Engng.J.CMU.(2018) 25 (2), 170−180

วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Engineering Journal
Chiang Mai University

ประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้านภัยแล้ง

Application of Rubber Latex and Soil Cement Develop Drought Relieving Water Pond

พีรวัฒน์ ปลาเงิน

Pheerawat Plangoen

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถนนเพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Siam University
235 Petchkasem Road, Phasi Chareon District, Bangkok, 10160, Thailand
E-mail : pheerawat.pla@siam.edu, Telephone Number : 0-2867-8088 ext. 5128

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และน้ำยางพารา โดยทำการทดสอบกับตัวอย่างดินลูกรังที่ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์ น้ำ อัตราส่วน 5 : 2 : 1 โดยใช้ปริมาณน้ำยางพารา 5% , 7.5% , 10% และ 12.5% ของปริมาณน้ำโดยปริมาตรการทดสอบคุณสมบัติทางกลของตัวอย่างชิ้นงานที่ระยะบ่ม 28 วัน ประกอบด้วยกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงดึง และการดูดซึมน้ำ ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา 7.5% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ อายุการบ่มที่ 28 วัน ให้คุณสมบัติทางกลดีที่สุด ได้แก่ ด้วยกำลังรับแรงอัด 84 ksc กำลังรับแรงดึง 19 ksc กำลังรับแรงดัด 8.75 ksc และร้อยละการดูดซึมน้ำ 6.23% ตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา 7.5% ของน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ ให้ค่าคุณสมบัติด้านวิศวกรรมดีที่สุด ได้นำผลการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการไปทดสอบการใช้งานภาคสนามโดยการก่อสร้างสระน้ำดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราร่วมกับเกษตรกรในพื้นที่และหลังจากก่อสร้างสระน้ำแล้วเกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์จากสระน้ำในช่วงช่วงฤดูแล้งได้

คำสำคัญ: คุณสมบัติทางกลดินซีเมนต์, น้ำยางพารา, น้ำยางพรีวัลคาไนซ์, สระน้ำ

ABSTRACT

This research focus on improving engineering properties of laterite soil using Portland cement type 1 and rubber latex. Laterite soil was mixed with cement, water and rubber latex in the ratio of 5 : 2 : 1 by weight to prepare the improved specimen. Strength of the specimen was further tested by mixing water in the rubber latex in different proportions of 5%, 7.5%, 10% and 12.5%. The strength test was performed on 28^{th} day for dry cured specimen that consists of compressive strength, flexural strength, tensile strength and water absorption. The results show that soil-cement, 7.5% rubber latex solution and water when mixed in the proportion of 5 : 2 : 1 gives the best performance. Average strengths on 28^{th} day were 84 ksc of compressive strength, 19 ksc of tensile strength, 8.75 ksc of flexural strength and 6.23% of average water absorption. Thus, improvement of soil-cement with 7.5% of rubber latex and water solution gives the best results. This research applied rubber latex, soil cement to construct drought relieving water pond. A pond was constructed on the field with farmer's participation using; the pond was tested for water seepage in the field and showed satisfactory results. Farmers can take advantage of water saved in the pool during the drought season.

Keywords: Mechanical Property of Soil Cement, Rubber Latex, Pre-vulcanized Latex, Water Pond

Received 17 February 2017
Accepted 6 June 2017

1. บทนำ

ภัยแล้งกลายเป็นปัญหาสำคัญระดับชาติพบว่าในปี 2557–2559 หลายจังหวัดในเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เริ่มประสบปัญหาภัยแล้งอย่างรุนแรงทำให้ปริมาณน้ำในเขื่อนสำคัญ ๆ รวมทั้งระดับน้ำในแม่น้ำลำคลองลดน้อยลงเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นสัญญาณบอกเหตุว่า ในปีนี้ทุกภาคของประเทศไทยจะต้องเผชิญกับภัยแล้งอย่างรุนแรง จนเป็นเหตุให้ประชาชนเริ่มขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค นอกเหนือจากนี้ภัยแล้งยังส่งผลเสียหายต่อกิจกรรมทางการเกษตร เช่น พื้นดินขาดความชุ่มชื้น พืชขาดน้ำ พืชชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ ทฤษฎีใหม่ตามแนวพระราชดำริ [1] เป็นแนวทางปฏิบัติเพื่อให้เกษตรกรที่มีที่ดินถือครองประมาณ 10-15 ไร่ ได้ให้ความสำคัญของสระเก็บน้ำไว้ถึง 30% ของพื้นที่ โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ซึ่งประกอบไปด้วย สระเก็บน้ำพื้นที่ดินเพื่อเป็นที่นาปลูกข้าว พื้นที่ดินสำหรับปลูกพืชไร่นานาพันธุ์และที่สำหรับอยู่อาศัยและเลี้ยงสัตว์ ในอัตราส่วน 3 :3 : 3 : 1 สามารถมีน้ำใช้เพื่อการเกษตรอย่างเพียงพอตลอดปีและใช้น้ำกับที่ดินที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเพื่อให้มีกินแบบตามอัตภาพการขุดสระน้ำเป็นสิ่งสำคัญสำหรับทฤษฎีใหม่ในการเพิ่มน้ำต้นทุนให้เพียงพอใช้ตลอดปีการขุดสระในพื้นที่ดินทรายประกอบกับเป็นที่เนินหรือการขุดสระในพื้นที่ที่มีน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดินมากกว่าความลึกก้นสระจะทำให้ไม่มีน้ำกักเก็บในสระดังกล่าวโดยเฉพาะเมื่อพ้นฤดูฝนประมาณ 2-3 เดือน และพื้นที่บางส่วนในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางพื้นที่เป็นดินทรายแป้งไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้และทำให้ปริมาณน้ำไหลซึมผ่านสู่ชั้นดินเนื่องจากระดับน้ำใต้ดินที่ลดลงในช่วงฤดูแล้งและดินไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้

พีรวัฒน์ และคณะ [2, 3, 4, 5] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของมอร์ต้าและคอนกรีตผสมน้ำยางพารา และพัฒนาคุณสมบัติของมอร์ตาร์และคอนกรีตผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในการบำรุงรักษาระบบชลประทานและพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำยางพาราผสมในมอร์ต้าร์และคอนกรีตในปริมาณที่เหมาะสมสามารถทำให้คุณสมบัติทางกลดีขึ้นและสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดี ในอดีตที่ผ่านมาได้มีการนำดินลูกรังและปูนซีเมนต์มาช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุรองพื้นทางและมีความสามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำผ่านชั้นดินได้ดี งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดประยุกต์ใช้น้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ผสมดินซีเมนต์เพื่อใช้เป็นวัสดุดาดพื้นสระสำหรับป้องกันการรั่วซึมน้ำไหลผ่านชั้นดินและสามารถกักเก็บน้ำไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง และเนื่องจากน้ำยางพาราจะทำหน้าที่เป็นเสมือนตัวประสานและสามารถป้องกันการรั่วซึมของดินได้ดี ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของดินซีเมนผสมน้ำยางพาราในห้องปฏิบัติการ พัฒนาดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราใช้เป็นวัสดุดาดพื้นสระน้ำ และนำผลการศึกษาวิจัยไปทดสอบการใช้งานจริงภาคสนามโดยการสร้างสระน้ำด้วยวัสดุดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาร่วมกับเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาวิจัย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พีรวัฒน์ และคณะ [2] ได้พัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยกำหนดอัตราส่วนเนื้อยางพาราต่อซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (Water/Cement, W/C) เท่ากับ 0.60 ทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัด และแรงดึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (แรงดัด) แรงยึดเหนี่ยว และการดูดซึมน้ำ ของคอนกรีตผสมน้ำยางพาราที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการส่วนผสมคอนกรีตกับน้ำยางพารา (พรีวัลคาไนซ์) ประกอบด้วย การศึกษาคุณสมบัติความสามารถในการเทได้ การเยิ้มของคอนกรีต การศึกษาคุณสมบัติทางกล (การรับแรงต่าง ๆ) และการดูดซึมน้ำ พบว่า คอนกรีตที่ผสมน้ำยาง อัตราส่วน P/C เท่ากับ 1% มีคุณสมบัติด้านการรับแรงอัด แรงดึง ดัด และแรงยึด

เหนี่ยวคอนกรีตต่อเหล็กเสริม สูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมน้ำยางพารา มีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำเมื่อเทียบกับคอนกรีตมาตรฐานซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมน้ำยาง จาการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าลักษณะการแตกร้าวของคอนกรีตมาตรฐานที่ไม่ผสมน้ำยางพารามีการแตกร้าวที่เร็วรวดหรือเปราะง่ายเมื่อถูกแรงสูงสุดกระทำ แต่คอนกรีตผสมน้ำยางมีลักษณะการแตกร้าวที่ช้าและไม่เปราะจะนำไปสู่การยืดอายุการใช้งานทำให้แตกร้าวช้ากว่าคอนกรีตมาตรฐานและยังสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดี

พีรวัฒน์ ปลาเงิน [3] ได้ประยุกต์ใช้น้ำยางพาราผสมดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้านภัยแล้ง โดยมีการศึกษาคุณสมบัติขั้นพื้นฐานและทางวิศวกรรมของดินลูกรังผสมน้ำยางพารา (พรีวัลคาไนซ์) โดยใช้อัตราส่วนของดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ น้ำ เท่ากับ 5 : 2 : 1 และใช้ปริมาณน้ำยางพารา 5%, 7.5% , 10% และ 12.5% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ ทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ที่ระยะการบ่มแห้งอากาศที่อายุ 3, 7 และ 28 วัน ตามลำดับ และการทดสอบการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา เท่ากับ 5 : 2 : 1 และปริมาณน้ำยาง 7.5% ของปริมาณน้ำ พบว่าให้ค่าที่ดีที่สุดที่ระยะเวลาการการบ่ม 28 วัน ประกอบด้วยค่ากำลังรับแรงอัด 86 ksc. กำลังรับแรงดึง 19 ksc. กำลังรับแรงดัด 8.75 ksc. ร้อยละการดูดซึมน้ำ 6.23% ตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ในอัตราส่วน 5 : 2 : 1 และปริมาณน้ำยาง 7.5% จึงถูกนำไปใช้งานภาคสนามโดยการก่อสร้างสระน้ำดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

พีรวัฒน์ ปลาเงิน [4] ได้พัฒนาวัสดุเคลือบผิวคลองชลประทานเพื่อป้องกันการกัดกร่อนตามผนังและท้องคลองส่งน้ำเนื่องจากสารละลายซัลเฟสที่ปะปนในน้ำชลประทาน โดยพัฒนาวัสดุเคลือบผิวจากเถ้าแกลบปูนซีเมนต์ น้ำและน้ำยางพารา เนื่องจากเถ้าแกลบมีองค์ประกอบของ SiO_2 ประมาณ 81% มีความสามารถในการป้องกันการกัดกร่อนจากสารละลายซัลเฟสสูงและน้ำยางพารามีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดี จากผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทดสอบภาคสนามควรใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.4 อัตราส่วนของ P/C เท่ากับ 15% และปริมาณเถ้าแกลบ 5% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ได้นำผลงานวิจัยดังกล่าวไปทดสอบการใช้งานซ่อมแซมคลองส่งน้ำชลประทานที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี

พีรวัฒน์ ปลาเงิน [5] ได้พัฒนามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราหรือมอร์ต้าร์กันซึม ใช้ซ่อมแซมรอยแตกร้าวตามผนังและท้องคลองชลประทานเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำตามผนังและท้องคลองชลประทานและช่วยในการป้องกันปัญหาการทรุดของคลองตามรอยแตกร้าวและป้องกันตะกอนดินในคลองส่งน้ำ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ามอร์ต้าร์ผสมน้ำยาง 5% และ อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.5 มีคุณสมบัติการรับแรงต่างๆ (แรงอัด แรงดัด และแรงยึดเกาะ) และป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีกว่ามอร์ต้าร์ธรรมดาที่ไม่ผสมน้ำยางพารา

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆ เกี่ยวข้องกับดินซีเมนต์ Horpibulsuk et al. [6] ได้ศึกษาอิทธิพลของการผสมเถ้าลอยในดินซีเมนต์ ผลการศึกษาพบว่าเถ้าลอยช่วยให้ดินซีเมนต์กระจายตัวและสัมผัสน้ำได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลทำให้กำลังต้านทานแรงเฉือนเพิ่มขึ้น Horpibulsuk et al. [7] ได้ทำการศึกษาการพัฒนากำลังอัดของดินซีเมนต์แทนที่ด้วยวัสดุ Pozzolan ซึ่งเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติยังไม่ได้นำไปใช้งานจริงในการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ เจริญ นาคะและคณะ [8] ได้พัฒนายางธรรมชาติสำหรับใช้ปูพื้นที่สระน้ำ โดยใช้น้ำยางผสมกับสารเคมีต่าง ๆ เช่น สารป้องกันการเสื่อมสภาพ สารตัวเติม สารเพิ่มเนื้อ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม จากนั้นนำไปทดลองปูสระน้ำโดยเริ่มจากการเตรียมแผ่นผ้าโดยการเย็บผ้าให้ติดกันให้มีขนาดตามพื้นที่สระ หลังจากนั้นปั๊มน้ำยางที่ผสมสารเคมีผ่านท่อและอัดด้วยความดันจากปั๊มลมผ่านสายยาง พ่นให้เป็น

ละอองลงบนผ้าที่ปู เมื่อได้ความหนาตามต้องการ ปล่อยให้แห้ง และนำไปเป็นวัสดุปูพื้นสระน้ำ

3. วิธีการศึกษา

3.1 การเตรียมส่วนผสมดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

งานวิจัยนี้ใช้น้ำยางข้นชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ กำหนดอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรัง 2 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก ใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 เนื่องจากเป็นปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติรับแรงอัดได้ดีปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์อัตราส่วนระหว่าง 10-15% ต่อน้ำหนักมวลผสม [3] กำหนดอัตราส่วนน้ำที่ผสมดินซีเมนต์ 15% ของน้ำหนักมวลรวม ดังนั้นอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ :ดินลูกรัง :น้ำ (โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 2 : 5 : 1 การเตรียมตัวอย่างดินซีเมนต์โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรัง 2 : 5 โดยน้ำหนัก พีรวัฒน์ และคณะ [2, 3, 4, 5, 9,10] ได้แนะนำปริมาณน้ำยางพาราที่ผสมปูนซีเมนต์อยู่ระหว่าง 5–15% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสม ถ้าผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนที่มากกว่า 15% จะให้ปูนซีเมนต์เมื่อผสมน้ำยางแล้วจับตัวเป็นก้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดปริมาณน้ำยางข้นและน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ เท่า 5%, 10%, และ 15% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

เปอร์เซ็นต์น้ำยางพารา	ปูนซีเมนต์ (kg)	ดินลูกรัง (kg)	น้ำ (kg)	น้ำยางพารา (kg)
0%	20	50	10.00	0.00
5%	20	50	9.50	0.50
7.5%	20	50	9.25	0.75
10%	20	50	9.00	1.00
12.5%	20	50	8.75	1.25

3.2 การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของดินลูกรัง

3.2.1 ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำในขวดฟลาส (ที่ขีดปริมาตร 500 cm^3) และน้ำหนักขวดที่อุณหภูมิต่างๆกัน (ในช่วงที่ทำการทดลอง) สำหรับอ่านค่าน้ำหนักของน้ำในขวดฟลาสที่อุณหภูมิทดลองโดยทั่วไปค่าความถ่วงจำเพาะของดินจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.60-2.80 ถ้าค่าต่ำกว่านี้ก็อาจจะมีพวกอินทรีย์สารหรือพวกธาตุเบาต่าง ๆ ปะปนอยู่และถ้าค่าสูงกว่านี้ก็อาจมีธาตุหนักปะปนอยู่ ขั้นตอนการทดลองหาค่าความถ่วงจาเพาะของดินในห้องปฏิบัติการโดยใช้ขวดฟลาส (รูปที่ 1)

รูปที่ 1 ภาพขณะทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

3.2.2 การทดสอบหาการกระจายตัวของเม็ดดิน

การหาขนาดของเม็ดดินโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงจะใช้ตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิดแตกต่างกันออกไปโดยใช้ตะแกรงเบอร์ 8 (2.36 mm), เบอร์10 (1.68 mm), เบอร์ 16 (1.17 mm), เบอร์ 20 (0.84 mm), เบอร์ 60 (0.25 mm), เบอร์ 100 (0.147 mm) และ เบอร์ 200 (0.074 mm) ซึ่งตะแกรงที่มีช่องเปิดใหญ่ที่สุดจะอยู่ด้านบนและไล่ตามลำดับลงมาดินหรือหินที่เล็กกว่าช่องเปิดของตะแกรงก็จะหล่นลงมาในชั้นต่อไปดินที่ใหญ่กว่าคือวิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) ที่มีช่องขนาดต่างๆกันมักใช้กับดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.075 mm.

3.3 ทดสอบคุณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำ

การทดสอบคุณสมบัติทางกลของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางข้นและน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ได้ทำการเตรียมตัวอย่างชิ้นงานทดสอบบ่มที่ระยะเวลา 28 วัน (รูปที่ 2) จำนวน 3 ตัวอย่างต่อการทดสอบ โดยทำการทดสอบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ การทดสอบแรงอัด การทดสอบแรงดัด

การทดสอบแรงดึง และการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ที่อัตราส่วนปริมาณน้ำยาง 5%, 7.5%, 10% และ 12.5% ตามลำดับ

รูปที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ

3.3.1 กำลังรับแรงอัดดินซีเมนต์

การทดสอบรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราใช้แบบหล่อเช่นเดียวกับการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ ขนาด 5 x 5 x 5 cm. ผสมดินซีเมนต์ตามอัตราส่วนที่กำหนดและตักส่วนผสมของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางลงในแบบหล่อและกระทุ้งให้แน่นจนเต็มปาดผิวให้เรียบ ปิดคลุมทับด้วยแผ่นพลาสติกอีกชั้นหนึ่งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออกนำไปบ่มพลาสติกใสจนครบอายุ 28 วัน ก่อนทดสอบนำตัวอย่างมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก จัดตำแหน่งให้แนวแกนตัวอย่างอยู่ในแนวแกนเดียวกับเครื่องทดสอบ (รูปที่ 3) ควบคุมน้ำหนักบรรทุกในอัตราสม่ำเสมอด้วยอัตรา 42±2 กิโลกรัมต่อนาที จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดและลักษณะการวิบัติ ทำการคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

รูปที่ 3 ทดสอบกำลังรับแรงอัดดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

3.3.2 กำลังรับแรงดัดดินซีเมนต์

การทดสอบกำลังรับแรงดัดดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราใช้แท่งตัวอย่างทดสอบคานหน้าตัดขนาด 4 x 4 cm. ยาว 16 cm. ทำการบ่มตัวอย่างทดสอบแรงดัดด้วยพลาสติกใส จนครบอายุทดสอบที่ 28 วัน ก่อนการทดสอบนำตัวอย่างมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก จัดตำแหน่งที่รองรับให้มีระยะห่าง 12 cm. และให้ตำแหน่งของหัวกดอยู่บริเวณกึ่งกลางคาน (รูปที่ 3) ควบคุมการให้น้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นตัวอย่างวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดและลักษณะการวิบัติ

รูปที่ 3 ทดสอบกำลังรับแรงดัดดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

3.3.3 กำลังรับแรงดึงดินซีเมนต์

การทดสอบกำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราใช้แบบหล่อรูปบริเควทและทำการบ่มตัวอย่างทดสอบด้วยพลาสติกใสระยะเวลาการบ่ม 28 วัน ก่อนการทดสอบนำตัวอย่างมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก ก่อนนำเข้าเครื่องทดสอบและจัดตำแหน่งให้แนวแกนของตัวอย่างอยู่ในแนวแกนของเครื่องทดสอบ (รูปที่ 4) ควบคุมการให้น้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นตัวอย่างวิบัติ

บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดและลักษณะการวิบัติ วัดพื้นที่หน้าตัดบริเวณรอยขาดซึ่งตั้งฉากกับแรงดึง

รูปที่ 4 การทดสอบกำลังรับแรงดึงดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

3.3.4 การดูดซึมน้ำดินซีเมนต์

การทดสอบการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราทำการหล่อตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ ขนาด 3.5 x 7 x 17.5 cm. หลังจากถอดแบบตัวอย่างชิ้นงานแล้วนำไปบ่มด้วยพลาสติกใส ที่ระยะการบ่ม 28 วัน ก่อนทดสอบการดูดซึมน้ำ ทำการวัดขนาด และชั่งตัวอย่างก้อนอิฐแล้วนำตัวอย่างมาแช่ในภาชนะที่มีน้ำสะอาด โดยแช่ให้ท่วมก้อนตัวอย่างทดสอบทุกก้อน แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำผ้าขนหนูซับน้ำในแต่ละก้อนตัวอย่างให้แห้งซึ่งอยู่ในลักษณะอิ่มตัวผิวแห้ง แล้วนำมาชั่งในแล้วเสร็จภายใน 5 นาที หลังจากที่ซับน้ำแล้วเสร็จนำเข้าตู้อบไฟฟ้าปรับอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกมาชั่งน้ำหนักในแต่ละก้อนตัวอย่างค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำดินซีเมนต์

4. ผลการศึกษา

4.1 ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

ผลการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินลูกรัง แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะของดินลูกรังเท่ากับ 3.81 ซึ่งค่าตามมาตรฐาน ASTM D854 กำหนดค่าความถ่วงจำเพาะของดินประมาณ 3.0-3.5 แสดงให้เห็นว่าค่าความถ่วงจำเพาะของดินลูกรังที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการครั้งนี้ มีค่าสูงกว่าดินทั่วๆ ไปเล็กน้อย เนื่องจากดินลูกรังที่นำมาทดสอบมีหินปะปนอยู่

ตารางที่ 2 ค่าความถ่วงจำเพาะของดินลูกรัง

Determination No.		1	2
Temperature	C°	30	30
Flask + Water	g.	676.6	676.6
Flask + Water + Soil	g.	714.6	712.8
Container. No.		1	2
Dry soil + Container	g.	103.6	113.0
Weight of Container	g.	53.6	63.0
Dry Soil	g.	50.0	50.0
Specific Gravity of Water		0.996	0.996
Specific Gravity of Soil		4.150	3.609
Average Specific Gravity of Soil		3.88	

4.2 การกระจายตัวของเม็ดดิน

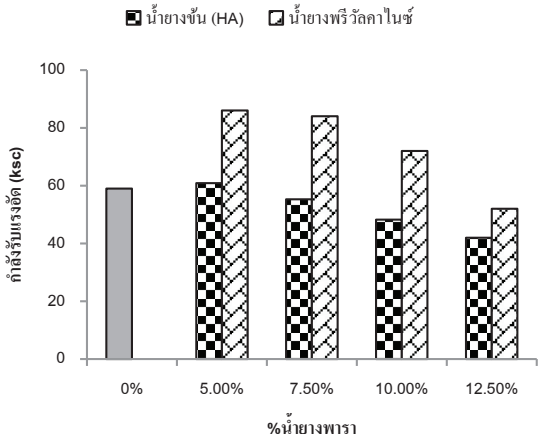
ผลจากการทดลองทำให้ทราบถึงการกระจายของมวลคละของดินและขนาดของเม็ดดิน ซึ่งการกระจายตัวของขนาดเม็ดดิน แสดงค่าน้ำหนักและร้อยละของดินที่ค้างตะแกรง ดังตารางที่ 3 พบว่าดินค้างตะแกรงเบอร์ 8 (2.36 mm) ร้อยละ 51.49 แสดงให้เห็นว่าดินลูกรังมีปริมาณหินที่ปะปนมาซึ่งทำให้จึงทำให้ค้างตะแกรงเบอร์ 8 มากร้อยละ 50 และเม็ดดินที่ค้างตะแกรงระหว่างเบอร์ 10 (1.68 mm) ถึง ตะแกรงเบอร์ 200 (0.074 mm) ร้อยละ 41.35 และเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มีความละเอียดมาก ร้อยละ 1.89

ตารางที่ 3 แสดงน้ำหนักดินที่ค้างบนตะแกรง

ลำดับตะแกรง	ตะแกรงเบอร์	น้ำหนักดิน (กรัม)	ร้อยละ
1	8	6,875	51.49
2	10	704	5.27
3	16	1,913	14.33
4	20	846	6.34
5	60	1,913	14.33
6	100	501	3.75
7	200	347	2.60
8	pan	253	1.89
	รวม	13,352	100

4.3 กำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์

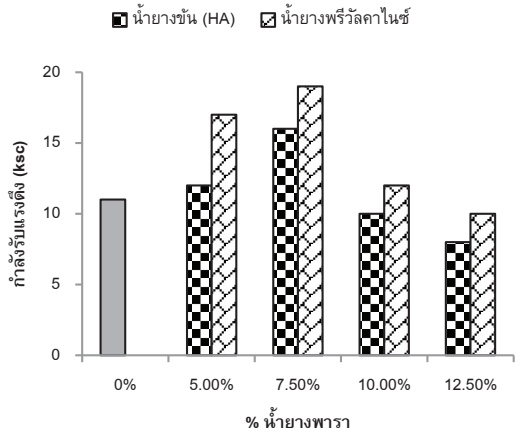
การทดสอบกำลังรับแรงอัดดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา โดยกำหนดใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดิน : น้ำและน้ำยาง (2 : 5 : 1) ผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางข้น (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ จากรูปที่ 5 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ไม่ผสมน้ำยางพารา เท่ากับ 59 ksc ที่ระยะการบ่ม 28 วัน ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดอย่างต่อเนื่องเมื่อดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราในปริมาณที่มากขึ้น ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) ที่อัตราส่วนปริมาณน้ำยางข้น 5%, 7.5%, 10% และ12.5% ของน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 61, 55, 48 และ 42 ksc ตามลำดับ แต่กำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่ปริมาณน้ำยางที่เท่ากันให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงกว่า ถ้าเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราทั้งสองชนิดพบว่า ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางข้น ประมาณ 41%, 52%, 49%, และ 23% ที่ปริมาณน้ำยาง 5%, 7.5%, 10% และ 12.5% ตามลำดับ และพบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดประมาณ 86 ksc ที่ปริมาณน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 5%



รูปที่ 5 กำลังอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

4.4 กำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์

กำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ดังรูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านการรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ได้ทำการผสมน้ำยางพาราทั้งสองชนิดปริมาณน้ำยาง 5%, 7.5%, 10% และ 12.5% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ พบว่าค่ากำลังรับดึงของดินซีเมนต์ไม่ผสมน้ำยางพารา เท่ากับ 11 ksc ที่ระยะการบ่มที่ 28 วัน แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 7.5% ให้ค่ากำลังรับแรงดึงที่สูงสุด เท่ากับ 19 ksc ซึ่งสูงกว่าดินซีเมนต์ที่ไม่ผสมน้ำยางพาราถึง 72% แต่ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) ที่ 7.5% มีค่ากำลังรับแรงดึงเท่ากับ 16 ksc กำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราจะมีค่าลดลงเมื่อผสมน้ำยางพารามากกว่า 7.5% เนื่องจากการผสมน้ำยางในปริมาณที่มากกว่า 7.5% ทำให้ปริมาณน้ำยางพาราและดินซีเมนต์ผสมเข้ากันได้ไม่เต็มที่และน้ำยางพาราจะจับตัวเป็นก้อนทำให้เกิดรูพรุนและช่องว่างในเนื้อดินซีเมนต์ส่งกระทบต่อกำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ลดลง

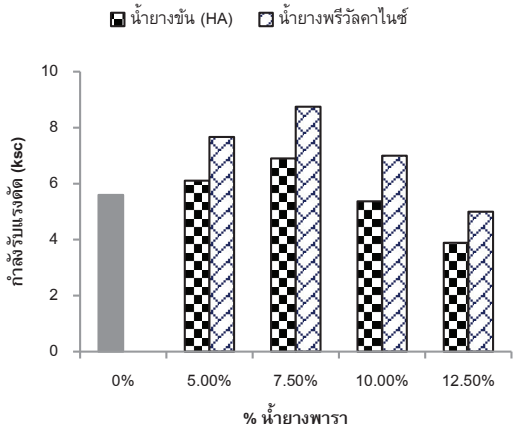


รูปที่ 6 กำลังแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

4.5 กำลังรับแรงดัดของดินซีเมนต์

กำลังรับแรงดัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราที่ระยะเวลาบ่มที่ 28 วัน แสดงดังรูปที่ 7 พบว่าลักษณะการรับแรงดัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราทั้งสองชนิดมี

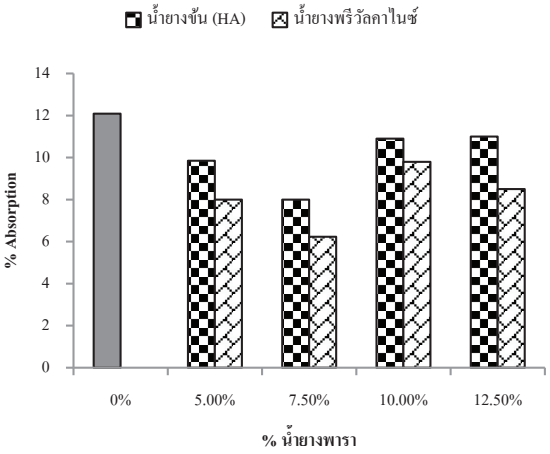
แนวโน้มเดียวกันกล่าวคือ กำลังรับแรงดัดสูงสุดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราที่ 7.5% เท่ากับ 7 ksc (น้ำยาง HA) และ 8.75 ksc (น้ำยางพรีวัลคาไนซ์) ในขณะที่ดินซีเมนต์ไม่ผสมน้ำยางพารามีค่ากำลังรับแรงดัดเท่ากับ 5.6 ksc จากรูปที่ 6 ปริมาณน้ำยางที่ผสมในดินซีเมนต์ที่มากกว่า 7.5% ส่งผลต่อกำลังดัดของดินซีเมนต์ทำให้แรงดัดลดลงอย่างต่อเนื่อง และพบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยาง HA และมีน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีค่ากำลังรับแรงดัดเท่ากับ 3.89 ksc และ 5 ksc ที่ปริมาณน้ำยางพารา 12.5%



รูปที่ 7 กำลังดัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยาง

4.6 การทดสอบการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์

การดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางข้น (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ แสดงในรูปที่ 8 พบว่าการดูดซึมน้ำ (% water absorption) ของดินซีเมนต์ไม่ผสมน้ำยางพารา 12% จะเห็นได้ว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางข้น (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์จะมีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำเมื่อเทียบกับดินซีเมนต์แบบธรรมดา ถ้าใช้ปริมาณน้ำยางพาราในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถลดการรั่วซึมน้ำของดินซีเมนต์ได้ดี



รูปที่ 8 ร้อยละการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำยางพาราที่เหมาะสมสำหรับผสมดินซีเมนต์ 7.5% ให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา 5%, 10% และ 12.5% และพบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 7.5% มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดเท่ากับ 6.23% เนื่องจากเมื่อผสมน้ำยางพารากับดินซีเมนต์แล้วทำให้เนื้อยางและดินซีเมนต์ผสมเข้ากันได้ดีเป็นเนื้อเดียวกัน มีรูพรุนน้อยจึงลดการรั่วซึมของน้ำได้ดี

5. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

การศึกษาคุณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ พบว่า ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีคุณสมบัติทางกลและการป้องกันการรั่วซึมน้ำได้ดีกว่าดินซีเมนต์ผสมยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมและความร้อนได้ดีกว่าน้ำยางข้น [11] ดังนั้นนำผลการศึกษาวิจัยไปใช้ประโยชน์ภาคสนามสำหรับสร้างสระน้ำต้นแบบดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราจึงแนะนำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์สำหรับใช้ผสมดินซีเมนต์ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : น้ำ (2 : 5: 1) และปริมาณน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ 7.5% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินลูกรัง การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ใน

ภาคสนาม ทำการก่อสร้างสระน้ำต้นแบบในภาคสนามมีขั้นตอนดังนี้ สำรวจพื้นที่ในการสร้างสระน้ำ การขุดและปรับระดับสระน้ำ และการก่อสร้างสระน้ำต้นแบบ

การออกสำรวจพื้นที่ในการสร้างสระน้ำในภาคสนามได้เลือกพื้นที่ไร่นาของเกษตรกรหมู่ที่ 9 ตำบลปงป่าหวาย อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ อยู่ในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่ (รูปที่ 9) ทำการออกสำรวจพื้นที่สระน้ำที่มีอยู่เดิมของเกษตรกรร่วมกับผู้นำชุมชนในพื้นที่ ซึ่งพบว่าเกษตรกรได้มีการขุดสระน้ำสำหรับกักเก็บน้ำไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้งและพื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาภัยแล้งทุกปี

รูปที่ 9 สำรวจสระน้ำและพื้นที่ไร่นาของเกษตรกร

เกษตรกรได้ทำการขุดสระน้ำขนาดความกว้าง 5 ม. ความยาว 10 ม. และความลึก 2.5 ม. (รูปที่ 10) สำหรับใช้เป็นสระน้ำต้นแบบที่ดาดด้วยวัสดุดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ ได้ทำการปรับแต่งความลาดด้านข้างรอบสระน้ำและทำการปรับระดับพื้นสระน้ำโดยการใช้ทรายถมและรดน้ำพื้นสระน้ำเพื่อให้ทรายแน่นก่อนเทพื้นสระน้ำโดยใช้ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์

รูปที่ 10 เกษตรกรทำการปรับระดับพื้นและด้านข้างสระน้ำ

รูปที่ 11 เกษตรกรดาดพื้นและด้านข้างสระน้ำ

รูปที่ 11 ขั้นตอนในการดาดสระน้ำด้วยดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ โดยจะทำการเทพื้นสระน้ำก่อนและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้พื้นสระน้ำแห้ง และวันที่ 2 ทำการดาดด้านข้างสระน้ำด้วยดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ (รูปที่ 12) หลังจากนั้นทำการเติมน้ำเพื่อทำการทดสอบการรั่วซึมและเป็นการบ่มพื้นและผนังสระน้ำเพื่อให้มีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งานในอนาคตต่อไป

รูปที่ 12 สระน้ำที่ดาดด้วยดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

การพัฒนาดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้เป็นวัสดุดาดพื้นสระน้ำเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ ผลการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการพบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีคุณสมบัติทางกล เช่นการรับแรงอัด แรงดึง แรงดัดและการดูดซึมน้ำดีกว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และที่สำคัญน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ยังทนต่อสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าน้ำยางข้น (HA) เนื่องจากน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ได้ผ่านกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะเคมีเชื่อมโยง (การวัลคาไนซ์) อันเนื่องมาจากการให้ความร้อนและสารเคมีที่เหมาะสม ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่แนะนำใช้เป็นวัสดุดาดสระน้ำ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : น้ำ เท่ากับ 2 : 5 : 1 และใช้ปริมาณน้ำยางพารา 7.5% โดยน้ำหนักของน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ ซึ่งได้คุณสมบัติทางกลดังนี้ กำลังรับแรงอัด 86 ksc. กำลังรับแรงดึง 19 ksc. กำลังรับแรงดัด 9 ksc. และการดูดซึมน้ำ 6.23%

การวิจัยในภาคสนามนำดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติไปประยุกต์ใช้งานจริง ที่พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่ โดยการสร้างสระน้ำดาดด้วยวัสดุดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ขนาดความกว้าง 5 ม. ยาว 2.5 ม. และลึก 2.5 ม. สระน้ำต้นแบบมีปริมาณการกักเก็บประมาณ 125 ลูกบาศก์เมตรจะได้ปริมาณน้ำที่มีความเพียงพอสำหรับใช้ทำการเกษตรขนาดเล็กและเลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูแล้งต่อเกษตรกร 1 ครัวเรือน

6.2 ข้อเสนอแนะ

- **ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในห้องปฏิบัติการ**
  - การนำผลการวิจัยไปใช้ภาคสนามแนะนำใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ซึ่งจะมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด ได้ดีกว่าน้ำยางพารารักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) แต่ควรมีการเพิ่มอายุของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบในห้องปฏิบัติ เช่น ระยะการบ่มที่ 60 วัน และ 90 วัน เป็นต้น
  - ดินลูกรังที่นำมาใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการควรนำดินไปอบในตู้อบก่อนเพื่อลดความชื้นของดินซึ่งจะทำให้ดินและปูนซีเมนต์ผสมเข้ากันได้ดี
  - ดินซีเมนต์ที่ผสมน้ำยางพาราในปริมาณที่มากกว่า 15% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์จะทำให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อน ดังนั้นควรมีการใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุผสมในน้ำยางพารา
- **ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยภาคสนาม**
  - การวิจัยภาคสนามควรมีวางแผนให้ชัดเจนเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานภาคสนาม เช่น ไม่ควรมีการขุดสระน้ำในช่วงฤดูฝน เพราะจะทำให้ไม่สามารถก่อสร้างสระน้ำได้ เนื่องจากปริมาณน้ำใต้ดินและน้ำชลประทานบริเวณข้างเคียงไหลเข้าสู่สระน้ำ
  - ควรมีการเชิญผู้นำชุมชนและเกษตรกรในพื้นที่เข้าร่วมโครงการวิจัยภาคสนาม

เพราะว่าจะได้รับความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการก่อสร้างสระน้ำต้น

- การคัดเลือกพื้นที่ในการสร้างสระน้ำควรเป็นพื้นที่ที่เกษตรกรสามารถใช้น้ำร่วมกันได้และไม่ไกลจากคลองส่งน้ำชลประทานมากนัก เพราะหลังจากสร้างเสร็จจะต้องมีการนำน้ำจากคลองชลประทานกักเก็บไว้ในสระน้ำเพื่อให้เกษตรกรไว้ใช้ในช่วงฤดูแล้ง
- ควรมีการประเมินลักษณะการใช้งานและทางกายภาพของสระน้ำหลังระยะการก่อสร้าง 6 เดือน – 1 ปี

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนันสนุนการวิจัย (สกว.) ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่ ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยภาคสนาม และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยามที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้ห้องปฏิบัติการคอนกรีตและทดสอบวัสดุ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กลุ่มพัฒนากรอบแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. กรอบแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. กรุงเทพฯ: สานักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2546.

[2] พีรวัฒน์ ปลาเงิน และ ชวน จันทวาลย์. การพัฒนาคลองชลประทานผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), 2559.

[3] พีรวัฒน์ ปลาเงิน. การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้านภัยแล้ง. สำนักงานคณะกรรมวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2558.

[4] พีรวัฒน์ ปลาเงิน. การพัฒนาวัสดุเคลือบผิวคลองผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้บำรุงรักษาคลองชลประทาน. สำนักงานคณะกรรมวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2558.

[5] พีรวัฒน์ ปลาเงิน, ฐกลพัศ เจนจิวัฒนกุล และ สมพร พิบูลย์. การถ่ายทอดเทคโนโลยีประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในงานบำรุงรักษาระบบชลประทาน. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), 2559.

[6] Horpibulsuk, S., Rachan, R. and Raksachon, Y. Role of Fly Ash on Strength and Microstructure Development in Blended Cement Stabilized Silty Clay. Soil and Foundations, 2009; 49(1): 85-98.

[7] Horpibulsuk, S., Rachan, R., Suddeepong, A. and Chinkulkijniwat, A. Strength Development in Cement Admixed Bangkok Clay: Laboratory and Field Investigations. Soils and Foundations, 2011; 51(2): 239-251.

[8] เจริญ นาคะสรรค์, อาซีซัน แกสมาน และอดิศัย รุ่งวิชานิวัฒน์. ต้นแบบการทำยางปูสระจากน้ำยางธรรมชาติ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2550.

[9] พีรวัฒน์ ปลาเงิน. การพัฒนาสูตรมอร์ต้าผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้เป็นตัวเชื่อมประสานรอยร้าวในคลองส่งน้ำชลประทาน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2555.

[10] พีรวัฒน์ ปลาเงิน. คู่มือการประยุกต์ใช้น้ำยางพาราในงานบำรุงรักษาระบบชลประทาน. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.), กรุงเทพฯ, 2559.

[11] วราภรณ์ ขจรไชยกูล. โครงการถ่ายทอดความรู้วิชาการพื้นฐานด้านยางพาราสำหรับนักวิจัย เพื่อพัฒนาข้อเสนอโครงการวิจัยยางพารา. 3 – 6 สิงหาคม 2554.