

การศึกษาการออกแบบส่วนผสม Para Soil Cement

The Study of Para Soil Cement Job Mix Formula

ธวัชชัย คุณประคัลภ์

สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

E-mail : tung๘๕๐๙@outlook.com

บทคัดย่อ

ตามนโยบายรัฐบาลที่จัดตั้งโครงการส่งเสริมการใช้ยางพาราในหน่วยงานภาครัฐ กรมชลประทานจึงได้ตอบสนองนโยบายดังกล่าว โดยณรงคให้หน่วยงานในสังกัดของกรมชลประทาน ที่จะดำเนินงานก่อสร้างและปรับปรุงผิวทางชลประทาน ที่อยู่ในเขตความรับผิดชอบ ให้นำน้ำยางพารามาเป็นส่วนประกอบในการดำเนินงาน เนื่องจาก Para Soil Cement เป็นเรื่องใหม่สำหรับกรมชลประทาน ดังนั้น สำนักวิจัยและพัฒนาในฐานะหน่วยงานในสายวิชาการที่มีหน้าที่ในการสนับสนุนการดำเนินงาน จึงได้ศึกษาแนวทางการทำงานและการออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula) ดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ โดยยึดแนวทางการดำเนินงานตามข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ และคู่มือการออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula) งานถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ สำหรับงานถนนท้องถิ่น ซึ่งนำดินผสมปูนซีเมนต์ แล้วนำไปผสมกับน้ำยางพาราชั้นผสมสารผสมเพิ่ม และน้ำ ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า ดินที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด เมื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างตามอัตราส่วนผสมที่ได้จากการคำนวณมีค่ากำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างเป็นไปตามข้อกำหนด โดยมีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไปตามแหล่งดินตัวอย่างแต่ละพื้นที่ และสามารถนำไปใช้ในงานปรับปรุงถนนคันคลองชลประทานได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ: การออกแบบส่วนผสม, ดินซีเมนต์ผสมยางพารา, ถนนยางพารา, การสนับสนุนการใช้ยางพารา

Abstract

According to the rubber usage enhancement in government organization project, Department of Irrigation has responded this policy by encouraging their own divisions to improve or construct the roads under their responsibility by using the rubber as one of working component. Because of Para Soil Cement which is the new acknowledgement of Department of Irrigation, Bureau of Research and Development as an academic organization which has the main responsibility on supporting this operation has launched this project to learn the working guideline and The Job Mix Formula on natural rubber modified soil cement base course complying with the special specification no. ๑/๒๕๖๐ and the Job Mix Formula manual. From the study of the natural rubber modified soil cement base course used in local road bringing soil mixed with cement to mix with concentrated latex mixed with mixture and water has indicated that when the qualified soil has been tested in compressive strength of sampling stick fixed with the calculated mixture rate, it will have an expected compressive strength of sampling stick following the different types of mixture in soil from diversifying area and it suitable can be used in irrigation road in the future

Keywords: Job Mix Designed, Mixture Rate, Natural Rubber Modified Soil Cement, Rubber Usage Enhancement

๑. บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย หากแต่ปัจจุบันน้ำยางพารามีปริมาณเกินกว่าความต้องการของตลาด ส่งผลให้ราคาตกต่ำตามกลไกของตลาด ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการใช้ยางพาราในประเทศ กรมชลประทานได้ตอบรับนโยบายของรัฐบาล โดยนำน้ำยางพารามาใช้ในการปรับปรุงถนนคันคลองชลประทานเป็นถนนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราเพื่อลดการเกิดฝุ่น และยังลดการเกิดหลุมบ่อในช่วงฤดูฝนได้ เนื่องจากน้ำยางพารามีคุณสมบัติเพิ่มความยืดหยุ่นและความเหนียวให้กับดินซีเมนต์ โดยมอบหมายให้หน่วยงานที่จะดำเนินการปฏิบัติตามมาตรฐานกรมทางหลวง ข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ “ข้อกำหนดพิเศษดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ”

เนื่องจากงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติเป็นงานที่ใหม่สำหรับกรมชลประทาน งานศึกษานี้จึงดำเนินการทดลองออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula) โดยใช้แนวทางการออกแบบส่วนผสมตามข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ เพื่อให้อัตราส่วนผสมที่ได้ เป็นไปตามมาตรฐานที่กรมทางหลวงกำหนด สามารถนำไปในงานก่อสร้างของกรมชลประทานได้อย่างเหมาะสมต่อไป

๒. วัตถุประสงค์

๒.๑ เพื่อศึกษาและทดลองการออกแบบส่วนผสม Para Soil Cement ตามคู่มือการออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula) งานถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติสำหรับงานถนนท้องถิ่น

๒.๒ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบส่วนผสม Para Soil Cement โดยใช้ดินที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

๒.๓ เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ในการดำเนินงาน Para Soil Cement ตามมาตรฐานของกรมทางหลวงให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทาน

๓. ขอบเขตของการวิจัย

๓.๑ การทดสอบคุณสมบัติวัสดุ คุณสมบัติดิน วิธีการดำเนินการทดสอบ และออกแบบส่วนผสมใช้ตามมาตรฐานกรมทางหลวง ข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ “ข้อกำหนดพิเศษดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ” และคู่มือการออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula) งานถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติสำหรับงานถนนท้องถิ่น

๓.๒ ศึกษาโดยใช้วัสดุ ดังนี้

๑) ดินจากพื้นที่ จ.ชัยนาท, จ.สงขลา

๒) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท ๑ คุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.๑๕ เล่ม ๑

๓) น้ำยางธรรมชาติ (น้ำยางพารา) อยู่ในรูปน้ำยางข้น (Concentrated Latex) ที่มีใบรับรองปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content) จากสถาบันวิจัยยาง กรมวิทยาศาสตร์บริการ

๔) สารผสมเพิ่ม (Additive) ใช้สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) แบบที่ไม่มีประจุ (Non – Ionic)

๔. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เผยแพร่วิทยาการความรู้ให้กับบุคลากรของกรมชลประทานผ่านการจัดโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการตามแผนพัฒนาบุคลากรประจำปีประมาณ ๒๕๖๒ สามารถให้ความรู้กับบุคลากรได้ทั้งสิ้น ๑๐๗ คน

๕. การตรวจสอบเอกสาร

๕.๑ ดินลูกรัง เป็นดินที่เกิดจากการผุพังของหินในสภาพภูมิอากาศชื้นและมีอุณหภูมิสูง มีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือสามารถแข็งตัวได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ในอากาศ และส่วนใหญ่มีสีสีแดงเพราะมีออกไซด์ของเหล็กปนอยู่ คุณสมบัติของดินลูกรังจะขึ้นอยู่กับชนิดของต้นกำเนิด ชนิดของหินเดิมส่วนประกอบทางเคมีและสภาพภูมิอากาศ ดินลูกรังเมื่อนำมาบดอัดจะสามารถรับแรงเฉือนได้สูงขึ้น และนิยมใช้เป็นวัสดุก่อสร้างในงานวิศวกรรม

๕.๒ ปูนซีเมนต์ วินิต ซอวีเชียร (๒๕๓๙) ปูนซีเมนต์ เป็นผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดอัดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่างๆ (หินปูน หรือดินปูนขาว กับดินเหนียว หรือหินดาน) จนรวมตัวผสมกันสุกพอดี มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญคือ แคลเซียมและ อะลูมิเนียมซิลิเกต ปูนซีเมนต์ที่กล่าวนี้จะหมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic Cement) ที่เมื่อผสมกับน้ำตามส่วนแล้วสามารถก่อตัว และแข็งตัวในน้ำได้ เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) อัตราการก่อตัวและแข็งตัวตลอดจนปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นอยู่กับความละเอียดและส่วนประกอบของผงปูน ความแข็งแรง และความทนทานเมื่อแข็งตัวแล้ว ขึ้นอยู่กับสัดส่วนการผสมและการให้ความชื้นขึ้นในขณะที่เริ่มการแข็งตัว ชื่อปูนซีเมนต์ที่เรียกกันในทางวิชาการว่า “ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement)” ได้มาจากการตั้งชื่อของนายโจเซฟ แอสปดิน โดย ในปี ค.ศ.๑๘๒๔ นายโจเซฟได้ทำการจดทะเบียนลิขสิทธิ์ของวิธีการผลิตปูนซีเมนต์อย่างหนึ่ง ซึ่งได้จากการเผาส่วนผสมระหว่างหินปูน และดินเหนียว เมื่อนำมาบด จะได้ผงปูนซีเมนต์ หลังจากผสมรวมกับน้ำและแข็งตัว จะมีสีเหลือง - เทา คล้ายกับหินในเกาะของเมืองปอร์ตแลนด์ ประเทศอังกฤษ นายโจเซฟจึงได้ตั้งชื่อว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้ในขณะนั้น ยังมีคุณภาพต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องจากการเผาส่วนผสมดังกล่าวใช้ความร้อนต่ำซึ่งทำให้หินปูนกับดินเหนียวยังรวมตัวกันไม่ได้

๕.๓ ความหมายของน้ำยางธรรมชาติ ตามข้อกำหนดพิเศษที่ สว. พิเศษ ๑/๒๕๖๐ น้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex) หมายถึง สารคอลลอยด์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่ได้จากต้นยางพาราที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Hevea Brasiliensis (มอก.๙๘๐ - ๒๕๕๒) แบ่งเป็น ๒ ชนิด ได้แก่ น้ำยางสด (Field Latex) คือ น้ำยางที่ได้จากการกรีดเปลือกต้นยางและผสมสารเคมีรักษาสภาพของน้ำยางแล้ว และน้ำยางข้น (Concentrated Latex) คือ น้ำยางธรรมชาติที่ทำให้เข้มข้นโดยการหมุนเหวี่ยงหรือ แยกครีม (มอก.๙๘๐ - ๒๕๕๒)

Pre - blend หมายถึง การนำน้ำยางสดหรือน้ำยางข้นผสมกับสารเคมี หรือกระบวนการอื่นใด เพื่อปรับปรุงคุณภาพ ณ โรงงานผสม เพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติบางประการของน้ำยางพารา โดยทำหน้าที่ช่วยป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของยางพาราจับตัวกันก่อนที่จะทำการผสมกับวัสดุผสมรวมได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ เพื่อใช้สำหรับงานดินซีเมนต์ผสมยางพารา

Post - blend หมายถึง การผสมน้ำยางสดหรือน้ำยางข้นกับสารผสมเพิ่ม (Additive) เพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติบางประการของน้ำยางพารา โดยทำหน้าที่ช่วยป้องกันไม่ให้อุณหภูมิของยางพาราจับตัวกันก่อนที่จะทำการผสมกับวัสดุผสมรวมได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ เพื่อใช้สำหรับงานดินซีเมนต์ผสมยางพารา

๕.๔ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายธติพิงศ์ หล่อพิศาลชัย, นายอาทิตย์ ปันณราช และ นางสาวณัฐพร เอมเจริญ (๒๕๕๖) การศึกษาคุณสมบัติทางกลของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา การศึกษานี้ เกี่ยวกับการเพิ่มคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลูกรังด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท ๑ และน้ำยางพารา โดยทำการทดสอบกับตัวอย่างดินลูกรังที่ปรับปรุงด้วยปูนซีเมนต์น้ำ และน้ำยาง จำนวน ๓ อัตราส่วน ประกอบด้วย (๑) ๖ : ๑ : ๐.๗ (๒) ๕ : ๕ : ๐.๕ : ๐.๗ และ (๓) ๕ : ๒ : ๐.๗ โดยใช้ปริมาณน้ำยางพารา ๕%, ๗.๕%, ๑๐% และ ๑๒.๕% ของปริมาณน้ำโดยปริมาตร ระยะเวลาในการบ่ม ๓ วัน, ๗ วัน และ ๒๘ วัน และทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด กำลังรับแรงดัด กำลังรับแรงดึง ตามลำดับ บ่มแห้งอากาศที่อายุ ๓, ๗ และ ๒๘ วัน ตามลำดับ และการทดสอบการดูดซึมน้ำของดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา เท่ากับ ๕ : ๒ : ๐.๗ และ ปริมาณน้ำยาง ๕% ให้ค่าที่ดีที่สุด ที่อายุการบ่ม ๒๘ วัน ซึ่งได้กำลังรับแรงอัด ๑๕๐ ksc. กำลังรับแรงดัด ๖ ksc. กำลังรับแรงดึง ๒๑ ksc. ร้อยละการดูดซึมน้ำ ๖% ตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงดินซีเมนต์และน้ำยางพารา เท่ากับ ๕ : ๒ : ๐.๗ และปริมาณน้ำยาง ๕% จะให้ค่าที่สูงที่สุด

นายคุณธัช สิมรัมย์, นายนริชฎ มีทยากร และ นายวิภาส พัฒนเจริญ (๒๕๖๑) การศึกษาดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราเพื่อใช้ในการก่อสร้างอาคารชลประทาน ทำการศึกษา กำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength) การซึมผ่านได้ (Permeability Test) และการบวมตัว (Swelling Test) ของดินซีเมนต์ผสมยางพารา ที่อายุ ๒๘ วัน โดยมีอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : น้ำยางพารา ๕ อัตราส่วน ดังนี้ ๑ : ๗ : ๐, ๑ : ๗ : ๐.๐๕, ๑ : ๗ : ๐.๐๗, ๑ : ๗ : ๐.๑๐ และ ๑ : ๗ : ๐.๑๒ หรือใช้น้ำยางชั้น ๐%, ๕%, ๗%, ๑๐% และ ๑๒% ของปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก และใส่สารผสมเพิ่ม ๒% ของน้ำยางพาราโดยน้ำหนัก ผลจากการศึกษาพบว่า ค่ากำลังการรับแรงอัดที่อายุ ๒๘ วันที่มีอัตราส่วนผสมน้ำยางชั้น ๕%, ๗%, ๑๐% และ ๑๒% มีค่าดังนี้ ๒๒.๑๑ ksc., ๒๔.๓๒ ksc., ๒๑.๑๖ ksc. และ ๒๐.๖๓ ksc. และทุกอัตราส่วนผสมมีค่าการซึมผ่านของน้ำ (ที่บ้น้ำ) และค่าการบวมตัวที่ใกล้เคียงกันมาก จึงสรุปได้ว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดที่เลือกมาใช้เป็นวัสดุในการสร้างฝายคือ ๑ : ๗ : ๐.๐๕ น้ำยางพารา ๗% เพราะว่ามีค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ ๒๘ วัน มากที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงอัดสูงสุด และมีค่ากำลังรับแรงอัดเพียงพอ มีค่าความที่บ้น้ำ และไม่มี การบวมตัว จึงสามารถใช้เป็นวัสดุในการสร้างฝายชลอน้ำได้

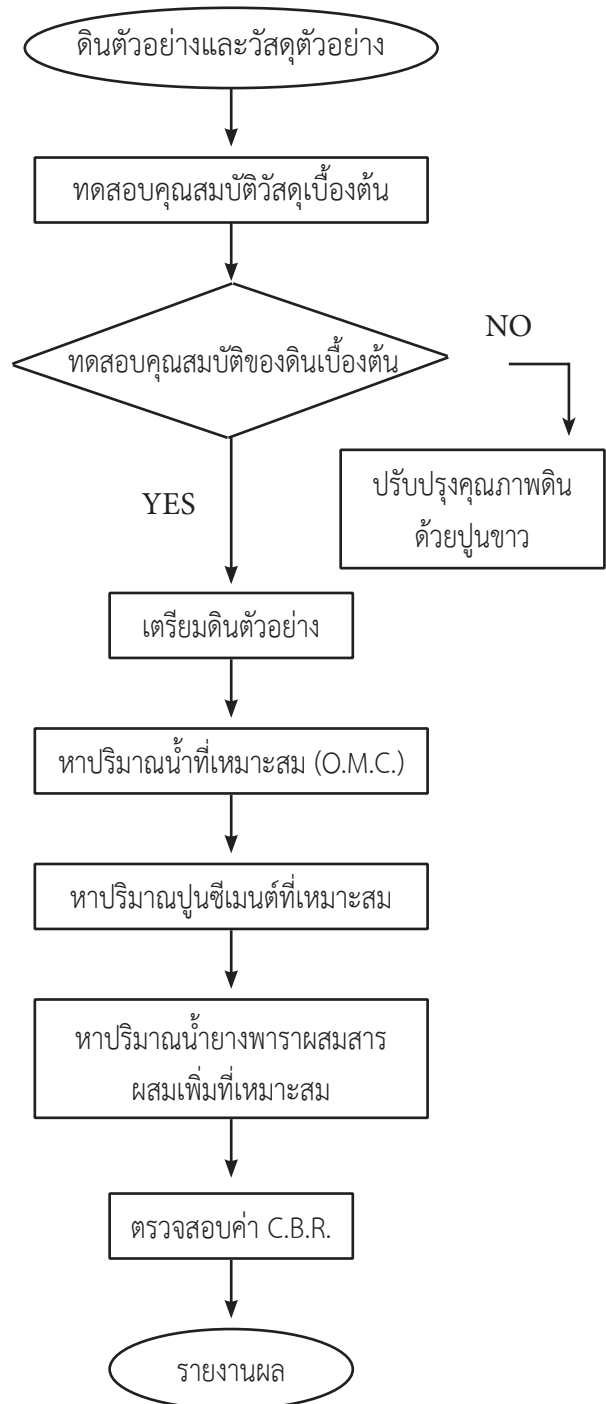
๖. วิธีการวิจัย

๖.๑ การออกแบบดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วย อยางธรรมชาติ

๑) ศึกษาแนวทางการทำงาน Para Soil Cement ตามมาตรฐานที่กรมทางหลวงกำหนด

๒) ทดลองออกแบบส่วนผสม Para Soil Cement ตามมาตรฐานกรมทางหลวง โดยกำหนดแหล่ง ของ Soil Cement เป็นตัวแปร

กระบวนการออกแบบส่วนผสม Para Soil Cement



๖.๒ ขั้นตอนการออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula)

การออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula) งานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ จะดำเนินการออกแบบตามข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ มาตรฐานกรมทางหลวงที่ ทล.-ม. ๒๐๔/๒๕๕๖ “มาตรฐานงานพื้นทางดินซีเมนต์” โดยอนุโลม และตามคู่มือแนะนำการก่อสร้างถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติสำหรับงานถนนท้องถิ่น โดยมีขั้นตอนการออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula) ดังนี้

๑) เตรียมตัวอย่างดินที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด

๒) ทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน เพื่อหาปริมาณน้ำที่เหมาะสม Optimum Moisture Content (O.M.C.) ของดินตัวอย่าง หรือดินตัวอย่างผสมปูนขาวกรณีปรับปรุงคุณภาพดินด้วยปูนขาว โดยใช้วิธี “ก” ตามวิธีการทดลองที่ ทล.-ท. ๑๐๘/๒๕๑๗ การหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของดินกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการบดทับ

๓) สุ่มเลือกอัตราส่วนผสมให้ได้กำลังอัดตามข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ หรือตามที่แบบกำหนด

๔) ทำการทดสอบหาค่า California Bearing Ratio (C.B.R.) ตามอัตราส่วนผสมที่ทำให้แห้งตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติสามารถรับกำลังรับแรงอัดได้ตามข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ หรือตามที่แบบกำหนด

๕) สรุปร้อยอัตราส่วนผสม (Job Mix Formula)

๖.๓ การทำแห้งตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ เพื่อหาปริมาณน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มที่เหมาะสม



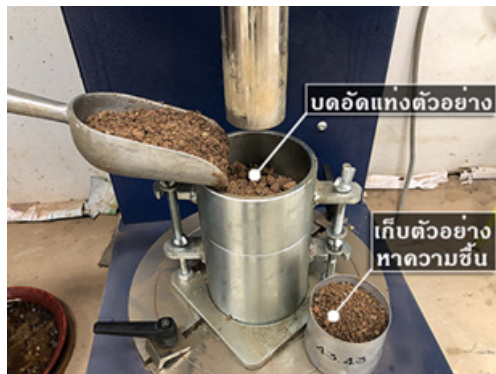
ภาพที่ ๖.๑ การเตรียมดินตัวอย่างและปูนซีเมนต์



ภาพที่ ๖.๒ การเตรียมน้ำ น้ำยางพารา และสารผสมเพิ่ม



ภาพที่ ๖.๓ ผสมดินตัวอย่างกับซีเมนต์ให้เข้ากัน เติมน้ำผสมน้ำยางผสมสารผสมเพิ่มลงไปคลุกเคล้าให้เข้ากัน



ภาพที่ ๖.๔ บดอัดแห้งตัวอย่างพร้อมเก็บตัวอย่างไปหาค่าความชื้น



ภาพที่ ๖.๕ บ่มตัวอย่างในถุงพลาสติกจนครบ ๗ วันแล้วนำไปแช่น้ำ ๒ ชั่วโมง



ภาพที่ ๖.๖ หลังจากแช่น้ำครบ ๒ ชั่วโมงนำขึ้นมาทิ้งไว้ให้หมาด แล้วทำการทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด

๗. ตัวอย่างการออกแบบส่วนผสม Para Soil Cement

ตัวอย่างการคำนวณการหาอัตราส่วนผสม ตามคู่มือการออกแบบส่วนผสม (Job Mix Formula) งานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติสำหรับงานถนนท้องถิ่น วิธีการทดลองมีดังนี้ โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็น ๒%, ๓%, ๔% และ ๕% (จากตัวอย่างกำหนดที่ ๔%) และกำหนดเปอร์เซ็นต์น้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม ตั้งแต่ ๕%, ๑๐%, ๑๕%, ๒๐%, ๒๕% และ ๓๐% (จากตัวอย่างการคำนวณใช้ปริมาณน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม ๑๐%)

๑) แบ่งดินตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการออกแบบส่วนผสมแล้ว ประมาณ ๓๐๐ - ๔๐๐ กรัม อบหาความชื้น

ข้อควรระวัง การผสมตัวอย่าง เมื่อเริ่มเทส่วนผสมของน้ำลงในดินตัวอย่างผสมกับปูนซีเมนต์แล้ว ควรบดอัดแห้งตัวอย่างให้แล้วเสร็จ ภายใน ๑ ชั่วโมง ดังนั้นต้องกำหนดปริมาณของดินตัวอย่าง ให้เหมาะสมกับการทำงาน

๒) หาปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการใช้ โดยจะกำหนดเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็น ๔% ของน้ำหนักดินแห้ง

๓) คำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องผสม เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำที่ O.M.C. (ปริมาณซีเมนต์และปริมาณน้ำที่เหมาะสม)

จากตัวอย่างการคำนวณสำหรับทดสอบ Unconfined Compressive Strength ของแห้งตัวอย่างดินลูกรังกับซีเมนต์ โดยค่า O.M.C. เท่ากับ ๗.๒๘% กำหนดปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ ๔% ของน้ำหนักดินแห้ง ได้ผลดังนี้

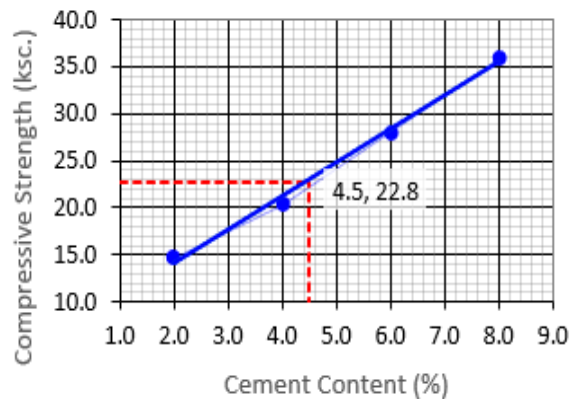
ดินตัวอย่าง	=	๑๐,๐๐๐	กัม
ปูนซีเมนต์	=	๓๙๕.๔๕	กัม
น้ำสะอาด	=	๖๓๐.๒๖	กัม

ทำการคำนวณหาอัตราส่วนผสมที่เปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์อื่นๆ จนครบตามกำหนด แล้วจึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยวิธี Unconfined Compressive Strength ได้ค่าดังตาราง

ตารางที่ ๗.๑ ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแห้ง ตัวอย่างดินซีเมนต์

Cement Content (%)	Compressive Strength (ksc.)
๒	๑๔.๗
๔	๒๐.๔
๖	๒๘.๐
๘	๓๕.๙

และเมื่อเขียนความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์กับกำลังรับแรงอัดเฉลี่ย จากคู่มือการออกแบบส่วนผสมงานถนนดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติสำหรับงานท้องถิ่น กำหนดเลือกจุดตัดกราฟที่มีค่ากำลังรับแรงอัดร้อยละ ๑๓๐ ของค่ากำลังอัดที่ไม่น้อยกว่า ๑๗.๕ ksc. ในการกำหนดเปอร์เซ็นต์ซีเมนต์สำหรับการก่อสร้างที่ทำการผสมโดยใช้รถเกลี่ย (Motor Grader) จะได้เปอร์เซ็นต์ปูนซีเมนต์ จากภาพที่ ๗.๑ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปูนซีเมนต์กับกำลังรับแรงอัด ค่ากำลังรับแรงอัดร้อยละ ๑๓๐ ของค่ากำลังอัดที่ไม่น้อยกว่า ๑๗.๕ ksc. มีค่า ๒๒.๘ ksc. ลากเส้นแนวนอนมาตัดเส้นกราฟแล้วลากเส้นแนวตั้งมาตัดค่าเปอร์เซ็นต์ซีเมนต์ในแกนนอน จะได้เปอร์เซ็นต์ซีเมนต์เท่ากับ ๔.๕%



ภาพที่ ๗.๑ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปูนซีเมนต์กับกำลังรับแรงอัด

คำนวณหาปริมาณปูนซีเมนต์จากกราฟซึ่งเท่ากับ ๔.๕% เพื่อเตรียมนำไปผสมกับน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม โดย ๑ เปอร์เซ็นต์น้ำยางพาราใช้ดินตัวอย่าง ๗,๕๐๐ กรัม สำหรับทำแห้งตัวอย่าง ๓ แห่ง คำนวณหาปริมาณน้ำในดิน และน้ำที่ต้องเติมให้ได้ปริมาณน้ำที่เหมาะสม O.M.C.

ข้อควรระวัง ในการเก็บตัวอย่างดินสำหรับเตรียมทดสอบควรมีการทดสอบหาความชื้นของดินตัวอย่างไว้ด้วยเพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนักดินแห้งต่อไป

๔) คำนวณหาปริมาณน้ำยางพารา โดยเพิ่มอัตราส่วนการเติมน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม ตั้งแต่ ๕%, ๑๐%, ๑๕%, ๒๐%, ๒๕% และ ๓๐% โดยน้ำหนักของปริมาณน้ำที่เหมาะสม (O.M.C.)

๕) คำนวณหาปริมาณสารผสมเพิ่ม (กรณีใช้น้ำยางพาราชั้น) กรณีใช้น้ำยางพาราที่ผสมสารผสมเพิ่มมาแล้วให้ข้ามขั้นตอนนี้ไป

จากตัวอย่างการคำนวณสำหรับทดสอบ Unconfined Compressive Strength โดยค่าปริมาณน้ำที่เหมาะสม O.M.C. เท่ากับ ๗.๒๘% ปริมาณปูนซีเมนต์เท่ากับ ๔.๕% ของน้ำหนักดินแห้ง น้ำยางพารา ๑๐% ของปริมาณน้ำที่ O.M.C. ได้ผลดังนี้

ดินตัวอย่าง = ๗,๕๐๐ กรัม
 ปูนซีเมนต์ = ๓๓๓.๖๖ กรัม
 น้ำยางพารา = ๕๖.๔๑ กรัม
 สารผสมเพิ่ม (สารลดแรงตึงผิว) = ๑.๑๓ กรัม
 น้ำสะอาด = ๔๕๖.๒๕ กรัม

ปูนซีเมนต์ = ๔.๕ เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดินแห้ง
 น้ำยางพารา = ๑๐ เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ O.M.C.
 สารผสมเพิ่ม (สารลดแรงตึงผิว) = ๒ เปอร์เซ็นต์
 ของน้ำหนักน้ำยางพารา

๘. ผลการศึกษา

จากการทดลองออกแบบส่วนผสม Job Mix Formula ในห้องปฏิบัติการ ตามข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ และคู่มือการออกแบบส่วนผสมดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ สำหรับงานถนนท้องถนน ตั้งแต่การทดสอบคุณสมบัติของดินเบื้องต้น จนได้ดินที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด และดินที่มีคุณสมบัติด้านความเหนียวมากกว่าข้อกำหนด ไปจนถึงการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ ที่อายุ ๗ วัน สามารถสรุปได้ ดังนี้

ตารางที่ ๘.๑ สรุปอัตราส่วนผสม Job Mix Formula

สรุปอัตราส่วนผสม	แหล่งดินพื้นที่ จ.ชัยนาท	แหล่งดินพื้นที่ จ.สงขลา
ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของดิน O.M.C.	๗.๒๘%	๑๑.๗๓%
ความแน่นแห้งสูงสุด	๒.๒๒๔ g./cm. ^๓	๑.๘๗๘ g./cm. ^๓
ปริมาณปูนซีเมนต์	๔.๕% ของน้ำหนักดินแห้ง	๕.๔% ของน้ำหนักดินแห้ง
ปริมาณปูนขาว	-	๑๕% ของน้ำหนักดินแห้ง
ปริมาณน้ำยางพารา	๑๐.๐% ของน้ำหนักน้ำที่ O.M.C.	๕.๐% ของน้ำหนักน้ำที่ O.M.C.
ปริมาณสารผสมเพิ่ม	๒.๐% ของน้ำหนักน้ำยางพารา	๒.๐% ของน้ำหนักน้ำยางพารา
กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย	๒๑.๒ ksc.	๒๑.๐ ksc.

ทำการคำนวณหาอัตราส่วนผสมที่เปอร์เซ็นต์น้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มอื่นๆ จนครบตามกำหนดแล้วจึงนำมาทดสอบกำลังรับแรงอัดโดยวิธี Unconfined Compressive Strength ได้ค่าดังตาราง

ตารางที่ ๗.๒ ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่ม

Rubber Content (%)	Compressive Strength (ksc.)
๕	๒๐.๗
๑๐	๒๑.๒
๑๕	๑๘.๗
๒๐	๑๙.๙
๒๕	๑๖.๓
๓๐	๑๔.๐

ดังนั้น ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยที่ไม่น้อยกว่า ๑๗.๕ ksc. ได้ค่าปริมาณการเติมน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มตั้งแต่ ๕ - ๒๓.๕ % จากตัวอย่างเลือกใช้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่ได้จากกราฟ ได้ค่ากำลังรับแรงอัด ๒๑.๒ ksc. ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า ๑๗.๕ ksc. มีปริมาณน้ำยางพาราผสมสารผสมเพิ่มที่เหมาะสมเท่ากับ ๑๐.๐% โดยสรุปอัตราส่วนผสมดังนี้

ปริมาณน้ำที่เหมาะสม O.M.C. = ๗.๒๘ เปอร์เซ็นต์

Maximum Dry Density = ๒.๒๒๔ กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

๙. ข้อเสนอแนะ

๙.๑ อัตราส่วนผสม Job Mix Formula ของดินตัวอย่างในแต่ละแหล่งไม่สามารถนำไปใช้กับแหล่งอื่นๆ หรือดินที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้ ต้องมีการออกแบบส่วนผสมใหม่ทุกครั้งหากมีการนำดินในแต่ละแหล่งที่แตกต่างกันไปใช้งาน

๙.๒ จากการทดลองหาค่ากำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ พบว่ากำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา มีค่าน้อยกว่าแท่งตัวอย่างดินซีเมนต์ที่ปริมาณปูนซีเมนต์เดียวกัน ซึ่งกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างในแต่ละเปอร์เซ็นต์น้ำยางพาราไม่มีความสัมพันธ์กับกำลังรับแรงอัด ทำให้ไม่สามารถประเมินแนวโน้มของกำลังรับแรงอัดได้ ดังนั้นการนำไปใช้งานมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการออกแบบส่วนผสมของดินตัวอย่างในแต่ละแหล่งใหม่เสมอ

๙.๓ ค่าความแน่นแห้งสูงสุด (Maximum Dry Density) ในห้องปฏิบัติการของดินตัวอย่างดินซีเมนต์และดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน ๑% ดังนั้นในการตรวจสอบความแน่นในสนาม (Field Density) สามารถใช้ค่าความแน่นแห้งสูงสุดของดินตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเป็นตัวเปรียบเทียบเพื่อหาค่าร้อยละการบดอัดต่อไป

๙.๔ ดินที่มีคุณสมบัติด้านความเหนียวไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ค่า Liquid Limit มากกว่าร้อยละ ๔๐ และค่า Plasticity Index มากกว่าร้อยละ ๑๕ สามารถปรับปรุงคุณสมบัติด้านความเหนียวได้โดยใช้ปูนขาวผสมจากผลการศึกษา พบว่า เมื่อเติมปูนขาวลงไปผสมในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า Liquid Limit ลดลงเป็นผลทำให้ค่า Plasticity Index ลดลงตามไปด้วย ซึ่งปริมาณปูนขาวที่ต้องใช้ผสมแปรผันตรงกับความเหนียวของดินที่นำมาทดสอบ หากดินมีความเหนียวมากก็จะต้องใช้ปูนขาวในปริมาณที่มากขึ้น ดังนั้นการใช้งานดินที่มีคุณลักษณะดังกล่าวนี้จำเป็นต้องประเมินและเปรียบเทียบความคุ้มค่าของราคางานด้วย

๑๐. เอกสารอ้างอิง

กรมทางหลวง. (๒๕๖๐). *ข้อกำหนดพิเศษที่ สว.พิเศษ ๑/๒๕๖๐ สำหรับงานดินซีเมนต์ปรับปรุงคุณภาพด้วยยางธรรมชาติ. กรมทางหลวง.*

กรมทางหลวง. (๒๕๕๕). *คู่มือปฏิบัติงานทดลองงานดินและวัสดุมวลรวม. กลุ่มงานตรวจสอบและแนะนำวัสดุสร้างทาง สำนักวิศวกรรมและตรวจสอบ กรมทางหลวง.*

สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน. (๒๕๖๐). *โครงการศึกษาการก่อสร้างถนนดินซีเมนต์ผสมยางพารา ปีงบประมาณ ๒๕๖๐. ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม สำนักวิจัยและพัฒนากรมชลประทาน.*

การยางแห่งประเทศไทย. (๒๕๖๒). *การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อประชาสัมพันธ์ชี้แจง โครงการ ๑ หมู่บ้าน ๑ กิโลเมตร. การยางแห่งประเทศไทย.*

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๔๐๓๓.(๒๕๕๒). *เรื่องยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำยางชั้นธรรมชาติ หน้าที่ ๑๖ เล่มที่ ๑๒๑ ตอนพิเศษ ๑๕๐ ง*