



การศึกษาคุณสมบัติของอิฐดินดิบผสมแอสฟัลต์อิมัลชันภายใต้สภาวะการแช่น้ำต่อเนื่อง A Study on Properties of Adobe Brick Mixed with Asphalt Emulsion under Continuous Submergence Condition

ประยูร พรหมหลวงศรี¹, เรืองรุชต์ ชีระโรจน์¹, จักรพันธ์ วงษ์พา²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

²คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบผสมแอสฟัลต์อิมัลชันภายใต้การแช่น้ำต่อเนื่อง โดยเฉพาะพฤติกรรมการสูญเสียกำลังอัดและการชะละลายของอิฐดินดิบ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาโครงสร้างบ้านดินที่สามารถทนต่อสภาวะน้ำท่วมขังได้อย่างปลอดภัย แอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมมีสัดส่วนร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ของน้ำหนักดินลมหอบร่วมกับเกลบที่ใช้ในแต่ละส่วนผสม ทำการศึกษาการดูดซึมน้ำ และกำลังอัดที่สภาวะก่อนและหลังแช่น้ำ ร่วมกับการชะละลายของอิฐภายใต้สภาวะการแช่น้ำต่อเนื่องนาน 3, 7 และ 14 วัน จากการศึกษาพบว่าอิฐดินดิบที่มีอัตราส่วนของแอสฟัลต์อิมัลชันเพิ่มขึ้นส่งผลให้การดูดซึมน้ำและการชะละลายลดลง ในขณะที่อิฐดินดิบที่ไม่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันด้วยอย่างไม่สามารถรักษารูปทรงภายใต้สภาวะการแช่น้ำต่อเนื่องได้ และพบว่าการผสมแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมร้อยละ 4 ให้กำลังอัดสูงที่สุดในการทดสอบ โดยมีค่าประมาณ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถึงแม้จะผ่านการแช่น้ำต่อเนื่องนาน 14 วัน

คำสำคัญ : อิฐดินดิบ, ดินลมหอบ, แอสฟัลต์อิมัลชัน, การชะละลาย

Abstract

The objective of this research was to study the properties of adobe brick made from loess mixed with asphalt emulsion under continuously submerge condition especially studying its compressive strength loss and leaching. The results would be taken into account for developing earthen building structure that could be safely resist flooding. Asphalt emulsion was used at the rates of 0, 2, 4, 6, 8, and 10 percent by total weight of loess incorporated with rice husk for each mixture. Water absorption and compressive strength of the bricks both before and after submergence were studied along with the leaching under continuously submerge condition for 3, 7, and 14 days. The results showed that the adobe brick with higher asphalt emulsion content, the lower water absorption and leaching were observed whereas the mixture without asphalt emulsion could not resist submergence. In addition, the mixture with asphalt emulsion content of 4 percent gave the highest compressive strength at about 20 ksc even though it was submerged continuously for 14 days.

Keywords : Adobe brick, Loess, Asphalt emulsion, Leaching



บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์ได้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานกันอย่างมากมายโดยเฉพาะในวงการก่อสร้าง ดังจะเห็นได้จากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เมื่อผลิตปูนซีเมนต์ออกมา 1 ตันก็จะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 1 ตันเช่นกัน (Joseph Davidovits, 1991) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนและปัญหาอื่นๆ ตามมา ทำให้สิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นคนและสัตว์ได้รับผลกระทบโดยตรงและโดยอ้อม จึงทำให้หลายภาคส่วนหันกลับมาสนใจและพยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การรณรงค์ให้ปลูกป่า รณรงค์ให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า การนำของเหลือจากอุตสาหกรรมกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น การกลับสู่ธรรมชาติ จัดเป็นการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมรูปแบบหนึ่งที่พยายามใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่แล้วให้คุ้มค่ามากที่สุด

การสร้างบ้านดินเป็นการใช้วัสดุธรรมชาติมาสร้างเป็นที่อยู่อาศัย ซึ่งมีปรากฏพบทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ (ประชุม คำพูน และคณะ, 2551) เป็นอีกแนวทางหนึ่งของการกลับสู่ธรรมชาติที่สามารถช่วยแก้ปัญหาโลกร้อนได้ส่วนหนึ่ง เพราะบ้านที่สร้างจากดินจะช่วยลดการใช้วัสดุจากอุตสาหกรรม ทั้ง ปูนซีเมนต์ มวลรวม และเหล็ก และยังลดการใช้พลังงานในการผลิตวัตถุดิบได้อย่างมาก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยพบว่าอุณหภูมิภายในบ้านดินค่อนข้างคงที่เมื่ออากาศหนาวในบ้านดินจะรู้สึกอบอุ่น ในทางกลับกันเมื่ออากาศร้อนภายในบ้านดินจะรู้สึกเย็นสบาย (ณภัทร ศรีวัฒนประยูร และคณะ, 2552) ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานได้อีกทางหนึ่ง บ้านดินสามารถสร้างได้หลายประเภท แต่รูปแบบที่สร้างได้ง่ายและเป็นที่นิยมคือการสร้างด้วยอิฐดินดิบ (ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และจตุพร ตั้งศิริสกุล, 2550) ถึงแม้อิฐดินดิบจะสร้างได้ง่ายเพราะกระบวนการไม่ซับซ้อนแต่ก็มีข้อจำกัดหลายๆ ด้าน ได้แก่ การควบคุมสภาพทำได้ยาก ความแข็งแรงต่ำ ส่วนผสมต้องใช้ดินเหนียวเป็นหลักซึ่งหาได้ยากในบางท้องที่ ต้องผสมกับดินทรายเพื่อลดการแตกร้าวที่ผิว และที่สำคัญคือไม่ทนทานต่อน้ำท่วมขัง โดยน้ำจะซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ทำลายแรงยึดเหนี่ยว และลดแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดิน ทำให้อิฐมีกำลังอัดต่ำลง และรุนแรงไปจนถึงขึ้นพังทลาย นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอิฐแต่ละก้อนทำให้เสถียรภาพของโครงสร้างโดยรวมลดลงซึ่งอันตรายอย่างมาก ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นจะส่งผลกระทบต่อการพังทลายของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ใช้น้ำดินเป็นโครงสร้างเพื่อรับน้ำหนัก

จากงานวิจัยก่อนหน้าพบว่าการใช้ดินลมหอบสามารถใช้ทำเป็นอิฐดินดิบได้ อีกทั้งยังสามารถใช้แอสฟัลต์อิมัลชันเติมลงในส่วนผสมเพื่อช่วยป้องกันการซึมผ่านของน้ำเข้าไปทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินได้ (ประยูร พรหมหลวงศรี และจักรพันธ์ วงษ์พา, 2558) ซึ่งช่วยลดปัญหาของอิฐดินดิบที่ต้องเผชิญกับสภาวะน้ำท่วมขังได้อย่างมาก แต่การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกำลังอัด

และการชะละลายของอิฐดินดิบที่ต้องเผชิญกับสภาวะน้ำท่วมขังอย่างต่อเนื่องยังไม่มีการศึกษาเพิ่มเติม และยังขาดข้อมูลในส่วนดังกล่าวอยู่อีกมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการชะละลายและพฤติกรรมด้านกำลังอัดของอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบผสมแอสฟัลต์อิมัลชันในสภาวะที่แช่น้ำอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบบ้านดินที่สามารถทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังต่อเนื่องได้อย่างแท้จริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการดูดซึมน้ำ กำลังอัด และการชะละลายของอิฐดินดิบผสมแอสฟัลต์อิมัลชันในอัตราส่วนต่างๆ ภายใต้สภาวะการแช่น้ำอย่างต่อเนื่อง

วัสดุและอุปกรณ์

ส่วนผสมของชั้นทดสอบอิฐดินดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยดินลมหอบ แอสฟัลต์อิมัลชัน และเกลบ โดยดินลมหอบที่ใช้เป็นดินลมหอบจาก อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น มีคุณสมบัติตามตารางที่ 1 และภาพที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับดินลมหอบจากงานวิจัยอื่น (พงศกร พรหมรัตนศิลป์, 2550; ดลฤดี หอมดี และวัชรินทร์ กาสลัก, 2549) แอสฟัลต์อิมัลชันที่ใช้เป็นชนิด CSS-1h ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่องแคตอไดอิกแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน (2530) ส่วนเกลบได้จากโรงสีข้าว ผิวสาก ยาว รี ขนาดสม่ำเสมอ ความกว้างและความยาวประมาณ 2 ถึง 3 และ 8 ถึง 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

วิธีดำเนินงานวิจัย

การตรวจสอบคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการทดสอบ

คุณสมบัติพื้นฐานของดินลมหอบบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น จากงานวิจัยก่อนหน้าพบว่า ดินลมหอบชนิดสีแดงประกอบไปด้วยดินทรายประมาณร้อยละ 65 ดินตะกอนร้อยละ 30 และดินเหนียวร้อยละ 5 (พงศกร พรหมรัตนศิลป์, 2550) สามารถจำแนกชนิดดินตามระบบ Unified Soil Classification System (USCS) ได้เป็นประเภท SM ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของดินที่พบในบริเวณมหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น (ดลฤดี หอมดี และวัชรินทร์ กาสลัก, 2549) ดินทั้งสองแห่งดังกล่าวได้นำมาทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรม ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ หน่วยน้ำหนักแห้ง และพิกัดอัตราแอสฟัลต์ (Atterberg Limit) ดังปรากฏในตารางที่ 1 ซึ่งคุณสมบัติพื้นฐานข้างต้นของ

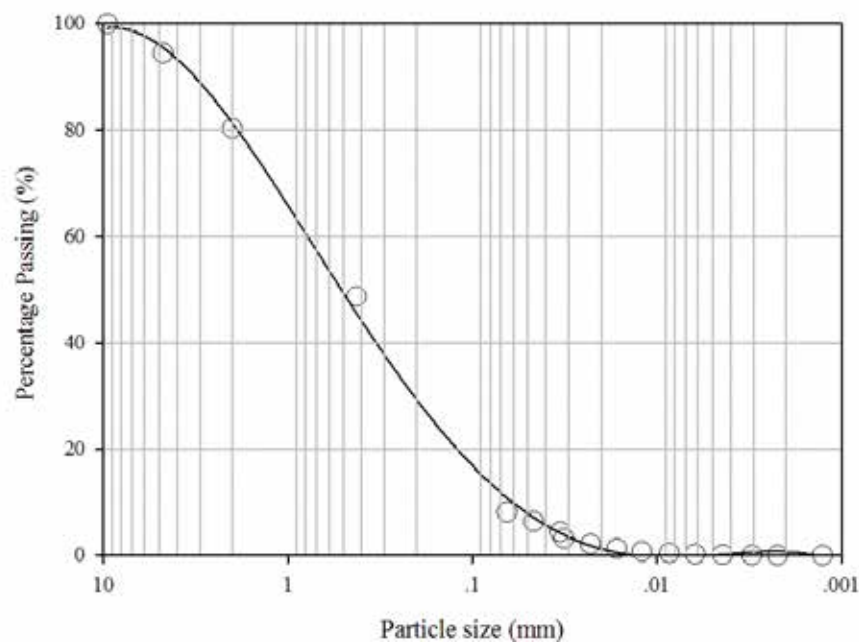


ดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้นำมาเปรียบเทียบกับดินลมหอบดังกล่าว ในตารางที่ 1 ซึ่งลักษณะทั่วไปของดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีสีแดง เม็ดละเอียด คล้ายกับดินลมหอบในงานวิจัยก่อนหน้า และคุณสมบัติอื่นๆ ก็มีความสอดคล้องใกล้เคียงกัน เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมกับ

ข้อมูลจากการทดสอบการกระจายขนาดอนุภาคของเม็ดดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในภาพที่ 1 จึงสามารถระบุได้ว่าดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นดินลมหอบ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติพื้นฐานของดินลมหอบ

คุณสมบัติ	ดินลมหอบ (พงศกร พรรณรัตน์ศิลป์, 2550)	ดินลมหอบ (ดลฤดี หอมดี และ วัชรินทร์ กาสลัก, 2549)	ดินในงานวิจัยนี้
Specific gravity	2.60	2.54	2.75
Natural dry unit weight (KN/m ³)	15.30	15.50	15.99
Liquid limit (%)	16.00	16.20	22.00
Plastic city index	3.00	3.08	3.00
Unified Soil Classification System (USCS)	SM	SC-SM	SM



ภาพที่ 1 การกระจายขนาดอนุภาคของเม็ดดินที่ใช้ในงานวิจัยนี้

การกำหนดปริมาณน้ำในส่วนผสม

นำดินลมหอบมาทดสอบความชื้นเหลวเพื่อกำหนดเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยสัดส่วนน้ำที่เหมาะสมคือส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำเพียงพอที่ทำให้เนื้อดินมีเหลว เหนียวลื่น ไม่แห้งเกินไป จนทำให้ผสมเข้ากันได้ยาก และไม่เหลวเกินไปจนสามารถสังเกตเห็นน้ำส่วนเกินพัดพาส่วนผสมไหลออกไปได้ การทดสอบความชื้นเหลวนี้นี้ไม่สามารถใช้ข้อมูลจากงานวิจัยอื่นได้ เนื่องจากดินแต่ละท้องถิ่นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป การทดสอบความชื้นเหลวของส่วนผสมทำได้โดยการนำดินลมหอบผสมกับน้ำในปริมาณร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนักของดิน ผสมโดยใช้มือบีบจนส่วนผสมเข้าด้วยกัน แล้วจึงทดสอบขึ้นรูปด้วยมือ ซึ่งในขั้นตอนนี้

จะเลือกส่วนผสมที่ไม่แห้งและไม่เปียกจนเกินไป สามารถปั้นขึ้นรูปได้ดี เนื่องจากการนำอิฐดินดิบที่ยังเหลวอยู่ไปเทลงแบบ หากแห้งเกินไปจะทำให้เทได้ยาก ส่งผลให้เกิดโพรงภายในได้ง่าย และทำการควบคุมคุณภาพได้ยาก แต่หากเหลวเกินไป น้ำจะไหลออกจากส่วนผสมและพาเนื้อดินที่เป็นส่วนสำคัญในการยึดประสานออกไปด้วย

การสังเกตความชื้นเหลวที่เหมาะสมของดินในงานวิจัยนี้ ยังคงใช้การสังเกตโดยอาศัยความชำนาญเป็นหลัก เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานในการตรวจสอบความชื้นเหลวของอิฐดินดิบในปัจจุบัน จากการทดสอบในขั้นตอนนี้พบว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปอิฐดินดิบเท่ากับร้อยละ 30 โดยน้ำหนักดิน โดยในภาพที่ 2 (ก) เป็นลักษณะของดินที่มีความชื้นเหลวเหมาะสมต่อการ



ขึ้นรูป ส่วนในภาพที่ 2(ข)เป็นส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำมากเกินไป ทำให้ปั้นขึ้นรูปไม่ได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักดิน สำหรับทุกส่วนผสมในงานวิจัยนี้ เนื่องจากมีปริมาณน้ำที่เพียงพอที่จะทำงานได้ มากกว่าค่า Liquid Limit ที่ได้จาก



(ก)

การทดสอบเบื้องต้นเพียงเล็กน้อย ไม่มีน้ำส่วนเกินมากเกินไป ง่ายต่อการผสม และน้ำส่วนเกินเล็กน้อยนี้จะช่วยขจัดเซกการดูดซึมน้ำจากเกลบ เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้เกลบแย่งน้ำออกไปจากเนื้อดิน จึงจะทำให้ดินอยู่ในสภาพที่คงความสามารถในการผสมที่ดีต่อไปได้



(ข)

ภาพที่ 2 (ก) ภาพถ่ายดินลมหอบที่ผสมน้ำปริมาณร้อยละ 30 (ข) ภาพถ่ายดินลมหอบที่ผสมน้ำปริมาณร้อยละ 50

การหาปริมาณเกลบที่เหมาะสม

นำเกลบผสมกับดินลมหอบทดสอบกำลังอัดเพื่อหาอัตราส่วนผสมเกลบโดยใช้อัตราส่วนดินต่อเกลบเท่ากับ 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 โดยปริมาตร ใช้อัตราส่วนน้ำต่อมวลผสมเท่ากับ 0.30 โดยน้ำหนัก ที่ได้จากการทดสอบก่อนหน้านี้ จากนั้นเทลงในแบบเหล็กทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาดกว้างด้านละ 15 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยไว้ 2 วัน เพื่อให้ตัวอย่างแห้งก่อนแล้วจึงถอดแบบเหล็กออก จากตัวอย่างต่อเป็นเวลา 7 วัน จึงทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่องกด (Loading Machine) ชนิดมือหมุน ปริมาณเกลบที่เหมาะสมจะให้กำลังอัดที่สูงที่สุดจากการทดสอบพบว่ากำลังอัดของอิฐดินดิบที่มีปริมาณเกลบแทนที่ดินลมหอบร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 มีค่าเท่ากับ 9.03, 17.33, 19.98, 23.70, 20.75 และ 20.19 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้นส่วนผสมที่ให้กำลังอัดสูงสุดคือส่วนผสมที่มีอัตราส่วนดินลมหอบต่อเกลบเท่ากับ 70 : 30 โดยปริมาตร ซึ่งจะนำปริมาณเกลบดังกล่าวมาใช้ในอิฐดินดิบที่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันต่อไป

การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

นำดินลมหอบที่ผ่านการผึ่งแดดจนแห้งผสมกับเกลบตามอัตราส่วนที่กำหนดในตารางที่ 2 ซึ่งค่าในตารางได้เทียบเป็นอัตราส่วนดินลมหอบต่อเกลบเท่ากับ 70:30 โดยปริมาตรแล้ว ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดจากการทดลองก่อนหน้านี้ คลุกส่วนผสมแห้งให้เข้ากัน ซึ่งจะเรียกว่าวัสดุแห้งก่อนผสมน้ำนี้ว่าวัสดุมวลผสม จากนั้นนำแอสฟัลต์อิมัลชันในอัตราส่วนตามตารางที่ 2 มาผสมน้ำ โดยรักษาให้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุมวลผสมเท่ากับร้อยละ 30 โดยน้ำหนักทุกส่วนผสม กวนให้เป็นเนื้อเดียวกันจึงนำไปผสมกับวัสดุมวลผสมให้เข้ากัน แล้วเทลงในแบบเหล็กทรงลูกบาศก์ที่มีความยาวด้านละ 15 เซนติเมตร จากนั้นให้ถอดแบบ และผึ่งลมให้แห้งตามกระบวนการเดียวกับหัวข้อการหาปริมาณเกลบที่เหมาะสมข้างต้น เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการทดสอบกำลังอัด สำหรับทดสอบการดูดซึมน้ำและการชะละลาย จะเทในแบบเหล็กขนาดกว้าง 9.50 เซนติเมตร ยาว 19.00 เซนติเมตร และสูง 6.50 เซนติเมตร โดยการทดสอบกำลังอัดจะใช้ตัวอย่างจำนวน 3 ก้อนต่อส่วนผสม ในขณะที่การทดสอบการดูดซึมน้ำและการชะละลายจะใช้ตัวอย่างส่วนผสมละ 5 ก้อน

ตารางที่ 2 ส่วนผสมอิฐดินดิบ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ส่วนผสม	ดินลมหอบ	เกลบ	น้ำ	แอสฟัลต์อิมัลชัน*	น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)
0AE	1207	38	373	0	1617
2AE	1207	38	348	25	1617
4AE	1207	38	323	50	1617
6AE	1207	38	299	75	1617
8AE	1207	38	274	100	1617

* สมมุติให้ความถ่วงจำเพาะของยางมะตอยนี้มีค่าเท่ากับของน้ำ

การทดสอบ

การทดสอบการดูดซึมน้ำ จะทำการชั่งน้ำหนักก้อนตัวอย่างก่อนแช่น้ำเพื่อใช้เป็นน้ำหนักที่สภาวะปกติ ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักของตัวอย่างในสภาวะหลังแช่น้ำ ซึ่งน้ำหนักหลังแช่น้ำหาได้จากการนำก้อนตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นไปแช่น้ำจนท่วมทิ้งไว้ในน้ำ 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำขึ้นมาซับเบา ๆ ด้วยผ้า วางตัวอย่างทิ้งไว้อีก 30 นาที ให้ทำการซับน้ำที่ไหลออกมาเป็นระยะ ๆ เมื่อครบ 30 นาที ให้ทำการซับผิวของตัวอย่างอีกครั้ง ไม่ให้น้ำไหลซึมออกมาที่ผิวของตัวอย่าง จากนั้นจึงทำการอ่านค่าน้ำหนักโดยการอ่านแต่ละครั้งให้อ่านละเอียดถึง 0.1 กรัม ในการทดสอบกำลังอัดของตัวอย่างทั้ง 5 ส่วนผสม ซึ่งได้หล่อตัวอย่างไว้ส่วนผสมละ 12 ก้อน จะทำการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ชุด ชุดละ 3 ก้อน โดยที่ชุดที่ 1 ให้ทดสอบกำลังอัดทันทีหลังจากตากตัวอย่างแห้งแล้ว ส่วนชุดที่ 2, 3 และ 4 จะนำตัวอย่างไปแช่น้ำ โดยให้น้ำท่วมก้อนตัวอย่างทั้งก่อนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3, 7 และ 14 วันตามลำดับ เมื่อครบกำหนดการแช่น้ำแล้วจะนำตัวอย่างไปผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ตัวอย่างแห้งก่อนนำไปทดสอบกำลังอัดหลังแช่น้ำตามอายุวันที่กำหนดไว้ข้างต้น ส่วนการทดสอบการชะละลายของอิฐดินดิบเป็นการหาร้อยละของค่าน้ำหนักของดินที่หายไปภายหลังจากการแช่น้ำ เทียบกับน้ำหนักเดิมของอิฐดินดิบก่อนแช่น้ำ ซึ่งหาได้จากการชั่งน้ำหนักของก้อนตัวอย่างก่อนนำไปทดสอบกำลังอัด

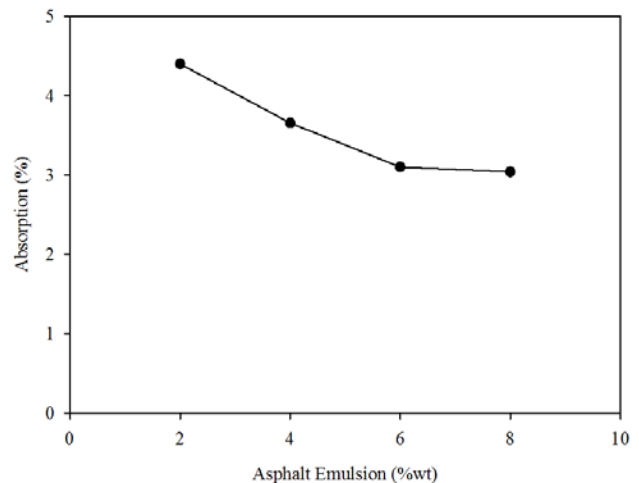
ผลการวิจัย

การดูดซึมน้ำของอิฐดินดิบผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน

ภาพที่ 3 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมน้ำกับปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชัน พบว่าการดูดซึมน้ำของอิฐดินดิบ ลดลงตามปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่าแอสฟัลต์มีผลกระทบต่อ การดูดซึมของน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างที่มีปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 6 และ 8 มีค่าไม่แตกต่างกันมาก แสดงให้เห็นว่าแอสฟัลต์ในปริมาณร้อยละ 6 เพียงพอที่จะยับยั้งการดูดซึมน้ำเอาไว้ได้ ซึ่งอาจเป็นการยับยั้งในลักษณะของการเคลือบผิวของตัวอย่างหรือผิวของอนุภาคเม็ดดินเอาไว้เกือบสมบูรณ์ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันเข้าไปอีกจึงไม่ส่งผลต่อการดูดซึมน้ำอย่างชัดเจน

ในภาพที่ 4 ซึ่งเป็นตัวอย่างอิฐดินดิบที่แช่อยู่ในน้ำเป็นเวลา 7 วัน บริเวณด้านล่างซ้ายของภาพ เป็นตัวอย่างอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชัน พบว่าอิฐดินดิบส่วนผสมดังกล่าวดูดซึมน้ำเข้าไปภายในจนไม่สามารถคงสภาพเอาไว้ได้ เนื่องจากน้ำไปทำลายแรงยึดเหนี่ยวและแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคเม็ดดิน เช่นเดียวกับอิฐดินดิบที่ทำจากดินเหนียว (ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย, 2556) จึงไม่สามารถนำตัวอย่างดังกล่าวมาทดสอบการดูดซึมน้ำ กำลังอัดหลังแช่น้ำ และ

การชะละลายได้ขณะที่ก้อนตัวอย่างอื่นๆ ในภาพที่ 4 ที่ยังคงสภาพไว้ได้คืออิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชันบางส่วน ซึ่งแช่น้ำต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วันเช่นเดียวกัน แต่ยังสามารถคงสภาพไว้ได้อย่างเห็นได้ชัด จึงเห็นได้ว่าการเพิ่มแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมจะช่วยป้องกันการดูดซึมน้ำของอิฐดินดิบได้ และยังช่วยยืดเหนี่ยวเม็ดดินเอาไว้ด้วยกัน ส่งผลให้อิฐสามารถรูปร่างเดิมต่อไปได้



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมน้ำและปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชัน



ภาพที่ 4 ภาพถ่ายอิฐดินดิบหลังแช่น้ำ

กำลังอัดของอิฐดินดิบผสมแอสฟัลต์อิมัลชันหลังแช่น้ำต่อเนื่อง

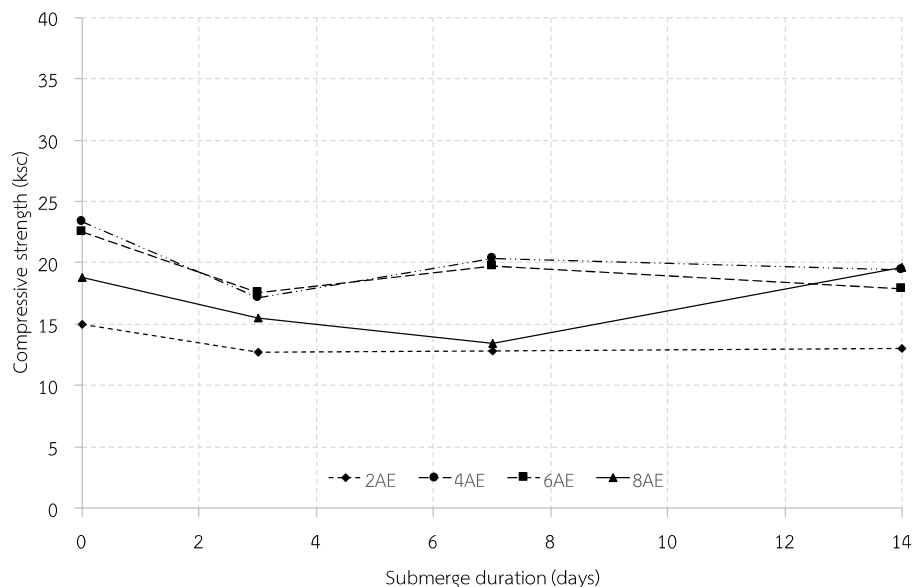
จากการทดสอบกำลังอัดอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชันในสัดส่วนร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 ที่แช่น้ำต่อเนื่องตามอายุที่กำหนด ได้แก่ 3, 7 และ 14 วัน ได้ค่ากำลังอัดดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งพบว่ากำลังอัดของอิฐดินดิบทั้งหมดจะลดลงหลังการแช่น้ำอย่างต่อเนื่อง 3 วัน เนื่องจากน้ำจะเข้าไปลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเม็ดดิน ยกเว้นส่วนผสม OAE ที่โดนน้ำทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเม็ดดินจนไม่สามารถคงสภาพไว้ได้ จึงไม่สามารถหาลำดับกำลังอัดภายหลังการแช่น้ำได้ ส่วนผสม 2AE



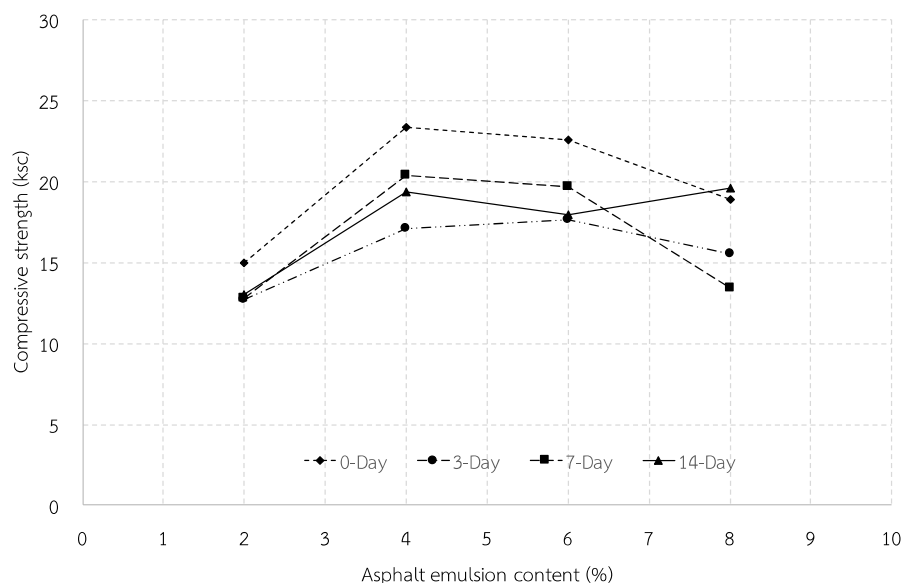
ภายหลังการแช่น้ำต่อเนื่องที่ 7 และ 14 วัน ก็ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงกำลังอัดอย่างเด่นชัด เนื่องจากน้ำได้เข้าไปลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเม็ดดินตั้งแต่การแช่น้ำต่อเนื่อง 3 วันแล้ว ส่วนผสม 4AE และ 6AE มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นประมาณ 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ภายหลังการแช่น้ำต่อเนื่องจากอายุ 3 วัน เป็น 7 วัน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่ายางมะตอยน้ำแข็งตัวเพิ่มขึ้นจากกระบวนการแข็งตัวและการบ่ม (Setting and Curing) ของตัวอย่างมะตอยเองภายหลังจากที่แอสฟัลต์อิมัลชันได้สัมผัสกับมวลรวมและเกิดการดูดซึมอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ทำให้ค่าความเป็นด่างสูงขึ้น จนเนื้อยางมะตอยกลับมายึดติดกับเป็นฟิล์มอีกครั้งและเริ่มแข็งตัว (Alan James, 2006) จากนั้นกำลังอัดจะลดลงอีกเล็กน้อยประมาณ 1 ถึง 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากการ

แช่น้ำต่อเนื่อง 7 วัน เป็น 14 วัน เนื่องจากน้ำสามารถแทรกซึมเข้าไยยังเนื้อดินที่ถูกเคลือบด้วยเนื้อยางมะตอยบางส่วนได้ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียกำลังอัดเพิ่มเติม

ส่วนผสม 8AE มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงกำลังอัดเช่นเดียวกันกับส่วนผสม 4AE และ 6AE แต่เนื่องจากชั้นของเนื้อยางมีความหนามากกว่า จึงทำให้น้ำแทรกซึมได้ช้ากว่า กำลังอัดจึงค่อยๆ ลดลงต่อเนื่องจนถึงอายุ 7 วัน ในขณะเดียวกันเนื้อแอสฟัลต์อิมัลชันจะค่อยๆ แข็งตัว แต่ในอัตราที่ต่ำเนื่องจากชั้นยางมีความหนา จึงทำให้การถ่ายเทประจุของอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ทำได้ยาก จึงเริ่มเห็นการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดที่อายุ 14 วัน ซึ่งต่างกับส่วนผสม 4AE และ 6AE ที่มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 7 วัน



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงกำลังอัดของอิฐดินดิบผสมแอสฟัลต์อิมัลชันหลังการแช่น้ำที่ระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 6 กำลังอัดของอิฐดินดิบที่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันในอัตราส่วนต่างๆ เมื่อแช่น้ำอย่างต่อเนื่อง



เมื่อพิจารณาในมุมมองของผลอันเนื่องมาจากปริมาณ แอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมที่ส่งผลต่อกำลังอัดของอิฐดินดิบ ดังแสดงในภาพที่ 6 จะพบว่าส่วนผสมที่มีแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมร้อยละ 4 จะให้กำลังอัดที่สูงที่สุด ทั้งก่อนและหลังแช่น้ำ ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้อธิบายไว้ว่าส่วนผสมที่มีแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 4 ให้กำลังอัดที่ดีที่สุด เนื่องจากมีปริมาณที่เพียงพอที่จะเคลือบผิวได้ทั่วทั้งส่วนผสมโดยอาศัยการไหลไปกับน้ำในส่วนผสม และไม่มากเกินไปจนอนุภาคของแอสฟัลต์อิมัลชันจับตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่และขัดขวางการผสมซึ่งพบในส่วนผสม 8AE (ประยูร พรหมหลวงศรี และจักรพันธ์ วงษ์พา, 2558) นอกจากนี้ จะพบว่าส่วนผสม 4AE ให้กำลังอัดสูงถึง 23.33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่อแช่น้ำต่อเนื่องกำลังอัดจะลดลงต่ำสุดเท่ากับ 17.12 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรที่การแช่น้ำต่อเนื่องนาน 3 วัน หรือคิดเป็นกำลังอัดที่ลดลงประมาณร้อยละ 25 แต่หากพิจารณาเปรียบเทียบกับอิฐดินดิบที่ไม่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันเลยจะพบว่าอิฐสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำได้ดีมาก และยังคงให้กำลังอัดที่สูงในระดับหนึ่ง และเมื่อเปรียบเทียบกับอิฐดินดิบ

ที่ทำจากดินเหนียว จะพบว่าอิฐดินดิบจากดินเหนียวต้องใช้ปริมาณ แอสฟัลต์อิมัลชันสูงถึงร้อยละ 8 เพื่อที่จะสามารถทนต่อสภาวะน้ำท่วมขังได้นาน 24 ชั่วโมง ในขณะที่กำลังอัดเฉลี่ยในสภาวะไม่แช่น้ำอยู่ที่ประมาณ 12 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย, 2556; จตุพร ตั้งศิริกุล, 2550) จึงจะเห็นได้ว่าอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบมีคุณสมบัติที่ดีกว่าทั้งในแง่ของกำลังอัดและความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขัง

การชะละลายของอิฐดินดิบผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน

การทดสอบการชะละลายของอิฐดินดิบเป็นการศึกษามวลที่หายไปภายหลังจากการแช่น้ำอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งในการทดลองนี้ได้นำตัวอย่างอิฐดินดิบทุกส่วนผสมแช่น้ำต่อเนื่องกันสูงสุด 14 วัน จากการทดลองพบว่า อิฐดินดิบที่ไม่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันจะไม่สามารถทนต่อการแช่น้ำได้ ตัวอย่างละลายกลายเป็นตะกอนดินก่อนอายุ 3 วัน ส่วนผสมอื่นๆ ที่มีแอสฟัลต์อิมัลชันแม้เพียงร้อยละ 2 ก็จะสามารถต้านทานการชะละลายได้ ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3

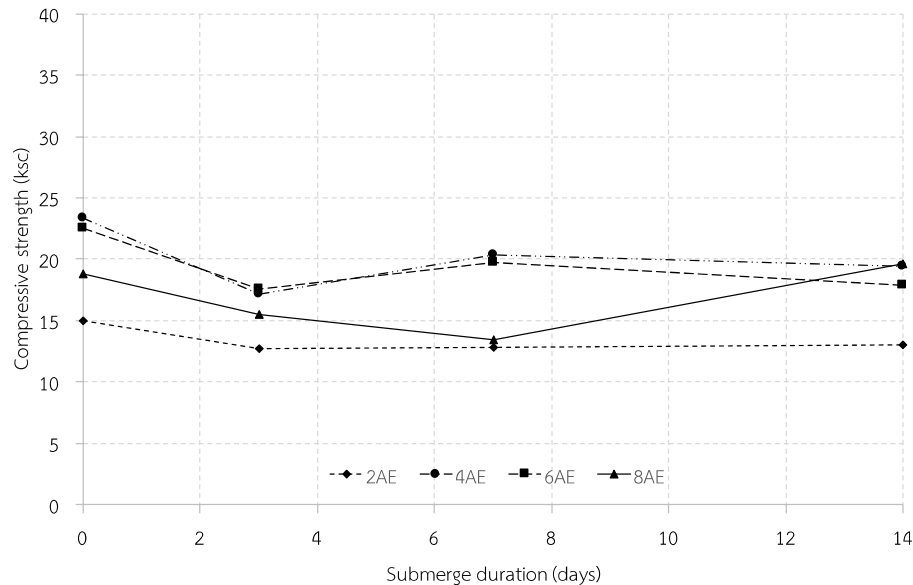
ตารางที่ 3 การชะละลายของอิฐดินดิบที่อายุการแช่น้ำต่างๆ

ส่วนผสม	การชะละลาย (ร้อยละ)		
	3 วัน	7 วัน	14 วัน
0AE	-	-	-
2AE	0.82	0.87	1.34
4AE	0.56	0.63	0.79
6AE	0.52	0.54	0.76
8AE	0.34	0.49	0.59

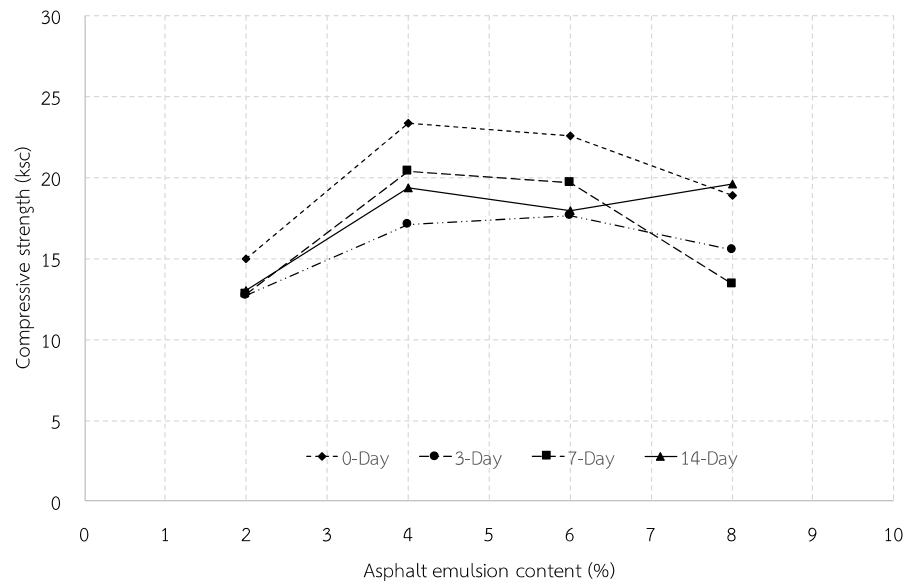
จากข้อมูลพบว่า อิฐดินดิบจะมีการสูญเสียน้ำหนัก หรือเกิดการชะละลายมากขึ้นตามระยะเวลาการแช่น้ำ เนื่องจากน้ำจะค่อยๆ แทรกซึมผ่านชั้นแอสฟัลต์อิมัลชันเข้ามา ทำให้แรงยึดเหนี่ยวและความเสียดทานระหว่างเม็ดดินลดลง เม็ดดินจะแยกตัวบางส่วน เมื่อหลุดจากสภาวะการโดนยึดเหนี่ยวแล้วจะโดนน้ำพาออกไปทำให้มวลลดลง ดังนั้น การแช่อิฐในน้ำอย่างต่อเนื่องนานๆ ย่อมจะส่งผลให้น้ำมีเวลามากพอที่จะแทรกซึมเข้าไปหาเม็ดดินที่อยู่ลึกๆ หรือมียางเคลือบอยู่บ้างได้ และสามารถพาเอาเม็ดดินละเอียดเหล่านั้นออกมาได้มากกว่าการแช่น้ำเพียงระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งสามารถสังเกตได้ในภาพที่ 7 ในช่วง 3 วันแรกของการแช่น้ำ การสูญเสียมวลจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว สังเกตได้จากความชันของเส้นกราฟ จากนั้นระหว่าง 3 วัน ถึง 14 วัน อัตราการสูญเสียน้ำหนักจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด

แต่ก็สามารถกล่าวได้ว่าการชะละลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อการแช่น้ำต่อเนื่องนานขึ้น ซึ่งเป็นข้อสังเกตหนึ่งที่ต้องให้ความสนใจในการสร้างบ้านดิน แต่อย่างไรก็ตาม การสูญเสียมวลที่เกิดขึ้นที่อายุ 14 วัน สูงสุดเพียงร้อยละ 1.34 สำหรับส่วนผสม 2AE ซึ่งมีค่าไม่สูงมากนัก

เมื่อพิจารณาผลกระทบของปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมต่อการชะละลายที่เกิดขึ้นกับอิฐดินดิบแล้ว พบว่าอิฐดินดิบจะถูกชะละลายได้น้อยลงเมื่อมีปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสมมากขึ้น ตามที่แสดงในภาพที่ 8 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบในเรื่องของการดูดซึมน้ำ เท่ากับเป็นการยืนยันสมมุติฐานอีกทางหนึ่งว่าส่วนผสมที่มีแอสฟัลต์อิมัลชันมาก จะทำให้น้ำซึมผ่านได้ยาก และส่งผลให้น้ำเข้าไปชะละลายมวลดินออกมาได้ยากขึ้น



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการชะละลายและระยะเวลาการแช่น้ำของอิฐดินดิบ



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างการชะละลายและร้อยละของแอสฟัลต์อิมัลชันในส่วนผสม

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ดินลมหอบมีความเหมาะสมในการใช้ทำอิฐดินดิบ โดยส่วนผสมที่มีปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันในอัตราส่วนร้อยละ 4 ของเนื้อดินร่วมกับแกลบจะให้อำนาจอัดสูงสุดถึง 23.33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และเมื่ออิฐดินดิบผสมแอสฟัลต์อิมัลชันจะสามารถทนต่อการพังทลายเนื่องจากน้ำได้ดี ซึ่งภายหลังการแช่น้ำต่อเนื่อง 14 วัน อิฐดินดิบยังคงสภาพไว้ได้ ถึงแม้ว่าอำนาจอัดจะลดลงบ้างก็ตาม การเติมแอสฟัลต์อิมัลชันเพียงร้อยละ 2 อิฐดินดิบจะมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก และการดูดซึมน้ำจะลดลงเมื่อปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันเพิ่มขึ้น ในขณะที่การชะละลายเนื่องจากการแช่น้ำต่อเนื่องนาน 14 วัน มีค่าสูงสุด

เพียงร้อยละ 1.34 โดยน้ำหนัก และต่ำสุดที่ 0.59 ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนว่าอิฐดินดิบที่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันสามารถทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังต่อเนื่องได้นานถึง 14 วัน ในขณะที่อิฐดินดิบทั่วไปสามารถทนทานต่อสภาวะโดนน้ำท่วมขังได้ไม่ถึง 3 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการทดลองกับดินแหล่งอื่นเพิ่มเติม เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการทำบ้านดินในแต่ละท้องถิ่น
2. ควรนำส่วนผสมที่เหมาะสมไปต่อยอดการทดสอบในงานโครงสร้างบ้านดินจริง เพื่อศึกษาการนำไปใช้งานต่อไป



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ และเงินทุนวิจัยบางส่วนในการทำงานวิจัย และขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม สำนักทางหลวงที่ 7 (ขอนแก่น) สังกัดกรมทางหลวง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และเครื่องมือทดสอบ ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- จตุพร ตั้งศิริสกุล. (2550). การประยุกต์ใช้วัสดุดิบทางธรรมชาติในการเพิ่มประสิทธิภาพของก้อนอิฐดินดิบเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ณภัทร ศรีวัฒนประยูร และคณะ. (2552). การศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของบ้านดิน. รายงานการวิจัย เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- ดลฤดี หอมดี และวัชรินทร์ กาสลัก. (2549). การหลุดตัวของดินลมหอบเนื่องจากความเปียกชื้นและการบรรทุกน้ำหนักในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น. รายงานวิจัย เสนอต่อมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ประชุม คำพุ่ม และคณะ. (2551). การปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐดินดิบด้วยน้ำยางธรรมชาติ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. หน้า 262-268.
- ประยูร พรหมหลวงศรี และจักรพันธ์ วงษ์พา. (2558). การพัฒนาอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- พงศกร พรหมรัตนศิลป์. (2550). การปรับปรุงคุณภาพดินลมหอบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อนำมาใช้ในวิศวกรรมทาง. การประชุมสมาคมทางหลวงแห่งประเทศไทย. หน้า 1-8.
- ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และจตุพร ตั้งศิริสกุล. (2550). ผลของวัสดุทางธรรมชาติที่มีต่อคุณสมบัติของก้อนอิฐดินดิบสำหรับบ้านดิน. วารสารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 5(1): 187-199.
- ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย. (2556). การประยุกต์ใช้ไบโหลว์แฟกและแอสฟัลต์อิมัลชันเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลของอิฐดินดิบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2530). มอก. 371-2530

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์อิมัลชันสำหรับถนน. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

Davidovits, Joseph. (1991). Geopolymers: Inorganic polymer new materials. *Journal of thermal analysis*. 37(8): 1633-1656.

James, Alan. (2006). *Overview of asphalt emulsion*. Transportation Research Circular E-C102: Asphalt emulsion technology. Washington, DC: Jennifer Corro, Proofreader and Layout.