การพัฒนามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราสำหรับซ่อมแซมและบำรุงรักษาคลองชลประทาน

พีรวัฒน์ ปลาเงิน[1*] สมศักดิ์ ชินวิกกัย[2]
มหาวิทยาลัยสยาม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
และ ชวน จันทวาลย์[3]
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ต.พรหมมณี อ.เมือง จ.นครนายก 26001

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์สำหรับใช้ซ่อมแซมรอยแตกร้าวและบำรุงรักษาคลองส่งน้ำชลประทาน ทั้งนี้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบกำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงดึง และการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราโดยกำหนดอัตราส่วนปริมาณเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ ยังได้ทดสอบมอร์ต้าร์ไม่ผสมน้ำยางพาราด้วยสำหรับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) แปรเปลี่ยนที่ 0.4, 0.5 และ 0.6 ผลการวิจัยพบว่ามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับร้อยละ 5 และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.5 ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน มีสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำดีที่สุด ดังนี้ กำลังรับแรงอัด 310 กก./ซม^2 กำลังรับแรงดัด 70 กก./ซม^2 กำลังรับแรงดึง 46 กก./ซม^2 การดูดซึมน้ำร้อยละ 5.35 และ การรั่วซึมน้ำ 13.64 มม./วัน ผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ซ่อมแซมรอยแตกร้าวและบำรุงรักษาคลองชลประทานที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี จากการติดตามประเมินผลเบื้องต้นการใช้งานคลองส่งน้ำชลประทาน พบว่าปริมาณน้ำไหลเข้าสู่พื้นที่แปลงนาไหลได้สะดวกและรวดเร็ว สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำเนื่องจากการรั่วซึมได้ดีและทำให้เพิ่มประสิทธิภาพของระบบชลประทาน

คำสำคัญ : มอร์ต้าร์ / น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ / สมบัติทางกลของมอร์ต้าร์ / คลองชลประทาน

* *Corresponding Author : pheerawat.pla@siam.edu*

[1] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์*

[2] *อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์*

[3] *ผู้อำนวยการ กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา*

The Development of Mortar Mixed with Rubber Latex for Irrigation Canal Maintenance

Pheerawat Plangoen[1*] Somsak Chinvikkai[2]

Siam University, Petchkasem Road, Phasi Chareon, Bangkok, 10160

and Chuan Chuntavan[3]

Chulachomklao Royal Military Academy, Muang, Nakhonnayok, 26001

Abstract

This research aimed to improve the properties of mortar mixed with pre-vulcanized latex that can be used to repair jointed irrigation canal crack and maintain irrigation canal to prevent water seepage. Laboratory tests were performed to study the mechanical properties of the mortarin terms of the compressive strength, flexural strength, tensile strength, water absorption and seepage loss. Different proportions of mortar to polymer concrete (P/C) viz. 5%, 10% and 15% by weight were used; normal mortar was also tested. Water latex solution to cement ratio (w/c) was varied at 0.4, 0.5 and 0.6.The results indicated that the P/C value of 5% and w/c of 0.4 yielded the sample of the best performance. The mixture on its 28th day of incubation possessed the compressive strength of 310 ksc, flexural strength of 70 ksc, tensile strength of 46 ksc, water absorption of 5.35% and seepage loss of 13.64 mm/day. Considering the satisfactory performance of the prepared material, it was used for repairing the irrigation canal walls and irrigation canal cracks in the Pasak dam operation and maintenance project in Lop Buri Province. Preliminary evaluation indicated that the repaired irrigation canals allowed water to flow more quickly and easily. Reduction in the seepage loss has resulted in a significant increase in the irrigation efficiency.

Keywords : Mortar / Pre-vulcanized Latex / Mechanical Properties of Mortar / Irrigation Canal

* *Corresponding Author : pheerawat.pla@siam.edu*

[1] *Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering.*

[2] *Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering.*

[3] *Director, Department of Civil Engineering, Education Section.*

1. บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่ทำรายได้อย่างมากเข้าสู่ประเทศไทย โดยเฉพาะการส่งออกในรูปวัตถุดิบยางพารา แต่การส่งออกวัตถุดิบเพียงอย่างเดียวในขณะที่การแปรรูปและใช้งานผลิตภัณฑ์ยางพาราภายในประเทศมีปริมาณน้อย จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญทำให้ราคายางพาราภายในประเทศขาดเสถียรภาพ ส่งผลกระทบต่อทั้งเกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมยางพาราทั้งระบบ นอกจากนี้ มาตรการการกระตุ้นให้เกิดการใช้ผลิตภัณฑ์ยางพาราในประเทศยังไม่เพียงพอและไม่เห็นผลเท่าที่ควร โดยควรเร่งส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางพาราตั้งแต่ระดับต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ยางพาราภายในประเทศเพื่อเพิ่มมูลค่าที่ยั่งยืนของยางพาราตลอดจนนำไปสู่พัฒนาผลิตภัณฑ์ยางพาราคุณภาพต่อไป

งานพัฒนาโครงการชลประทานโดยเฉพาะระบบการส่งน้ำเพื่อการชลประทานจัดว่ามีความสำคัญและมีประโยชน์มากด้านหนึ่งในการช่วยให้เกษตรกรสามารถทำการเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น คลองหรือคูส่งน้ำชลประทานเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของโครงการชลประทานเป็นทางน้ำสำหรับนำน้ำจากแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นต้นน้ำของโครงการชลประทานไปยังพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร โดยน้ำจากแหล่งน้ำจะกระจายไปยังพื้นที่เพาะปลูกได้ทั่วถึงด้วยคูส่งน้ำที่มีในเขตโครงการชลประทานหรือในเขตพื้นที่นอกโครงการชลประทาน ถ้าหากคลองหรือคูส่งน้ำชลประทานไม่สามารถทำหน้าที่ส่งน้ำจากแหล่งน้ำเข้าไปสู่พื้นที่เพาะปลูกได้อย่างทั่วถึงในปริมาณที่เหมาะสม และในเวลาที่พืชต้องการแล้ว จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกร ปัจจุบันคลองส่งน้ำชลประทานส่วนใหญ่ดาดด้วยคอนกรีต เมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะประสบปัญหาการแตกร้าวและเกิดการสึกกร่อนตามผนังและท้องคลองชลประทาน และการแตกร้าวตามผนังและท้องคลอง (รูปที่ 1) ก็เป็นปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการรั่วซึมของน้ำและการทับถมของตะกอนในคลองส่งน้ำ ทำให้คลองตื้นเขินและประสิทธิภาพของการส่งน้ำลดลงด้วย และโพรงที่เกิดจากการกัดเซาะหลังคลองดาดคอนกรีต

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาสมบัติทางกลของคอนกรีตและมอร์ต้าร์ผสมวัสดุปอซโซลาน Chatveera และ Wongkamjan [1] Chatveera และ Kongsub[2] ได้นำเถ้าแกลบซึ่งมีปริมาณ SiO2 สูงมาพัฒนาเป็นวัสดุปอซโซลาน

รูปที่ 1 รอยแตกร้าวตามผนังคลองชลประทาน

เพื่อใช้ในงานคอนกรีต โดยอยู่ในรูปของการแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเถ้าแกลบบดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในปริมาณที่เหมาะสมสามารถทำให้กำลังรับแรงอัดดีขึ้นและยังมีความคงทนต่อสารละลายซัลเฟตและกรดอะซิลิคดีกว่าปูนซีเมนต์ธรรมดาเนื่องจากเถ้าแกลบมีองค์ประกอบของ SiO2 ประมาณร้อยละ 81 ขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีองค์ประกอบของ SiO2 ประมาณร้อยละ 21 Homsriprasert และ Chatveera [3] ได้ศึกษาสมบัติการรับแรงอัดของจีโอโพลีเมอร์มอร์ต้าร์ และพบว่าจีโอโพลีเมอร์มอร์ต้าร์มีจุดเด่นหลายประการ ได้แก่ ค่ากำลังอัดสูง ความสามารถการซึมผ่านน้ำต่ำ ทนไฟ ทนทานต่อการสัมผัสสารละลายซัลเฟตและการกัดกร่อนของกรด Phoongernkham และคณะ [4] ได้ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนทรายต่อวัสดุประสานต่อสมบัติของจีโอโพลิเมอร์มอร์ต้าร์แทนด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ พบว่าอัตราส่วนทรายต่อวัสดุประสานที่เพิ่มขึ้นทำให้ระยะการก่อตัวจีโอโพลิเมอร์มอร์ต้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และทำให้กำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัดของจีโอโพลิเมอร์มอร์ต้าร์เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มาก

Plangoen และ Chuntavan [5] ได้ทำการศึกษาสมบัติของคอนกรีตและมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา ได้แก่ การพัฒนาคูส่งน้ำผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ในระบบชลประทานไร่นา ได้ทำการศึกษาสมบัติความสามารถในการเทได้ การเยิ้มของคอนกรีต คุณสมบัติทางกล (การรับแรงต่างๆ) การดูดซึมน้ำ และศึกษาโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตผสมน้ำยางพารา พบว่าคอนกรีตที่ผสมน้ำยาง อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับ 5% มีสมบัติทางกลที่ดีและการรั่วซึมน้ำต่ำ และได้นำไป

ประยุกต์ใช้งาน โดยการสร้างคูส่งน้ำคอนกรีตผสมน้ำยางพารา ติดตั้งในพื้นที่แปลงนา ที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ยม จังหวัดแพร่ [6] การประยุกต์ใช้น้ำยางพาราผสมดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้านภัยแล้ง ได้ประยุกต์ใช้น้ำยางพาราผสมดินซีเมนต์พัฒนาสระน้ำต้านภัยแล้ง โดยมีการศึกษาสมบัติขั้นพื้นฐานและทางวิศวกรรมของดินลูกรังผสมน้ำยางพารา โดยใช้อัตราส่วนของดินลูกรัง ปูนซีเมนต์ น้ำและน้ำยาง เท่ากับ 5 : 2 : 1 และใช้ปริมาณน้ำยางพารา ร้อยละ 5, 7.5, 10 และ 12.5 ของปริมาณน้ำที่ใช้ผสมดินซีเมนต์ ทำการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงดึงของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ที่ระยะการบ่มแห้งอากาศที่อายุ 28 วัน และการทดสอบการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา เท่ากับ 5 : 2 : 1 โดยน้ำหนัก และปริมาณน้ำยางร้อยละ 7.5 ของปริมาณน้ำ และได้นำไปใช้งานภาคสนามโดยการก่อสร้างสระน้ำดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราในพื้นที่ไร่นาของเกษตรกร

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ซ่อมแซมรอยแตกร้าวตามผนังและท้องคลองส่งน้ำชลประทานโดยทำการศึกษาสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราและนำไปทดสอบซ่อมแซมคลองส่งน้ำชลประทานที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ อันเนื่องจากพระราชดำริ จังหวัดลพบุรี

2. วัสดุและวิธีการวิจัย

2.1 วัสดุ

ปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการผสมใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และมีสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.15 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่ใหม่ ไม่เสื่อมคุณภาพ และไม่เปียกชื้นหรือจับตัวเป็นก้อน

มวลละเอียด

มวลรวมละเอียด : เป็นทรายแม่น้ำที่มีขนาดคละได้มาตรฐาน ASTM C33 [7] ค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาพอิ่มตัวผิวแห้งเท่ากับ 2.55 และค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 1.92 โดยน้ำหนัก

น้ำ : ใช้น้ำประปามีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 7

น้ำยางพารา

น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (Pre-vulcanized latex) คือ น้ำยางที่วัลคาไนซ์ในสภาวะของเหลวและขึ้นรูปเป็นยางวัลคาไนซ์ได้โดยไม่ต้องให้ความร้อนอีก น้ำยางพรีวัลคาไนซ์ยังคงสถานะเป็นของไหลและมีลักษณะทั่วไปเหมือนเดิม การวัลคาไนซ์จะเกิดขึ้นในภายในอนุภาค การพรีวัลคาไนซ์จะให้ความร้อนแก่น้ำยางคอมพาวด์ที่เหนือจุดเดือดของน้ำ ในตู้ความดันแต่ต่อมาเนื่องจากมีการใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความว่องไวสูงเป็นพิเศษ จึงทำให้การทำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์สามารถทำได้ภายใต้ความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียล ซึ่งวิธีนี้ได้รับการพัฒนาต่อมาและสามารถจะทำพรีวัลคาไนซ์ได้โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียล ใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 สูตรผสมเคมีของน้ำยางข้นพรีวัลคาไนซ์ในระบบกำมะถัน [8]

สูตรผสมเคมี	ปริมาณ (phr)
น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA)	167
สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 10)	2.5
สารละลายโพแทสเซียมลอเรต (ความเข้มข้นร้อยละ 20)	1.3
ดิสเพอชันของกำมะถัน (ความเข้มข้นร้อยละ 50)	2.0
ดิสเพอชันของซิงก์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (ความเข้มข้นร้อยละ 10)	0.8
ดิสเพอชันของซิงก์ออกไซด์ (ความเข้มข้นร้อยละ 50)	0.4

2.2 อัตราส่วนมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

การเตรียมตัวอย่างมอร์ต้าร์ผสมน้ำยาง (ปูนซีเมนต์ ทราย น้ำและน้ำยางพาราชนิดพรีวัลคาไนซ์) กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 1 : 2.5 และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (water cement ratio, w/c) เท่ากับ 0.4, 0.5

และ 0.6 โดยใช้มอร์ต้าร์ไม่มีส่วนผสมของน้ำยางพาราและมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับร้อยละ 5, 7.5, 10 และ 12.5 โดยน้ำหนัก

2.3 การคำนวณปริมาณน้ำยางพรีวัลคาไนซ์

โดยทั่วไปน้ำยางพรีวัลคาไนซ์มีปริมาณเนื้อยาง (TSC) ประมาณร้อยละ 60 และส่วนที่เป็นน้ำ ประมาณร้อยละ 40 ดังนั้นการผสมมอร์ต้าร์ในแต่ละครั้งจะต้องแยกปริมาณเนื้อของแข็งในน้ำยางและปริมาณน้ำในน้ำยางออกจากกันด้วยและนำปริมาณน้ำที่ได้จากน้ำยางไปหักปริมาณน้ำที่จะใช้ผสมมอร์ต้าร์ เช่น ถ้ากำหนด w/c เท่ากับ 0.4 ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ 1000 กรัม จะใช้น้ำที่ใช้ 400 กรัม สำหรับมอร์ต้าร์ที่ไม่ผสมน้ำยางพารา แต่ถ้าอัตราส่วน P/C เท่ากับ 5, 10, และ 15 ปริมาณน้ำและน้ำยางที่จะใช้ผสมมอร์ต้าร์ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างปริมาณน้ำยางพรีวัลคาไนซ์และปริมาณน้ำที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์ ที่ w/c = 0.4 ปริมาณปูนซีเมนต์ (C) = 1000 g และไม่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ

P/C ร้อยละ	เนื้อยาง (กรัม)	ปริมาณน้ำยาง (กรัม)	ปริมาณน้ำในน้ำยาง (กรัม)	ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์ (กรัม)
0	0	0	0	400
5	50	84.3	34.3	365.7
10	100	168.6	68.6	331.4
15	150	252.9	102.9	297.1

2.4 การทดสอบสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำ

2.4.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive Strength Test)

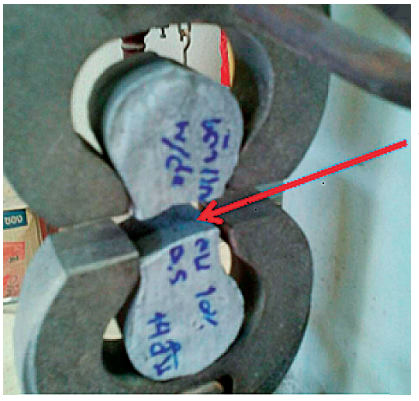
โดยตักส่วนผสมมอร์ต้าร์ลงในแบบหล่อ ขนาด 5 x 5 x 5 ซม. ตามมาตรฐาน ASTM C109 [9] และกระทุ้งให้แน่นจนเต็มปาดผิวให้เรียบปิดด้วยผ้าชื้นและคลุมทับด้วยแผ่นพลาสติกอีกชั้นหนึ่งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออก นำไปบ่มในน้ำจนครบอายุ 28 วันสำหรับจำนวนตัวอย่างของการทดสอบนี้ เนื่องจากมีส่วนทั้งสิ้น 5 ส่วนผสม และจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบส่วนผสมละ 3 ตัวอย่าง ดังนั้นจะมีตัวอย่างทดสอบรวมทั้งสิ้น 15 ตัวอย่างก่อนทดสอบนำตัวอย่างมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก โดยจัดตำแหน่งให้แนวแกนตัวอย่างอยู่ในแนวแกนเดียวกับเครื่องทดสอบ (รูปที่ 2) ควบคุมน้ำหนักบรรทุกในอัตราสม่ำเสมอด้วยอัตรา 42+2 กิโลกรัมต่อนาที จนกระทั่งชิ้นตัวอย่างวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดและลักษณะการวิบัติ

รูปที่ 2 การทดสอบกำลังรับแรงอัดมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

2.4.2 การทดสอบกำลังรับแรงดึง (Tensile Strength Test)

โดยตักส่วนผสมลงในแบบหล่อรูปบริเควทจนเต็ม ใช้มือกดมอร์ต้าร์ลงแบบหล่อ ตามมาตรฐาน ASTM C190 [10] ทำซ้ำเมื่อกลับแบบหล่อ ปาดผิวให้เรียบ จากนั้นปิดด้วยผ้าชื้นและคลุมทับด้วยแผ่นพลาสติกอีกชั้นหนึ่งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออก นำไปบ่มในน้ำจนครบอายุทดสอบ

ที่ 28 วัน สำหรับจำนวนตัวอย่างของการทดสอบ เนื่องจากมีส่วนทั้งสิ้น 5 ส่วนผสม และจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบส่วนผสมละ 3 ตัวอย่าง ดังนั้นจะมีตัวอย่างทดสอบรวมทั้งสิ้น 15 ตัวอย่างก่อนการทดสอบนำตัวอย่างมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนักก่อนนำเข้าเครื่องทดสอบและจัดตำแหน่งให้แนวแกนของตัวอย่างอยู่ในแนวแกนของเครื่องทดสอบ ควบคุมการให้น้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นตัวอย่างวิบัติ ดังรูปที่ 3 บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดและลักษณะการวิบัติ วัดพื้นที่หน้าตัดบริเวณรอยขาดซึ่งตั้งฉากกับแรงดึง



ลักษณะการวิบัติของตัวอย่างทดสอบ

รูปที่ 3 การทดสอบกำลังรับแรงดึงมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

2.4.3 การทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural Strength Test)

การทดสอบกำลังดัดของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา โดยเตรียมแท่งตัวอย่างทดสอบคานหน้าตัดขนาด 4x4 ซม. ยาว 16 ซม. ตักส่วนผสมลงในแบบ โดยแบ่งเป็น 2 ชั้น แต่ละชั้นกระทุ้งแน่นจนทั่วปาดผิวให้เรียบ หลังจากถอดแบบทำการบ่มโดยใช้พลาสติกจนครบอายุทดสอบที่ 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM C348 [11] สำหรับจำนวนตัวอย่างของการทดสอบ เนื่องจากมีส่วนทั้งสิ้น 5 ส่วนผสม และจัดเตรียมตัวอย่างทดสอบส่วนผสมละ 3 ตัวอย่าง ดังนั้นจะมีตัวอย่างทดสอบรวมทั้งสิ้น 15 ตัวอย่างนำตัวอย่างมาวัดขนาดและชั่งน้ำหนัก จัดตำแหน่งที่รองรับให้มีระยะห่าง 12 ซม. และให้ตำแหน่งของหัวกดอยู่บริเวณกึ่งกลางคานควบคุมการให้น้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอจนกระทั่งชิ้นตัวอย่างวิบัติ บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุดและลักษณะการวิบัติ (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 การทดสอบกำลังรับแรงดัดมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

2.4.4 การทดสอบการดูดซับน้ำ (Water Absorption Test)

การทดสอบด้านความสามารถในการดูดซึมน้ำและการป้องกันการรั่วซึมน้ำผ่านวัสดุเคลือบผิวคลองผสมน้ำยางโดยนำส่วนผสมของวัสดุเคลือบผิวคลองผสมน้ำยางใส่ลงในแบบหล่อรูปสี่เหลี่ยม ขนาดแบบหล่อขนาด 10 x 10 x 10 ซม. ปิดด้วยผ้าชื้นและคลุมทับด้วยแผ่นพลาสติกอีกชั้นหนึ่งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบออกแล้วนำไปบ่มในน้ำจนครบอายุทดสอบที่ 28 วันก่อนทำการทดสอบการดูดซับน้ำ วัดขนาดและชั่งตัวอย่างทดสอบแล้วนำตัวอย่างมาแช่ในภาชนะที่มีน้ำสะอาด แช่ทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง (นำผ้าขนหนูซับน้ำในแต่ละก้อนตัวอย่างให้แห้งซึ่งอยู่ในลักษณะอิ่มตัวผิวแห้ง แล้วนำมาชั่งให้แล้วเสร็จภายใน 5 นาที หลังจากที่ซับน้ำแล้วเสร็จนำเข้าตู้อบไฟฟ้าปรับอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกมาชั่งน้ำหนักในแต่ละก้อนตัวอย่างค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

รูปที่ 5 ทดสอบการดูดซึมน้ำมอร์ต้าร์ผสมน้ำยาง

2.4.5 การทดสอบการรั่วซึมน้ำ (Seepage loss Test)

การทดสอบการรั่วซึมน้ำของมอร์ต้าร์ไม่ผสมน้ำยางพาราและมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วน P/C เท่ากับร้อยละ 5, 7.5, 10, และ 12.5 โดยทำการหล่อแบบทดสอบขนาดความกว้าง ยาว และสูง 30 x 30 x 30 ซม. ความหนา 5 ซม.แล้วนำไปบ่มจนครบอายุทดสอบที่ 28 วัน แล้วทำการทดสอบการรั่วซึมน้ำ (รูปที่ 6)

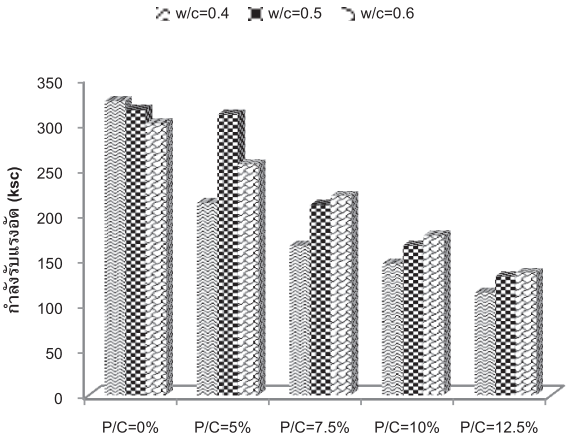
รูปที่ 6 แบบจำลองบ่อทดสอบการรั่วซึมของน้ำ

3. ผลการศึกษาวิจัย

3.1 สมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

- **กำลังรับแรงอัดมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา**

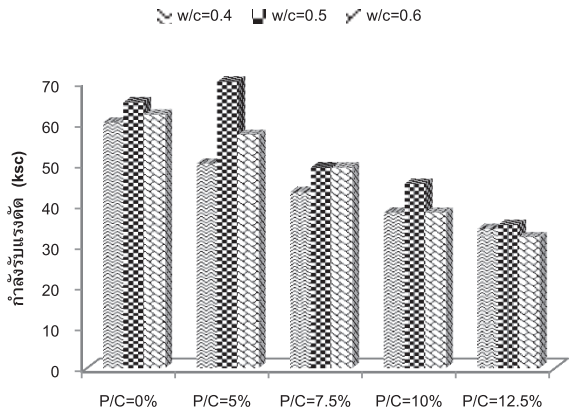
จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา และมอร์ต้าร์ธรรมดา ดังในรูปที่ 7 พบว่ามอร์ต้าร์ธรรมดาค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ (w/c) 0.4, 0.5 และ 0.6 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดดังนี้ 325 กก./ซม^2 315 กก./ซม^2 และ 300 กก./ซม^{2}จะเห็นได้มอร์ต้าร์ที่อัตราส่วน w/c เท่ากับ 0.4 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดสำหรับมอร์ต้าร์แบบธรรมดาแต่พบว่ามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.4 มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ต่ำกว่า w/c เท่ากับ 0.5 และ 0.6 อาจเป็นผลมาจากปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปทำให้มอร์ต้าร์และน้ำยางผสมเข้ากันได้ไม่เต็มที่ ซึ่งน้ำยางพาราจะมีส่วนประกอบของเนื้อยางร้อยละ 60 และน้ำร้อยละ 40 จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราพบว่าอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับร้อยละ 5 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงกว่า อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) ร้อยละ 7.5, 10 และ 15 ดังนั้นปริมาณน้ำยางพาราที่จะใช้ผสมมอร์ต้าร์ในอัตราส่วนที่เหมาะคือปริมาณเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ และถ้าพิจารณาร่วมกับปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์พบว่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.5 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุด เท่ากับ 310 กก./ซม^2 เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำยางที่อัตราส่วนอื่นๆ



รูปที่ 7 กำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

- **กำลังรับแรงดัดมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา**

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงดัดซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับกำลังรับแรงอัด พบว่าผสมน้ำยางพาราในมอร์ต้าร์ทำให้กำลังรับแรงดัดของมอร์ต้าร์ลดลงแต่จากการสังเกตลักษณะของการแตกหักของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบพบว่ามอร์ต้าร์แบบธรรมดามีการลักษณะการแตกที่เปราะง่าย แต่ตัวอย่างทดสอบมอร์ต้าผสมน้ำยางพารามีลักษณะการวิบัติของชิ้นงานไม่เปราะง่ายเนื่องจากน้ำยางปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ให้เกิดแผ่นฟิล์มและเส้นใยยางแทรกอยู่ในเนื้อมอร์ต้าร์

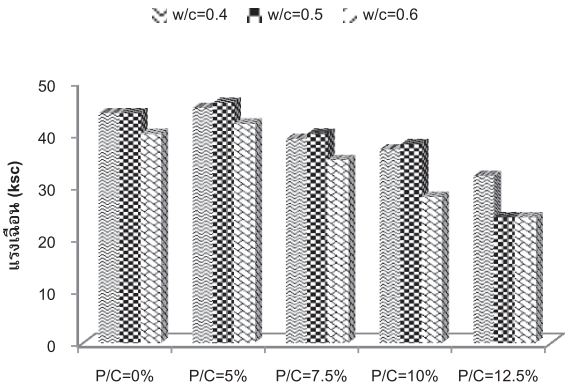


รูปที่ 8 กำลังรับแรงดัดของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

รูปที่ 8 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดัดของมอร์ต้าร์ที่ 28 วัน ที่อัตราส่วน w/c เท่ากับ 0.4, 0.5 และ 0.6 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากำลังรับแรงดัดมอร์ต้าร์ลดลงอย่างต่อเนื่องซึ่งแปรผันตามเปอร์เซ็นต์น้ำยางที่เพิ่มขึ้น กำลังรับแรงดัดของมอร์ต้าร์ซึ่งไม่ระบุไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก) ดังนั้นสำหรับการวิจัยนี้ กำลังรับแรงดัดของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางจะเทียบกับค่ากำลังรับแรงดัดมอร์ต้าร์มาตรฐาน พบว่า ที่ w/c เท่ากับ 0.5 และ P/C ร้อยละ 5 ค่ากำลังรับแรงดัดมอร์ต้าร์มีค่าสูงสุด เท่ากับ 70 กก./ซม^2 แต่กำลังรับแรงดัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ไม่ผสมน้ำยางพารา ที่อัตราส่วน w/c เท่ากับ 0.4, 0.5 และ 0.6 ได้ค่ากำลังรับแรงดัด 60 กก./ซม^2, 65 กก./ซม^2 และ 62 กก./ซม^2 ตามลำดับ

- **กำลังรับแรงดึงของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา**

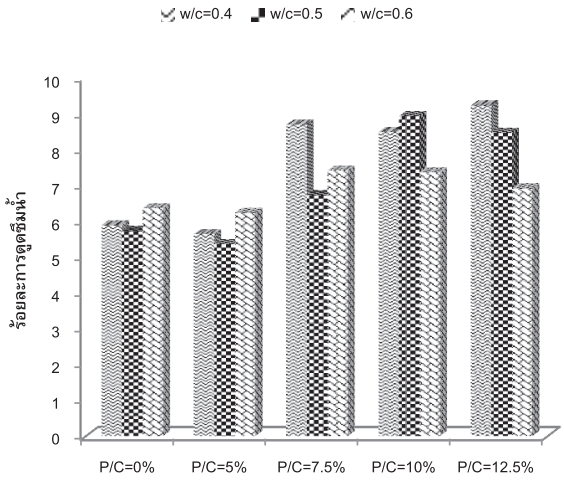
จากผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของมอร์ต้าร์ พบว่าค่ากำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ธรรมดาที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ (w/c) 0.4, 0.5 มีค่ากำลังรับแรงดึงเท่ากับ 44 กก./ซม^2 และ w/c เท่ากับ 0.6 ให้ค่ากำลังรับแรงดึง เท่ากับ 40 กก./ซม^2 จากรูปที่ 9 พบว่าค่ากำลังรับแรงดึงของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางลดลงตามปริมาณน้ำยางที่ใช้ผสมมอร์ต้าร์ในปริมาณที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราส่วนของเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมได้แก่อัตราส่วนของเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5 โดยให้ค่ากำลังรับแรงดึงที่อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) 0.4, 0.5 และ 0.6 ให้ค่ากำลังรับแรงดึงเท่ากับ 45 กก./ซม^2, 46 กก./ซม^2, และ 42 กก./ซม^2 ตามลำดับ



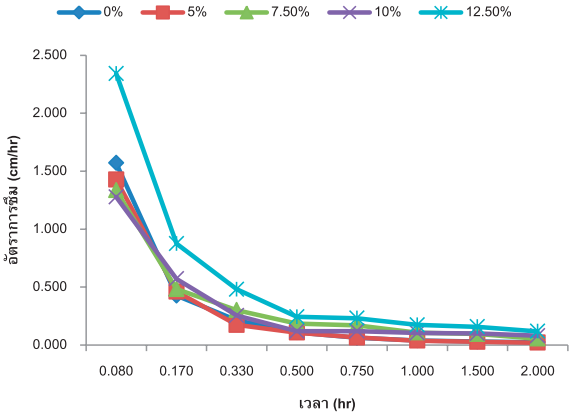
รูปที่ 9 กำลังรับแรงดึงมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

- **การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา**

การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ และพฤติกรรมการดูดซึมความชื้นของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา แต่เกณฑ์การดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ไม่มีการระบุไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) ซึ่งมีแต่เกณฑ์มาตรฐานการดูดซึมน้ำของอิฐเท่านั้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้เกณฑ์เปรียบเทียบกับมอร์ต้าร์ธรรมดาแทนจากผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 10 พบว่าร้อยละการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าแบบธรรมดาได้ค่าเท่ากับร้อยละ 16.4 แต่พบว่ามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 5 ให้ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 13.64 ซึ่งต่ำกว่ามอร์ต้าร์แบบธรรมดา ในขณะที่มอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราในอัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 7.5, 10 และ 12.5 มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำที่สูงกว่ามอร์ต้าร์ธรรมดา เนื่องจากปริมาณน้ำยางที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มอร์ต้าร์ผสมเข้ากันไม่เป็นเนื้อเดียวกันมีรูพรุน [5] มากกว่ามอร์ต้าร์ที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 5



รูปที่ 10 ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา



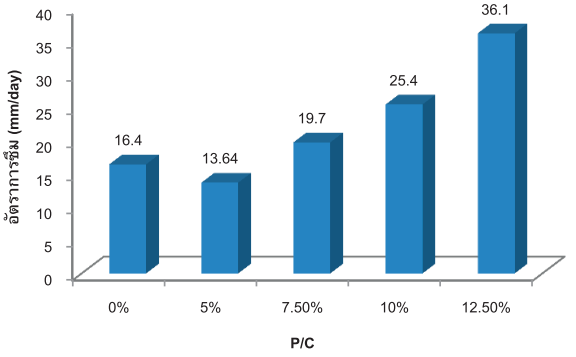
รูปที่ 11 อัตราการรั่วซึมน้ำจากสมการของ Horton

- **การทดสอบการรั่วซึมแบบจำลอง**

ผลการทดสอบการรั่วซึมน้ำในแบบจำลองที่ทำด้วยมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วน P/C ต่างๆ รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมของน้ำกับระยะเวลาที่ใช้ทดสอบการรั่วซึม โดยใช้สมการของ Horton ดังสมการที่ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึม (f) ที่เวลา t ใดๆ กับอัตราการซึมที่เวลาเริ่มต้น (f_o) อัตราการซึมที่สภาวะสมดุล (f_c) ค่าคงที่ของการซึม k และเวลา (t)

$$F = f_c T + \frac{f_o - f_c}{k} - \frac{f_o - f_c}{k} e^{-kt} \qquad (1)$$

การวัดการรั่วซึมจะเห็นได้ว่าที่เวลาเริ่มต้นมีอัตราการซึมมีค่ามากเพราะในช่วงเวลาเริ่มต้นน้ำจะซึมผ่านได้เร็วเพราะมีปริมาณช่องว่างในมอร์ต้าร์และเมื่อเวลาผ่านไปผนังแบบจำลองเริ่มเปียกและช่องว่างลดลงทำให้อัตราการซึมลดลงจนกระทั่งถึงสภาวะสมดุล



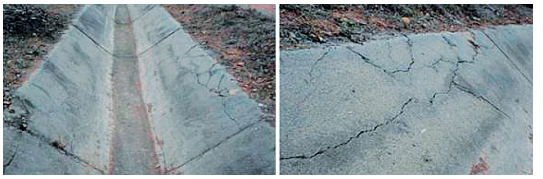
รูปที่ 12 อัตราการรั่วซึมของแบบจำลอง

อัตราการรั่วซึมของแบบจำลองที่มีส่วนผสมของน้ำยางร้อยละ5มีค่าอัตราการรั่วซึมน้ำต่ำกว่าแบบจำลองที่ไม่ผสมของน้ำยางพารา 2.76 มม./วัน หรือร้อยละ16.82 และแบบจำลองที่มีส่วนผสมของน้ำยางร้อยละ 7.5, 10 และ 12.5 มีค่าอัตราการซึมสูงกว่าแบบแบบจำลองที่ไม่ผสมของน้ำยาง 19.7 มม./วัน, 25.4 มม./วัน และ 36.1 มม./วัน ตามลำดับ (รูปที่ 12) แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำยางที่ผสมในมอร์ต้าร์ในเปอร์เซ็นต์ที่เหมาะประมาณร้อยละ 5 สามารถลดอัตราการรั่วซึมของน้ำได้ แต่อย่างไรก็ตาม Plangoen และ Chuntavan [5] ได้ทำการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของมอร์ต้าร์และคอนกรีตผสมน้ำยางพารา โดยใช้กล้องอิเล็คตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าหากใช้น้ำยางที่ผสมในมอร์ต้าร์ปริมาณสูงกว่าร้อยละ 5 จะทำให้เกิด

การรั่วซึมมากกว่า เพราะว่าเนื้อยางที่ผสมในมอร์ต้าร์ในปริมาณที่สูงจะทำให้เกิดเนื้อยางที่จับตัวเป็นก้อนเล็กๆ ในมอร์ต้าร์และทำให้เกิดรูพรุนดังนั้นน้ำสามารถซึมผ่านได้ง่าย

4. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราในห้องปฏิบัติการ ได้ถูกนำไปใช้ทดสอบใช้งานภาคสนามที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจรอยแตกร้าวตามผนังคลองส่งน้ำหลังจากที่มีการขุดตะกอนและกำจัดวัชพืชออกแล้ว พบว่าตามผนังคลองส่งน้ำมีรอยแตกร้าว (รูปที่ 13) เป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วซึมของน้ำในคลองและทำให้เกิดโพรงใต้ ถ้าไม่มีการซ่อมแซมจะทำให้ผนังคลองทรุดตัวและแตกร้าวมากขึ้น



รูปที่ 13 รอยแตกร้าวและรอยสึกกร่อนตามผนังคลองแยกซอย

สำหรับรอยแตกร้าวตามผนังคลอง ดังรูปที่ 13 เกษตรกรจะทำการซ่อมแซมรอยแตกร้าวตามผนังคลองโดยใช้มอร์ต้าร์ผสมน้ำยาง ดังรูปที่ 14 ใช้มอร์ต้าร์ผสมน้ำยางอุดรอยแตกร้าวเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำในคลองส่งน้ำ

รูปที่ 14 เกษตรกรซ่อมแซมรอยแตกร้าวในคลองชลประทาน

คลองส่งน้ำชลประทานส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานหลายปี จึงทำให้ผนังและท้องคลองส่งน้ำมีการกัดกร่อนเป็นสาเหตุให้น้ำในคลองชลประทานเกิดการรั่วซึมตามผนังและท้องคลองส่งน้ำ ดังนั้น การใช้มอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราซ่อมแซมและเคลือบผิวคลองจึงเป็นการบำรุงรักษาให้คลองชลประทานลดการกัดกร่อนและป้องกันการรั่วซึม (รูปที่ 15) และทำให้การไหลของน้ำเร็วขึ้นเนื่องจากผนังคลองส่งน้ำที่เคลือบผิวแล้วจะช่วยลดแรงเสียดทานตามผนังคลองและท้องคลองส่งน้ำ

รูปที่ 15 เกษตรกรเคลือบผิวคลองส่งน้ำโดยใช้มอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา

คลองส่งน้ำชลประทานที่ได้รับการซ่อมแซมด้วยซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราจะปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2 เดือน แล้วทำการทดสอบการรั่วซึมของน้ำในคลองส่งโดยวิธีบ่อเก็บกักน้ำ ดังรูปที่ 16 สำหรับใช้วัดการรั่วซึมของน้ำในคลองซึ่งใช้กระสอบบรรจุทรายและผ้าใบกันน้ำเพื่อวัดการซึมผ่านของน้ำในคลองชลประทาน โดยสร้างคันกั้นน้ำในคลองซอยซึ่งมีความยาวของบ่อเก็บกักประมาณ 30 เมตร การทดสอบบ่อเก็บกักน้ำเพื่อวัดการรั่วซึมของน้ำในคลองชลประทาน พบว่าอัตราการรั่วซึมที่ความลึกระดับต่างๆ ดังนี้ ที่ระดับความลึกของน้ำในคลอง 37 ซม. มีอัตราการรั่วซึม 302 มม./วัน ระดับความลึกของน้ำในคลอง 36 ซม. มีอัตราการรั่วซึม 257 มม./วันและความลึกของน้ำในคลอง 35 ซม. มีอัตราการรั่วซึม 244 มม./วัน จากผลการวัดการรั่วซึมในภาคสนามพบว่า ถ้าเปรียบเทียบการรั่วซึมของน้ำในคลองชลประทานที่ใช้งานจริงซึ่งวัดโดยกรมชลประทาน ที่ระดับความลึกของน้ำในคลองซอย 16 ซม.

มีอัตราการสูญเสียน้ำเนื่องจากการรั่วซึม 480 มม./วัน ซึ่งอัตราการรั่วซึมของน้ำในคลองจะแปรผันตามความลึกของระดับน้ำคลองส่งน้ำ จากผลการทดสอบในภาคสนามพบว่า คลองชลประทานที่เคลือบผิวด้วยมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราและได้รับการซ่อมแซมรอยแตกร้าวตามผนังและท้องคลองโดยใช้มอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา อัตราการรั่วซึมของน้ำระดับความลึก 35 – 37 ซม. มีค่าอยู่ระหว่าง 244 – 302 มม./วัน ซึ่งอัตราการรั่วซึมน้อยกว่าการรั่วซึมของน้ำที่ระดับความลึก 16 ซม. ดังนั้นแสดงให้เห็นว่ามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำในคลองชลประทานได้เป็นอย่างดี

รูปที่ 16 วัดหน้าตัดและความลึกของน้ำในคลองสำหรับใช้คำนวณการรั่วซึม

รูปที่ 17 ภาพถ่ายคลองชลประทานที่ได้รับการซ่อมแซมหลังจากผ่านการใช้งาน 6 เดือน

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

การพัฒนามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ซ่อมแซมและบำรุงรักษาคลองชลประทาน จากผลการศึกษาสมบัติทางกลและการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราสรุปได้ดังนี้ ผลการศึกษาสมบัติทางกลมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราพบว่ากำลังรับแรงอัดลดลงเมื่อเทียบกับมอร์ต้าร์แบบธรรมดาซึ่งไม่ผสมน้ำยางพารา ยกเว้นเมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับร้อยละ 5 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.5 และอัตราส่วนของปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 1 : 2.5 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 310 กก./ซม^2 มีค่าใกล้เคียงกับมอร์ต้าร์แบบธรรมดาสำหรับกำลังรับแรงดัดและกำลังรับแรงดึงพบว่าลักษณะของการรับแรงสอดคล้องกับกำลังรับแรงอัด กล่าวคือเมื่อผสมน้ำยางพาราในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้สมบัติในการรับแรงดัดและกำลังรับแรงดึงลดลง แต่พบว่าอัตราส่วนของเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 ที่อัตราส่วนของน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.5 ให้ค่ากำลังรับแรงดัดและกำลังรับแรงดึงเท่ากับ 70 กก./ซม^2 และ 46 กก./ซม^2 ซึ่งมีค่าสูงกว่ามอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา ที่ P/C เท่ากับร้อยละ 7.5, 10 และ 12.5 สำหรับค่าการดูดซึมน้ำและการรั่วซึมน้ำของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา พบว่า มอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับร้อยละ 5 และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.5 มีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดีกว่ามอร์ต้าร์แบบธรรมดา ซึ่งได้ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 5.35 และอัตราการรั่วซึมน้ำเท่ากับ 13.64 มม./วัน ดังนั้นจึงได้แนะนำใช้มอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราสำหรับใช้ซ่อมแซมคลองส่งน้ำชลประทานที่อัตราส่วนเนื้อยางต่อปูนซีเมนต์ (P/C) เท่ากับร้อยละ 5 และอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.5 ผลการศึกษาวิจัยดังกล่าวข้างต้นได้นำไปทดสอบการใช้งานโดยทำการซ่อมแซมรอยแตกร้าวตามผนังและท้องคลองชลประทาน ที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี และคณะผู้วิจัยได้ทำการประเมินคลองชลประทานที่ซ่อมแซมด้วยซีเมนต์เพสต์และมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพารา หลังจากที่ได้ทำการซ่อมแซมและบำรุงรักษา ประมาณ 6 เดือน ดังรูปที่ 17 พบว่าลักษณะการเชื่อมประสานรอยแตกร้าวตามผนังคลองที่อุดด้วยมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางมีการยึดเกาะกันดี และผนังคลองที่ถูกฉาบด้วยวัสดุเคลือบผิวผสมเถ้าแกลบและน้ำยาง

มีการยึดเกาะกับผนังเดิมและไม่มีการหลุดลอก บริเวณทั้งสองข้างริมคลองมีวัชพืชขึ้นปกคลุมอย่างหนาแน่น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ที่สามารถช่วยดักตะกอนดินไม่ให้ไหลลงสู่คลองส่งน้ำในช่วงที่มีฝนตก ดังนั้นผลการศึกษาวิจัยควรมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปขยายผลและทดลองใช้ในพื้นที่โครงการชลประทานอื่นๆ ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การเลือกใช้ชนิดของน้ำยางพาราควรใช้น้ำยางพรีวัลคาไนซ์แทนน้ำยางข้นรักษาสภาพแอมโมเนียเพราะว่าน้ำยางพรีวัลคาไนซ์เมื่อผสมกับปูนซีเมนต์หรือมอร์ต้าร์แล้วจะมีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด ได้ดีกว่าน้ำยางข้น

2) ควรใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (Nonionic Surfactants) เพื่อให้ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำยางเข้ากันได้ดี โดยไม่จับตัวเป็นก้อน และควรผสมสารลดแรงตึงผิว น้ำ และน้ำยางพาราให้เข้ากันก่อนที่จะใช้ผสมปูนซีเมนต์

3) ควรเพิ่มระยะเวลาในการศึกษาสมบัติทางกลของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราและตรวจสอบคุณภาพของมอร์ต้าร์ผสมน้ำยางพาราที่ใช้ซ่อมแซมคลองทางด้าน Ageing เช่นระยะเวลาที่ 1 – 2 ปี

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนทุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สัญญาเลขที่ RDG5650079 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกร ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ที่เข้าร่วมโครงการวิจัยภาคสนาม และภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม และกองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้ห้องปฏิบัติการคอนกรีตและทดสอบวัสดุ คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

1. Chatveera, B. and Wongkamjan, W., 2001, “Mechanical Behavior of Fine RHA Concrete,” *KMUTT Research and Development Journal*, 24 (3), pp. 327-342.

2. Chatveera, B. and Kongsub, T., 2002, “Durability of Concrete Containing Black RHA from Rice Mill,” *KMUTT Research and Development Journal*, 25 (4), pp. 374-389.

3. Homsriprasert, W. and Chatveera, B., 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), pp. 271-286.

4. Phoo-ngernkham, T., Hanjitsuwan, S. and Chindaprasirt, P., 2016, “Influence of Sand to Binder Ratio on Properties of Geopolymer Mortar Containing Portland Cement,” *KMUTT Research and Development Journal*, 39 (2), pp. 127-137.

5. Plangoen, P. and Chuntavan, C., 2016, “The Development of Irrigation Canal mix with Rubber Latex for Farm Irrigation System,” Final Technical Report to Agricultural Research Development Agency (Public Organization), Bangkok.

6. Plangoen, P., 2015, Application of Rubber Latex and Soil Cement Develop Drought Relieving Water Pond, Final Technical Report to Thailand Research Fund, Bangkok.

7. American Society for Testing and Materials, 2008, “ASTM C33 / C33M - 08 Standard Specification for Concrete Aggregates,” Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.02, PA, USA.

8. Kajornchaiyakul, V., 2006, Natural Rubber Latex : Production and Using, Thailand Research Fund, Bangkok.

9. American Society for Testing and Materials, 2008, “ASTM C109 / C109M - 08 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars

(Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)," Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.01, PA, USA.

10. American Society for Testing and Materials, 2008, "ASTM C206-1 Standard Test Method for Tensile Strength of Hydraulic Cement Mortars," Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.01, PA, USA.

11. American Society for Testing and Materials, 2008, "ASTM C348 Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic Cement Mortars," Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.01, PA, USA.