บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. องค์ประกอบและคุณสมบัติของดินเหนียว
2. เทคนิควิธีการสร้างบ้านดิน และวิธีการทำก้อนอิฐดินดิบ
3. ปริมาณผลผลิตและลักษณะทั่วไปของแกลบ และกากอ้อย
4. การศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น
5. การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด
6. การศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและความพรุน

2.1 องค์ประกอบและคุณสมบัติของดิน

ดินเกิดจากการกัดกร่อน ผุพัง และแตกสลายของหินต่าง ๆ โดยธรรมชาติ ทั้งจากอิทธิพลของลมฟ้า อากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ความกดดัน แรงดึงดูดของโลก และการเปลี่ยนแปลงเคมี แล้วมีการเคลื่อนย้ายโดยตัวกลางต่าง ๆ เป็นชั้นดินขึ้นมา ทำให้คุณสมบัติของดินแต่ละชั้นและแต่ละแห่งแตกต่างกันไป

2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

คุณสมบัติของดินที่เป็นสิ่งซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ด้วยการแลเห็นหรือจับต้องได้ เช่น เนื้อดิน ความโปร่ง หรือแน่นทึบของดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และสีของดิน เป็นต้น คุณสมบัติของดินเหล่านี้ บางครั้งเราเรียกว่า คุณสมบัติทางฟิสิกส์ คือ เนื้อดิน และโครงสร้างของดิน เนื้อดิน (soil texture) คุณสมบัติที่เรียกว่าเนื้อดินนั้น ได้แก่ ความเหนียว ความหยาบ หรือละเอียดของดิน เนื้อดินมีอยู่ทั้งหมด 12 ชนิด สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มเนื้อดินได้ 4 กลุ่ม ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1
เนื้อดินชนิดต่าง ๆ ในแต่ละกลุ่มเนื้อดิน

ชนิดเนื้อดิน	กลุ่มเนื้อดิน
1. ดินเหนียว 2. ดินเหนียวปนทราย 3. ดินเหนียวปนตะกอน	กลุ่มดินเหนียวที่มีอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 40 ขึ้นไป
4. ดินร่วนปนดินเหนียว 5. ดินร่วนเหนียวปนตะกอน 6. ดินร่วนเหนียวปนทราย	กลุ่มดินค่อนข้างเหนียว หรือดินร่วนเหนียวมีอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 20 - 40 ขึ้นไป
7. ดินร่วน 8. ดินร่วนปนตะกอน 9. ดินตะกอน	กลุ่มดินร่วนที่มีอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่าร้อยละ 30
10. ดินร่วนปนทราย 11. ดินทรายปนดินร่วน 12. ดินทราย	กลุ่มดินทราย มีอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่าร้อยละ 20 มีอนุภาคดินทรายมากกว่าร้อยละ 40 ขึ้นไป

ที่มา: สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2537.

การศึกษาคุณสมบัติของดิน เพื่อทำการพิจารณาดินที่นำมาเพื่อใช้ก่อสร้างบ้านดิน ซึ่งต้องเป็นดินที่มีอนุภาคของดินเหนียวมากกว่าร้อยละ 40 ทั้งนี้เพื่อแสดงให้เห็นว่าดินที่นำมาใช้ เป็นดินเหนียว ซึ่งเหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปเป็นก้อนอิฐดิน หากดินที่นำมาใช้มีองค์ประกอบของอนุภาคดินเหนียวน้อยกว่าร้อยละ 40 เมื่อนำมาก่อสร้างบ้านดินแล้ว ทำให้บ้านดินไม่มีความคงทน

2.1.2 **องค์ประกอบของดินเหนียว**

จำแนกตามอนุภาคมี 3 อนุภาค คือ

1) อนุภาคทราย มีอนุภาคใหญ่ที่สุดในดิน มีลักษณะร่วนไม่เกาะกันเป็นเม็ดดิน สามารถระบายน้ำและอากาศได้ดี

2) อนุภาคทรายแป้ง มีอนุภาคปานกลาง มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ลักษณะร่วนไม่เกาะกันเป็นเม็ดดิน

3) อนุภาคดินเหนียว มีอนุภาคเล็กที่สุดในดิน อนุภาคดินเหนียวจะเกาะยึดกันเองหรือมีความเชื่อมแน่นได้ดีเมื่อแห้ง แต่จะยึดสารอื่นได้ดีเมื่ออยู่ในสภาวะเปียก เมื่อแห้งจึงเกาะเป็นก้อนแข็ง เมื่อมีความชื้นพอเหมาะจะสามารถปั้นได้

เมื่อพิจารณาอนุภาคภายในดินเหนียว หากดินเหนียวมีอนุภาคของทรายและทรายแป้งปริมาณมาก แสดงว่าดินเหนียวที่นำมาใช้นั้น มีเนื้อดินยึดเกาะกันไม่ดี เนื่องจากคุณสมบัติของอนุภาคทรายและทรายแป้ง ทำให้เนื้อดินร่วนไม่เกาะกัน จึงไม่เหมาะกับการนำมาสร้างบ้านดิน

2.1.3 **ชนิดของดิน**

จำแนกตามชั้นของดินแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

1) ดินชั้นบน (arable layer) มีสารอินทรีย์มาก เม็ดดินมีขนาดใหญ่ อนุภาคของเม็ดดินมีการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ

2) ดินชั้นล่าง (subsoil layer) มีสารอินทรีย์น้อยกว่าดินชั้นบน เนื้อดินละเอียด เม็ดดินมีขนาดเล็ก มีการอัดตัวแน่น

ตารางที่ 2.2
ลักษณะของดินชั้นบนและดินชั้นล่าง

ลักษณะของดิน	
ดินชั้นบน	ดินชั้นล่าง
1. ดินนับจากผิวดินจนถึงดินที่ลึกประมาณ 20 เซนติเมตร	1. ดินที่อยู่ลึกกว่า 20 เซนติเมตร ขึ้นไป
2. ดินที่มีสารอินทรีย์สะสมมากทำให้ดินมีสีคล้ำ	2. ดินที่มีสารอินทรีย์สะสมน้อยทำให้ดินมีสีจาง
3.เม็ดดินมีขนาดโต ทำให้ช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีขนาดใหญ่ น้ำและอากาศผ่านสะดวก	3. เม็ดดินมีขนาดเล็ก ช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีขนาดเล็ก น้ำและอากาศผ่านยาก

เนื่องจากดินชั้นบนเม็ดดินจับตัวกันอย่างหลวม ๆ และมีสิ่งปนเปื้อนปริมาณมาก ซึ่งมีผลต่อการรับน้ำหนักของก้อนอิฐดินดิบ ดังนั้นดินที่เหมาะสมในการนำมาสร้างบ้านดิน คือ ดินชั้นล่าง

2.1.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเปลี่ยนสภาพของมวลดิน

สถานภาพของดินพวกเม็ดละเอียด โดยเฉพาะดินเหนียว จะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปตามจำนวนน้ำที่มีอยู่ในดิน และจำนวนน้ำในดินนี้มีความสำคัญต่อสถานภาพของดิน เช่น อาจมีสถานภาพเป็นของเหลว (Liquid State) คือ มีน้ำมากจนดินมีลักษณะของเหลวข้น ไม่สามารถทรงรูปอยู่ได้ และเมื่อปริมาณน้ำลดลงดินจะมีสถานภาพเป็นพลาสติก (Plastic State) มีลักษณะเหนียว สามารถปั้นเป็นรูปได้ง่ายโดยไม่มีรอยแตกร้าว และเมื่อปริมาณน้ำลดลงอีก ดินจะมีสถานภาพเป็นวัสดุกึ่งของแข็ง (Semi-solid State) จะเปราะและปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ได้ยาก มักมีรอยแตกร้าว ในที่สุดอาจมีสถานภาพเป็นของแข็ง (Solid State) คือ มีปริมาณน้ำน้อยมากหรือไม่มีเลย ปริมาณน้ำที่เป็นจุดแบ่งสถานภาพต่าง ๆ ของดินนี้เรียกว่า Consistency Limits หรือ Atterberg's Limits ได้แก่

1) Liquid Limit (L.L) คือ ปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสถานภาพจากของเหลวเป็นพลาสติก คือ มีปริมาณน้ำน้อยที่สุดที่ดินสามารถไหลไปได้ด้วยน้ำหนักของดินเอง

2) Plastic Limit (P.L.) คือ ปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสถานภาพจากพลาสติกเป็นวัสดุกึ่งของแข็ง หรือมีปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถถูกคลึงเป็นเส้นกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร ได้โดยไม่เกิดรอยแตกที่ผิว

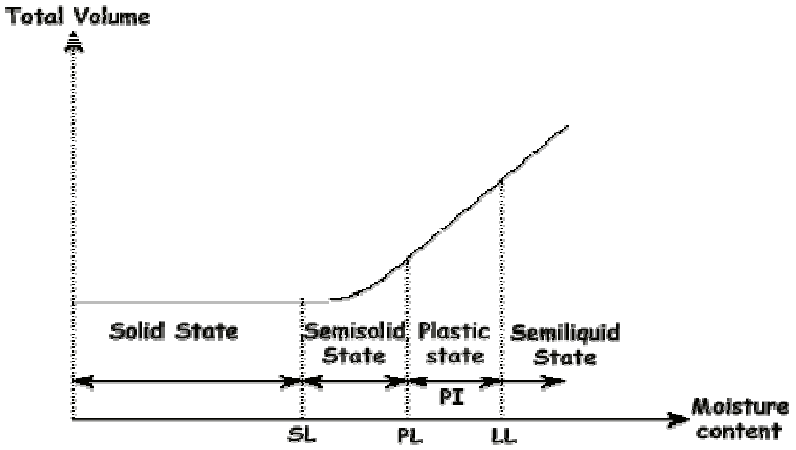
3) Shrinkage Limit (S.L.) คือ ปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสถานภาพจากวัสดุกึ่งของแข็งเป็นของแข็ง หรือมีปริมาณน้ำที่มากที่สุด ถึงแม้ว่าจะมีการสูญเสียน้ำอีกต่อไปก็ไม่ทำให้ดินหดตัวหรือลดปริมาณลง

ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่า Plastic Limit หรือจุดที่ดินเปลี่ยนสถานภาพจากพลาสติกเป็นวัสดุกึ่งของแข็ง เป็นค่าบ่งชี้ปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในการผสมกับดินเหนียวแห้ง เพื่อให้เป็นดินเหนียวที่มีสถานภาพเหมาะสมกับการนำมาปั้นขึ้นรูปทำก้อนอิฐดินดิบได้

ปริมาณน้ำที่เป็นจุดแบ่งสถานภาพต่าง ๆ ของดิน ทั้ง 3 นี้ สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อบอกคุณสมบัติของมวลดิน ได้แก่ ค่าดัชนีพลาสติก (Plasticity Index, PI) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงช่วงสถานภาพพลาสติกของดิน แสดงถึง ความไวต่อการเปลี่ยนสภาพของมวลดิน ซึ่งสามารถหาได้จากผลต่างของขีดจำกัดเหลวและขีดจำกัดพลาสติก PI = LL - PL ถ้าดินมีค่า PI สูง แสดงว่า ดินมีความไวตัวต่ำ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมากจึงจะทำให้ดินเปลี่ยนสถานภาพ เช่น ดินเหนียวอ่อน เป็นต้น ถ้าดินมีค่า PI ต่ำ แสดงว่า ดินมีความไวตัวสูง ปริมาณน้ำเพียงเล็กน้อยสามารถทำให้ดินเปลี่ยนสภาพจากกึ่งพลาสติกเป็นของเหลว เช่น ดินเหนียวที่มีทรายแป้งปนอยู่มาก

ภาพที่ 2.1

สถานภาพต่าง ๆ ของมวลดินเหนียว



ที่มา: วีรยา แซ่เตีย, 2543.

เนื่องจากดินเหนียวที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งจากผลการทดสอบคุณสมบัติมวลดินแล้ว พบว่า มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับดินเหนียวในจังหวัดนครนายกที่มีความเหมาะสมในการก่อสร้างบ้านดิน ดังนั้นสรุปได้ว่า ดินเหนียวในจังหวัดสมุทรปราการเป็นดินเหนียวที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรค่อนข้างน้อย ซึ่งเมื่อนำมาขึ้นรูปทำก้อนอิฐดินดิบแล้ว ส่งผลให้ก้อนอิฐดินดิบเกิดการหดตัวเพียงเล็กน้อยเมื่อแห้ง

2.2 เทคนิควิธีการสร้างบ้านดินและวิธีการทำก้อนอิฐดินดิบ

2.2.1 เทคนิคการสร้างบ้านดิน

เทคนิคที่ทดลองทำในประเทศไทยมี 5 แบบ ได้แก่

1) การก่อด้วยอิฐดินดิบ (adobe)

2) เทคนิคดินปั้น (cob)

3) เทคนิคโครงไม้ (wattle and daub)

4) การใช้เศษไม้หรือหิน (cordwood or stone)

5) เทคนิคดินอัด (rammed earth)

บ้านดินส่วนใหญ่ที่ทำในประเทศไทย มักจะใช้วิธีการก่อด้วยอิฐดินดิบ (adobe) ในการก่อสร้าง เนื่องจากสามารถทยอยทำอิฐเก็บรวบรวมไว้ได้ เมื่อถึงเวลาที่จะเริ่มสร้างหรือมีจำนวนอิฐดินดิบที่เพียงพอแล้วจะสามารถสร้างได้เร็ว ผนังแห้งเร็ว เมื่อก่อเสร็จแล้วสามารถฉาบได้ทันที แต่มีข้อจำกัดในเรื่องการก่อสร้างผนังที่มีความโค้งมากไม่ได้ ต้องมีพื้นที่ในการตาก และเก็บอิฐดินพอสมควร (ธนา อุทัยภัตรากูร ราชบดินทร์ บุญไชโย และ ไพริน พงษ์สุระ, 2545)

2.2.2 การทำก้อนอิฐดินดิบ

อัตราส่วนผสมก้อนอิฐดินดิบขึ้นอยู่กับสภาพของดินแต่ละพื้นที่ แต่ส่วนผสมหลักของก้อนอิฐดินดิบแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) ดินเหนียว ซึ่งโดยธรรมชาติของดินเหนียวจะเกิดการหดตัวเมื่อแห้ง ถ้าอิฐดินดิบมีการแตกร้าว แสดงว่า มีส่วนผสมของดินเหนียวมากเกินไป

2) ทราย เป็นส่วนผสมที่ช่วยลดการหดตัวและลดการแตกร้าวของดินเหนียว ทรายช่วยให้อิฐดินดิบมีความแกร่งขึ้น แต่หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ไม่แข็งแรง และอิฐดินดิบถูกน้ำฝนชะล้างได้ง่าย

3) แกลบหรือเส้นใยที่มีความเหนียว เป็นส่วนที่ช่วยยึดเนื้อดินเข้าด้วยกัน ลดการแตกร้าวเมื่อแห้ง และยังช่วยเพิ่มกำลังอัดของก้อนอิฐดินดิบ

2.2.3 การก่อผนังอิฐดินดิบ

1) การผสมดินสำหรับก่อผนังทำหน้าที่เหมือนปูนฉาบสำหรับยึดอิฐเข้าด้วยกัน ผสมเหมือนกับการทำอิฐดินดิบ แต่ดินก่อผนังจะเหลวกว่าเล็กน้อยเพื่อให้ง่ายกับการก่อ ดินก่อไม่ควรหนา เพื่อให้อิฐดินแนบสนิทกัน ผนังแห้งเร็ว และแข็งแรงมั่นคง

2) วิธีการก่อผนัง ต้องวางก้อนอิฐแนวนอนสลับกันไปในแต่ละชั้น เหมือนกับการก่ออิฐทั่วไป เพื่อให้อิฐทุกก้อนถ่ายน้ำหนักลงสู่ฐานรากสม่ำเสมอกัน การวางอิฐดินจะวางตามยาวหรือตามขวางก็ได้ ความหนาของผนังขึ้นอยู่กับความต้องการ (โครงการบ้านดิน อาศรมวงศ์สนิท, 2552)

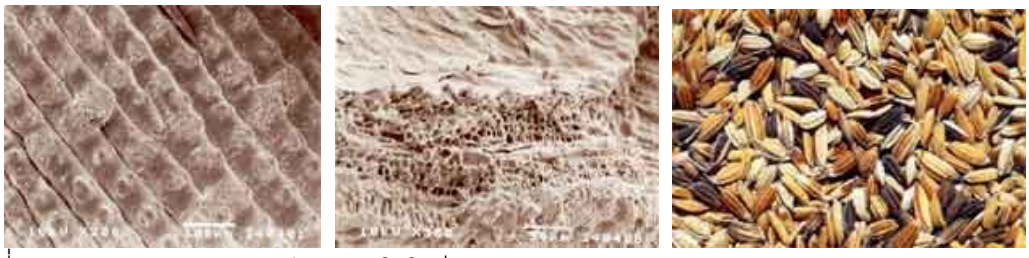
เนื่องจากเทคนิคการสร้างบ้านดินในประเทศไทยส่วนใหญ่ เป็นการก่อด้วยก้อนอิฐดินดิบ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเฉพาะเทคนิคนี้เท่านั้น ศึกษาถึงขั้นตอนการทำก้อนอิฐดินดิบ และวิธีการก่อกำแพงแบบชาวบ้าน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมในการขึ้นรูปก้อนอิฐดินดิบ และการก่อกำแพงดิน เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

2.3 ปริมาณผลผลิตและลักษณะทั่วไปของแกลบและกากอ้อย

2.3.1 ลักษณะทั่วไปของแกลบและกากอ้อย

1) แกลบ เมื่อเราพิจารณาแกลบให้ชัดขึ้น โดยนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นพื้นผิวของแกลบมีรูปร่างคล้ายข้าวโพด คือ มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กเรียงกัน และโครงสร้างภายในมีความพรุนมาก ลักษณะทั่วไปของแกลบมีขนาดเล็ก ความยาวไม่เกิน 5 มม. และหนาไม่เกิน 2 มม. สีเหลือง แกลบได้มาจากการสีข้าวเปลือกในโรงสีข้าว (กระทรวงพลังงาน, 2546)

ภาพที่ 2.2
ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงพื้นผิวและภาคตัดขวาง
แสดงโครงสร้างที่มีความพรุนสูงของแกลบ



ที่มา: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552.

2) กากอ้อย พบในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล ปัจจุบันมีโรงงานผลิตน้ำตาลในประเทศไทยถึง 46 โรงงานกระจายอยู่ในจังหวัดต่าง ๆ ในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ลักษณะทั่วไปของกากอ้อยมีลักษณะเป็นขุยผสมเส้นใย และเส้นใยมีความเหนียว (กระทรวงพลังงาน, 2546)

ภาพที่ 2.3
กากอ้อย

หมายเหตุ: ถ่ายภาพ ณ วันที่ 21 กันยายน 2552

จากการศึกษาลักษณะทั่วไปของแกลบและกากอ้อย ทำให้ทราบถึงแหล่งวัสดุที่แน่นอน และมีปริมาณที่เพียงพอ รวมถึงคุณสมบัติของวัสดุทางการเกษตรว่ามีความเป็นไปได้ในการนำมาผสมกับดินเหนียว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ก้อนอิฐดินดิบ

2.3.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายและการแปรสภาพของเศษพืช

ปริมาณธาตุไนโตรเจน มีผลต่อระยะเวลาในการย่อยสลายของเศษพืช หากมีธาตุไนโตรเจนมากจะทำให้การย่อยสลายตัวในดินง่าย การย่อยสลายตัวของพืชแบ่งเป็น 2 พวก ได้แก่

1) เศษพืชพวกสลายตัวง่าย เช่น ผักตบชวา ต้นกล้วย ใบตอง เศษหญ้าสด เศษพืชที่อวบน้ำ เศษผัก กากเมล็ดข้าวฟ่าง พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ เช่น ใบกระถิน ใบจามจุรี ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วฝักยาว โสน ปอเทือง เป็นต้น

2) เศษพวกสลายตัวได้ยาก เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย ขี้เลื่อย ขุยมะพร้าว ข้าวโพด ซังข้าวโพด ต้นข้าวฟ่าง เป็นต้น ปกติเศษพืชเหล่านี้จะมีแร่ธาตุอาหารบางชนิดอยู่น้อย ไม่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน

ตารางที่ 2.3
ค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ในวัสดุชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	ปริมาณธาตุไนโตรเจน กิโลกรัม ต่อวัสดุแห้ง 100 กิโลกรัม
ผักตบชวา	2.2-2.5
ต้นข้าวฟ่าง	1.0
ต้นข้าวโพด	0.7-1.0
ใบไม้แห้ง	0.4-1.5
ฟางข้าว	0.4-0.6
หญ้าแห้ง	0.3-2.0
กาบมะพร้าว	0.5
แกลบ	0.3-0.5
กากอ้อย	0.3-0.4
ขี้เลื้อย	0.1-0.2

ที่มา: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552.

จากตารางที่ 2.3 พบว่า แกลบและกากอ้อยมีปริมาณธาตุไนโตรเจนน้อย แสดงว่า เป็นพืชที่มีการย่อยสลายตัวยากในดิน เหมาะกับการนำมาใช้ในการผสมเพื่อทำก้อนอิฐดินดิบ

2.3.3 ปริมาณผลผลิตอ้อยและข้าวในประเทศไทย

1) ผลจากการสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทยปีการผลิต 2550/51 พื้นที่ปลูกอ้อยรวมทั้งหมดของประเทศจำนวน 6,516,376 ไร่ พื้นที่อ้อยส่งโรงงานจำนวน 6,228,498 ไร่

ตารางที่ 2.4
พื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดและพื้นที่อ้อยส่งโรงงานแบ่งตามรายภาค

ภูมิภาค	พื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด(ไร่)	พื้นที่อ้อยส่งโรงงาน(ไร่)
เหนือ	1,252,193	1,189,585
กลาง	2,042,227	1,957,539
ตะวันออกเฉียงเหนือ	2,804,716	2,682,183
ตะวันออก	417,240	399,192

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2552.

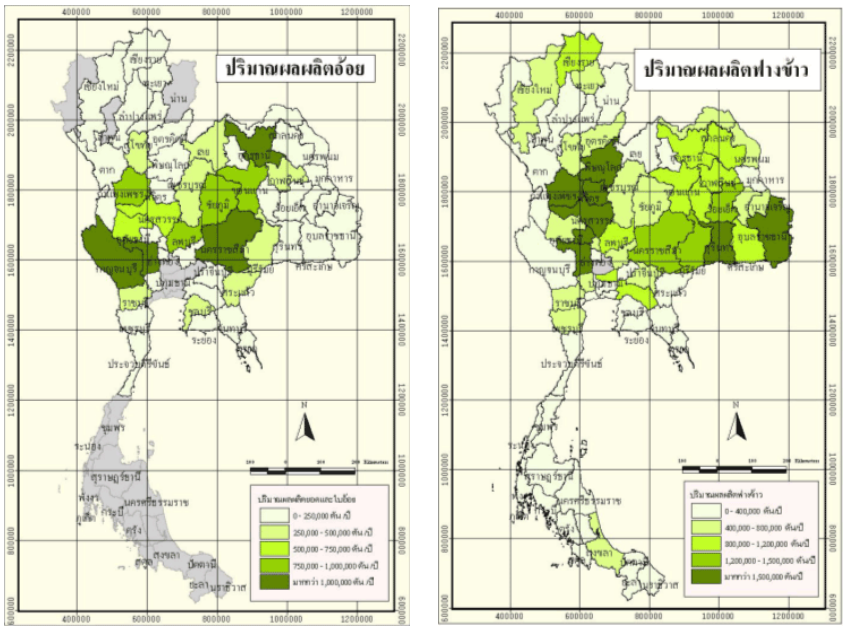
2) ผลจากการสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวในประเทศไทย ปี 2545 พบเนื้อที่ปลูกข้าวรวมทั้งประเทศ 57,050,091 ไร่ ได้ผลผลิตรวมจำนวน 24,191,007,095 กิโลกรัม

ตารางที่ 2.5
พื้นที่ปลูกข้าวและผลผลิตข้าวในประเทศไทยแบ่งตามรายภาค

ภูมิภาค	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัม)
เหนือ	12,776,684	6,686,098,480
ตะวันออกเฉียงเหนือ	31,903,521	11,266,021,517
กลาง	6,990,206	4,103,846,391
ตะวันออก	2,838,257	1,157,459,313
ใต้	2,541,423	977,581,394

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2552.

ภาพที่ 2.4
แผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยและข้าวในประเทศไทย



ที่มา: กระทรวงพลังงาน, 2552.

แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยนั้นมีพื้นที่ในการทำเกษตรประเภทข้าวและอ้อยมาก ส่งผลให้มีผลผลิตของแกลบและกากอ้อย มีปริมาณมากพอที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุผสมในก้อนอิฐดินดิบ

2.4 การศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น

ปัญหาสำคัญของน้ำที่มีผลกระทบต่ออาคาร คือ ความชื้น (dampness) ความชื้นทำให้วัสดุส่วนต่าง ๆ ของอาคารชำรุดและเสียหาย เพราะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิในเนื้อวัสดุ ซึ่งมีสารที่เป็นกรด เกลือ หรือด่างเจือปน จึงทำให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุ และแตกร้าวในที่สุด

2.4.1 สาเหตุของการเกิดความชื้นในอาคาร

1) Condensation คือ การเปลี่ยนแปลงของไอน้ำในอากาศกลายเป็นหยดน้ำ เริ่มเมื่อสภาวะของไอน้ำในอากาศอยู่ในปริมาณสูงสุดที่อากาศจะควบคุมความเป็นไอน้ำไว้ได้ (dew point)

เมื่อใดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอากาศ มีระดับการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่า dew point อากาศก็ไม่สามารถจะควบคุม หรือ hold ไอน้ำในอากาศไว้ได้ จึงแปรสภาพเป็นหยดน้ำ ลักษณะการณ์นี้เรียกว่า การเกิด Condensation การเกิด Condensation มี 2 ลักษณะ คือ การเกิดที่ผิวของวัสดุหรือกำแพง เรียก Surface Condensation และการเกิดในเนื้อวัสดุหรือกำแพง

2) Capillary Action เป็นลักษณะการไหลผ่านของน้ำหรือความชื้น โดยการดูดซึมของวัสดุกำแพงหรือพื้น สามารถเกิดจากส่วนบนลงส่วนล่าง และส่วนล่างขึ้นส่วนบน เช่นเดียวกับการไหลผ่านในแนวนอนด้วย เช่น กำแพงส่วนที่ติดกับพื้นดิน เนื่องจากโครงสร้างส่วนล่างของอาคารเป็นวัสดุคอนกรีตที่ไม่ได้ทำผิวสำเร็จ จึงเป็นลักษณะที่เป็นวัสดุพรุน (porous materials) ทำให้ง่ายในการดูดซึมน้ำจากดินผ่านขึ้นสู่กำแพงตอนบน

2.4.2 **ลักษณะการกระจายตัวของความชื้น**

การควบแน่นเป็นหยดน้ำที่ผนังอาคาร (moisture condensation on wall surface) ภูมิประเทศในเขตหนาวเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการควบแน่นของความชื้นที่ผิวผนังสูง เนื่องจากในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิภายนอกอาคารจะลดต่ำลงโดยมากจะมีค่าต่ำกว่าจุดน้ำค้าง (dew point) ซึ่งการเคลื่อนที่ของความชื้นจะแพร่กระจายจากที่มีความชื้นสูงสู่ความชื้นต่ำ โดยแบ่งลักษณะการแพร่กระจายของความชื้นได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1) การแพร่กระจายความชื้นแบบซึมผ่านเนื้อวัตถุ (diffusion) ซึ่งมีความดันไอที่ต่างกันเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการแพร่กระจาย โดยไอน้ำจะซึมผ่านวัตถุจนถึงจุดที่อิทธิพลของแรงดันไอลดลงจนไอน้ำไม่สามารถซึมผ่านเนื้อวัตถุได้ จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการดูดความชื้นของวัสดุผนัง

2) การแพร่กระจายความชื้นทางอากาศ (exfiltration) มีความดันอากาศเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของไอน้ำในอากาศที่สามารถซึมผ่านจากช่องเปิด และรอยรั่วซึมของผนัง โดยความชื้นในอากาศเมื่อกระทบกับพื้นผิวหรือสิ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดนี้ค้างจะเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำ

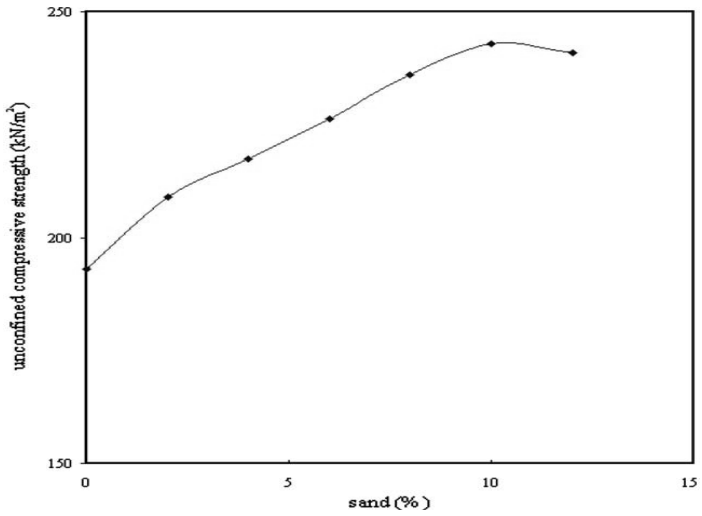
สำหรับปัญหาด้านความชื้นของบ้านดิน เกิดจากความชื้นที่ซึมผ่านขึ้นมาจากพื้นดินและความชื้นจากปริมาณไอน้ำในอากาศที่สะสมภายในเนื้อวัสดุ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการไหลผ่านของความชื้นแบบ Capillary Action หรือการดูดซึมความชื้นของวัสดุกำแพงในแนวนอนเท่านั้น และมีลักษณะการกระจายความชื้นแบบผ่านเนื้อวัตถุ (diffusion)

2.5 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด

2.5.1 ปริมาณทราย

จากการศึกษางานวิจัยเรื่อง Compressive strength of fiber reinforced highly compressible clay โดยการศึกษาของ Kumar, Singh & Mohan (2006) ได้ทำการทดลองผสมปริมาณทรายค่าที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ร้อยละ 0 - 12 กับดินเหนียว ผลการทดสอบกำลังแรงอัดของก้อนอิฐดิน พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณทรายมากขึ้นจะให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงขึ้น แต่เมื่อมีปริมาณทรายเกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนักนั้น กำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินจะมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าหากผสมทรายปริมาณร้อยละ 10 จะทำให้ก้อนอิฐดินสามารถรับกำลังแรงอัดได้ดีที่สุด ดังภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5
ความสัมพันธ์ของปริมาณทรายต่อการรับกำลังอัดของดินเหนียว



ที่มา: Kumar, Singh & Mohan, 2006.

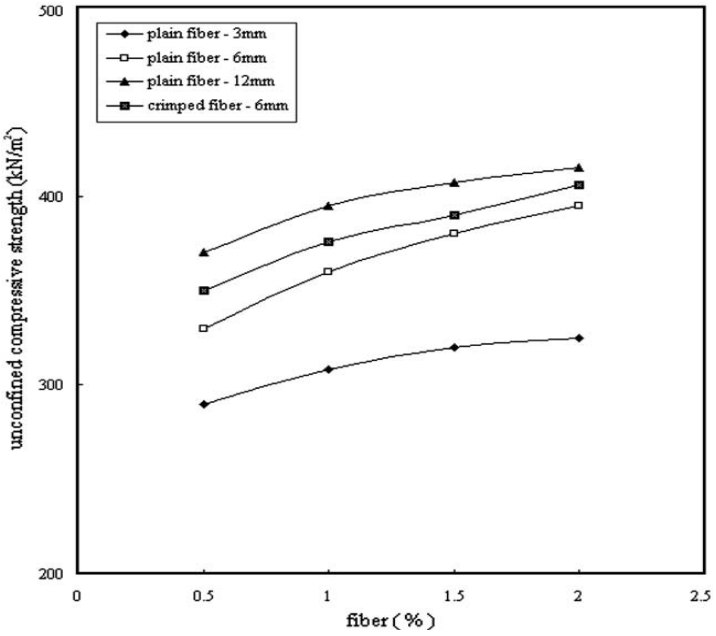
จากงานวิจัยดังกล่าว พบว่า ปริมาณทรายร้อยละ 10 ทำให้เกิดความแข็งแรงมากที่สุดต่อการรับแรงอัดของดินเหนียว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการควบคุมการใช้ปริมาณทรายร้อยละ 10 เป็นค่าคงที่ในการกำหนดสัดส่วนของก้อนอิฐดินดิบ

2.5.2 ปริมาณและความยาวของวัสดุเส้นใย

Kumar, Singh, & Mohan (2006) ทำการทดลองใส่เส้นใยสังเคราะห์ หลังจากทดสอบปริมาณทรายที่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด โดยเส้นใยที่นำมาผสมจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ได้แก่ เส้นใยที่มีความยาว 3 6 12 มิลลิเมตร และลักษณะขุย สัดส่วนการผสมที่ร้อยละ 0.5 1 1.5 และ 2 โดยน้ำหนักดินแห้ง ผลการทดสอบ พบว่า ลักษณะความยาวของเส้นใยและปริมาณ มีผลต่อกำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดิน คือ เมื่อมีปริมาณเส้นใยเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้กำลังรับแรงอัดดีขึ้น และเมื่อเทียบปริมาณเส้นใยที่เท่ากัน พบว่า เส้นใยที่มีความยาว 12 มิลลิเมตร สามารถรับกำลังแรงอัดได้ดีที่สุด รองลงมาคือ เส้นใยที่มีลักษณะเป็นขุย เส้นใยยาว 6 มิลลิเมตร และเส้นใยยาว 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดต่าง ๆ ของเส้นใยกับการรับกำลังอัดของดินเหนียว

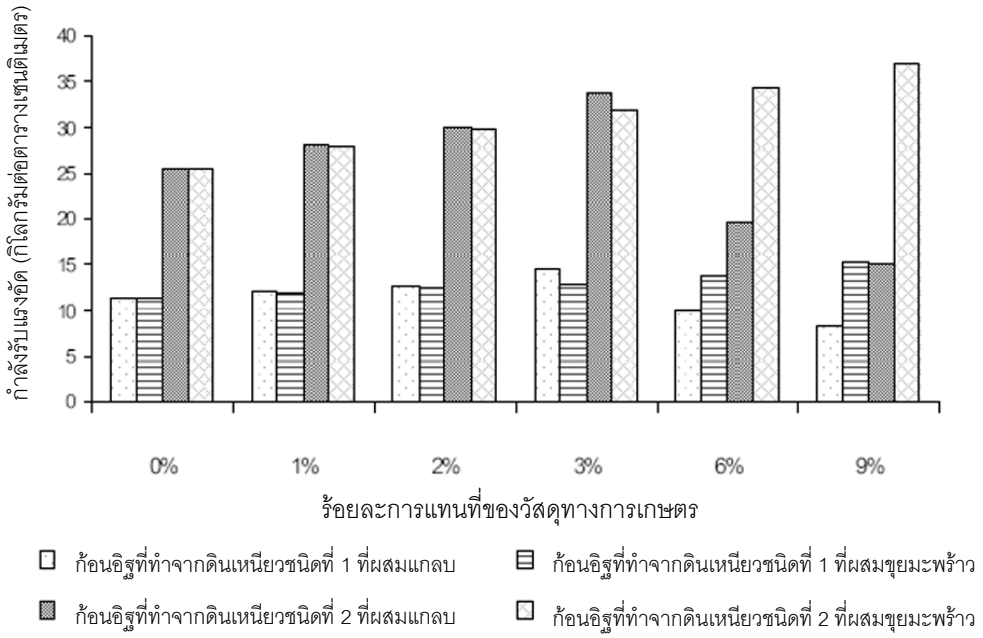


ที่มา: Kumar, Singh & Mohan, 2006.

จากผลการวิจัยดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเส้นใยแกลบที่มีความยาวเส้นใยประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร และกากอ้อยซึ่งมีเส้นใยยาวผสมกับลักษณะขุย ช่วยให้สามารถทราบถึงความสามารถในการรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบได้ คือ ก้อนอิฐดินดิบผสมกากอ้อยน่าจะมีความสามารถในการรับแรงอัดได้ดีกว่าก้อนอิฐดินดิบผสมแกลบ

จากการศึกษาผลกระทบของวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ แกลบและขุยมะพร้าว ที่มีต่อคุณสมบัติด้านการรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบ ของ จตุพร ตั้งศิริสกุล (2550) โดยมีอัตราส่วนผสมของวัสดุทางการเกษตร ร้อยละ 1 2 3 6 และ 9 โดยน้ำหนักดินแห้ง ผลการวิจัยพบว่า แกลบและขุยมะพร้าวสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดได้ แต่ในส่วนผสมที่มีแกลบแทนที่เกินกว่าร้อยละ 3 นั้นส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลง ในขณะที่ขุยมะพร้าวสามารถเพิ่มกำลังรับแรงอัดได้สูงขึ้นเรื่อย ๆ ในกรณีที่ก้อนอิฐดินถูกทำให้แห้งด้วยวิธีการเข้าตู้อบความร้อน ดังภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7
กำลังรับแรงอัดของก้อนอิฐดินดิบในกรณีที่อบด้วยตู้อบหลังจากตากแดด



ที่มา: จตุพร ตั้งศิริสกุล, 2550.

2.6 การศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและความพรุน

2.6.1 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน โดยธรรมชาติจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ วิธีการถ่ายเทความร้อนแบ่งออกเป็น 3 วิธีการหลัก ๆ คือ การนำความร้อน (thermal conduction) การพาความร้อน (thermal convection) และการแผ่รังสีความร้อน (thermal radiation)

(ตระการ ก้าวกสิกรรม, 2537) การนำความร้อนจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล โดยที่วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะมีการส่งผ่านความร้อนได้ดี ตัวแปรที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพทางความร้อนของวัสดุ มีดังนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (heat conductivity: k) เป็นค่าคงตัวที่ขึ้นอยู่กับวัตถุแต่ละชนิด มีหน่วยเป็น W/m·K

2) ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในช่วงเวลา ความหนา พื้นที่ และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจะใช้ในการวัดค่าการนำความร้อนของวัสดุ การนำความร้อน (conductance: C) มีหน่วยเป็น $W/m^2 \cdot K$ ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านสสารในความหนาที่กำหนดในช่วงเวลา 1 หน่วย โดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ 1 หน่วย โดย C = k/ความหนาวัสดุ

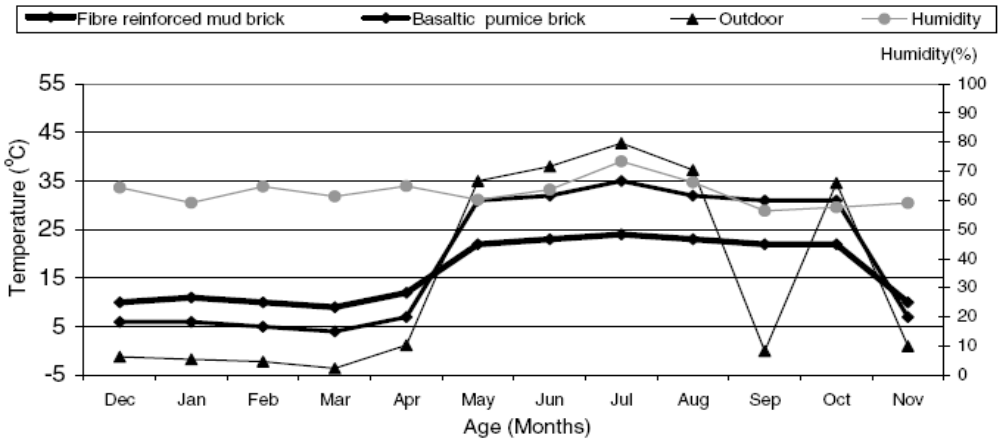
3) ความต้านทานความร้อน (resistance: R, R-value) มีหน่วยเป็น $m^2 \cdot K/W$ เป็นค่าที่ใช้ในการกำหนดค่าการเป็นฉนวนกันความร้อนภายในอาคาร โดยค่า R-value ยิ่งมากแสดงถึงความเป็นฉนวนที่ดีมาก โดย R = 1/C

4) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (heat transfer coefficient: U) โดยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีค่าเท่ากับ $1/\Sigma R$ มีหน่วยเป็น $W/(m^2 \cdot {}^\circ C)$ ถ้าหากวัสดุผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมาก หมายถึง มีค่าความต้านทานความร้อนรวมของวัสดุผนังน้อย ทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนเข้ามาสู่ภายในตัวอาคารได้มากกว่าวัสดุผนังที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่อง Thermal isolation and mechanical properties of fibre reinforced mud bricks as wall materials ของ Binici, Aksogan, Nuri, Akca & Kapur (2007) สรุปว่า บ้านที่สร้างด้วยก้อนอิฐดินเสริมเส้นใย (Fiber reinforced mud brick) สามารถป้องกันความร้อนจากอากาศภายนอกในเดือนที่มีอุณหภูมิสูง ได้ดีกว่า บ้านที่สร้างด้วยก้อนอิฐหินอัคนี (Basaltic pumice brick) และในช่วงเดือนที่ภายนอกมีอุณหภูมิต่ำ บ้านที่สร้างด้วยก้อนอิฐดินเสริมเส้นใยสามารถป้องกันความเย็นจากภายนอก ทำให้มีความอบอุ่นมากกว่าบ้านที่สร้างด้วยก้อนอิฐหินอัคนี แสดงให้เห็นว่า บ้านที่สร้างด้วยก้อนอิฐดินเสริมเส้นใย มีค่าการต้านทานความร้อนมาก ความร้อนจึงผ่านกำแพงเข้าสู่ภายในบ้านน้อย ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8

อุณหภูมิภายในบ้านตลอดปี ของบ้านที่สร้างด้วย Fiber reinforced mud brick และ Basaltic pumice brick



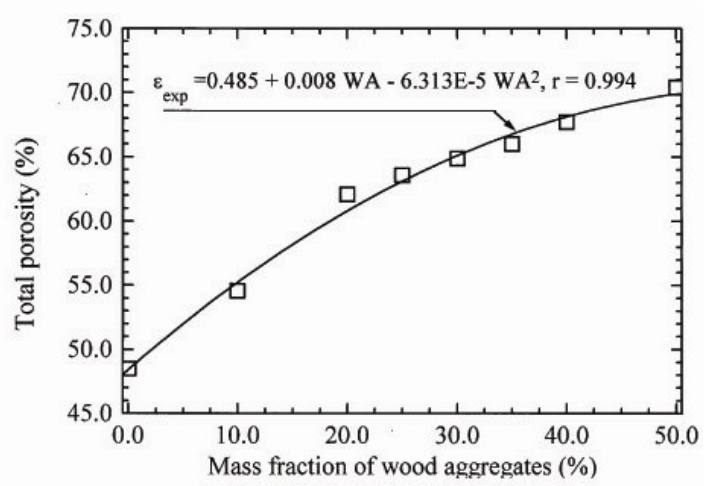
ที่มา: Binici et al. (2007)

2.6.2 ความสัมพันธ์ของความร้อนและความพรุน

จากงานวิจัยของ Bouguerra, Ledhem, De Barquin, Dheilly & Que'neudec (1998) ทดลองเรื่อง ผลกระทบด้านเชิงกล และการนำความร้อนของก้อนอิฐมวลเบาที่ทำจากดินเหนียว ซีเมนต์และเศษไม้ พบว่า เมื่อผสมเศษไม้มากขึ้นทำให้ก้อนอิฐมีความพรุนสูงขึ้น ดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9

ความพรุนของก้อนอิฐมวลเบาผสมเศษไม้

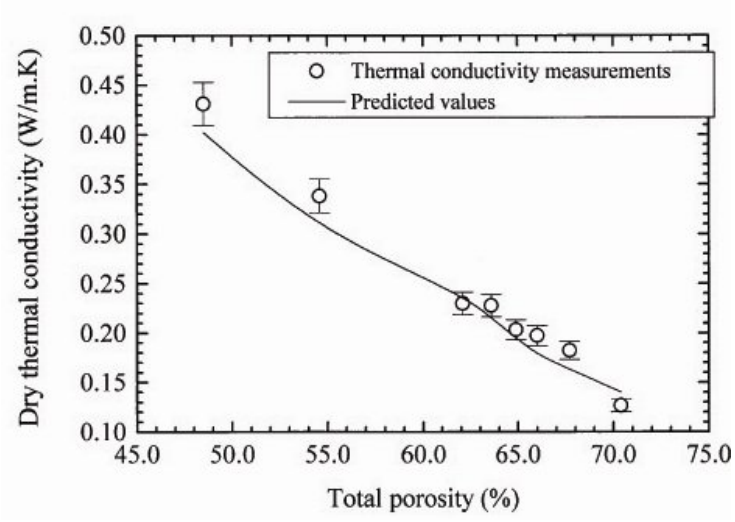


ที่มา: Bouguerra et al., 1998.

ความพรุนมีความสัมพันธ์กับค่าการส่งผ่านความร้อน คือ เมื่อความพรุนมากจะส่งผลให้มีค่าการส่งผ่านความร้อนน้อยลง ทำให้มีความเป็นฉนวนดีขึ้น ดังภาพที่ 2.10 แต่จะทำให้กำลังอัดลดน้อยลงตามไปด้วย ดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.10

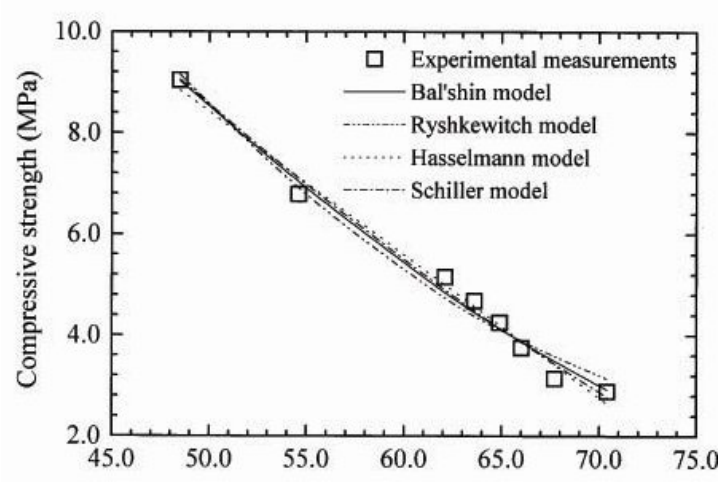
ความความสัมพันธ์ระหว่างการนำความร้อนกับความพรุน



ที่มา: Bouguerra et al., 1998.

ภาพที่ 2.11

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดกับความพรุน

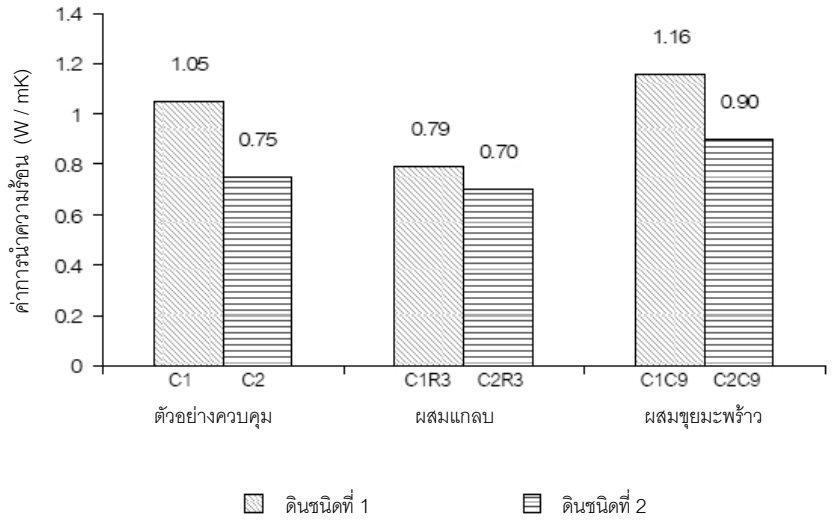


ที่มา: Bouguerra et al., 1998.

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จตุพร ตั้งศิริสกุล จากการทดสอบค่านำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบที่มีส่วนผสมของวัสดุทางการเกษตรดังภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12

เปรียบเทียบผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบ



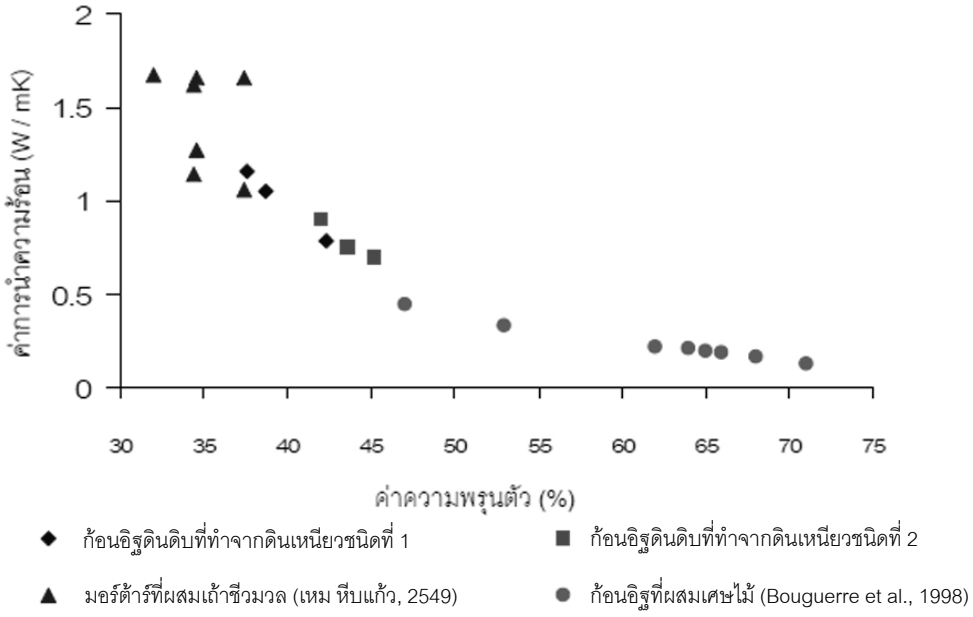
ที่มา: จตุพร ตั้งศิริสกุล, 2550.

จากผลการทดสอบ พบว่า ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบมีค่าน้อยลง เมื่อเทียบกับก้อนอิฐดินดิบที่ไม่มีส่วนผสมวัสดุทางการเกษตร เนื่องจากก้อนอิฐที่ผสมแกลบมีค่าความพรุนและโพรงอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้ก้อนอิฐมีความพรุนสูงสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอากาศในรูพรุนและโพรงที่มีมาก โดยมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำจะทำให้การนำความร้อนลดต่ำลง แต่ในทางตรงกันข้ามก้อนอิฐที่มีส่วนผสมของขุยมะพร้าว มีค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก้อนอิฐทีไม่มีวัสดุทางการเกษตร เนื่องจากก้อนอิฐที่ผสมขุยมะพร้าวมีค่าความพรุนต่ำกว่า

เมื่อเปรียบเทียบการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบกับมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าชีวมวล (ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และ บุรฉัตร ฉัตรวีระ, 2551) พบว่า ก้อนอิฐดินดิบมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่ามอร์ต้าร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ และเมื่อเทียบกับการนำความร้อนของก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้ (Bouguerra et al., 1998) พบว่า ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบที่ทดลองมีค่าสูงกว่าก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้ เนื่องจากก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้มีค่าความพรุนสูงกว่าก้อนอิฐดินดิบ ทำให้ก้อนอิฐที่

ผสมเศษไม้มีรูพรุน และโพรงภายในที่มากกว่า สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าก้อนอิฐดินดิบ เมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยทั้งสามจะเห็นว่า ก้อนอิฐที่ผสมเศษไม้ป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด และมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าชีวมวล ดังภาพที่ 2.13

ภาพที่ 2.13
ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐดินดิบ มอร์ต้าร์ผสมเถ้าชีวมวล และก้อนอิฐผสมเศษไม้



ที่มา: จตุพร ตั้งศิริสกุล, 2550.