พบว่าคอนกรีตผสมน้ำยาพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C)

1% โดยน้ำหนัก ให้คุณสมบัติทางกลและดูดซึมน้ำดีที่สุด ประกอบด้วย กำลังรับแรงอัด 244 กก./ชม.² กำลังรับแรงดึง 35 กก./ชม.² กำลังรับแรงดัด 46 กก./ชม.² แรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตต่อเหล็กเสริม 34 กก./ชม.² ความสามารถในการเทได้ ค่าการดูดซึมน้ำ 1%

2) อัตราส่วนของคอนกรีตที่ใช้หล่อคูล่งน้ำใช้คอนกรีตส่วนผสม 1 : 2.7 : 3 โดยปริมาตร อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.6 และอัตราส่วนเนื้อยางตอปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1% สำหรับปูนซีเมนต์ 50 กก. (1 ถุง) จะใช้วัสดุต่างๆ ดังนี้ หินกรวด 135 กก. หินกรวด 148 กก. น้ำ 29.67 กก. และน้ำยางพริวัลคาไนซ์ 0.83 กก. ซึ่งได้แนะนำให้เกษตรกรใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับหล่อคูล่งน้ำสำเร็จรูป โดยขนาดคูล่งน้ำมีความยาว 2 ม. ความสูง 30 ซม. ความกว้าง 40 ซม. และความหนาของคูล่งน้ำ 7 ซม. และเสริมเหล็กกลมขนาด 6 มม. ผลการวิเคราะห์ราคาต้นทุนค่าก่อสร้างคูล่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา 820 บาทต่อความยาว 1 ม. และราคาค่าก่อสร้างคูล่งน้ำคอนกรีตมาตรฐานเท่ากับ 710 บาทต่อความยาว 1 ม.

3) ได้ทำการติดตั้งคูล่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำเร็จรูป มีความยาวประมาณ 150 ม. ในแปลงนาของเกษตรกร ที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่ และได้ทำการติดตามประเมินผลการใช้งานของคูล่งน้ำต้นแบบที่ได้ทำการติดตั้งในแปลงนา ระยะในช่วงฤดูการเพาะปลูกข้าวของเกษตรกร (เดือนสิงหาคม) พบว่าคูล่งน้ำที่ได้ติดตั้งในแปลงนามีความสามารถในการส่งน้ำเข้าแปลงนาได้เป็นอย่างดี และลดการรั่วซึมของน้ำได้ดีจึงทำให้ปริมาณน้ำไหลเข้าสู่แปลงนาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามิวชพีขึ้นตามคันคูล่งน้ำ ดังนั้นเกษตรกรควรหมั่นกำจัดวัชพืชตามคันคูล่งน้ำในฤดูฝน

6.2 ข้อเสนอแนะ

1) การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ควรใช้คอนกรีตผสมน้ำยางพาราครั้งเดียวกันสำหรับหล่อขึ้นงานทดสอบ และการบ่มขึ้นงานตัวอย่างคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ไม่ควรบ่มในน้ำหรือบ่มด้วยพลาสติก ควรบ่มโดยการปล่อยทิ้งไว้ให้ครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้วจึงนำไปทดสอบ เนื่องจากถ้าบ่มด้วยน้ำหรือพลาสติกจะทำให้เนื้อยางในคอนกรีตมีความชื้น เวลานำไปทดสอบจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ แต่สำหรับการบ่มคูล่งน้ำสำเร็จรูปแนะนำให้ใช้กระสอบป่านชุบน้ำให้เปียกแล้วคลุมคูล่งน้ำ

2) การผสมน้ำยางในคอนกรีตจะต้องผสมน้ำและน้ำยางรวมกันก่อนเพื่อลดความเข้มข้นของน้ำยาง และการผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางตอปูนซีเมนต์ (P/C) มากกว่า 5% ควรใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในน้ำยางพาราเพื่อไม่ให้น้ำยางจับตัวกับปูนซีเมนต์และทำให้เป็นก้อนยางขึ้นเล็กๆ ในคอนกรีต

3) ควรใช้แบบหล่อคูล่งน้ำที่เป็นแบบหล่อเหล็ก หรือทำแบบหล่อสำเร็จรูปที่เป็นแบบหล่อเหล็ก จะทำให้ได้ขนาดคูล่งน้ำที่ได้มาตรฐาน

4) ควรมีการวางแผนการศึกษาวิจัยในระดับแปลงนา เช่น ช่วงเวลาที่จะทำการปรับพื้นที่แปลงนา ช่วงเวลาในการติดตั้งคูล่งน้ำในแปลงนา ควรหลีกเลี่ยงการทำการปฏิบัติงานในช่วงฤดูฝนหรือฤดูการเพาะปลูกของเกษตรกร เนื่องจากปริมาณฝนและน้ำในคลองชลประทานจะเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงานภาคสนามได้

5) ควรมีการติดตามประเมินผลการใช้งานคูล่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพาราในพื้นที่แปลงนาหลังจากติดตั้งใช้งาน ในระยะเวลา 2 - 3 ปี เพื่อสรุปผลการใช้งานจริงและนำไปสู่การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาและกลุ่มเกษตรกรผู้สนใจ ฯลฯ

7. กิตติกรรมประกาศ

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

8. บรรณานุกรม

- (1) พีรวัฒน์ ปลายเงิน 2558. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้านภัยแล้ง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- (2) พีรวัฒน์ ปลายเงิน, ขวน จันทวาลย์, สมพร พิบูลย์ และรุกลพัศ เจนจิวัฒน์กุล 2559. การถ่ายทอดเทคโนโลยีประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในงานบำรุงรักษาระบบชลประทาน. วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า, ฉบับที่ 14, หน้า 117 - 129.
- (3) พีรวัฒน์ ปลายเงิน 2549. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การศึกษาการรั่วซึมของน้ำในแบบจำลองคลองชลประทานผสมน้ำยางพารา. โครงการวิจัยแห่งชาติ : ยางพารา, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (สกว.).
- (4) พีรวัฒน์ ปลายเงิน และขวน จันทวาลย์ 2559. รายงานการวิจัยและการพัฒนาวิจัยการเกษตรฉบับสมบูรณ์ การพัฒนาคลองชลประทานผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) : สวก.
- (5) พีรวัฒน์ ปลายเงิน, ขวน จันทวาลย์, สมพร พิบูลย์ และรุกลพัศ เจนจิวัฒน์กุล 2559. รายงานกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยการถ่ายทอดเทคโนโลยีประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในงานบำรุงรักษาระบบชลประทาน. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- (6) B. Chatveera, W. Wongkamjan, 2001. Mechanical Behavior of Fine RHA Concrete, *KMUTT Research and Development Journal*, 24 (3), p. 327-342.
- (7) ณ B. Chatveera, T. Kongsu, 2002. Durability of Concrete Containing Black RHA from Rice Mill, *KMUTT Research and Development Journal*, 25 (4), p. 374-389.
- (8) W. Homsriprasert, B. Chatveera, 2016. Mechanical Properties of Fly Ash-based Geopolymer Mortar with Electric Oven Curing under Sodium Sulfate and Magnesium Sulfate Attacks, *KMUTT Research and Development Journal*, 39 (2), p. 271-286.
- (9) T. Phoo-ngernkham, S. Hanjitsuwan, P. Chindaprasit, 2016. Influence of Sand to Binder Ratio on Properties of Geopolymer Mortar Containing Portland Cement, *KMUTT Research and Development Journal*, 39 (2), p. 127-137.
- (10) วราภรณ์ ขจรไชยกูล 2554. เอกสารประกอบการบรรยาย โครงการถ่ายทอดความรู้วิชาการพื้นฐานด้านยางพาราสำหรับนักวิจัยเพื่อพัฒนาข้อเสนอโครงการวิจัยยางพารา. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 3 - 6 สิงหาคม 2554.
- (11) American Society for Testing and Materials, 2009. ASTM C33 Standard Specification for Concrete Aggregates, *ASTM International, Book of Standards*, Vol. 04-02, West Conshohocken, PA.
- (12) วราภรณ์ ขจรไชยกูล 2549. ยางธรรมชาติ : การผลิตและการใช้งาน, สกว., พิมพ์ครั้งที่ 1 สิงหาคม 2554.
- (13) 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.
- (14) 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, Vol. 04.02 Concrete and Aggregate.
- (15) 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.
- (16) 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.
- (17) 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.
- (18) 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.
- (19) เนาวรัตน์ ป้อมเพชร 2526. หลักเกณฑ์การออกแบบระบบชลประทานในแปลงนา. เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำงานชลประทาน, กรมชลประทาน, กรุงเทพมหานคร.