แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาอิทธิพลของน้ำยางข้นต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอิฐดินดิบ ในครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถรวบรวมได้ตามลำดับ ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของบ้านดิน
2. อิฐประเภทต่าง ๆ
3. อิฐดินดิบ (Adobe Brick)
4. ดิน (Soil)
5. ยางพารา (Para Rubber)
6. การทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทั่วไปของบ้านดิน

บ้านดิน คือ บ้านแบบธรรมชาติที่ใช้วัสดุหลักในการก่อสร้างคือดินเหนียวซึ่งสามารถหาได้ทั่วไปในท้องถิ่นต่าง ๆ นำมาผสมกับส่วนผสมที่เป็นเส้นใยเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการยึดเกาะกันของเนื้อดิน บ้านดินถือเป็นสถาปัตยกรรมที่มีการรบกวนธรรมชาติน้อยมาก เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการก่อสร้างเป็นวัตถุดิบที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นไม่มีขบวนการในการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อนหรือต้องใช้พลังงานจำนวนมหาศาลทั้งเพื่อการผลิตวัตถุดิบและการขนส่งเพื่อการก่อสร้าง ในการก่อสร้างก็ไม่จำเป็นต้องใช้แรงงานเฉพาะทางมากนัก บ้านดินจึงเป็นคำตอบที่ดีสำหรับคนที่อยากมีบ้านแต่มีข้อจำกัดในด้านทุนทรัพย์หรือไม่อยากรบกวนสภาพแวดล้อม (สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 93)

วิธีการสร้างบ้านดิน

บ้านดินจะมีลักษณะที่แตกต่างจากบ้านโดยทั่วไปกล่าวคือ วัสดุที่นำมาใช้จะใช้วัสดุที่มาจากธรรมชาติ คือ ดินเหนียว ทรายและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ในการใช้ดินมาก่อสร้างบ้านดินนั้นสามารถกระทำได้หลายลักษณะทั้งการใช้ดินและวัสดุผสมเพียงอย่างเดียว การใช้ดินประกอบกับโครงสร้างอื่น การใช้ดินหมาดและการใช้ดินเป็นวัสดุฉาบบนวัสดุอื่น ซึ่งสามารถจำแนกวิธีสร้างบ้านดินได้ 7 วิธี คือ

1. การก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ (Adobe) เป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทยโดยใช้ผนังอิฐดินดิบเป็นกำแพงรับน้ำหนักของโครงสร้างอาคาร ข้อดีของระบบนี้

คือ สามารถทยอยทำอิฐดินดิบเก็บไว้จนได้ปริมาณที่เพียงพอสำหรับการก่อสร้างได้ตั้งแต่ก่อนเริ่มทำการก่อสร้าง แต่ในการทำอิฐดินดิบนั้นจำเป็นต้องใช้พื้นที่ และเวลาสำหรับการตากก้อนอิฐ นอกจากนั้นยังต้องมีการเตรียมพื้นที่สำหรับเก็บรักษาก้อนอิฐอีกด้วย ในการทำอิฐดินดิบนั้นจะใช้ส่วนผสม 3 ส่วน คือ ดินเหนียว ทราย และวัสดุเส้นใย โดยผสมส่วนผสมทั้งหมดในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินที่นำมาใช้ผสมให้เข้ากัน จากนั้นจึงนำมาขึ้นรูปเป็นก้อนอิฐ โดยทรายทำหน้าที่ในการป้องกันการหดตัวของวัสดุ ขณะที่วัสดุเส้นใยช่วยในการเสริมความแข็งแรงในการยึดเกาะในเนื้อวัสดุ ซึ่งเมื่อนำมารวมกันและตากให้แห้งแล้วสามารถทดสอบความเหมาะสมของส่วนผสมโดยการสังเกตจากการหดตัวของอิฐ หากอิฐมีการหดตัวหรือแตกร้าวมากให้เพิ่มทราย นอกจากนั้นยังสามารถทดสอบความแข็งแรงได้โดยการทิ้งอิฐให้ตกลงสู่พื้นแล้วสังเกตความเสียหายที่เกิดขึ้นกับก้อนอิฐถ้าเสียหายไม่มากนักถือว่าใช้ได้ การก่อสร้างบ้านด้วยอิฐดินดิบแสดงในภาพประกอบ 1

ภาพประกอบ 1 การก่ออิฐดินดิบ
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 96

2. การปั้นด้วยดินเหนียว (Cob) เป็นวิธีการหนึ่งในการก่อสร้างบ้านดิน ซึ่งการก่อสร้างด้วยวิธีดังกล่าวจะใช้ระบบกำแพงรับน้ำหนักเช่นเดียวกับการก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ ส่วนประกอบหลักของวัสดุที่นำมาใช้ในการทำกำแพงประกอบด้วย ดินเหนียว ทรายและวัสดุ เส้นใย เช่นเดียวกับที่ใช้ในการทำอิฐดินดิบ การสร้างโดยวิธีการนี้นั้นได้รับการยอมรับว่าสามารถรองรับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวได้ เนื่องจากในการก่อสร้างแบบนี้จะใช้ฟางเส้นยาวผสมกับดินเหนียวและทรายทำการปั้นเป็นแผ่นแบน ๆ วางซ้อนกันเป็นชั้น ๆ โดยระหว่างชั้นมีการฝังฟางจากชั้นใหม่ลงไปบนชั้นเดิมทำให้เกิดการสานกันของเส้นฟางระหว่างชั้นดินเดิม และชั้นดินใหม่ในระบบผนังทำให้

ผนังที่ก่อสร้างในระบบนี้มีการผสานและยึดเกาะกันเป็นอย่างดีในเนื้อวัสดุ จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าการก่อสร้างด้วยอิฐดินดิบ การก่อสร้างด้วยเทคนิคนี้นั้นมีข้อดีในเรื่องการสร้างสรรค์จินตนาการได้อย่างไม่จำกัด ชิ้นงานจะเป็นเสมือนงานประติมากรรมขนาดใหญ่ แต่การก่อสร้างในลักษณะนี้เป็นการก่อสร้างที่ต้องใช้ระยะเวลาและแรงงานในการก่อสร้างค่อนข้างมาก เนื่องจากชิ้นงานแห้งช้าและหากส่วนผสมของวัสดุที่นำมาใช้ก่อไม่ดี อาจทำให้เกิดปัญหาการหดตัวของวัสดุซึ่งสามารถก่อปัญหาให้อาคารในอนาคตได้ ลักษณะการสร้างบ้านดินด้วยวิธีการปั้นวิธีการปั้นด้วยดินเหนียวแสดงในภาพประกอบ 2

ภาพประกอบ 2 การปั้นผนัง
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 97

3. การปั้นดินกับโครงไม้ (Wattle and Daub) เป็นเทคนิคการก่อสร้างที่แตกต่างจาก 2 ระบบแรก วิธีการปั้นดินกับโครงไม้นี้จะทำโดยการสร้างโครงผนังด้วยไม้ก่อน จากนั้นจึงนำไม้ไผ่สานมาติดตั้งบริเวณช่องว่างก่อนนำดินผสมกับฟางเส้นยาวมาฉาบทับหุ้มไว้ เพื่อเป็นการปกป้องไม้ไผ่สานซึ่งอยู่ด้านในจากสภาพแวดล้อมเป็นการช่วยให้ ไม้ไผ่สานซึ่งอยู่ด้านในมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น วิธีการนี้อาคารจะต้องมีโครงสร้างหลักเพื่อรองรับน้ำหนักส่วนต่าง ๆ ไว้ เช่นเดียวกันกับการก่อสร้างแบบเสาคานในปัจจุบัน เนื่องจากไม่ใช่ระบบกำแพงรับน้ำหนักเหมือน 2 ระบบแรก ระบบนี้ผนังจึงมีน้ำหนักเบากว่าและสามารถกำหนดความหนาของผนังได้ตามต้องการ นอกจากนั้นยังสามารถสร้างได้แม้อยู่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งการก่อสร้างในช่วงฤดูฝนจะทำการก่อสร้างส่วนของหลังคาก่อนแล้วจึงทำการฉาบผนังภายหลังเพื่อให้หลังคาของอาคารปกป้องผนังที่เพิ่งได้รับการฉาบจากสภาพแวดล้อม การก่อสร้างในระบบนี้สามารถพบเห็นได้ในงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นของไทยบางลักษณะ เช่น ยุ้งข้าว ซึ่งพบว่ามีการฉาบทับโครงไม้ด้วยมูลวัว เป็นต้น การสร้างบ้านดินด้วยวิธีการปั้นดินกับโครงไม้แสดงในภาพประกอบ 3

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ภาพประกอบ 3 การปั้นผนังกับโครงไม้
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 97

4. การใช้เศษไม้หรือหิน (Cordwood or Stone) เป็นวิธีการใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นหรือวัสดุเหลือใช้มาทำการก่อร่วมกับดิน เช่น ไม้หรือเศษหิน เป็นต้น ดินที่นำมาใช้ในการก่อนั้นจะเป็นดินเหนียวผสมทรายกับวัสดุเส้นใยเช่นเดียวกับที่ใช้สำหรับการก่อสร้างบ้านดินแบบอื่น ๆ หากใช้วัสดุท้องถิ่น เช่น ไม้หรือวัสดุอื่นซึ่งอาจไม่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมมากนักในการก่อสร้างควรมีการฉาบด้วยวัสดุดังกล่าวด้วยดินเพื่อป้องกันการถูกทำลายจากสภาพแวดล้อม การก่อสร้างด้วยวิธีดังกล่าวนี้มีข้อดีในเรื่องระยะเวลาในการก่อสร้าง เนื่องจากใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นหรือเศษวัสดุก่อซึ่งจะมีส่วนช่วยการทำงานรวดเร็วขึ้น การใช้เศษไม้หรือหินสร้างบ้านดินแสดงในภาพประกอบ 4

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 4 การใช้เศษไม้หรือเศษหิน
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 98

5. การก่อสร้างด้วยเทคนิคดินอัด (Rammed Earth) เป็นวิธีการก่อสร้างบ้านดินอีกลักษณะหนึ่งที่มีความเป็นมายาวนานพอกับการก่อสร้างบ้านดินแบบอิฐดินดิบและการปั้นด้วยดินเหนียว วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ได้รับการฟื้นฟูขึ้นมาจากความต้องการวิธีการก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม เทคนิคดินอัดเป็นวิธีการก่อสร้างที่ง่าย มีความแข็งแรง และทนทานต่อสภาพแวดล้อม เป็นเทคนิคการก่อสร้างที่พบได้ในแทบทุกทวีป วิธีการก่อสร้างด้วยเทคนิคดินอัดสามารถทำได้โดยการใช้ไม้แบบขึ้นรูปตามแนวที่ต้องการจะสร้างผนัง จากนั้นจึงใช้ดินอัดลงไปให้แน่นรอจนดินแห้งจึงทำการถอดแบบ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ความสูงที่ต้องการการก่อสร้างด้วยวิธีการดังกล่าว แต่ละชั้นของผนังที่ทำการก่อสร้างควรจะมีความหนาไม่เกิน 0.20 เมตร เพื่อให้เนื้อดินในผนังได้รับการอัดจนแน่นมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักได้ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ค่อนข้างใช้เวลาในการก่อสร้างมากและมีต้นทุนค่าก่อสร้างสูงกว่า เนื่องจากเป็นวิธีการที่ต้องใช้แรงงานในการก่อสร้างมาก ในบางพื้นที่มีการผสมซีเมนต์เข้าไปในดินเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรง การก่อสร้างบ้านดินด้วยเทคนิคดินอัดแสดงในภาพประกอบ 5

ภาพประกอบ 5 การก่อสร้างโดยใช้เทคนิคดินอัด
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 98

6. การใช้กระสอบ (Earthen Bag) วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ได้รับการพัฒนามาจากการทำบังเกอร์ของทหาร และการใช้กระสอบทรายเพื่อป้องกันน้ำท่วม เป็นการก่อสร้างที่มีราคาถูกและสามารถก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ในการก่อสร้างจะใช้ดินเปียกบรรจุลงในกระสอบ จากนั้นจึงนำมาวางเรียงตามแนวที่ต้องการ โดยสามารถวางเป็นแนวโค้งหรือตรงก็ได้ สำหรับหลังคาสามารถเรียงกระสอบให้เป็นโดมได้หรือจะใช้หลังคาแบบทั่วไปก็ได้ โดยการเรียงกระสอบให้เป็นผนังอาคารจะวางเรียงซ้อนกันเป็นชั้น โดยระหว่างชั้นจะใช้ลวดหนามในการประสาน การก่อสร้างด้วยวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถทำได้กับพื้นที่หลายลักษณะ เช่น บริเวณน้ำท่วมก็สามารถสร้างได้ ซึ่งสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ในหลาย ๆ แห่งของประเทศไทยที่ต้องเผชิญกับอุทกภัย นอกจากนั้นการสร้างบ้านดิน

ในลักษณะนี้สามารถทำได้แม้ขณะฝนตก แต่มีข้อเสียคือ การฉาบผนังให้เรียบสามารถทำได้ยาก และสิ้นเปลืองดินฉาบมากกว่าการฉาบบ้านดินที่ก่อสร้างโดยเทคนิคอื่น เนื่องจากร่องบริเวณรอยต่อของกระสอบทรายจะมีความลึกมากกว่ารอยต่อของวัสดุอื่น เช่น อิฐดินดิบ เป็นต้น การใช้กระสอบในการก่อสร้างบ้านดินแสดงในภาพประกอบ 6

ภาพประกอบ 6 การก่อสร้างโดยใช้กระสอบ
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 99

7. การใช้ฟางก่อฉาบด้วยดิน (Straw Balt) เป็นการก่อสร้างโดยการใช้ก้อนฟางอัดนำมาวางเรียงกันลักษณะเดียวกับการก่ออิฐโดยผนังฟางอัดนี้สามารถใช้เป็นผนังรับน้ำหนักได้หรือจะใช้ร่วมกับโครงสร้างอื่นก็ได้เช่นกัน ลักษณะโครงสร้างดังกล่าวถูกนำมาใช้สำหรับการก่อสร้างที่อยู่อาศัยในแถบที่ราบแอฟริกันมาตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ ด้วยคุณสมบัติของฟางที่มีความเป็นฉนวนสูงจึงมีส่วนช่วยในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารได้เป็นอย่างดี ในการทำบ้านฟางอัดนี้ควรให้ความระมัดระวังในเรื่องความชื้นเนื่องจากความชื้นและแมลงต่าง ๆ ซึ่งอาจก่อความเสียหายให้กับอาคารได้ นอกจากนั้นผนังฟางอัดยังต้องการพื้นที่สำหรับโครงสร้างผนังมากกว่าการก่อผนังแบบอื่น ๆ การก่อสร้างโดยการใช้ฟางนั้นควรมีการแยกส่วนของโครงสร้างซึ่งเป็นฟางให้ห่างจากความชื้นด้วยการยกส่วนของฐานผนังให้สูงจากพื้นดิน และเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้น นอกจากนั้นยังสามารถใช้ไม้ไผ่หรือตะแกรงลวดสำหรับการเชื่อมยึดผนังฟางเข้าด้วยกัน นอกจากนั้นการฉาบผนังยังสามารถใช้ดินผสมทรายและวัสดุเส้นใยมาฉาบทับได้เช่นเดียวกับ

บ้านดินโดยทั่วไป หรืออาจฉาบทับด้วยปูนซีเมนต์หรือปูนขาว การใช้ฟางก่อฉาบด้วยดินแสดงในภาพประกอบ 7 (สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 95 - 99)

ภาพประกอบ 7 การก่อสร้างโดยใช้ฟางก่อฉาบด้วยดิน
ที่มา : สิทธิพงษ์ เพิ่มพิทักษ์. 2555 : 99

อิฐประเภทต่าง ๆ

อิฐมอญ

เป็นอิฐที่มีกรรมวิธีการผลิตที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทยซึ่งวิธีการผลิตนี้จะให้ขนาดของอิฐที่ไม่คงที่ เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น ขนาดของแบบทำอิฐที่ไม่เท่ากัน การอัดดินลงในแบบทำอิฐที่ไม่แน่นพอ และส่วนผสมของดินที่ใช้ทำอิฐมีลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งทำให้เกิดการหดตัวของอิฐในขณะเผาที่ไม่เท่ากัน เป็นต้น อย่างไรก็ตามอิฐชนิดนี้ยังคงได้รับความนิยมค่อนข้างสูงอยู่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะในกำแพงอิฐก่อที่มีการฉาบปูนภายหลัง เนื่องจากเป็นอิฐที่หาง่ายและมีราคาถูก อย่างไรก็ตามเราควรทราบไว้ด้วยว่า อาคารที่ทำด้วยอิฐมอญนี้มีความสามารถในการรับแรงที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นกำแพงอิฐก่อในลักษณะดังกล่าวจึงมักถูกใช้เป็นกำแพงที่ไม่มีส่วนในการรับแรงเท่านั้น (สิทธิชัย แสงอาทิตย์. 2542 : 98) อิฐมอญแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ อิฐประเภทที่หนึ่ง วัสดุที่ใช้ในการผลิตได้แก่ ดินเหนียวหรือดินโคลน วัสดุอื่น ๆ เช่น แกลบ ทราย ขี้เลื่อยอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกันแล้วแต่ความเหมาะสม อิฐประเภทที่สอง วัสดุที่ใช้ในการทำได้แก่ ดินเหนียว วัสดุอื่น ๆ ได้แก่ ทราย ก้อนขนาดใหญ่กว่าอิฐประเภทที่หนึ่งเล็กน้อย อิฐมอญมีค่าความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำดังแสดงในตาราง 1

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 1 ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของอิฐมอญ

ประเภทที่	ความต้านทานแรงอัดต่ำสุด (MPa)	การดูดซึมน้ำสูงสุด (%)
1	3.5	25
2	15.5	15

อิฐประดับ

อิฐประดับ หมายถึง อิฐที่ทำขึ้นเป็นพิเศษ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเผยผึ่งเนื้อหรือผิว ทำจากดิน ดินดานหรืออาจมีส่วนผสมของวัสดุอื่น มีการเผาเพื่อให้เกิดความแข็งแรงและความทนทาน มีขนาดและสีต่าง ๆ มีการแต่งผิวอาจทำเป็นผิวเรียบ ผิวหยาบและผิวลวดลาย อิฐประดับมีค่าความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำดังแสดงในตาราง 2 (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 : 1)

ตาราง 2 ความต้านทานแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของอิฐประดับ

ชั้นคุณภาพ	ความต้านทานแรงอัดต่ำสุด (MPa)		การดูดกลืนน้ำสูงสุด (%)	
	เฉลี่ย 5 ก้อน	แต่ละก้อน	เฉลี่ย 5 ก้อน	แต่ละก้อน
ก	21.0	17.0	17.0	20.0
ข	17.0	15.0	22.0	25.0

อิฐบล็อกหรือคอนกรีตบล็อก

อิฐบล็อกหรือคอนกรีตบล็อก หมายถึง ก้อนคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยก็ได้สำหรับก่อผนังหรือกำแพง มีรูโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อน และมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิที่ระนาบขนานกับผิวธารน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดรวมที่ระนาบเดียวกัน คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก หมายถึง คอนกรีตบล็อกสำหรับทำผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักบรรทุกใด ๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทควบคุมความชื้นและประเภทไม่ควบคุมความชื้น ลักษณะทั่วไปต้องแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใด อันเป็นอุปสรรคต่อการก่อ

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักอย่างถูกต้อง หรือทำให้สิ่งก่อสร้างเสียกำลังหรือความคงทนถาวร ต้องมีผิวหน้าหยาบพอสมควรแก่การจับยึดของปูนฉาบหรือปูนแต่งได้ดี ค่าความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกทั้งประเภทควบคุมความชื้นและประเภทไม่ควบคุมความชื้น เฉลี่ย 5 ก้อน เท่ากับ 2.5 เมกะปาสคาล และแต่ละก้อนเท่ากับ 2.0 เมกะปาสคาล (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2531 : 1)

อิฐทนไฟ

อิฐทนไฟ คือ อิฐที่ทำมาจากดินเหนียวมีส่วนผสมของอลูมิน่ากับซิลิก้าโดยใช้ เครื่องอัดให้เป็นรูปร่าง อิฐทนไฟมีคุณสมบัติทนความร้อนตั้งแต่อุณหภูมิ 900 - 1,300 องศาเซลเซียส อิฐทนไฟเหมาะสำหรับก่อเตาเผา ผนังกำแพง เช่น เตาถลุงแร่ เตาเผาโลหะ เตาเผาถ่าน เตาเผาพิซซ่า เมรุ บันไดหนีไฟ หรือโกดังเก็บสินค้า ยุคปัจจุบันอิฐทนไฟได้รับความนิยมไปก่อเป็นเตาเผาขยะตามองค์กรต่าง ๆ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล เป็นต้น (บริษัทอิฐแดง 2009 จำกัด. ออนไลน์. 2560)

อิฐมวลเบา

อิฐมวลเบาหรือคอนกรีตมวลเบา หมายถึง คอนกรีตที่มีมวลเบากว่าคอนกรีตทั่วไป มีขนาดเดียวกัน โดยมีฟองอากาศเล็ก ๆ แทรกกระจายในเนื้อคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอทำให้แข็งด้วยการอบไอน้ำ และไม่เสริมเหล็กเหมาะสำหรับใช้ก่อผนังด้วยวิธีก่อบาง วิธีก่อบาง หมายถึง วิธีก่อที่มีลักษณะปูนก่อบางมีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และจำเป็นต้องใช้ปูนก่อที่ทำขึ้นด้วยส่วนผสมพิเศษที่สามารถให้แรงยึดหน่วงมากเพียงพอเหมาะสมกับความหนา คอนกรีตมวลเบาแบ่งตามความต้านทานแรงอัดออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ และยังสามารถแบ่งตามความหนาแน่นเชิงปริมาตรออกเป็น 7 ชนิด ดังแสดงในตาราง 3 (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2541 : 1)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 3 ความสัมพันธ์ระหว่างชั้นคุณภาพกับชนิดของคอนกรีตมวลเบา

ชั้นคุณภาพ	ความต้านทานแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)		ชนิด	ความหนาแน่นเชิงปริมาตรเฉลี่ย (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เดซิเมตร)
	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด		
2	2.5	2.0	0.4	0.31 - 0.40
			0.5	0.41 - 0.50
4	5	4.0	0.6	0.51 - 0.60
			0.7	0.61 - 0.70
			0.8	0.71 - 0.80
6	7.5	6.0	0.7	0.61 - 0.70
			0.8	0.71 - 0.80
8	10	8.0	0.8	0.71 - 0.80
			0.9	0.81 - 0.90
			10	0.91 - 1.00

อิฐบล็อกประสาน

อิฐบล็อกประสาน หมายถึง อิฐบล็อกที่ได้ทำจากดินลูกรังผสมกับซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่น ๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากันเทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรู ร่องและเดือย อัดเป็นก้อนแล้วบ่มให้แข็งตัว อิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างอาคารได้ เช่น ก่อเสา ก่อผนัง อิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก หมายถึง อิฐบล็อกประสานที่ใช้ก่อผนังกั้นห้องหรือก่อส่วนอื่นภายในอาคารที่ไม่ใช่ส่วนที่ต้องรับน้ำหนักโครงสร้างอาคาร ลักษณะทั่วไปต้องไม่มีรอยแตกหรือร้าว อาจบิ่นได้เล็กน้อย มิติมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±2 มิลลิเมตร ความต้านแรงอัดชนิดรับน้ำหนักค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะปาสคัล ชนิดไม่รับน้ำหนักค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะปาสคัล การทดสอบความต้านทานแรงอัด และการดูดกลืนน้ำให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 57 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ความต้านทานแรงอัดชนิดรับน้ำหนักเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะปาสคัล ชนิดไม่รับน้ำหนักเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะปาสคัล (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547 : 1)

อิฐแก้วหรือบล็อกแก้ว

อิฐแก้วหรือบล็อกแก้ว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแก้วโซดาไลม์หรือแก้วชนิดอื่น โดยนำแก้ว 2 ชิ้นมาประกบกันมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าภายในกลวง หรือโปร่งแสงเนื้อแก้วเป็นสีธรรมชาติหรือสีอื่น บล็อกแก้วแบ่งตามลักษณะเป็น 2 แบบ คือ แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในกลวง โปร่งแสง เนื้อแก้วเป็นสีธรรมชาติหรือสีอื่น ผิวภายในเรียบหรือมีลายพิมพ์ ใช้ตกแต่งอาคารสถานที่เพื่อเพิ่มความสว่างและความสวยงาม แก้วโซดาไลม์ หมายถึง แก้วที่ผลิตจากวัตถุดิบหลักคือ ทราย โซดาแอชและหินปูนหรือโดโลไมท์ ซึ่งทำให้เกิดสีต่าง ๆ ได้โดยการเติมออกไซด์ที่มีสีลงไป คุณลักษณะทั่วไปที่ต้องการผิวด้านนอกต้องเรียบ ภายในเนื้อแก้วต้องไม่มีฟองอากาศปราศจากสิ่งเจือปนและตำหนิต่าง ๆ ได้แก่ ร้าว บิดเบี้ยว บิ่น หรือกะเทาะ ความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 6 เมกะปาสคาล และมีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 7 เมกะปาสคาล (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2554 : 1)

อิฐดินดิบ (Adobe Brick)

อิฐดินดิบหรือบล็อกดิน คือ ดินที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนหรือการเผา มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ดิน เส้นใยและน้ำ (กระเทียม สุรินทร์. ออนไลน์. 2555) ปัจจุบันอิฐดินดิบถูกนำมาใช้ในการสร้างบ้านดินที่เห็นได้ชัดเจน คือ การนำอิฐดินดิบมาสร้างบ้านดินในลักษณะของรีสอร์ททางภาคเหนือ นอกจากความสวยงามแล้ว มีการวิจัยพบว่าอุณหภูมิภายในบ้านดินค่อนข้างคงที่ เมื่ออากาศหนาวภายในบ้านจะรู้สึกอุ่น ในทางกลับกันเมื่ออากาศร้อนภายใน บ้านดินจะรู้สึกเย็น (ณภัทร ศรีวัฒนประยูร และคณะ. 2552 : 94) อีกทั้งยังเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้วัสดุก่อสร้างจากคอนกรีต แต่มีข้อเสียคือ เมื่อมีฝนตกหนักหรือเกิดน้ำท่วม บ้านที่สร้างจากอิฐดินดิบจะเกิดความเสียหาย เนื่องจากน้ำสามารถซึมเข้าไปในเนื้ออิฐได้ จึงมีการวิจัยเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของอิฐดินดิบ โดยการนำวัสดุอื่นเข้ามาเป็นส่วนผสมให้ได้อิฐดินดิบที่มีความแข็งแรงและคงทนมากขึ้น

ส่วนประกอบของอิฐดินดิบ

อิฐดินดิบมีส่วนประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ดินเหนียว ธรรมชาติของดินเหนียวคือ เมื่อแห้งจะหดตัว ถ้าอิฐดินดิบที่ทดลองทำมีการแตกร้าวแสดงว่าส่วนผสมที่ใช้มีดินเหนียวมากเกินไป ต้องเพิ่มส่วนผสมอื่นเพื่อลดการแตกร้าว

2. ทราย เป็นส่วนผสมที่จะช่วยลดการหดตัวของดินเหนียว และลดการแตกร้าว ทรายจะช่วยทำให้อิฐมีความแกร่ง แต่ถ้าผสมทรายมากเกินไปจะทำให้ถูกฝนชะดินออกได้ง่าย

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. ส่วนผสมที่เป็นเส้นใยและมีความเหนียว โดยปรกติจะใช้แกลบหรือฟางเส้นสั้น ๆ (ถ้าเป็นส่วนผสมที่เป็นวัสดุธรรมชาติควรจะมีความสด และเหนียว) ส่วนผสมที่เป็นเส้นใยนี้จะช่วยยึดดินเข้าด้วยกัน ลดการแตกร้าวและป้องกันการชะล้างของน้ำฝน

การทำอิฐดินดิบ

อัตราส่วนของวัสดุที่ใช้ผสมโดยประมาณ คือ ดินเหนียว 1 ส่วน ทราย 1 - 2 ส่วน และแกลบหรือฟางเส้นสั้น (วัสดุเส้นใย) 1.5 ส่วน ธรรมดาแล้วส่วนผสมจะขึ้นอยู่กับสภาพของดินที่มีอยู่ในพื้นที่ ก่อนการทำอิฐจึงควรทดลองโดยใช้ดินที่มีผสมกับวัสดุเส้นใยทำอิฐแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ถ้าอิฐมีปัญหาเรื่องการหดตัวแสดงว่าต้องเพิ่มทรายหรือวัสดุเส้นใย ถ้าดินในพื้นที่มีส่วนผสมของดินเหนียวน้อย หรือทรายมากเกินไปจะทำให้ไม่ทนฝน ถ้าจำเป็นต้องใช้ดินที่มีอยู่นั้น ควรหาดินที่มีดินเหนียวมากเพียงพอมาฉาบ จะช่วยป้องกันอิฐดินดิบจากการชะของฝนได้และไม่ควรก่อสร้างในช่วงฤดูฝน (ณภัทร ศรีวัฒนประยูร และคณะ. 2552 : 40)

คุณสมบัติของอิฐดินดิบ

กำลังของอิฐดินดิบมี 2 ประเภท คือ กำลังรับแรงอัด (แรงกด) เกิดขึ้นบริเวณส่วนของผนังอิฐดินดิบที่มีพื้นที่รองรับน้ำหนักโดยตรงและกำลังรับแรงดัด ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณช่องเปิดต่าง ๆ หรือในกรณีที่มีแรงด้านข้าง เช่น แรงลมหรือแรงที่เกิดจากแผ่นดินไหวกระทำอิฐดินดิบมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดได้ดีแต่รับแรงดัดได้น้อยมาก เพราะแรงดัดจะทำให้เกิดแรงดึง เช่น ถ้าเรากดคานจะเกิดการโก่งและบริเวณด้านล่างจะเกิดแรงดึง ซึ่งดินไม่สามารถรับแรงดึงได้มาก จึงทำให้รับแรงดัดได้ต่ำมาก เราจำเป็นต้องเรียนรู้ทั้งเรื่องแรงอัดและแรงดัด เพราะโครงสร้างของบ้านดินจะมีทั้งส่วนที่ต้องรับแรงอัดและแรงดัด มาตรฐานการทดสอบอิฐดินดิบนั้น จะมีการทดสอบทั้งแรงอัดและแรงดัด ซึ่งแรงอัดและแรงดัดจะมีความสัมพันธ์กันคือ ถ้าแรงดัดสูงแรงอัดก็จะสูง ถ้าแรงอัดต่ำแรงดัดก็จะต่ำ (พิสิทธิ์ ขันติวัฒนะกุล. ออนไลน์. 2551)

ดิน (Soil)

ดิน คือ วัตถุธรรมชาติที่ปกคลุมผิวโลกอยู่บาง ๆ เกิดขึ้นจากผลของการแปรสภาพหรือผุพังของหินและแร่และอินทรียวัตถุผสมคลุกเคล้ากัน

ส่วนประกอบของดิน

1. อนินทรียวัตถุ (Mineralmatter) ได้แก่ ส่วนของแร่ธาตุต่าง ๆ ภายในหินซึ่งผุพังสึกกร่อนเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย โดยทางเคมี ฟิสิกส์และชีวเคมี

2. อินทรียวัตถุ (Organicmatter) ได้แก่ ส่วนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพัง หรือสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

3. น้ำ ในสารละลายซึ่งพบอยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน (Aggregate) หรืออนุภาคดิน (Particle)

4. อากาศ อยู่ในที่ว่างระหว่างเม็ดดินหรืออนุภาคดิน ก๊าซส่วนใหญ่ที่พบทั่วไปในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

คุณสมบัติพื้นฐานของดิน (Basic Soil Properties)

คุณสมบัติขั้นพื้นฐานนี้ บางครั้งจะเรียกว่า ดัชนีของคุณสมบัติ (Index Property) ซึ่งเป็นตัวบอกถึงปัญหาทางด้านวิศวกรรมของดินที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นการทดสอบคุณสมบัติขั้นพื้นฐานก่อนนำดินไปใช้งานในทางวิศวกรรม จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง โดยคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของดินมีองค์ประกอบ 3 ส่วนใหญ่ ๆ ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นเม็ดดินหรือของแข็ง ส่วนที่สองคือ ส่วนที่เป็นน้ำหรือของเหลวและส่วนที่สามคือส่วนที่เป็นอากาศหรือก๊าซ ในทางวิศวกรรมของดินจะต้องรู้สัดส่วนมวลหรือน้ำหนักและปริมาตรของดินเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ของดิน (มานิต ช่วยงาน. 2552 : 19) คุณสมบัติพื้นฐานที่จำเป็นของดินมีดังต่อไปนี้

1. ความข้นเหลวของดิน เมื่อดินที่มีเม็ดละเอียดมีแร่ดินเหนียวผสมอยู่ดินนั้นสามารถถูกปั้นขึ้นรูปได้เมื่อมีความชื้นบางส่วน โดยปราศจากการร่วน ทั้งนี้เพราะดินดังกล่าวมีแรงเชื่อมแน่นตามธรรมชาติที่เกิดขึ้น เนื่องจากมีน้ำที่ถูกดูดซับห้อมล้อมรอบอนุภาคของดินเหนียว ในปี ค.ศ. 1900 มีนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนชื่อ Atterberg ได้พัฒนาวิธีที่จะพรรณนาความข้นเหลว (Consistency) ของดินที่มีเม็ดละเอียดซึ่งมีระดับของปริมาณความชื้นมากบ้างน้อยบ้าง พบว่า ที่ปริมาณความชื้นต่ำมาก ดินจะมีพฤติกรรมเหมือนของแข็ง และเมื่อปริมาณความชื้นสูงมากดินและน้ำอาจจะไหลเหมือนของเหลว เนื่องจากเหตุนี้บนมูลฐานที่เขากำหนดขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น จึงแบ่งพฤติกรรมของดินตามธรรมชาติออกเป็น 4 สภาวะมูลฐาน คือ สภาวะของแข็ง, สภาวะกึ่งของแข็ง, สภาวะพลาสติก, และสภาวะของเหลว

2. การกระจายตัวของเม็ดดิน เม็ดดินจะมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ บางทีก็มีหลายขนาดมารวมตัวกัน ทั้งนี้จะหาขนาดของเม็ดดินได้จากการเขียนรูปกราฟแสดงการกระจายตัวของเม็ดดินนั้น ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเม็ดดินกับเปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรงมาตรฐาน หรือการตกตะกอนของเม็ดดิน ดังแสดงในภาพประกอบ 8

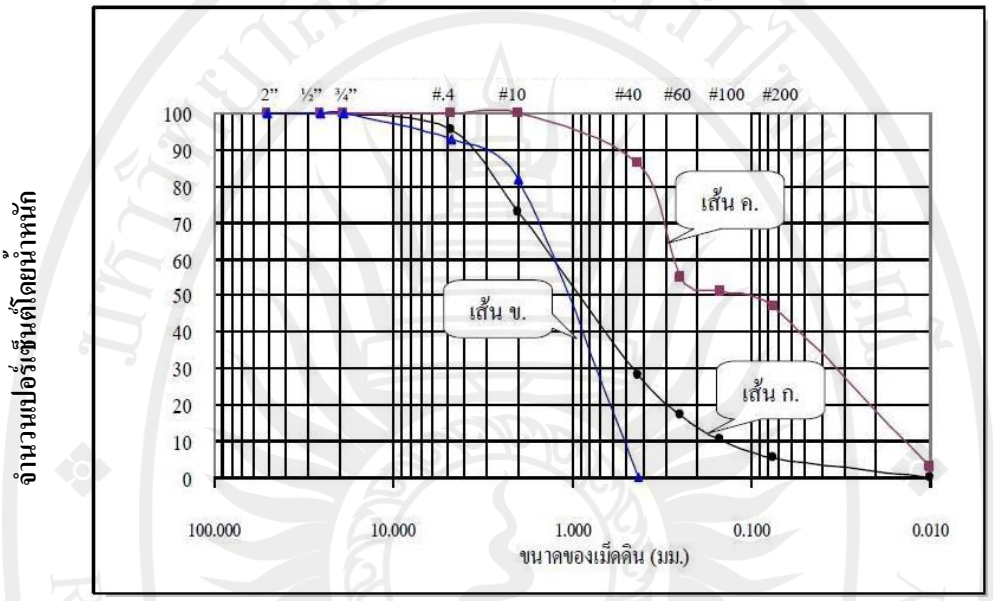
2.1 ดินที่มีขนาดคละกันดี (Well Graded Soil) เส้นกราฟจะมีแนวโค้งเรียบอย่างสม่ำเสมอจากด้านหนึ่งไปด้านหนึ่ง ดังเส้น ก. ในภาพประกอบ 8

2.2 เม็ดดินที่มีขนาดคละกันไม่ดี (Poly Graded Soil) แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ

2.2.1 ดินที่มีขนาดสม่ำเสมอ (Uniform Graded) คือ เม็ดดินจะมีขนาดเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ดังกราฟเส้น ข. ในภาพประกอบ 8

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.2.2 ดินที่มีขนาดเม็ดขาดช่วง (Gap Graded) คือ ดินที่มีแต่ขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก โดยที่ขนาดปานกลางหายไปหรือขาดขนาดใดขนาดหนึ่งไป เส้นกราฟจะมีลักษณะราบในช่วงที่ขนาดของเม็ดดินขาดหายไป ดังกราฟเส้น ค. ในภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 กราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน
ที่มา : สุรฉัตร สัมพันธารักษ์. 2548 : 12

3. ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil) ดินตามธรรมชาติ (Natural Soil) จะประกอบด้วย อากาศ น้ำ และเม็ดดิน โดยเม็ดดินจะเกิดจากการรวมตัวกันของแร่ธาตุที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงเป็นผลให้ดินในแต่ละพื้นที่มีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ในขณะที่น้ำจะมีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันแต่ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ความถ่วงจำเพาะของดิน คือ อัตราส่วนของน้ำหนักดินต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับดินในอุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แสดงให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของดินได้ และยังสามารถที่จะนำคุณสมบัตินี้ไปใช้ในการคำนวณค่าคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น ความพรุน (Porosity) อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ของดิน ระดับความอิ่มตัว (Saturation) ความหนาแน่น (Density) เป็นต้น ทั้งยังสามารถนำค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดินไปใช้สำหรับวิเคราะห์หาขนาดของเม็ดดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์แบบ 151 H ได้ด้วย โดยทั่วไปค่าความถ่วงจำเพาะของดินจะมีค่าอยู่ในช่วง 2.6 - 2.8 ถ้าค่าต่ำกว่านี้ก็อาจจะมีพวกอินทรีย์สารหรือพวกธาตุเบาต่าง ๆ ปะปนอยู่ และถ้าค่าสูงกว่านี้ก็อาจมีธาตุหนักปะปนอยู่สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะโดยทั่วไปของดินชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าความถ่วงจำเพาะของดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดของดิน	ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน, Gs
Sand	2.65 - 2.67
Silty Sand	2.67 - 2.70
Inorganic Clay	2.70 - 2.80
Soil with Mica or Iron	2.75 - 3.00
Organic Soil	1.00 - 2.60

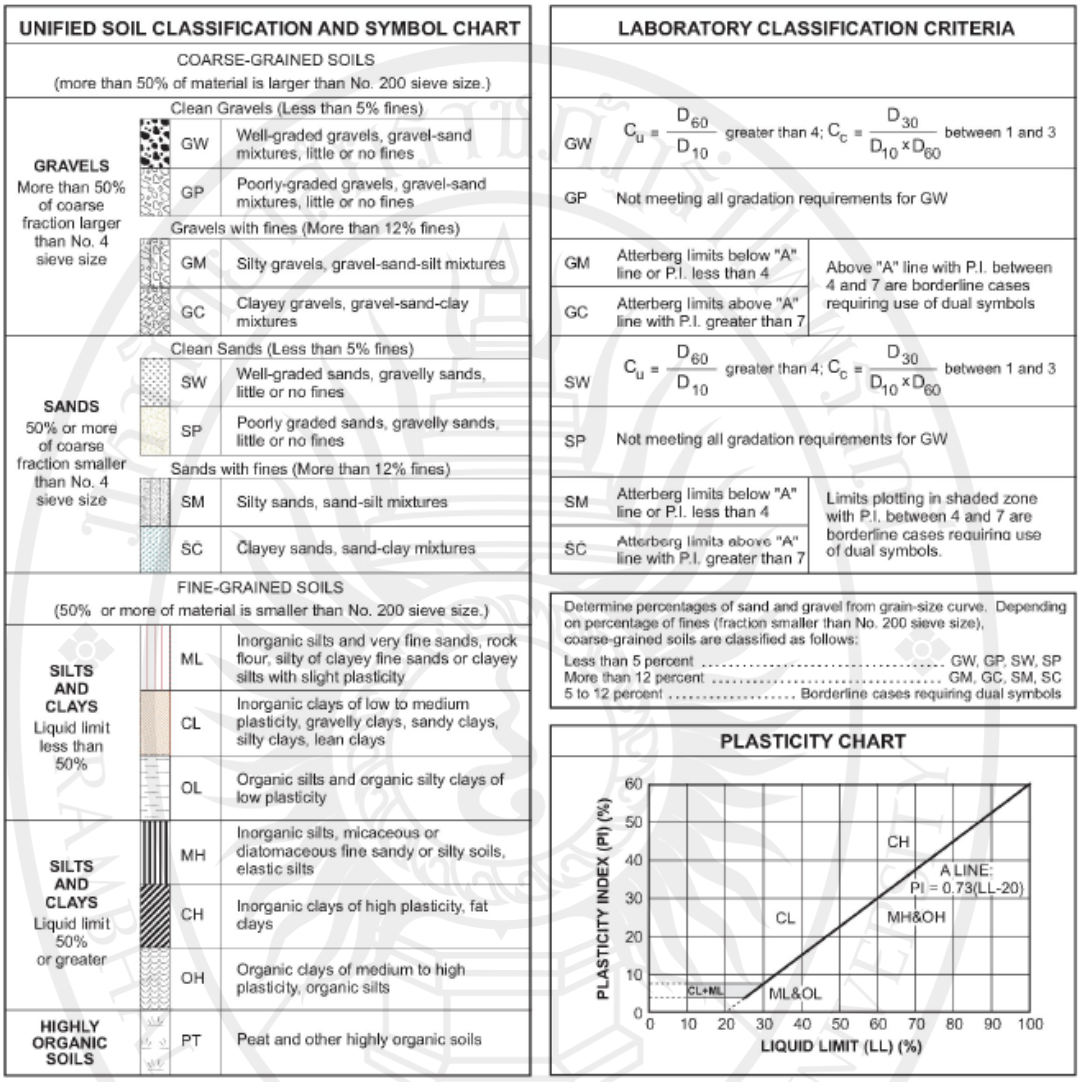
ที่มา : สุกิจ นามพิชญ์ และคณะ. 2549 ข : 17

การจำแนกประเภทของดิน

เนื่องจากมีผู้เกี่ยวข้องกับดินอยู่หลายสาขาด้วยกัน การจำแนกประเภทดินจึงแตกต่างกันออกไป แล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานในแต่ละสาขา เช่น ทางด้านเกษตรศาสตร์จะจำแนกดินตามความอุดมสมบูรณ์ของธาตุสารที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ ทางด้านธรณีวิทยาอาศัยลักษณะหินต้นกำเนิดและการกัดกร่อนผุพังเป็นปัจจัยในการจำแนก สำหรับทางวิศวกรรมโยธาพิจารณาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และกลศาสตร์ของดินเป็นหลัก เช่น ขนาดของเม็ดดิน, แรงยึดเกาะของมวลดิน เป็นต้น

1. การจำแนกดินตามระบบ Unified Soil Classification System ระบบนี้นิยมกันมากในงานวิศวกรรมฐานราก ซึ่งนอกจากจะพิจารณามวลคละของดินแล้ว ยังได้นำค่าขีดความเหลว ขีดความเหนียวและดัชนีสภาพพลาสติกของมวลดินมาเป็นเกณฑ์ในการเรียกชื่อโดยใช้ตัวภาษาอังกฤษแทน เช่น G คือ กรวด, S คือ ทราย, M คือ ดินตะกอน และ C คือ ดินเหนียว และเขียน 2 ตัว แทนชนิดของดินได้ GM หมายถึง กรวดปนดินตะกอน GC หมายถึง กรวดปนดินเหนียว

การจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified Soil Classification System นี้เป็นวิธีที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีอื่นเพราะเหมาะกับงานวิศวกรรมทั่ว ๆ ไป เช่น งานถมดินและงานฐานราก เป็นต้น โดยจะจำแนกประเภทของดินออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนการเรียกชื่อกลุ่มดินซึ่งจะแบ่งตามขนาด และลักษณะการกระจายตัวของเม็ดดิน แต่ละกลุ่มจะมีอักษร 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลักและตัวที่ 2 จะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ตารางการจำแนกประเภทดินระบบ Unified Soil Classification System แสดงในภาพประกอบ 9 และตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมาย ดังแสดงในตาราง 5



ภาพประกอบ 9 ตารางการจำแนกประเภทดินระบบ Unified Soil Classification System

ที่มา : การจำแนกดินทางวิศวกรรม. ออนไลน์. 2560.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 5 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทดินระบบ Unified Soil Classification System

สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก	ลักษณะทั่วไปและขนาดของเม็ดดิน
G	กรวด	Gravel	เม็ดกลมมนหรือเป็นเหลี่ยม ผ่านตะแกรงขนาด 80 มิลลิเมตร แต่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร ขนาดระหว่าง 80 - 200 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ และขนาดระหว่าง 4.75 - 20 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด
S	ทราย	Sand	เม็ดกลมมนหรือเป็นเหลี่ยม ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร แต่ค้างตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร ขนาดระหว่าง 2.0 - 4.75 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดหยาบ, ขนาดระหว่าง 0.425 - 2.0 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดปานกลางและขนาดระหว่าง 0.075 - 0.425 มิลลิเมตร ถือว่าเป็นดินเม็ดละเอียด
M	ตะกอนทราย	Mo = Silt	ขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร ค่อนข้างจะมีความเหนียวและรับกำลังได้น้อยเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง
C	ดินเหนียว	Clay	ขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร มีความเหนียวจะขึ้นกับค่าความชื้นในดินและรับกำลังได้ดีเมื่ออยู่สภาพแห้ง
O	สารอินทรีย์	Organic	เป็นดินอินทรีย์ มีหลายขนาดขึ้นกับลักษณะการเกิดของดิน
Pt	มีสารอินทรีย์สูง	Peat	ดินโคลนสีดำ
W	มีขนาดคละกันดี	Well graded	-
P	มีขนาดคละกันไม่ดี	Poorly graded	-

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตาราง 5 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก	ลักษณะทั่วไปและขนาดของเม็ดดิน
L	L.L. น้อยกว่าร้อยละ 50	Low Liquid Limit	-
H	L.L มากกว่าร้อยละ 50	High Liquid Limit	-

ที่มา : สราวุธ จริตงาม. 2545 : 44

ยางพารา (Para Rubber)

น้ำยางธรรมชาติ

1. สมบัติและส่วนประกอบของน้ำยาง น้ำยางสดจากต้นยางพารามีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวข้นหรือครีม อยู่ในสถานะสารแขวนลอย มีความหนาแน่นระหว่าง 0.975 และ 0.980 กรัม/มิลลิลิตร ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ตั้งแต่ 6.5 - 7.0 ความหนืด (Viscosity) แปรปรวน มีส่วนประกอบของสารต่าง ๆ ในน้ำยางขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูการรีดยาง และวิธีการกรีดยาง เป็นต้น

ตาราง 6 แสดงแบบอย่างส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

ส่วนประกอบ	ร้อยละ (โดยน้ำหนัก)
สารที่เป็นของแข็งทั้งหมด (Total Solid Contene, TSC)	36
เนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content, DRC)	33
สารพวกโปรตีน	1 - 1.5
เถ้า	0 - 1
น้ำตาล	1
น้ำในปริมาณที่รวมแล้วเป็น	100

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร. 2532 : 1

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ปริมาณเนื้อยางของน้ำยางธรรมชาติอาจแปรปรวนตั้งแต่ร้อยละ 25 - 45% ปริมาณความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดในน้ำยางกับปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 3 ถ้าเป็นกรณีของน้ำยางที่ปั่นทำข้นแล้ว ความแตกต่างดังกล่าวลดเหลือประมาณร้อยละ 1.5 (กรมวิชาการเกษตร. 2532 : 1) องค์ประกอบของน้ำยางสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

1. ส่วนที่เป็นยาง (Dry Rubber Content) เป็นสารประกอบไฮโดรเจนที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม เขียนเป็นสูตรเคมีคือ $(C_5H_8)_n$ เรียกชื่อทางเคมีว่า โพลีไอโซพลีน (Polyisoprene) ที่เชื่อมโยงต่อกันประมาณ 2,000 - 5,000 หน่วยต่อ 1 โมเลกุล หน่วยย่อยดังกล่าวเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะเรียงตัวกันในแบบ Cis-configuration เรียกชื่อโมเลกุลยางว่าเป็น Cis-1, 4-polyisoprene เนื้อยางมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000,000 รูปร่างอนุภาคยางเป็นรูปทรงกลมหรือรูปลูกแพร์ขนาด 0.05 - 5 ไมโครเมตร มีประจุไฟฟ้าที่ผิว เป็นลบและเคลื่อนที่แบบบราวเนียนตลอดเวลา

2. ส่วนประกอบที่ไม่ใช่ยาง (Non Rubber Content) เป็นส่วนประกอบอื่น ๆ ทั้งหมดที่ไม่ใช่ส่วนที่เป็นยาง ประกอบด้วย

2.1 ส่วนที่เป็นน้ำซีรัม (Serum)

น้ำซีรัม คือ ส่วนที่เป็นน้ำใสของน้ำยาง ได้จากการแปรรูปเบื้องต้นของน้ำยางเป็นยางชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นยางข้น ยางแผ่น หรือแม้แต่การจัดตัวกันตามธรรมชาติ หลังจากแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกไปแล้ว จะเหลือส่วนที่เป็นน้ำใสเรียกว่า ซีรัม ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัม/มิลลิลิตร มีการรายงานคุณภาพคุณสมบัติของน้ำซีรัมที่ได้จากการทำน้ำยางข้น ซึ่งประกอบด้วยสารชนิดต่าง ๆ คือ

2.1.1 คาร์โบไฮเดรต เป็นสารพวกแป้งและน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยางประมาณร้อยละ 1 น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิด คิวบาซิทอล (Quebrachitol) และมีน้ำตาลชนิดกลูโคส ซูโครส ฟรุกโตส ปริมาณเล็กน้อย น้ำตาลเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวให้กรดโมเลกุลที่มีขนาดเล็ก ๆ (Short Chain Fatty Acid) ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพและรวมตัวเป็นก้อน กรดเหล่านี้เป็นกรดที่ระเหยได้ (Volatile Fatty Acid : VFA) ประกอบด้วย กรดฟอร์มิค กรดอะซิติก และกรดโพไพโอนิค เป็นต้น

2.1.2 โปรตีนและกรดอะมิโนมีหลายชนิด แต่โปรตีนที่อยู่ในน้ำยางในปริมาณสูง คือ 1) แอลฟากลูบูลิน (α-globulin) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณ 200,000 มีสมบัติเป็น Surface-active จะอยู่บนรอยต่อระหว่างน้ำกับอากาศและน้ำมันกับน้ำ ซึ่งโปรตีนชนิดนี้จะไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในกรด ด่างและเกลือ มีค่า Isoelectric point ที่ pH ของ α-globulin ละลายได้น้อยที่สุด และ 2) ฮีวีน (Hevein) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

α-globulin คือมีค่าประมาณ 10,000 hevein จะอยู่ที่ผิวอนุภาคยางและสามารถละลายน้ำได้ มีค่า Isoelectric Point ที่ pH เท่ากับ 4.5 ส่วนประกอบของโมเลกุลมีกำมะถันประมาณร้อยละ 5 ดังนั้น ขณะที่น้ำยางสูญเสียสภาพจะเกิดการบูดเน่า โดยโปรตีนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์และสารเมอร์แคปแทน (Mercaptan) ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็น

2.1.3 ไขมัน (Lipid) ไขมันซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีนส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด ชนิด A-lecithin ทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่ในผิวของอนุภาคยาง

2.2 ส่วนของลูทอยด์และองค์ประกอบอื่น

2.2.1 ลูทอยด์ เป็นอนุภาคค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 - 3 ไมโครเมตร ห่อหุ้มด้วยเยื่อบาง ๆ โดยภายในเยื่อบาง ๆ นี้มีทั้งสารละลายและสารแขวนลอย

2.2.2 องค์ประกอบอื่น ๆ มีสารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน (Coline) แมธิลลามีน (Methylamine) กรดอินทรีย์ (Organic Acid) กรดอนินทรีย์ (Inorganic Acid) อนุมูลของสารอินทรีย์โดยเฉพาะพวกฟอสเฟต และคาร์บอเนตและอนุมูลของโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเหล็ก แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง เป็นต้น (วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2531 : 91)

น้ำยางข้น

น้ำยางข้น คือ น้ำยางที่มีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content : DRC) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 การผลิตน้ำยางข้นสามารถทำได้ 4 วิธี คือ 1) วิธีระเหยด้วยน้ำ (Evaporation) 2) วิธีทำให้เกิดครีม (Creaming) 3) วิธีปั่นแยก (Centrifuging) และ 4) วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation)

1. วิธีการผลิตน้ำยางข้น

วิธีการผลิตน้ำยางข้นที่ใช้ในประเทศไทย คือ วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีขั้นตอนโดยละเอียด ดังนี้

1.1 การรับน้ำยางสด น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้จับตัวด้วยแอมโมเนียและ TMTD/ZnO และถูกถ่ายผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสด จากนั้นน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยางสดทุกวัน เนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียมและมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อ ซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการปนเปื้อนได้

1.2 การเตรียมน้ำยางสด ต้องมีการปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะต่อกระบวนการปั่นแยกด้วยการเติมแอมโมเนีย เพื่อให้น้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่าร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนักและเติม Diammonium Hydrogen Phosphate (DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นขี้แป้ง และทิ้งไว้

1 คืน สำหรับน้ำยางที่มีแมกนีเซียมสูง ซึ่งน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยก ควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 ppm นอกจากนี้ ปริมาณกรด (Volatile Fatty Acid : VFA) ไม่ควรเกินร้อยละ 0.05 หากเกินให้นำไปผสมกับน้ำยางสดที่มีค่าไม่เกินร้อยละ 0.05

1.3 การปั่นแยก อาศัยหลักการ คือ น้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยส่วนอนุภาคของยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในเซรุ่ม และเนื่องจากอนุภาคยางเหล่านี้เบากว่าเซรุ่มจึงลอยตัวสู่ผิวหน้าน้ำยางและมีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียน ซึ่งอัตราการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นการปั่นจะช่วยเพิ่มแรงดึงดูดและเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง ซึ่งช่วยแยกส่วนเซรุ่ม ในการปั่นแยกน้ำยางสดจะได้น้ำยาง 2 ส่วน คือ หางน้ำยางและน้ำยางข้น โดยน้ำยางข้นจะมีเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 60 ซึ่งเครื่องปั่นยางขนาดเล็ก สามารถป้อนน้ำยางสดได้ประมาณ 150 ลิตร/ชั่วโมง ส่วนเครื่องขนาดใหญ่สามารถป้อนน้ำยางสดได้ 400 - 600 ลิตร/ชั่วโมง และในการปั่นแยกยางจะมีการล้างเครื่องปั่นยางทุก ๆ 2 หรือ 3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของยางและกากขี้แป้งบริเวณหัวโบว์ลของเครื่องปั่นยาง โดยในการล้างแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการล้างนานประมาณ 10 - 15 นาที

1.4 การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง หางน้ำยางที่ได้จากกระบวนการปั่นยางจะถูกนำไปไล่แอมโมเนียออก เพื่อลดปริมาณการใช้กรดซัลฟิวริกในการตกตะกอนเมื่อผลิตยางสกิม เนื่องจากถ้าหางน้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียสูง จะต้องใช้กรดในการตกตะกอนมาก ดังนั้นจึงมีการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยางด้วยการใช้ถาดไล่แอมโมเนียหรือเครื่องกวน

1.5 การผลิตยางสกิม หางน้ำยางที่ผ่านการไล่แอมโมเนียแล้ว จะถูกเติมด้วยกรดซัลฟิวริกเพื่อให้เนื้อยางจับตัวกันในขั้นตอนนี้จะได้ก้อนยางสกิมที่จัดตัวกัน และสามารถนำไปขายได้ นอกจากนี้ก้อนยางสกิมนี้สามารถนำไปผลิตเป็นยางสกิมเครพหรือสกิมบล็อกต่อไป การผลิตยางสกิมเครพทำได้โดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อน และล้างน้ำ เพื่อชำระกรดออก จากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่น และนำไปอบในเตาอบแล้วบรรจุหีบห่อ โดยการผลิตยางสกิมบล็อกทำจากการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อนและล้างน้ำเพื่อชำระกรดออก จากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่น และนำยางไปตัดด้วยเครื่องตัดย่อยแล้วนำไปอบในเตาอบ นำมาอัดแท่งและบรรจุหีบห่อ

1.6 การดักยาง เป็นการดักจับเนื้อยางที่ปะปนมากับน้ำเสียจากขบวนการต่าง ๆ เช่น การตกค้างในบ่อรับน้ำยาง เครื่องปั่นยาง และบ่อเก็บน้ำยางข้น ด้วยการเติมโพลิเมอร์ต่าง ๆ หรือจากบ่อดักยาง ซึ่งยางที่ได้จะสามารถนำไปขายในราคาที่ต่ำ เนื่องจากมีคุณภาพไม่ดี

1.7 การเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ในกรณีที่โรงงานได้ใช้แอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียแห้งหรือแอมโมเนียเหลว แต่ใช้ในรูปสารละลายแอมโมเนีย โรงงานจะต้องเตรียม

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

สารละลายแอมโมเนียให้อยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นประมาณร้อยละ 10 ซึ่งในการเตรียมสารละลายแอมโมเนียผสมกับน้ำจะเกิดความร้อนและส่งผลให้แอมโมเนียระเหยออกจากสารละลายได้ง่ายขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ. ออนไลน์. 2548)

2. ชนิดของน้ำยางข้น (การจัดทำเนื้อหาองค์ความรู้ SMEs ภายใต้งานพัฒนาศูนย์ข้อมูล SMEs Knowledge Center. ออนไลน์. 2558)

น้ำยางข้นแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

2.1 น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (High Ammonia : HA) คือ น้ำยางข้นที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียเข้มข้นร้อยละ 0.7 โดยน้ำหนัก หรือที่รู้จักกันในชื่อของน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่ในช่วงระยะเวลา 30 - 40 ปีที่ผ่านมาการใช้แอมโมเนียในการรักษาสภาพน้ำยางลดลงเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การใช้แอมโมเนียให้ต่ำที่สุดเพื่อลดต้นทุน ความต้องการลดปริมาณกรดที่จะใช้จับตัวน้ำยาง ปัญหาเรื่องของกลิ่น ความเป็นพิษ และสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าเรามีความจำเป็นที่ต้องใช้สารฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากแบคทีเรียในน้ำยางได้มีพัฒนาการในการต้านทานต่อแอมโมเนียมากขึ้น

2.2 น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียปานกลาง (Medium Ammonia : MA) คือ น้ำยางข้นที่รักษาสภาพด้วยการใช้แอมโมเนียปริมาณร้อยละ 0.3 - 0.6 ร่วมกับการใช้สาร SPs มากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป แต่ตลาดส่วนแบ่งของน้ำยางข้นชนิด MA มีน้อยมาก และไม่นิยมทั้งในการผลิต และการตลาดในหลาย ๆ ประเทศ

2.3 น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำ (Low Ammonia : LA) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้แอมโมเนียเพียงร้อยละ 0.2 ร่วมกับสาร SPs มากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป สาร SPs ที่ใช้ในน้ำยางข้นชนิด LA ได้แก่

2.3.1 โซเดียมเพนทาคลอโรฟีเนต (Sodium Pentachlorophenate : SPP)

2.3.2 กรดบอริกร่วมกับกรดลอริก (Boric Acid with Lauric acid)

2.3.3 ซิงก์ไดเอทิลไดไทโอคาร์บาเมต (Zinc Diethyldithiocarbamate : ZDC) ร่วมกับกรดลอริก

2.3.4 ซิงก์ออกไซด์และเททระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ (Tetramethylthiuram Disulfide : TMTD) ร่วมกับกรดลอริก

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โดยมากน้ำยางข้นชนิด LA ที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ ชนิด LA-TZ ซึ่งน้ำยางจะถูกรักษาสภาพด้วย

1. เททระเมทิลไทยูแรมไดซัลไฟด์ร้อยละ 0.13 โดยน้ำหนัก

2. ซิงก์ออกไซด์ร้อยละ 0.13 โดยน้ำหนัก

3. กรดลอริกร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนัก

4. แอมโมเนียร้อยละ 0.20 โดยน้ำหนัก

3. ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้น

3.1 ถุงมือแพทย์ทั้งชนิดฆ่าเชื้อและไม่ฆ่าเชื้อ

3.2 ถุงยางอนามัยและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ป้องกันการติดเชื้อ

3.3 เสื้อผ้า ฟูกที่นอน

3.4 ของเล่น

3.5 ผลิตภัณฑ์สำหรับประตู

3.6 ผลิตภัณฑ์ล้อ

3.7 ผลิตภัณฑ์สำหรับรถยนต์

การทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบ

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐดินดิบ

1. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงขนาด คือ การวัดระยะการเปลี่ยนแปลงความยาววัดทั้ง 3 ด้าน คือ กว้าง ยาว และสูง แล้วคำนวณหาร้อยละของการหดตัว ตามสมการที่ (1)

$$S = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \qquad (1)$$

โดย S = การหดตัวของดิน (ร้อยละ)

l_1 = ความยาวในทิศทางที่พิจารณาเริ่มต้น (มิลลิเมตร)

l_2 = ความยาวในทิศทางที่พิจารณาเมื่อแห้ง (มิลลิเมตร)

2. การทดสอบการดูดกลืนน้ำ (Absorption Test)

อิฐจะถูกมาใช้ทำผนังของอาคาร ก่อเรียงกันในแนวตั้งเพื่อใช้สำหรับบังแดด กันฝน ฯลฯ หากอิฐมีคุณสมบัติที่ไม่ดีพอจะทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในผนังสร้างความเสียหายให้กับอาคารได้ ความสามารถในการดูดกลืนน้ำของอิฐอาจขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลักคือ คุณสมบัติของดินเหนียวที่นำมาใช้ทำอิฐและกรรมวิธีในการผลิตอิฐ ในด้านคุณสมบัติของดินเหนียวซึ่งเป็นวัสดุตามธรรมชาติที่มีอยู่ทั่วไปในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยแต่ละแหล่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เช่นดินเหนียวปนดินทรายจะสามารถดูดกลืนน้ำได้น้อยกว่าดินเหนียวปนดินโคลนหรืออาจพูดได้ว่าดินเหนียวที่มีช่องว่างในเม็ดดินมากจะสามารถดูดกลืนน้ำได้น้อย นั่นก็หมายความว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

น้ำสามารถซึมผ่านได้เร็วขึ้น ส่วนในด้านกรรมวิธีการผลิตอิฐซึ่งสามารถทำได้ทั้งด้วยมือและเครื่องจักร การทำให้อิฐแน่นย่อมมีวิธีที่แตกต่างกันส่งผลให้การดูดกลืนน้ำของอิฐที่ทำด้วยวิธีต่าง ๆ แตกต่างกันออกไปด้วย (สุกิจ นามพิชญ์ และคณะ. 2549 ก : 1)

การดูดกลืนน้ำคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$\text{ร้อยละการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบ} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \qquad (2)$$

โดย

W_s = น้ำหนักอิ่มตัว

W_d = น้ำหนักแห้ง

การทดสอบคุณสมบัติทางกลของอิฐดินดิบ

1. กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength)

กำลังต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) คือ ความสามารถของวัสดุหรือโครงสร้างที่ต้านทานแรงที่กระทำในทิศทางอัดตัวของวัสดุนั้น เมื่อแรงที่กระทำมีค่าเท่ากับกำลังต้านทานแรงอัดของวัสดุ วัสดุนั้นจะแตกหัก กำลังต้านทานแรงอัดจะอยู่ในหน่วย เมกะปาสคาล (MPa) หรือกิโลกรัมต่อต่อตารางเซนติเมตร (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521 : 7)

$$C = \frac{W}{A} \qquad (3)$$

โดย

C = กำลังต้านทานแรงอัดของชิ้นตัวอย่าง (MPa)

W = น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (N)

A = พื้นที่ทั้งหมดโดยเฉลี่ยจากพื้นที่ธารทั้งด้านบนและด้านล่างของชิ้นตัวอย่าง (mm^2)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประชุม คำพุฒ และคณะ (2551 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาอิฐดินดิบที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติโดยใช้อัตราส่วนผสมดังต่อไปนี้

1. อิฐดินดิบปกติ มีส่วนผสมของ ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ เป็น 6 : 0.72 : 2 : 2 โดยน้ำหนัก

2. อิฐดินดิบผสมยางพารา มีส่วนผสมของ ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยางพารา เป็น 6 : 0.72 : 2 : 1.2 : 0.8 โดยน้ำหนัก

3. อิฐดินดิบผสมยางพาราและฟางข้าว มีส่วนผสมของ ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยางพารา : ฟางข้าว เป็น 6 : 0.36 : 2 : 1.2 : 0.8 : 0.36 โดยน้ำหนัก

4. อิฐดินดิบผสมยางพาราและเส้นใยมะพร้าว มีส่วนผสมของดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยางพารา : เส้นใยมะพร้าว เป็น 6 : 0.72 : 2 : 1.2 : 0.8 : 0.36

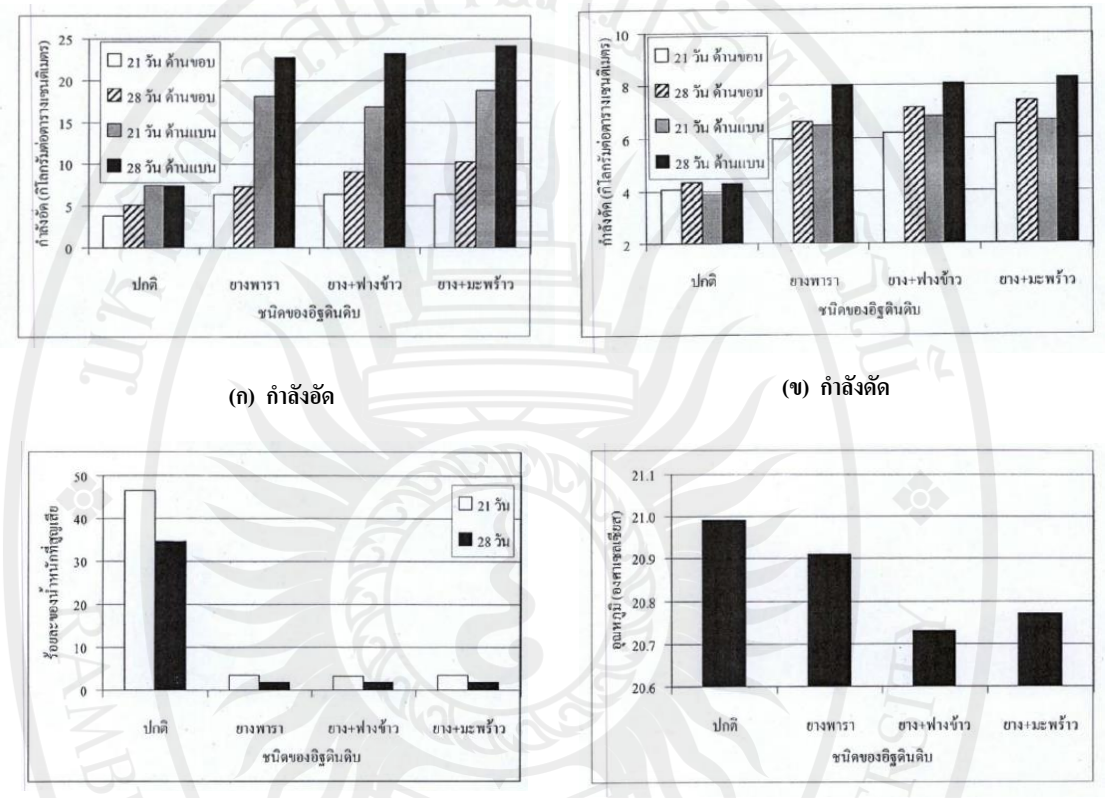
ตาราง 7 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด และการดูดน้ำชะล้างของอิฐดินดิบที่ผลิตจากน้ำยางธรรมชาติ และวัสดุผสมต่าง ๆ

วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินดิบ	อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)	คุณสมบัติของอิฐดินดิบ	
		กำลังอัดที่ 28 วัน	การดูดน้ำชะล้าง
ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ	6 : 0.72 : 2 : 2	5 - 6 ksc	ร้อยละ 34 - 35
ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยาง	6 : 0.72 : 2 : 1.2 : 0.8	7 - 8 ksc	ร้อยละ 2 - 3
ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยาง : ฟางข้าว	6 : 0.36 : 2 : 1.2 : 0.8 : 0.36	8 - 9 ksc	ร้อยละ 2 - 3
ดินเหนียว : แกลบ : ทราย : น้ำ : น้ำยาง : ใยมะพร้าว	6 : 0.36 : 2 : 1.2 : 0.8 : 0.36	10 - 11 ksc	ร้อยละ 2 - 3

ที่มา : ประชุม คำพุฒ และคณะ. 2551 : 32, 37 และ 40

ผลการวิจัยพบว่า การใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนผสมในอิฐดินดิบสำหรับก่อสร้างบ้านดินนั้น สามารถช่วยเพิ่มสมบัติในด้านต่างได้ เช่น การเพิ่มคุณสมบัติด้านการป้องกันน้ำ การเพิ่มคุณสมบัติด้านกำลังอัด รวมทั้งสามารถเพิ่มคุณสมบัติด้านกำลังดัดได้เป็นอย่างดี อันเป็นผลมาจากการแทรกตัวของแผ่นฟิล์มที่เกิดขึ้นตามช่องว่างระหว่างอนุภาคของอิฐดินดิบสำหรับต้นทุนของอิฐดินดิบนั้นเมื่อทำการผสมน้ำยางธรรมชาติลงในอิฐดินดิบนั้น แม้จะเป็นการเพิ่มต้นทุนของการก่อสร้างบ้านดินในด้านของวัสดุก่อผนัง (ขึ้นอยู่กับราคายางธรรมชาติในช่วงเวลานั้น ๆ)

แต่การผสมน้ำยางธรรมชาติสามารถช่วยเพิ่มความต้านทานการชะล้างหรือการป้องกันน้ำ ตลอดจนสมบัติด้านการรับกำลังได้ดี ผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติแสดงในภาพประกอบ 10



(ก) กำลังอัด (ข) กำลังดัด

(ค) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อถูกชะล้าง (ง) อุณหภูมิเฉลี่ยของผนังจำลอง

ภาพประกอบ 10 ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่มีการผสมน้ำยางธรรมชาติ (ก) กำลังอัด (ข) กำลังดัด (ค) การสูญเสียน้ำหนักเมื่อถูกชะล้าง และ (ง) อุณหภูมิเฉลี่ยของผนังจำลอง

ที่มา : ประชุม คำพุฒ และคณะ. 2551. 37, 39, 40 และ 41

ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย (2556 : บทคัดย่อ) ศึกษาผลของวัสดุผสมเพิ่ม ได้แก่ ใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันที่มีต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของอิฐดินดิบโดยใช้ใบหญ้าแฝกเป็นส่วนผสมของอิฐดินดิบในอัตราส่วนร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 โดยน้ำหนักและผสมแอสฟัลต์อิมัลชันที่ร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนัก พบว่าใบหญ้าแฝกสามารถช่วยพัฒนาสมบัติทางกลและทางกายภาพให้ดีขึ้นได้และดีที่สุดที่ใบหญ้าแฝกปริมาณร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก ที่ความยาว 8 เซนติเมตร โดยมีค่าโมดูลัสของการแตกร้าวเพิ่มขึ้นจากอัตราส่วนที่ไม่ผสมใบหญ้าแฝกสูงถึงร้อยละ 111 อีกทั้งใบหญ้าแฝกยังมีส่วนช่วยในการป้องกันการถูกชะล้างด้วยน้ำ และยังช่วยลด

การหดตัว และการแตกร้าวเมื่ออิฐดินดิบแห้ง ในส่วนของอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชันค่ากำลังอัด และกำลังดัดจะแปรผันตรงกับปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันที่ผสมเข้าไปโดยที่ปริมาณแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 8 โดยน้ำหนักเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดโดยมีค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นจากอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมของแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 85 ในทางเดียวกันกำลังดัดมีค่าเพิ่มขึ้นจากอัตราส่วนที่ไม่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันร้อยละ 163 สุดท้ายพบว่า การใช้ใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันเป็นวัสดุผสมเพิ่มร่วมกันจะช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางกลของอิฐดินดิบได้เป็นอย่างดี โดยกำลังอัดและกำลังดัดมีค่าเพิ่มขึ้นความหนาแน่นและการหดตัวมีค่าลดลงและอิฐดินดิบมีความสามารถในการป้องกันการชะล้างด้วยน้ำอีกทั้งมีความคงทนต่อน้ำที่ดีขึ้น ผลการทดสอบคุณสมบัติของอิฐดินดิบที่ผลิตจากใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันดังแสดงในตาราง 8 ผลการวิจัยการนำใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันเป็นส่วนผสมเพิ่มในการทำอิฐดินดิบแสดงในภาพประกอบ 11

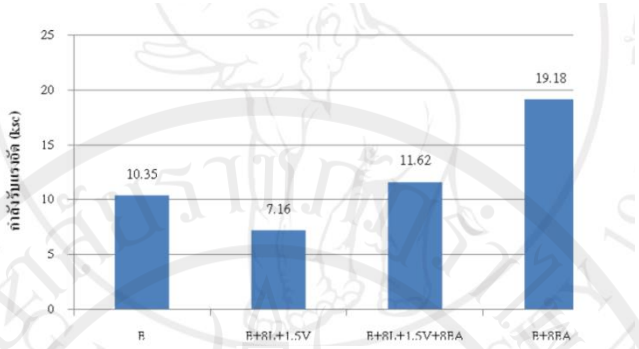
ตาราง 8 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และกำลังดัดของอิฐดินดิบที่ผลิตจากใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชัน

วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินดิบ	อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)	คุณสมบัติของอิฐดินดิบ		
		กำลังอัด*	การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	กำลังดัด
ดินเหนียว : ทราย	1 : 0.75	10.35 ksc	ไม่สามารถหาค่าได้ เพราะละลายหลังแช่น้ำ	1.766 ksc
ดินเหนียว : ทราย : ใบหญ้าแฝก	1 : 0.75 : 1.5	7.16 ksc	ไม่สามารถหาค่าได้ เพราะละลายหลังแช่น้ำ	3.737 ksc
ดินเหนียว : ทราย : แอสฟัลต์อิมัลชัน	1 : 0.75 : 8	19.18 ksc	3.05	4.645 ksc
ดินเหนียว : ทราย : ใบหญ้าแฝก : แอสฟัลต์อิมัลชัน	1 : 0.75 : 1.5 : 8	11.62 ksc	8.12	4.338 ksc

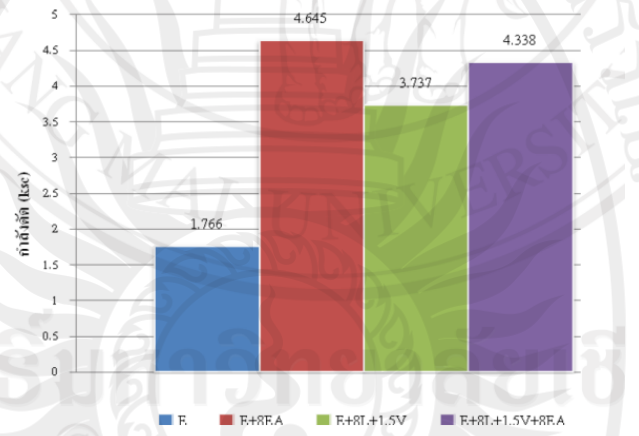
* ค่ากำลังอัดที่ประมาณ 15 วัน และอบประมาณ 3 วัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ที่มา : ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย. 2556 : 89, 91, 93, 94 และ 95

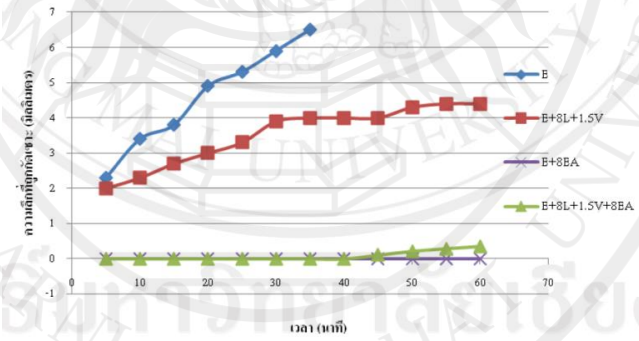
สถาบันของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก) กำลังอัด



(ข) กำลังดัด



(ค) การชะล้างด้วยน้ำ

โดยที่ **E** คือ ดินเหนียวผสมทราย

E+8L+1.5V คือ ดินเหนียวผสมทรายผสมใบหญ้าแฝก

E+8EA คือ ดินเหนียวผสมทรายผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน

E+8L+1.5V+8EA คือ ดินเหนียวผสมทรายผสมใบหญ้าแฝกผสมแอสฟัลต์อิมัลชัน

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 11 ผลของวัสดุผสมเพิ่ม ได้แก่ ใบหญ้าแฝกและแอสฟัลต์อิมัลชันที่มีต่อสมบัติทางกลและทางกายภาพของอิฐดินดิบ (ก) กำลังอัด (ข) กำลังดัด และ (ค) การชะล้างด้วยน้ำ

ที่มา : ศุภสัณห์ ชื่นศิริกุลชัย. 2556 : 89, 91, 95

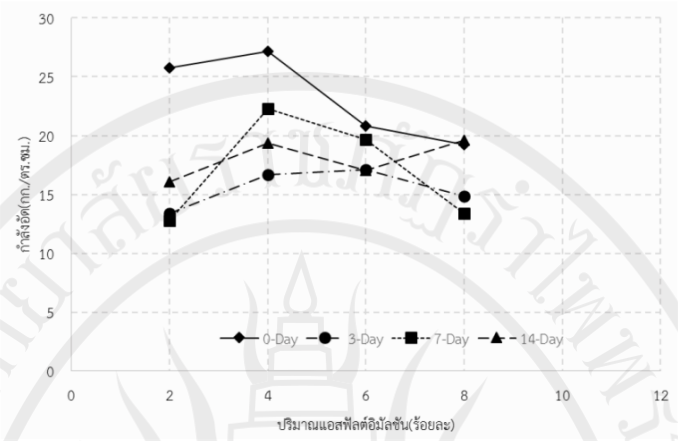
ประยูร พรมหลวงศรี (2558 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาพัฒนาอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบให้สามารถใช้งานได้เทียบเท่ากับอิฐดินดิบจากดินเหนียวที่นิยมใช้กันทั่วไป ดินลมหอบเป็นดินที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดพบได้ทั่วไปในภาคอีสาน และมีส่วนผสมของทรายแป้งเป็นหลักจึงมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างจากดินเหนียวอย่างมาก งานวิจัยนี้ใช้แกลบร้อยละ 30 โดยปริมาตรเป็นวัสดุช่วยยึดประสานในส่วนผสมและใช้แอสฟัลต์อิมัลชันเพิ่มเข้าไปในส่วนผสมเพื่อช่วยให้อิฐดินดิบมีความทึบน้ำมากขึ้น ทำการทดสอบกำลังอัดการหดตัวและการดูดกลืนน้ำของอิฐทุกส่วนผสม จากการทดลองพบว่า อิฐดินดิบชุดที่ไม่มีแอสฟัลต์อิมัลชันให้กำลังอัดได้สูงถึง 23.7 กก/ซม^2 มีค่าการหดตัวประมาณร้อยละ 6.67 ไม่สามารถวัดค่าความดูดกลืนน้ำได้เนื่องจากก้อนอิฐเปื่อยยุ่ยน้ำ เมื่อผสมแอสฟัลต์เข้าไปในปริมาณร้อยละ 2, 4, 6 และ 8 โดยน้ำหนักวัสดุแห้ง พบว่า กำลังอัดของอิฐเท่ากับ 25.74, 27.19, 20.83 และ 19.23 กก/ซม^2 ตามลำดับ ค่าการหดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 4.64, 4.43, 5.65 และ 5.75 ตามลำดับ ส่วนค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐดินดิบที่ผสมแอสฟัลต์มีค่าร้อยละ 4.40, 3.66, 3.10 และ 3.04 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 9 จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าดินลมหอบมีศักยภาพเพียงพอสำหรับใช้ทำอิฐดินดิบแต่หากไม่ผสมแอสฟัลต์อิมัลชันจะไม่สามารถทนน้ำได้ ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบแสดงในภาพประกอบ 12

ตาราง 9 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และร้อยละการหดตัวของอิฐดินดิบที่ผลิตจากดินลมหอบและแอสฟัลต์อิมัลชัน

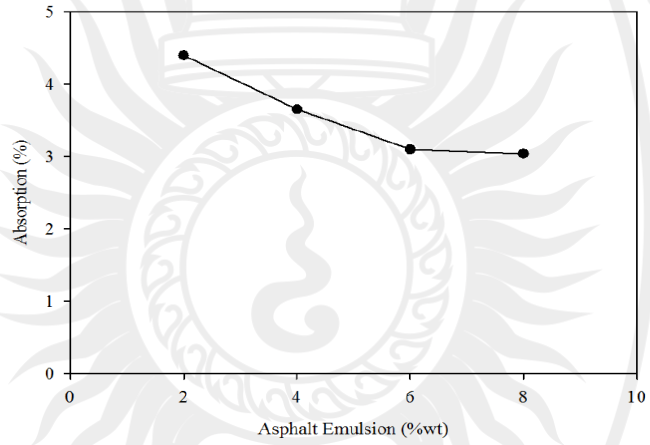
วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินดิบ	อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนักของดิน)	คุณสมบัติของอิฐดินดิบ		
		กำลังอัด (ที่ 14 วัน)	การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	ร้อยละ การหดตัว
ดินลมหอบ : แกลบ : แอสฟัลต์อิมัลชัน	0.7 : 0.3 : 0.02	16.10 ksc	4.40	13.3 - 13.4
ดินลมหอบ : แกลบ : แอสฟัลต์อิมัลชัน	0.7 : 0.3 : 0.04	19.39 ksc	3.66	12.8 - 12.9
ดินลมหอบ : แกลบ : แอสฟัลต์อิมัลชัน	0.7 : 0.3 : 0.06	17.04 ksc	3.10	16.1 – 16.0
ดินลมหอบ : แกลบ : แอสฟัลต์อิมัลชัน	0.7 : 0.3 : 0.08	19.62 ksc	3.04	16.4 - 16.5

ที่มา : ประยูร พรมหลวงศรี. 2558 : 39, 40, 42

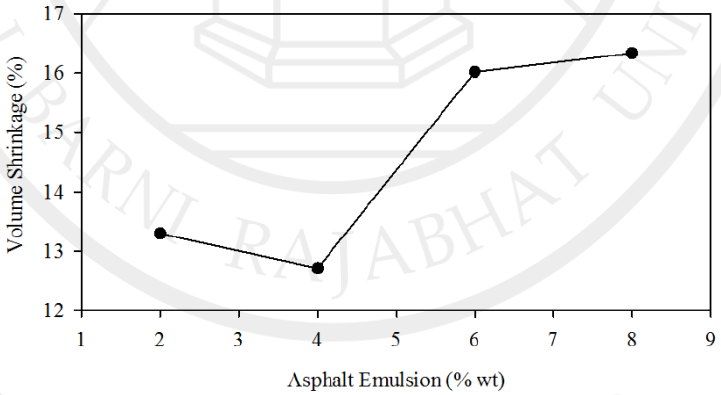
สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก) กำลังอัด



(ข) การดูดซึมน้ำ



(ค) การหดตัว

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 12 ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่ทำจากดินลมหอบ (ก) กำลังอัด (ข) การดูดซึมน้ำ และ (ค) การหดตัว

ที่มา : ประยูร พรมหลวงศรี. 2558 : 39, 40, 42

เซเด็ก เดบัวชา และโรสลาน ฮาชิม (Sadek Deboucha and Roslan Hashim. 2011 : 499) ได้ศึกษาบทความการใช้อิฐที่ทำจากดินเหนียวหรืออิฐดินดิบ และความคงทนของอิฐที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยศึกษาจากงานวิจัยขององค์กรต่าง ๆ หรือโปรเจคใหม่ที่กำลังดำเนินการอยู่และรายงานที่มีอยู่ในการผลิตอิฐดินดิบ ถึงแม้ว่าอิฐดินดิบจะเป็นวัสดุก่อสร้างที่ยังไม่เป็นที่รู้จักของประชาชนส่วนมาก แต่ก็เป็นวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังได้สรุปข้อดีของก้อนดินอัด (Compressed earth blocks : CEB) ไว้ดังต่อไปนี้

1. ดินมีอยู่ในปริมาณมากในทุกภูมิภาค

2. ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย คือ สามารถเข้าถึงกลุ่มผู้มีรายได้น้อยได้ในทุกภูมิภาคทั่วโลกในบางพื้นที่ดินเป็นวัสดุเดียวที่สามารถหาได้

3. ง่ายต่อการใช้ คือ มักไม่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษ

4. เหมาะเป็นวัสดุก่อสร้างอาคาร

5. ทนไฟ คือ ไม่ติดไฟด้วยคุณสมบัติต้านทานไฟได้ดีเยี่ยม

6. เป็นประโยชน์ต่อสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคส่วนใหญ่เนื่องจากมีความจุความร้อนสูง การนำความร้อนต่ำ และความพรุน ดังนั้นจึงสามารถบรรเทาอุณหภูมิกลางแจ้งที่รุนแรงได้ และรักษาความสมดุลอุณหภูมิภายในได้อย่างน่าพอใจ

7. ใช้พลังงานต่ำในการผลิตและการจัดการดิน กล่าวคือ ใช้พลังงานเพียงประมาณร้อยละ 1 เมื่อเทียบกับการผลิตซีเมนต์คอนกรีตในปริมาณเท่ากัน

8. มีความเหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ การใช้ดินไม่มีมลพิษและใช้พลังงานน้อยมาก จึงมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมโดยการประหยัดเชื้อเพลิงชีวมวล

การก่อสร้างที่ทำจากอิฐดินเหนียวหรืออิฐดินดิบแสดงในภาพประกอบ 13

ภาพประกอบ 13 การก่อสร้างที่ทำจากอิฐดินเหนียวหรืออิฐดินดิบ

ที่มา : Sadek Deboucha and Roslan Hashim. 2011 : 500, 504

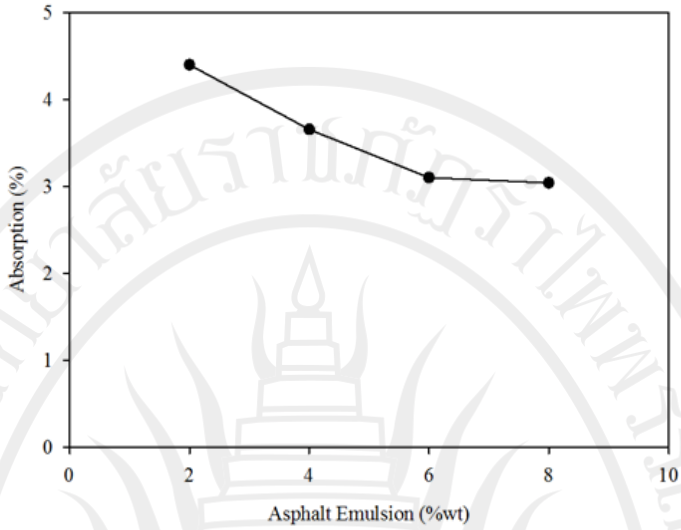
ราเซีย เบกัม อัสซา, ฮาบิ และฮอร์น อรา เบกัม (Razia Begum, Ahsan Habib and Hosneara Begum. 2014 : 36) ได้ศึกษาการผลิตอิฐดินดิบที่มีความคงทนด้วยซีเมนต์และยางธรรมชาติ โดยได้ศึกษาวิธีการทำอิฐดินดิบสำหรับใช้ในการก่อสร้างที่มีความทนทาน ราคาไม่แพง สามารถใช้ได้เป็นเวลานาน สารผสมเพิ่มคือ ซีเมนต์และยางธรรมชาติ เป็นส่วนผสมที่ใส่เพิ่มเข้าไปเพื่อป้องกันความชื้นที่ทำให้อิฐแตกตัว โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ทำให้อิฐเกิดความทนทานคือ 1:1:1 (ดิน:ทราย:ซีเมนต์) กับยางธรรมชาติที่ร้อยละ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนักของน้ำ หลังจากการทดสอบอิฐด้วยการแช่น้ำ, การดูดกลืนน้ำ, โมดูลัสของการแตกหัก และกำลังแรงอัดที่อัตราส่วน 1:1:1 (ดิน:ทราย:ซีเมนต์) กับยางธรรมชาติที่ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของน้ำ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าอิฐดินดิบสามารถใช้งานได้ดี ประหยัดและทนทาน จากการวิจัยนี้อัตราส่วนผสมดังกล่าวเหมาะสมที่สุด โดยมีความแข็งแรง และอัตราการดูดกลืนน้ำต่ำ สามารถนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนา และปรับปรุงอิฐดินดิบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงในภาพประกอบ 14

ตาราง 10 ผลการทดสอบคุณสมบัติกำลังอัด การดูดกลืนน้ำ และโมดูลัสของการแตกร้าวของอิฐดินดิบที่ผลิตจากซีเมนต์และยางธรรมชาติ

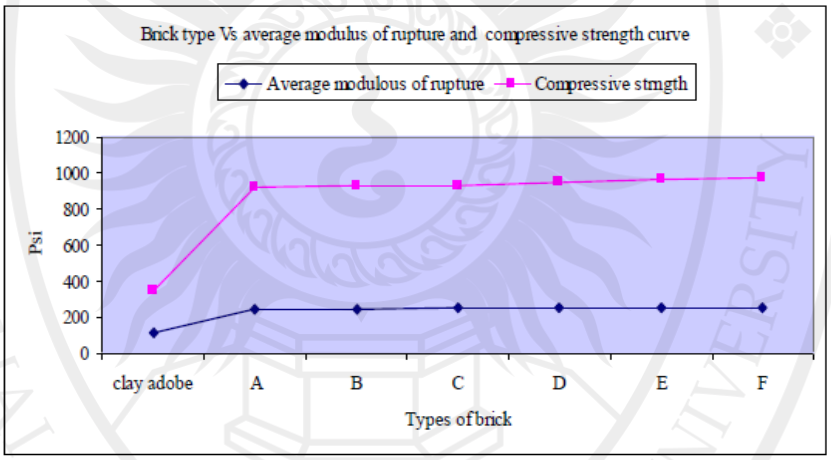
วัสดุที่ใช้ทำอิฐดินดิบ	อัตราส่วนผสม (ของน้ำหนักน้ำ)	คุณสมบัติของอิฐดินดิบ		
		กำลังอัด (ที่ 28 วัน)	การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	โมดูลัสการแตกร้าว
ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์	1 : 1 : 0.45 : 0.55	320 - 330 psi	65 - 66	90 - 100
ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ	1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 1	970 - 980 psi	17 - 19	200 - 210
ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ	1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 2	970 - 980 psi	17 - 19	200 - 210
ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ	1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 3	970 - 980 psi	17 - 19	200 - 210
ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ	1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 4	970 - 980 psi	17 - 19	200 - 210
ดิน : ทราย : น้ำ : ซีเมนต์ : ยางธรรมชาติ	1 : 1 : 0.45 : 0.55 : 5	970 - 980 psi	17 - 19	200 - 210

ที่มา : Sadek Deboucha and Roslan Hashim. 2011 : 37

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



(ก) การดูดซึมน้ำ



(ข) กำลังอัดและโมดูลัสของการแตกร้าว

ภาพประกอบ 14 ผลการทดสอบอิฐดินดิบที่มีความคงทนด้วยซีเมนต์ และยางธรรมชาติ (ก) การดูดซึมน้ำ และ (ข) กำลังอัด และโมดูลัสของการแตกร้าว

ที่มา : Sadek Deboucha and Roslan Hashim. 2011 : 37

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี