



# ประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำด้านภัยแล้ง

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

พีรวัฒน์ ปลายิน

**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 กำลังรับแรงดึง กำลังรับแรงค้ำ และการดูดซึมน้ำ ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา 7.5% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ อายุการบ่มที่ 28 วัน ให้คุณสมบัติทางกลที่ดีที่สุด ได้แก่ ด้วยกำลังรับแรงอัด 84 ksc กำลังรับแรงดึง 19 ksc กำลังรับแรงค้ำ 8.75 ksc และร้อยละการดูดซึมน้ำ 6.23% ตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา 7.5% ของน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ ให้ค่าคุณสมบัติด้านวิศวกรรมที่ดีที่สุด ได้นำผลการวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการไปทดสอบการใช้งานภาคสนามโดยการก่อสร้างสระน้ำดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราร่วมกับเกษตรกรในพื้นที่และหลังจากก่อสร้างสระน้ำแล้วเกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์จากสระน้ำในช่วงฤดูแล้งได้

**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<sup>th</sup> 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<sup>th</sup> 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

## 1. บทนำ

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

พิรวัฒน์ และคณะ [2, 3, 4, 5] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของมอร์ต้าและคอนกรีตผสมน้ำยาขี้เถ้า และพัฒนาคุณสมบัติของมอร์ต้าและคอนกรีตผสมน้ำยาขี้เถ้าสำหรับใช้ในการบำรุงรักษาระบบชลประทานและพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก

ผลการศึกษาพบว่า การใช้น้ำยาขี้เถ้าผสมในมอร์ต้าและคอนกรีตในปริมาณที่เหมาะสมสามารถทำให้คุณสมบัติทางกลดีขึ้นและสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีในอดีตที่ผ่านมาได้มีการนำดินลูกรังและปูนซีเมนต์มาช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุรองพื้นทางและมีความสามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำผ่านชั้นดินได้ดีงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดประยุกต์ใช้น้ำยาขี้เถ้าผสมในสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยาขี้เถ้าผสมในพีวีแอลคาโนสผสมดินซีเมนต์เพื่อใช้เป็นวัสดุรองพื้นสำหรับป้องกันการรั่วซึมน้ำไหลผ่านชั้นดินและสามารถกักเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้ง และเนื่องจากน้ำยาขี้เถ้าจะทำหน้าที่เป็นเสมือนตัวประสานและสามารถป้องกันการรั่วซึมของดินได้ดี ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยาขี้เถ้าในห้วงปฏิบัติการ พัฒนาดินซีเมนต์ผสมน้ำยาขี้เถ้าใช้เป็นวัสดุรองพื้นสระน้ำ และนำผลการศึกษาวินิจฉัยไปทดสอบการใช้งานจริงภาคสนามโดยการสร้างสระน้ำด้วยวัสดุดินซีเมนต์ผสมน้ำยาขี้เถ้าร่วมกับเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาวิจัย

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิรวัฒน์ และคณะ [2] ได้พัฒนาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมน้ำยาขี้เถ้า โดยกำหนดอัตราส่วนเนื้อยาขี้เถ้าต่อซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 0%, 1%, 3%, 5%, 10% และ 15% อัตราส่วน น้ำต่อปูนซีเมนต์ (Water/Cement, W/C) เท่ากับ 0.60 ทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัด และแรงดึง ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (แรงดัด) แรงยึดเหนี่ยว และการดูดซึมน้ำ ของคอนกรีตผสมน้ำยาขี้เถ้าที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการส่วนผสมคอนกรีตกับน้ำยาขี้เถ้า (พีวีแอลคาโนส) ประกอบด้วย การศึกษาคุณสมบัติความสามารถในการเทได้ การเชื่อมของคอนกรีต การศึกษาคุณสมบัติทางกล (การรับแรงต่าง ๆ) และการดูดซึมน้ำพบว่า คอนกรีตที่ผสมน้ำยาขี้เถ้าอัตราส่วน P/C เท่ากับ 1% มีคุณสมบัติด้านการรับแรงอัด แรงดึง ดัด และแรงยึด

เหนียวคอนกรีตต่อเหล็กเสริม สูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมน้ำยางพารา มีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำเมื่อเทียบกับคอนกรีตมาตรฐานซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมน้ำยาง จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าลักษณะการแตกร้าวของคอนกรีตมาตรฐานที่ไม่ผสมน้ำยางพารามีการแตกร้าวที่เร็วรวดหรือเปราะง่ายเมื่อถูกแรงสูงสุดกระทำ แต่คอนกรีตผสมน้ำยางมีลักษณะการแตกร้าวที่ช้าและไม่เปราะจะนำไปสู่การยืดอายุการใช้งานทำให้แตกร้าวช้ากว่าคอนกรีตมาตรฐานและยังสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดี

พิรวัฒน์ ปลาเงิน [3] ได้ประยุกต์ใช้น้ำยางพาราผสมดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำด้านภัยแล้ง โดยมีการศึกษาคูณสมบัติขั้นพื้นฐานและทางวิศวกรรมของดินลูกรังผสมน้ำยางพารา (พีวีลคาไนซ์) โดยใช้อัตราส่วนของดินลูกรังปูนซีเมนต์ 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 พบว่าให้ค่าที่ดีที่สุดที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน ประกอบด้วยค่ากำลังรับแรงอัด 86 ksc. กำลังรับแรงดัด 19 ksc. กำลังรับแรงดัด 8.75 ksc. ร้อยละการดูดซึมน้ำ 6.23% ตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพีวีลคาไนซ์ ในอัตราส่วน 5 : 2 : 1 และปริมาณน้ำยาง 7.5% จึงถูกนำไปใช้งานภาคสนาม โดยการก่อสร้างสระน้ำดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

พิรวัฒน์ ปลาเงิน [4] ได้พัฒนาวัสดุเคลือบผิวคลองชลประทานเพื่อป้องกันการกัดกร่อนตามผนังและท้องคลองส่งน้ำเนื่องจากสารละลายซัลเฟตที่ปะปนในน้ำชลประทาน โดยพัฒนาวัสดุเคลือบผิวจากเถ้าแกลบปูนซีเมนต์ น้ำและน้ำยางพารา เนื่องจากเถ้าแกลบมีองค์ประกอบของ SiO<sub>2</sub> ประมาณ 81% มีความสามารถ

ในการป้องกันการกัดกร่อนจากสารละลายซัลเฟตสูงและน้ำยางพารามีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดี จากผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทดสอบภาคสนามควรใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.4 อัตราส่วนของ P/C เท่ากับ 15% และปริมาณเถ้าแกลบ 5% ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ได้นำผลงานวิจัยดังกล่าวไปทดสอบการใช้งานซ่อมแซมคลองส่งน้ำชลประทานที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี

พิรวัฒน์ ปลาเงิน [5] ได้พัฒนาออร์ตาร์ผสมน้ำยางพาราหรือออร์ตาร์กันซึม ใช้ซ่อมแซมรอยแตกร้าวตามผนังและท้องคลองชลประทานเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำตามผนังและท้องคลองชลประทานและช่วยในการป้องกันปัญหาการทรุดของคลองตามรอยแตกร้าวและป้องกันตะกอนดินในคลองส่งน้ำ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าออร์ตาร์ผสมน้ำยาง 5% และ อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.5 มีคุณสมบัติการรับแรงต่างๆ (แรงอัดแรงดัด และแรงยึดเกาะ) และป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีกว่าออร์ตาร์ธรรมดาที่ไม่ผสมน้ำยางพารา

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอื่นๆ เกี่ยวข้องกับดินซีเมนต์ Horpibulsuk et al. [6] ได้ศึกษาอิทธิพลของการผสมเถ้าลอยในดินซีเมนต์ ผลการศึกษาพบว่าเถ้าลอยช่วยให้ดินซีเมนต์กระจายตัวและสัมผัสน้ำได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้กำลังต้านทานแรงเฉือนเพิ่มขึ้น Horpibulsuk et al. [7] ได้ทำการศึกษาการพัฒนากำลังอัดของดินซีเมนต์แทนที่ด้วยวัสดุ Pozzolan ซึ่งเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ยังไม่ได้นำไปใช้งานจริงในการทำเสาเข็มดินซีเมนต์ เจริญ นาคะและคณะ [8] ได้พัฒนายางธรรมชาติสำหรับใช้ปูพื้นที่สระน้ำ โดยใช้น้ำยางผสมกับสารเคมีต่าง ๆ เช่น สารป้องกันการเสื่อมสภาพ สารตัวเติม สารเพิ่มเนื้อ เพื่อหาสูตรที่เหมาะสม จากนั้นนำไปทดลองปูสระน้ำโดยเริ่มจากการเตรียมแผ่นผ้าโดยการเย็บผ้าให้ติดกันให้มีขนาดตามพื้นที่สระ หลังจากนั้นบีมน้ำยางที่ผสมสารเคมีผ่านท่อและอัดด้วยความดันจากปั๊มลมผ่านสายยาง ฟนให้เป็น

ละอองลงบนผ้าที่ปู เมื่อได้รับความหนาตามต้องการ ปล่อยให้แห้ง และนำไปเป็นวัสดุปูพื้นสระน้ำ

### 3. วิธีการศึกษา

#### 3.1 การเตรียมส่วนผสมดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

งานวิจัยนี้ใช้น้ำยางข้นชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ กำหนดอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรัง 2 ต่อ 5 โดยน้ำหนัก ใช้น้ำปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 เนื่องจากเป็นปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติรับแรงอัดได้ดี ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์อัตราส่วนระหว่าง 10-15% ต่อน้ำหนักมวลผสม [3] กำหนดอัตราส่วนน้ำที่ผสมดินซีเมนต์ 15% ของน้ำหนักรวม ดังนั้นอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : น้ำ (โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 2 : 5 : 1 การเตรียมตัวอย่างดินซีเมนต์โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อดินลูกรัง 2 : 5 โดยน้ำหนัก ปริมาณ 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

เปอร์เซ็นต์ น้ำ ยางพารา	ปูนซีเมนต์ (kg)	ดินลูกรัง (kg)	น้ำ (kg)	น้ำ ยางพารา (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

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักน้ำในขวดพลาสติก (ที่จัด

ปริมาตร 500 cm<sup>3</sup>) และน้ำหนักขวดที่อุณหภูมิต่างๆกัน (ในช่วงที่ทำการทดลอง) สำหรับอ่านค่าน้ำหนักของน้ำในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิทดลอง โดยทั่วไปค่าความถ่วงจำเพาะของดินจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.60-2.80 ถ้าค่าต่ำกว่านี้ก็อาจจะมีพวกอินทรีย์สารหรือพวกธาตุเบาต่างๆปะปนอยู่และถ้าค่าสูงกว่านี้ก็อาจมีธาตุหนักปะปนอยู่ ขั้นตอนการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของดินในห้องปฏิบัติการโดยใช้ขวดพลาสติก (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ภาพขณะทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน

#### 3.2.2 การทดสอบหาการกระจายตัวของเม็ดดิน

การหาขนาดของเม็ดดินโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง จะใช้ตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิดแตกต่างกันออกไปโดยใช้ตะแกรงเบอร์ 8 (2.36 mm), เบอร์ 10 (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) ซึ่งตะแกรงที่มีช่องเปิดใหญ่ที่สุดจะอยู่ด้านบนและไล่ตามลำดับลงมาดินหรือหินที่เล็กกว่าช่องเปิดของตะแกรงก็จะหล่นลงมาในชั้นต่อไปดินที่ใหญ่กว่าคือวิธีการร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) ที่มีช่องขนาดต่างๆกันมักใช้กับดินที่มีขนาดใหญ่กว่า 0.075 mm.

#### 3.3 ทดสอบคุณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำ

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

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



รูปที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ

### 3.3.1 กำลังรับแรงอัดดินซีเมนต์

การทดสอบรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราใช้แบบหล่อเช่นเดียวกับการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ ขนาด 5 x 5 x 5 cm. ผสมดินซีเมนต์ตามอัตราส่วนที่กำหนดและตัดส่วนผสมของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางลงในแบบหล่อและกระทุ้งให้แน่นจนเต็มปาดผิวให้เรียบ ปิดคลุมทับด้วยแผ่นพลาสติกอีกชั้นหนึ่งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออกนำไปบ่มพลาสติกใสจนครบอายุ 28 วัน ก่อนทดสอบนำตัวอย่างมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก จัดตำแหน่งให้แนวแกนตัวอย่างอยู่ในแนวแกนเดียวกับเครื่องทดสอบ (รูปที่ 3) ควบคุมน้ำหนักบรรทุกในอัตราสม่ำเสมอด้วยอัตรา  $42 \pm 2$  กิโลกรัมต่อนาที จนกระทั่งขึ้นตัวอย่างวิบัติ 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) ควบคุมการให้น้ำหนักบรรทุกทุกสม่ำเสมอจนกระทั่งขึ้นตัวอย่างวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดและลักษณะการวิบัติ



รูปที่ 3 ทดสอบกำลังรับแรงดัดดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

### 3.3.3 กำลังรับแรงดึงดินซีเมนต์

การทดสอบกำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราใช้แบบหล่อรูปรีกเวทและทำการบ่มตัวอย่างทดสอบด้วยพลาสติกใสระยะเวลาการบ่ม 28 วัน ก่อนการทดสอบนำตัวอย่างมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก ก่อนนำเข้าเครื่องทดสอบและจัดตำแหน่งให้แนวแกนของตัวอย่างอยู่ในแนวแกนของเครื่องทดสอบ (รูปที่ 4) ควบคุมการให้น้ำหนักบรรทุกทุกสม่ำเสมอจนกระทั่งขึ้นตัวอย่างวิบัติ

บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดและลักษณะการวิบัติ  
วัดพื้นที่หน้าตัดบริเวณรอยขาดซึ่งตั้งฉากกับแรงดึง



รูปที่ 4 การทดสอบกำลังรับแรงดึงดินซีเมนต์  
ผสมน้ำยางพารา

### 3.3.4 การดูดซึมน้ำดินซีเมนต์

การทดสอบการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสม  
น้ำยางพาราทำการหล่อตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ ขนาด  
3.5 x 7 x 17.5 cm. หลังจากถอดแบบตัวอย่างชิ้นงาน  
แล้วนำไปบ่มด้วยพลาสติกใส ที่ระยะการบ่ม 28 วัน ก่อน  
ทดสอบการดูดซึมน้ำ ทำการวัดขนาด และชั่งตัวอย่างก่อน  
อิฐแล้วนำตัวอย่างมาแช่ในภาชนะที่มีน้ำสะอาด โดยแช่ให้  
ท่วมก้อนตัวอย่างทดสอบทุกก้อน แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง  
นำผ้าขนหนูซับน้ำในแต่ละก้อนตัวอย่างให้แห้งซึ่งอยู่ใน  
ลักษณะอิมตัวผิวแห้ง แล้วนำมาชั่งในแล้วเสร็จภายใน 5  
นาทิจากที่ชั่งน้ำแล้วเสร็จนำเข้าสู่อุปไฟฟ้าปรับ  
อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบเป็นเวลา  
24 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกมาชั่งน้ำหนักในแต่ละก้อน  
ตัวอย่างค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำดินซีเมนต์

## 4. ผลการศึกษา

### 4.1 ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน

ผลการวิเคราะห์ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินลูกรัง  
แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะของดิน  
ลูกรังเท่ากับ 3.81 ซึ่งค่าตามมาตรฐาน ASTM D854  
กำหนดค่าความถ่วงจำเพาะของดินประมาณ 3.0-3.5  
แสดงให้เห็นว่าค่าความถ่วงจำเพาะของดินลูกรังที่ใช้

ทดสอบในห้องปฏิบัติการครั้งนี้ มีค่าสูงกว่าดินทั่วไป  
เล็กน้อย 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

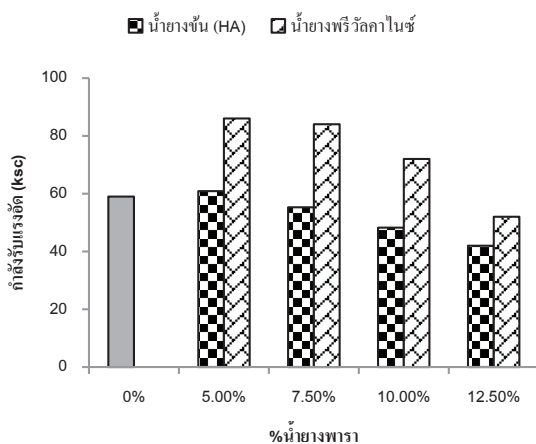
ผลจากการทดลองทำให้ทราบถึงการกระจายของ  
มวลลตะของดินและขนาดของเม็ดดิน ซึ่งการกระจายตัว  
ของขนาดเม็ดดิน แสดงค่าน้ำหนักและร้อยละของดินที่ค้าง  
ตะแกรง ดังตารางที่ 3 พบว่าดินค้างตะแกรงเบอร์ 8 (2.36  
mm) ร้อยละ 51.49 แสดงให้เห็นว่าดินลูกรังมีปริมาณหิน  
ที่ปะปนมาซึ่งทำให้จึงทำให้ค้างตะแกรงเบอร์ 8 มาก  
ร้อยละ 50 และเม็ดดินที่ค้างตะแกรงระหว่างเบอร์ 10  
(1.68 mm) ถึง ตะแกรงเบอร์ 200 (0.074 mm) ร้อยละ  
41.35 และเม็ดดินที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มีความ  
ละเอียดมาก ร้อยละ 1.89

### ตารางที่ 3 แสดงน้ำหนักดินที่ค้างบนตะแกรง

ลำดับ ตะแกรง	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

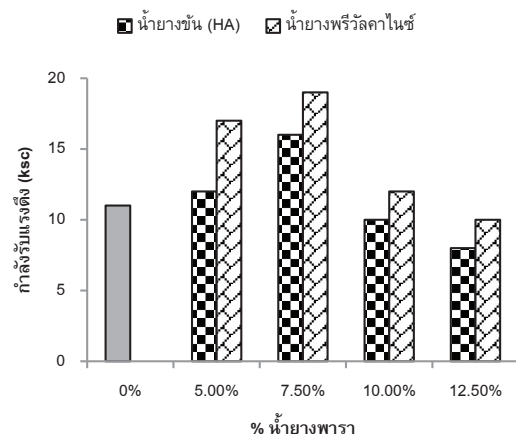
การทดสอบกำลังรับแรงอัดดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา โดยกำหนดค่าอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดิน : น้ำ และน้ำยาง (2 : 5 : 1) ผลการทดสอบคุณสมบัติการรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางขี้ (HA) และน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ จากรูปที่ 5 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ไม่ผสมน้ำยางพาราเท่ากับ 59 ksc ที่ระยะการบ่ม 28 วัน ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ ค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราในปริมาณที่มากขึ้น ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) ที่อัตราส่วนปริมาณน้ำยางขี้ 5%, 7.5%, 10% และ 12.5% ของน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 61, 55, 48 และ 42 ksc ตามลำดับ แต่กำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ที่ปริมาณน้ำยางขี้ที่เท่ากันให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่สูงกว่า ถ้าเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราทั้งสองชนิดพบว่า ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางขี้ ประมาณ 41%, 52%, 49%, และ 23% ที่ปริมาณน้ำยางขี้ 5%, 7.5%, 10% และ 12.5% ตามลำดับ และพบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดประมาณ 86 ksc ที่ปริมาณน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ 5%



รูปที่ 5 กำลังอัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

### 4.4 กำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์

กำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ดังรูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านการรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ ได้ทำการผสมน้ำยางพาราทั้งสองชนิดปริมาณน้ำยางขี้ 5%, 7.5%, 10% และ 12.5% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ พบว่าค่ากำลังรับดึงของดินซีเมนต์ไม่ผสมน้ำยางพาราเท่ากับ 11 ksc ที่ระยะการบ่มที่ 28 วัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพริ้วคาลาไนซ์ 7.5% ให้ค่ากำลังรับแรงดึงที่สูงสุด เท่ากับ 19 ksc ซึ่งสูงกว่าดินซีเมนต์ที่ไม่ผสมน้ำยางพาราถึง 72% แต่ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) ที่ 7.5% มีค่ากำลังรับแรงดึงเท่ากับ 16 ksc กำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราจะมีค่าลดลงเมื่อผสมน้ำยางพารามากกว่า 7.5% เนื่องจากการผสมน้ำยางขี้ในปริมาณที่มากกว่า 7.5% ทำให้ปริมาณน้ำยางพาราและดินซีเมนต์ผสมเข้ากันได้ไม่เต็มที่และน้ำยางพาราจะจับตัวเป็นก้อนทำให้เกิดรูพรุนและช่องว่างในเนื้อดินซีเมนต์ส่งผลกระทบต่อกำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ลดลง

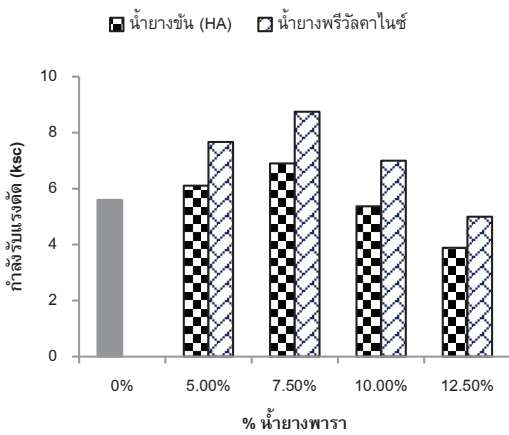


รูปที่ 6 กำลังแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

### 4.5 กำลังรับแรงดัดของดินซีเมนต์

กำลังรับแรงดัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราที่ระยะเวลาบ่มที่ 28 วัน แสดงดังรูปที่ 7 พบว่าลักษณะการรับแรงดัดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราทั้งสองชนิดมี

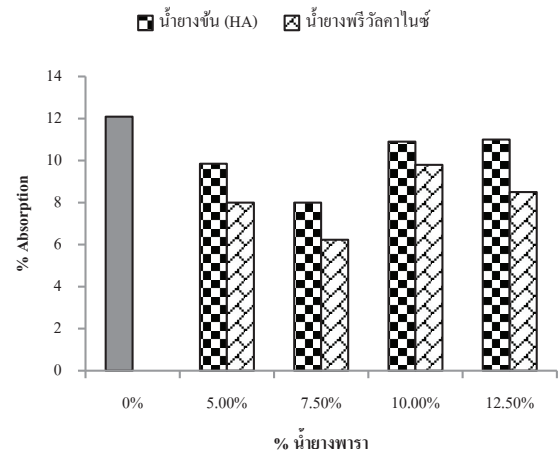
แนวโน้มเดียวกันกล่าวคือ กำลังรับแรงค้ำสูงสุดของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราที่ 7.5% เท่ากับ 7 ksc (น้ำยาง HA) และ 8.75 ksc (น้ำยางพรีวัลคาไนซ์) ในขณะที่ดินซีเมนต์ไม่ผสมน้ำยางพารามีค่ากำลังรับแรงค้ำเท่ากับ 5.6 ksc จากรูปที่ 6 ปริมาณน้ำยางที่ผสมในดินซีเมนต์ที่มากกว่า 7.5% ส่งผลต่อกำลังค้ำของดินซีเมนต์ทำให้แรงค้ำลดลงอย่างต่อเนื่อง และพบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยาง HA และมีน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีค่ากำลังรับแรงค้ำเท่ากับ 3.89 ksc และ 5 ksc ที่ปริมาณน้ำยางพารา 12.5%



รูปที่ 7 กำลังค้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยาง

#### 4.6 การทดสอบการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์

การดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางชั้น (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ แสดงในรูปที่ 8 พบว่าการดูดซึมน้ำ (% water absorption) ของดินซีเมนต์ไม่ผสมน้ำยางพารา 12% จะเห็นได้ว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางชั้น (HA) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์จะมีค่าการดูดซึมน้ำที่ต่ำเมื่อเทียบกับดินซีเมนต์แบบธรรมดา ถ้าใช้ปริมาณน้ำยางพาราในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถลดการรั่วซึมของดินซีเมนต์ได้ดี



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) และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมและความร้อนได้ดีกว่าน้ำยางชั้น [11] ดังนั้นนำผลการศึกษาวินิจฉัยไปใช้ประโยชน์ภาคสนามสำหรับสร้างสระน้ำต้นแบบดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราจึงแนะนำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์สำหรับใช้ผสมดินซีเมนต์ 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 ซึ่งพบว่าเกษตรกรได้มีการขุดสระน้ำสำหรับกักเก็บน้ำไว้ใช้ใน ช่วงฤดูแล้งและพื้นที่ดังกล่าวประสบปัญหาภัยแล้งทุกปี



รูปที่ 9 สํารวจสระน้ำและพื้นที่ไร่นาของเกษตรกร

เกษตรกรได้ทำการขุดสระน้ำขนาดความกว้าง 5 ม. ความยาว 10 ม. และความลึก 2.5 ม. (รูปที่ 10) สำหรับใช้เป็นสระน้ำต้นแบบที่คาดด้วยวัสดุดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ ได้ทำการปรับแต่งความลาดด้านข้างรอบสระน้ำและทำการปรับระดับพื้นสระน้ำโดยใช้ทรายถมและรดน้ำพื้นสระน้ำเพื่อให้ทรายแน่นก่อนเทพื้นสระน้ำโดยใช้ดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์



รูปที่ 10 เกษตรกรทำการปรับระดับพื้นและด้านข้างสระน้ำ



รูปที่ 11 เกษตรกรคาดพื้นและด้านข้างสระน้ำ

รูปที่ 11 ขั้นตอนในการคาดสระน้ำด้วยดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ โดยจะทำการเทพื้นสระน้ำก่อนและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้พื้นสระน้ำแห้ง และวันที่ 2 ทำการคาดด้านข้างสระน้ำด้วยดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ (รูปที่ 12) หลังจากนั้นทำการเติมน้ำเพื่อทำการทดสอบการรั่วซึมและเป็นการบ่มพื้นและผนังสระน้ำเพื่อให้มีความแข็งแรงและทนทานต่อการใช้งานในอนาคตต่อไป



รูปที่ 12 สระน้ำที่ลาดด้วยดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

## 6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผล

การพัฒนาดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้เป็นวัสดุลาดพื้นสระน้ำเพื่อกักเก็บน้ำไว้ในช่วงฤดูแล้งได้ทำการศึกษาคูณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์ ผลการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการพบว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีคุณสมบัติทางกล เช่นการรับแรงอัด แรงดึงแรงคดและการดูดซึมน้ำดีกว่าดินซีเมนต์ผสมน้ำยางชนิดรักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) และที่สำคัญน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ยังทนต่อสถานะแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่าน้ำยางชั้น (HA) เนื่องจากน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ได้ผ่านกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลของยางเกิดพันธะเคมีเชื่อมโยง (การวัลคาไนซ์) อันเนื่องมาจากการให้ความร้อนและสารเคมีที่เหมาะสม ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่แนะนำใช้เป็นวัสดุลาดสระน้ำ ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : น้ำ เท่ากับ 2 : 5 : 1 และใช้ปริมาณน้ำยางพารา 7.5% โดยน้ำหนักของน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ ซึ่งได้คุณสมบัติทางกลดังนี้ กำลังรับแรงอัด 86 ksc. กำลังรับแรงดึง 19 ksc. กำลังรับแรงคด 9 ksc. และการดูดซึมน้ำ 6.23%

การวิจัยในภาคสนามนำดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการไปประยุกต์ใช้งานจริง ที่พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา

แม่ยม จังหวัดแพร่ โดยการสร้างสระน้ำลาดด้วยวัสดุดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ ขนาดความกว้าง 5 ม. ยาว 2.5 ม. และลึก 2.5 ม. สระน้ำต้นแบบมีปริมาณการกักเก็บประมาณ 125 ลูกบาศก์เมตรจะได้ปริมาณน้ำที่มีความเพียงพอสำหรับการเกษตรขนาดเล็กและเลี้ยงสัตว์ในช่วงฤดูแล้งต่อเกษตรกร 1 ครัวเรือน

### 6.2 ข้อเสนอแนะ

- ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในห้องปฏิบัติการ
  - การนำผลการวิจัยไปใช้ภาคสนามแนะนำให้ใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ซึ่งจะมีความทนทานต่อสถานะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด ได้ดีกว่าน้ำยางพารา รักษาสภาพแอมโมเนียสูง (HA) แต่ควรมีการเพิ่มอายุของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบในห้องปฏิบัติการ เช่น ระยะเวลาบ่มที่ 60 วัน และ 90 วัน เป็นต้น
  - ดินลูกรังที่นำมาใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการควรนำดินไปบอบในตู้อบก่อนเพื่อลดความชื้นของดินซึ่งจะทำให้ดินและปูนซีเมนต์ผสมเข้ากันได้ดี
  - ดินซีเมนต์ที่ผสมน้ำยางพาราในปริมาณที่มากกว่า 15% ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์จะทำให้เนื้อยางจับตัวเป็นก้อน ดังนั้นควรมีการใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุผสมในน้ำยางพารา
- ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยภาคสนาม
  - การวิจัยภาคสนามควรมีวางแผนให้ชัดเจนเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ปฏิบัติงานภาคสนาม เช่น ไม่ควรมีการขุดสระน้ำในช่วงฤดูฝน เพราะจะทำให้ไม่สามารถก่อสร้างสระน้ำได้เนื่องจากปริมาณน้ำใต้ดินและน้ำชลประทานบริเวณข้างเคียงไหลเข้าสู่สระน้ำ
  - ควรมีการเชิญผู้นำชุมชนและเกษตรกรในพื้นที่เข้าร่วม โครงการวิจัยภาคสนาม

เพราะว่าจะได้รับความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการก่อสร้างสระน้ำต้น

- การคัดเลือกพื้นที่ในการสร้างสระน้ำควรเป็นพื้นที่ที่เกษตรกรสามารถใช้น้ำร่วมกันได้และไม่ไกลจากคลองส่งน้ำชลประทานมากนัก เพราะหลังจากสร้างเสร็จจะต้องมีการนำน้ำจากคลองชลประทานกักเก็บไว้ในสระน้ำเพื่อให้เกษตรกรไว้ใช้ในฤดูแล้ง
- ควรมีการประเมินลักษณะการใช้งานและทางกายภาพของสระน้ำหลังระยะการก่อสร้าง 6 เดือน – 1 ปี

## 7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่ ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยภาคสนาม และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้ห้องปฏิบัติการคอนกรีตและทดสอบวัสดุ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] กลุ่มพัฒนากรอบแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. กรอบแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2546.
- [2] พีรวัฒน์ ปลาเงิน และ ชวน จันทวาลย์. การพัฒนาคลองชลประทานผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), 2559.
- [3] พีรวัฒน์ ปลาเงิน. การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราและดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้นกักเก็บ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2558.
- [4] พีรวัฒน์ ปลาเงิน. การพัฒนาวัสดุเคลือบผิวคลองผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้บำรุงรักษาคลองชลประทาน. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), 2558.
- [5] พีรวัฒน์ ปลาเงิน, รุทกพัศ เจนจิวัฒน์กุล 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., Suddepong, 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, อาชีชัน แกสमान และอดิษฐ์ รุ่งวิชานินวัฒน์. 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.