# บทที่ 2
# ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ

### 2.1.1 ลักษณะทั่วไป

กระเบื้องมุงหลังคาดินขอถือว่าเป็นพัฒนาการสำหรับวัสดุมุงหลังคา กล่าวคือจากเดิมที่ใช้หญ้า ใบตองตึง จนมาถึงหลังคาไม้แป้นเกล็ด เกิดครั้งแรกในราวปี พ.ศ. 2450 โดยพญามุงเมฆ ต้นตระกูล เมฆรา (พิชญ์ บุญเนียร, 2543) โดยได้มีความคิดริเริ่มนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาประดิษฐ์เป็นกระเบื้องดินขอแทนวัสดุเดิม กระเบื้องมุงหลังคาดินขอเป็นวัสดุมุงหลังคาสำเร็จรูปที่ทำมาจากดินเหนียว เป็นวัสดุประเภทเครื่องปั้นดินเผา เป็นชื่อที่รู้จักและเรียกกันในปัจจุบันเรียกว่ากระเบื้องดินเผา มีความคงทนแข็งแรง ดินขอสำหรับเรือนพื้นถิ่นในภาคเหนือจะขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ไม่เคลือบเผาไฟในอุณหภูมิต่ำ มีลักษณะและขนาดต่างๆกัน ในการผลิตกระเบื้องดินขอนั้นแต่เดิมเป็นสิ่งที่สามารถทำกันเองได้ตามบ้านเรือนทั่วไป ในปัจจุบันมีการผลิตทั้งแบบปั้นมือและการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร ดินเหนียวที่ใช้เป็นวัสดุในการผลิตนั้น สามารถหาได้จากพื้นถิ่นทั่วไป

กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ เป็นกระเบื้องมุงหลังคาชนิดแผ่นเรียบ (Flat Tile) ไม่มีบัวดักน้ำ มีความกว้างประมาณ 10 ซม. ยาวประมาณ 20 ซม. (ภาพที่ 2.1) หากเป็นชนิดปั้นมือ จะมีความหนาประมาณ 5-7 มม. ราคา 1.50 บาทต่อแผ่น หากเป็นชนิดขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร จะมีความหนาประมาณ 1 ซม. ราคา 4.00 บาทต่อแผ่น การผลิตกระเบื้องดินขอด้วยมือนั้น สามารถทำได้ประมาณ 500 แผ่น ถึง 600 แผ่นต่อคนต่อวัน (โอมเซรามิกซ์, 2551) สามารถผลิตได้ทั้งการผาด้วยฟืนและแก๊ส

ภาพที่ 2.1 กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.1.2 ลักษณะการมุง**

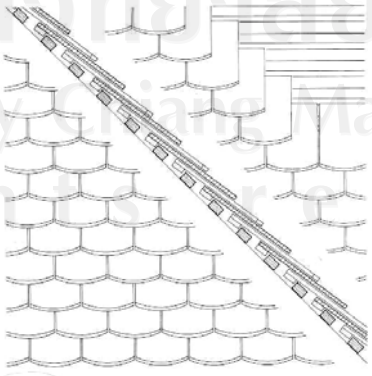
จากลักษณะทั่วไปของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอที่เป็นแบบแผ่นเรียบ ไม่มีระบบป้องกันน้ำฝนได้ด้วยตนเอง ทำให้การมุงหลังคานั้นแตกต่างจากการวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น กล่าวคือ ต้องทำให้กระเบื้องมุงหลังคาแต่ละแผ่นช่วยป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นั่นคือการซ้อนทับกัน ซึ่งการซ้อนทับดังกล่าวนอกจากจะช่วยป้องกันน้ำฝนแล้วนั้น ยังเป็นการช่วยเพิ่มน้ำหนักของการป้องกันการถูกลมพัดปลิวได้อีกทาง โดยจะสามารถแบ่งลักษณะการมุงหลังคาได้เป็น 2 วิธีดังนี้

ก. <u>การมุงหลังคาแบบ Double-lap Tilling</u>

การมุงหลังคาแบบ Double-lap Tilling เป็นการมุงหลังคาแบบสลับแผ่นระหว่างแถว โดยแผ่นกระเบื้องด้านบนในแถวที่ 3 ของทุกแถว จะยาวคลุมมาจนถึงแผ่นแรก แผ่นในแถวถัดลงมาจะทำหน้าที่ป้องกันฝนรั่วลงมาระหว่างแผ่นจากการมุงสลับแผ่นกัน การมุงหลังคาในลักษณะนี้นั้นจะต้องใช้แป (Batten) ถี่มากกว่าปกติเพื่อให้ความยาวของแผ่นกระเบื้องในแถวที่ 3 ยาวลงมาคลุมถึงกระเบื้องในแผ่นที่ 1 (ดังแสดงในภาพที่ 2) ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสูตรการหาความกว้างของแปดังนี้

$$\text{ระยะห่างของแป(กลอน)} = \frac{\text{ความยาวของแผ่นกระเบื้อง} - \text{ระยะซ้อนทับด้านบน}}{2}$$

สามารถอธิบายได้ว่า ยิ่งกระเบื้องมีความยาวน้อยเท่าใด ระยะห่างของแปก็จะน้อยลงเท่านั้นก็จะทำให้ต้องใช้โครงสร้างแปถี่ขึ้นด้วยเช่นกัน แต่การมุงในลักษณะนี้จะจำนวนกระเบื้องมากน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความยาวของแผ่นกระเบื้อง หากมีความยาวมาก ก็จะใช้จำนวนกระเบื้องน้อยกว่ากระเบื้องที่มีความยาวน้อยกว่า ดังแสดงในภาพที่ 2.2



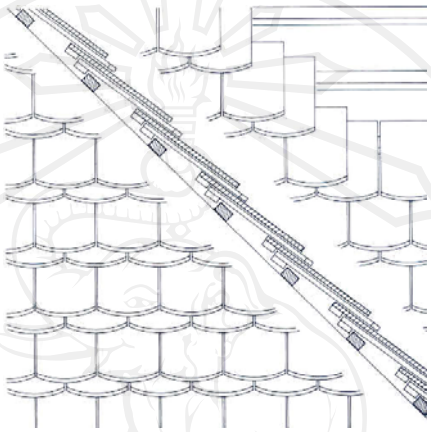
<u>ภาพที่ 2.2</u> การมุงหลังคาแบบ Double-lab Tilling

(Eberhard Schunck ,Hans Jochen Oster and Rainer Barthel,Kurt Kiessl, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. การมุงหลังคาแบบ Crown Tiling

การมุงหลังคาแบบ Crown Tilling เป็นวิธีมุงหลังคาซ้อนกัน 2 แผ่น (คล้ายกับการมุงหลังคากระเบื้องดินขอของภาคเหนือ ที่มีกระเบื้องตัวผู้และกระเบื้องตัวเมีย) โดยแผ่นแรกจะแขวนอยู่กับโครงสร้างหลังคา แผ่นที่ 2 จะเกาะบนแผ่นแรก โดยมุงแบบสลับแผ่น ฉะนั้นกระเบื้องแผ่นแรกของแต่ละแถว จะทำหน้าที่อุดรอยต่อระหว่างแผ่นของแผ่นกระเบื้องด้านบน ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การมุงหลังคาแบบ Crown Tilling

(Eberhard Schunck ,Hans Jochen Oster and Rainer Barthel,Kurt Kiessl, 2004)

ซึ่งสามารถอธิบายได้จากสูตรการหาค่าความกว้างของแปดังนี้

ระยะห่างของแป (กลอน) = (ความยาวของกระเบื้อง – ระยะซ้อนทับด้านบน)/2

ในการมุงหลังคาในลักษณะนี้ จะใช้จำนวนกระเบื้องมากกว่าการมุงหลังคาแบบ Double-lap Tiling แต่จะใช้โครงสร้างแปหลังคาน้อยกว่า สำหรับเรื่องการป้องกันน้ำฝนนั้น การมุงหลังคาแบบ Crown Tiling จะสามารถป้องกันได้ดีกว่าเพราะเป็นการมุงแบบซ้อน 2 ชั้น แต่เรื่องการป้องกันฝนย้อนนั้น การมุงหลังคาแบบ Double-lap Tiling สามารถป้องกันได้ดีกว่า เนื่องจากการที่มีระยะ Head Lapping มากกว่า

จากลักษณะการมุงหลังคาทั้งสองแบบดังกล่าวจะพบว่า การมุงหลังคาของกระเบื้องทั้งสองแบบนั้น ล้วนแต่สิ้นเปลืองโครงสร้างหลังคาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะแบบแรก โดยจะสามารถแสดงให้เห็นได้โดยสมการการหาค่าระยะห่างของแป (กลอน) กล่าวคือหากใช้กระเบื้องมุงหลังคาที่มีความยาวเท่ากัน จะเห็นได้ว่าการมุงแบบแรก จะมีระยะแปเป็นสองเท่าของแบบที่สอง ซึ่งการมุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังคาทั้งสองแบบ ต่างมีข้อดีข้อเสียคนละแบบกัน แต่ปัญหาเรื่องการรั่วซึมของน้ำฝนนั้น ลักษณะการมุงหลังคาเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถช่วยได้ เพียงแต่สามารถทำให้ลดลงได้ด้วยการใช้ความชันหลังคามาก ๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราเร็วของน้ำฝนไม่ให้ไหลบนผืนหลังคานานจนเกิดการรั่วซึมนั่นเอง

**2.1.3 ปัญหาต่าง ๆ ที่พบ**

กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ เป็นวัสดุมุงหลังคาที่มีปัญหาต่างๆเกิดขึ้นมากมาย โดยปัญหาต่างๆนั้น ล้วนเกิดจากลักษณะเฉพาะตัวของกระเบื้องเอง ทั้งเรื่องลักษณะทั่วไปของกระเบื้องและลักษณะการมุงหลังคาดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว โดยปัญหาที่พบมีรายละเอียดและที่มาดังต่อไปนี้

ก. <u>การรั่วซึมของน้ำฝน</u>

การรั่วซึมของน้ำฝนกับการใช้งานกระเบื้องมุงหลังคาดินขอนั้น ถือเป็นของคู่กันมาช้านานแล้ว ซึ่งการรั่วซึมของน้ำฝนนั้น อาจเกิดได้โดยง่ายและอาจกินอาณาบริเวณกว้างบนผืนหลังคา จากการสังเกตและสอบถามจากผู้ใช้งาน รวมทั้งช่างมุงหลังคาจำนวนหนึ่ง ให้ข้อมูลว่าน่าจะมาจากการที่กระเบื้องดินขอไม่มีร่องระบายน้ำและระยะซ้อนทับระหว่างแผ่นน้อยเกินไป

ข. <u>ความเสี่ยงจากการถูกลมพัดปลิวหลุดจากโครงสร้างหลังคา</u> (สิทธิชัย เนียมเจริญ, 2548)

กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ ถือเป็นวัสดุมุงหลังคาที่มีความเสี่ยงที่จะถูกลมพัดปลิวหลุดจากโครงสร้างหลังคาสูงมากที่สุด เมื่อเทียบกับวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น จากการศึกษาพบว่า การมุงหลังคาบนโครงสร้างเหล็กที่มีความสูงที่สุดของตัวบ้านนั้น สิ่งที่ผลกระทบโดยตรงกับแผ่นกระเบื้องนั้นคือ แรงลม ถ้าหากมีลมแรงๆเข้ามาปะทะกับส่วนของหลังคานั้น ลำพังน้ำหนักของกระเบื้องเอง อาจไม่สามารถต้านทานแรงลมได้ จนเกิดการพัดปลิวขึ้น (Uplift) จากโครงสร้างหลังคาได้ การมุงหลังคาเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวพบว่า ต้องทำการยึดกระเบื้องเข้ากับโครงสร้างในระยะที่เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องยึดทุกแผ่น คือทำการยึดแผ่นกระเบื้องกับแปเหล็กทุกๆ 2-3 แผ่น ในแต่ละแถวของการมุง โดยการยึดกระเบื้องเข้ากับแปเหล็กนั้น โดยสามารถยึดกับโครงสร้างหลังคาได้ด้วยตะปู ลวด หรือคลิปยึดกับแป (กลอน) จากการศึกษาพบว่า การเกิดการปลิวหลุดของกระเบื้องนั้น มักจะเกิดจากกระเบื้องมุงหลังคาบริเวณชายคาก่อนเสมอ ซึ่งถ้าบริเวณดังกล่าวเกิดการปลิวหลุดแล้ว กระเบื้องมุงหลังคาส่วนต่างๆบนหลังคาที่เหลือก็จะหลุดตามออกมา แต่ในการก่อสร้างโดยทั่วไปนั้น ไม่ได้มีการยึดกระเบื้องให้ติดแน่นกับโครงสร้าง ใช้เพียงแต่น้ำหนักของกระเบื้องทับกันเองเท่านั้น

อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ มีความเสี่ยงสูงกับการถูกพัดปลิวคือการที่การที่ตัวกระเบื้องเอง ไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดที่มีการซ้อนทับด้านข้าง (Side Lapping) สาเหตุที่กระเบื้องมุงหลังคาปลิวหลุดได้เนื่องจากแรงลมที่กระทำกับหลังคา (Wind Uplift Pressure) มีค่ามา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่าแรงต้านทานของกระเบื้อง (Tiles Resistance) นั่นเอง โดยปกติแรงต้านทานของกระเบื้องจะประกอบไปด้วย

- น้ำหนักของกระเบื้อง (Self Weight of Tiles)
- การยึดเหนี่ยวจากการซ้อนทับด้านข้างของกระเบื้องหลังคา (Side lapping)
- แรงต้านทานจากการใช้อุปกรณ์ยึดเกาะกระเบื้องหลังคาและครอบ (Fixing)

โดยทั่วไปแล้วน้ำหนักของกระเบื้องและแรงยึดเหนี่ยวจากการซ้อนทับด้านข้างของกระเบื้องมุงหลังคา ถือว่าเป็นแรงต้านทานเบื้องต้นของกระเบื้องหลังคา (Initial tiles Resistance) ในระดับหนึ่งอยู่แล้วแต่ไม่เพียงพอกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนไปซึ่งส่งผลทำให้แรงลมทวีความแรงขึ้นทุกขณะ

จากข้อมูลข้างต้น ทำให้สามารถสรุปเรื่องลักษณะของกระเบื้องแต่ละชนิดกับความเสี่ยงของการถูกพัดปลิวหลุดจากแรงลมได้ดังตารางดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 กระเบื้องแต่ละชนิดกับความเสี่ยงต่อการถูกลมพัดปลิวหลุดจากโครงสร้างหลังคา

| ประเภทของกระเบื้อง | กระเบื้อง | น้ำหนัก | การซ้อนทับด้านข้าง | การยึดกระเบื้อง | ความเสี่ยง |
|---|---|---|---|---|---|
| Flat tiles | ดินขอ | เบา | ไม่มี | น้อยมาก ,ไม่มี | มาก |
| Profiled sheet | ลอนคู่ | เบา | ปานกลาง | ครบทุกแผ่น | ปานกลาง |
| Interlocking tiles | C-PAC | หนัก | มาก | ครบทุกแผ่น | น้อย |

ค. ราคาค่าก่อสร้างส่วนโครงสร้างหลังคาแพง

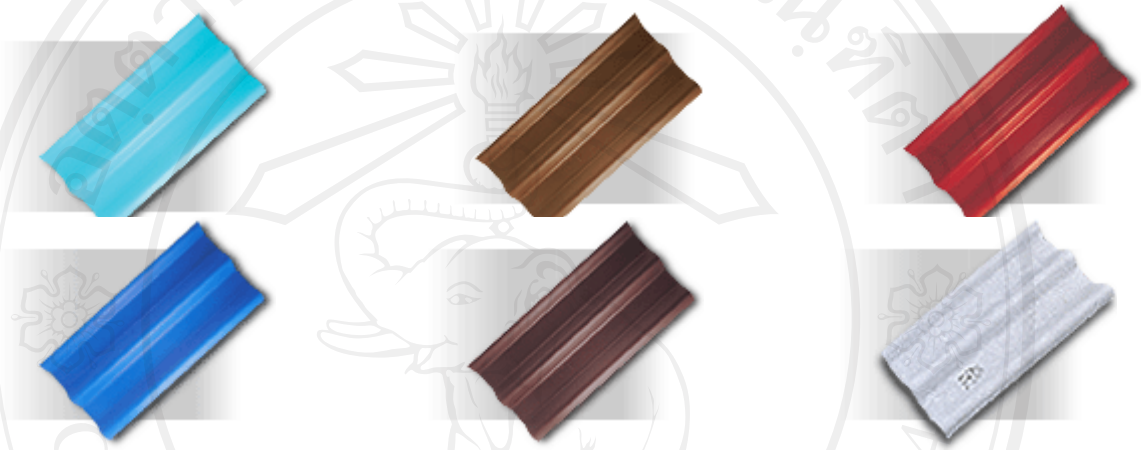
กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ เป็นวัสดุมุงหลังคาที่มีขนาดเล็กดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จากข้อมูลเรื่องวิธีการมุงหลังคา แสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่า ด้วยลักษณะของกระเบื้องเอง ที่ไม่มีความสามารถในการป้องการรั่วซึมของน้ำฝนและการป้องกันการถูกลมพัดปลิวหลุดจากหลังคา จึงทำให้การมุงหลังคานั้น ต้องมุงถึง 2 ชั้น เมื่อมีการมุงหลังคาในลักษณะดังกล่าวแล้ว เป็นผลให้ต้องใช้ระยะแปหรือกลอนถี่มากกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่นที่มีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมและการป้องกันการถูกลมพัดปลิวหลุดจากหลังคา

ข้อมูลต่อไปนี้ เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในส่วนของโครงสร้างหลังคา (ไม่รวมวัสดุมุงหลังคา) ของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอกับวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น โดยจะพิจารณาราคาต่อหน่วย 1 ตารางเมตร องศาของหลังคาเท่ากัน ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. กระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่ (Fiber Cement Sheet)

เป็นวัสดุมุงหลังคาที่มีขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นลอน ทั้งลอนเล็กและลอนใหญ่ ผลิตจากซีเมนต์และสารประกอบต่างๆ โดยในอดีตใช้ใยหิน (Asbestos) เป็นส่วนประกอบในการผลิต แต่ถูกแทนที่ด้วยสารประกอบระหว่าง Polydactyl Nitrite และ Polyvinyl Alcohol ซึ่งนอกจากจะให้ความแข็งแรงมากกว่าแล้วยังไม่เป็นอันตรายต่อร่างการ ทั้งในขั้นตอนการผลิตและขั้นตอนการทำงาน และยังสามารถนำมา Recycle ได้อีกด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 กระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่

เนื่องจากกระเบื้องลอนคู่มีขนาดใหญ่ จึงใช้โครงสร้างน้อย วิธีการมุงไม่ต้องมุงสลับแผ่นเพราะจะต้องมุงซ้อนทับแผ่นกับอยู่แล้ว การติดตั้งจะต้องยึดด้วย Screw กับโครงสร้างหลังคา โดยสามารถใช้กับหลังคาที่มีองศาต่ำได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5 อุปกรณ์ยึดแผ่นกระเบื้องแบบต่างๆ

(Eberhard Schunck ,Hans Jochen Oster and Rainer Barthel,Kurt Kiessl, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ราคาค่าวัสดุของการใช้กระเบื้องลอนคู่ในการมุงหลังคานั้น ต่ำกว่าการใช้กระเบื้องมุงหลังคาชนิดอื่น เนื่องจากขนาดของกระเบื้องลอนคู่ ที่สามารถมุงได้ในพื้นที่ที่มากกว่านั่นเอง ดังนั้นจึงใช้ระยะเวลาในการติดตั้งโครงหลังคาและการมุงหลังคาน้อย โดยกำหนดให้ใช้กระเบื้องที่มีความยาว 1.20 ม. มีระยะจันทันเท่ากับ 2.00 ม. ระยะแป(กลอน)เท่ากับ 1.00 ม. โดยสามารถแสดงตารางราคาค่าก่อสร้างหลังคาโดยใช้กระเบื้องลอนคู่ได้ดังนี้ (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ราคาค่าก่อสร้างหลังคาของกระเบื้องลอนคู่

| ลำดับ | รายการ | ปริมาณ | หน่วย | ค่าวัสดุ | | ค่าแรง | | รวมราคาทั้งสิ้น |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ราคา/หน่วย | รวม | ราคา/หน่วย | รวม | |
| 1.0 | กระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่ | | | | | | | |
| 1.1 | จันทันเหล็ก : Light Lip C 100x50x20x3.2 mm. @ 2.00 m. | 0.50 | ม. | 80.00 | 40.00 | | 15.00 | 55.00 |
| 1.2 | แปเหล็ก : Light Lip C 75x50x20x3.2 mm. @ 1.00 m. | 1.00 | ม. | 79.10 | 79.10 | | 15.00 | 94.10 |
| 1.3 | กระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่ | 2.00 | แผ่น | 32.50 | 65.00 | 10.00 | 20.00 | 85.00 |
| 1.0 | กระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่ | | | | | | | 234.10 |
| | | ที่มา : ร้าน Global House เชียงใหม่ 9 ตุลาคม 2551 | | | | | | |

2. กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน

กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน มีขนาดสั้นกว่ากระเบื้องมุงหลังคาลอนคู่ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปโดยกำหนดระยะแป(กลอน) เท่ากับ 0.30 ม. ระยะจันทันเท่ากัน 1.00 ม. โดยจะสามารถแสดงตารางราคาค่าก่อสร้างหลังคาโดยใช้กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอนได้ดังนี้ (ตารางที่ 2.3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 ราคาค่าก่อสร้างหลังคาของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน

| ลำดับ | รายการ | ปริมาณ | หน่วย | ค่าวัสดุ | | ค่าแรง | | รวมราคาทั้งสิ้น |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ราคา/หน่วย | รวม | ราคา/หน่วย | รวม | |
| 1.0 | กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน | | | | | | | |
| 1.1 | จันทันเหล็ก : Light Lip C 100x50x20x3.2 mm. | 1.00 | ม. | 80.00 | 80.00 | | 40.00 | 120.00 |
| 1.2 | แปเหล็ก : 25x25x1.6 mm. | 5.00 | ม. | 30.83 | 154.15 | | 40.00 | 194.15 |
| 1.3 | กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน | 10.00 | แผ่น | 10.50 | 105.00 | 5.00 | 50.00 | 155.00 |
| 1.0 | กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน | ที่มา : ร้าน Global House เชียงใหม่ 9 ตุลาคม 2551 | | | | | | 469.15 |

3. กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ

กำหนดให้ใช้ระยะแป(กลอน) เท่ากับ 0.10 ม. ระยะจันทันเท่ากัน 1.00 ม. สามารถแสดงตารางราคาค่าก่อสร้างหลังคาโดยใช้กระเบื้องมุงหลังคาดินขอได้ดังนี้ (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 ราคาค่าก่อสร้างหลังคาของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ

| ลำดับ | รายการ | ปริมาณ | หน่วย | ค่าวัสดุ | | ค่าแรง | | รวมราคาทั้งสิ้น |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ราคา/หน่วย | รวม | ราคา/หน่วย | รวม | |
| 1.0 | กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ | | | | | | | |
| 1.1 | อะเสเหล็ก : Light Lip C 100x50x20x3.2 mm. | 1.00 | ม. | 80.00 | 80.00 | 116.00 | 116.00 | 196.00 |
| 1.2 | แปเหล็ก : 25x25x1.6 mm. | 11.00 | ม. | 30.83 | 339.13 | 16.32 | 179.52 | 518.65 |
| 1.3 | กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ | 150.00 | แผ่น | 4.00 | 600.00 | 0.75 | 112.50 | 712.50 |
| 1.0 | กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ | ที่มา : ร้าน Global House เชียงใหม่ 9 ตุลาคม 2551 | | | 419.13 | | 408.02 | 1,427.15 |

จากตารางเปรียบเทียบราคาค่าวัสดุและค่าแรงการก่อสร้างหลังคาของวัสดุมุงหลังคาทั้ง 3 ชนิด จะเห็นได้ว่า ราคาเฉลี่ยต่อตารางเมตรของกระเบื้องลอนคู่ มีราคาต่ำมากที่สุด เนื่องจากใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณเหล็กน้อยกว่า และใช้ระยะเวลาการก่อสร้างน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับวัสดุมุงหลังคาทั้ง 3 ชนิดนี้ เมื่อเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอนและราคาค่าก่อสร้างของกระเบื้องมุงหลังคาดินขอ พบว่า ราคาค่าก่อสร้างกระเบื้องมุงหลังคาดินขอสูงกว่าถึง 3 เท่าตัว เนื่องจากปริมาณโครงสร้างเหล็กและปริมาณกระเบื้องที่ใช้ต่อตารางเมตร มากกว่ากระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน ทั้งระยะเวลาในการก่อสร้างหลังคาที่มุงด้วยกระเบื้องมุงหลังคาดินขอยังยาวนานกว่าอีกด้วยจึงสามารถสรุปได้ว่า กระเบื้องมุงหลังคาดินขอ เป็นวัสดุมุงหลังคาที่ใช้ค่าใช้จ่ายสูงมากที่สุดเมื่อมีพื้นที่หลังคาเท่ากัน

## 2.2 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีบัวดักน้ำ

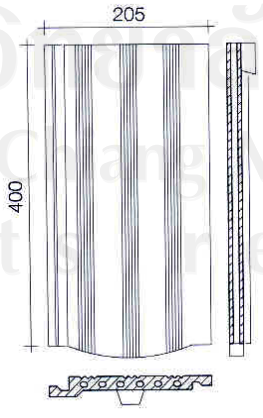
กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีบัวดักน้ำ เป็นวัสดุมุงหลังคาที่เพิ่มส่วนซ้อนทับด้านข้าง เพื่อช่วยป้องกันการรั่วซึมน้ำฝนและยังเป็นส่วนที่ช่วยให้กระเบื้องแต่ละแผ่นมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงของการรั่วซึมของน้ำฝนและการถูกลมพัดปลิว ทั้งนี้จะเป็นสิ่งที่ช่วยในการกำหนดรูปแบบของการเพิ่มขนาดกระเบื้องมุงหลังคาดินเผา ให้มีระยะห่างของแปหลังคาเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับวัสดุมุงหลังคาที่มีขายอยู่ทั่วไป

**กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีบัวดักน้ำ**

กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีบัวดักน้ำ(Interlocking Tile) ที่มีขายอยู่ทั่วไปนั้น มีทั้งชนิดที่ผลิตจากคอนกรีตและดินเหนียว ซึ่งสามารถแบ่งตามประเภทได้ดังนี้

### 2.2.1 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีระบบบัวดักน้ำด้านเดียว (Wire-cut Interlocking Clay Tiles)

เป็นกระเบื้องหลังคาที่ประยุกต์มาจากกระเบื้องชนิดแผ่นเรียบ ที่มีการเพิ่มส่วนบัวดักน้ำที่สามารถยึดกับแผ่นข้างๆได้ แต่ยังมีเดือยเพื่อทำการยึดกับโครงสร้างหลังคา ดังแสดงในภาพที่ 2.6



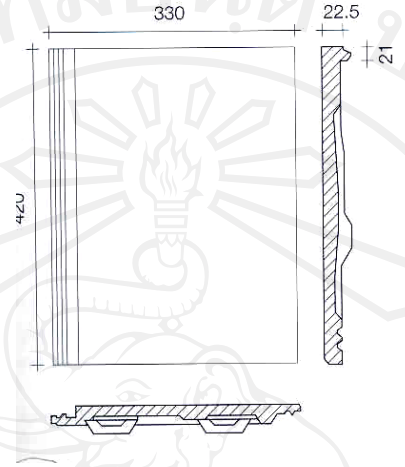

ภาพที่ 2.6 หลังคาแบบ Wire-cut Interlocking Clay Tiles

(Eberhard Schunck ,Hans Jochen Oster and Rainer Barthel,Kurt Kiessl, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.2.2 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีระบบบัวดักน้ำ 2 ด้าน (Flat Clay Roof tiles With Deep Side and Tail Ribs)**

เป็นกระเบื้องที่มีส่วนที่ทำการยึดเกาะกับแผ่นข้างๆ และมีร่องหยักบริเวณตอนล่างของแผ่น เพื่อการกันลื่นระหว่างแผ่น ดังแสดงในภาพที่ 2.7

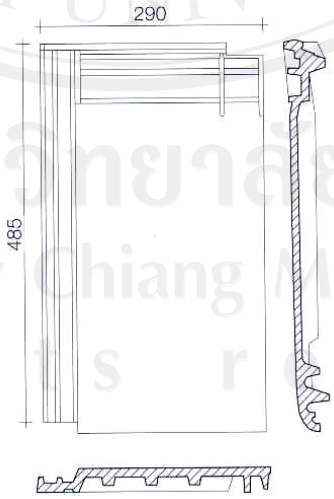



ภาพที่ 2.7 หลังคาแบบ Flat Clay Roof tiles with Deep Side and Tail Ribs

(Eberhard Schunck ,Hans Jochen Oster and Rainer Barthel,Kurt Kiessl, 2004)

**2.2.3 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีระบบบัวดักน้ำรอบตัว(Flat Clay Roof Tiles With Ribs All Side)**

จะมีส่วนที่ทำหน้าที่ยึดเกาะกับกระเบื้องทั้ง 4 แผ่นรอบตัว โดยส่วนที่ทำการยึดเกาะนี้เองยังทำหน้าที่เป็นบัวดักน้ำ เพื่อกันน้ำย้อนกลับไปใต้หลังคาได้อีกด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2.8




ภาพที่ 2.8 หลังคาแบบ Flat Clay Roof Tiles with Ribs all Sides

(Eberhard Schunck ,Hans Jochen Oster and Rainer Barthel,Kurt Kiessl, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระบบบัวดักน้ำของกระเบื้องมุงหลังคานั้น นอกจากจะช่วยป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนแล้ว ยังถือเป็นการช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นกระเบื้องเข้าไว้ด้วยกัน เนื่องจากเป็นการเพิ่มการซ้อนทับด้านข้างของกระเบื้อง ช่วยให้มีการกดทับซึ่งกันและกัน ระบบบัวดักน้ำที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้น มีทั้งแบบชั้นเดียว สองชั้นและแบบหลายชั้น แต่จากการทดสอบนั้นพบว่า ระบบบัวดักน้ำแบบสองชั้น มีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนได้ดีกว่าแบบชั้นเดียวและแบบหลายชั้น เพราะยิ่งมีบัวดักน้ำมากชั้นเท่าไร ยิ่งเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นหยดน้ำ จากการพัดละอองเล็กๆเข้าไปสะสมได้มากกว่า สำหรับบัวดักน้ำแบบชั้นเดียวนั้น เมื่อเกิดการสะสมของละอองน้ำฝนมากเกินกว่าจะระบายในร่องดักน้ำได้ หยดน้ำดังกล่าวก็จะล้นออก และเกิดการรั่วซึมได้ง่ายเช่นกัน (www.excellaroof.com, 2548)

สำหรับการใช้งานกระเบื้องมุงหลังคาชนิดมีบัวดักน้ำทั้ง 3 ชนิดนั้น กระเบื้องมุงหลังคาชนิด Flat Clay Roof Tiles with Ribs all Sides สามารถป้องกันน้ำฝนได้ดีที่สุด เนื่องมาจากการที่มีบัวดักน้ำรอบตัว ทั้งยังสามารถมุงกับองศาหลังคาที่มีความชันน้อยได้ แต่ในขั้นตอนการก่อสร้างนั้น กระเบื้องมุงหลังคาชนิด Wire-cut Interlocking Clay Tiles สามารถติดตั้งได้ง่ายกว่าทั้ง 3 ชนิด อันเนื่องมากจากการที่มีการซ้อนทับน้อยกว่า สามารถปรับระยะต่างๆจากความผิดพลาดหน้างานได้ง่ายกว่า สำหรับกระเบื้องมุงหลังคาชนิด Flat Clay Roof Tiles with Ribs all Sides ต้องใช้ช่างที่ชำนาญงานเฉพาะทางมากๆ มิเช่นนั้นจะเกิดการผิดพลาดทั้งผืนหลังคา ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงกว่าช่างมุงหลังคาชนิดอื่น

สำหรับกระเบื้องมุงหลังคาชนิดที่มีบัวดักน้ำที่มีขายอยู่ในประเทศไทยนั้น มีมากมายหลายหลายแบบจากการศึกษาวิจัยจึงเลือกวัสดุมุงหลังคาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมาดังนี้

**2.2.4 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดที่ผลิตมาจากคอนกรีต**

1. <u>กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดลอน</u>

กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาชนิดลอน ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา (มอก.535-2527) หมายถึง วัสดุแผ่นมีลอนเกาะเกยสำหรับใช้มุงหลังคา ทำจากคอนกรีตออกแบบให้มีความสวยงามและความแข็งแรงขอบด้านข้างมีรางลิ้นเพื่อเกาะเกยกันระหว่างแผ่นต่อแผ่น ส่วนด้านหลังมีขอบเป็นบัวกันน้ำไหลย้อยเข้าใต้แผ่นกระเบื้อง

ขนาดของกระเบื้องมุงหลังคานั้น บริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนด แต่ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา (มอก.535-2527) กำหนดไว้ว่า ความกว้างและความยาวของกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคานั้นต้องมีขนาดไม่ต่างจากที่ผู้ทำกำหนดไม่เกิน ±3 มิลลิเมตร สำหรับเรื่องรูปทรงและมิตินั้น มีมากมายหลายแบบ ทั้งเป็นลักษณะแผ่นเรียบ มีลอน ดังแสดงในภาพที่ 2.9

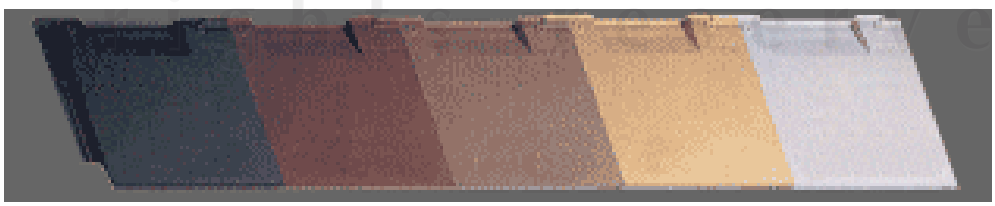
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.9 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดลอน

กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาชนิดลอนเป็นกระเบื้องชนิด Interlocking tiles ชนิด Flat Clay Roof tiles with Deep Side and Tail Ribs ที่มีขนาดใหญ่ สามารถป้องกันน้ำฝนไหลย้อนได้ด้วยระบบ interlocking บริเวณด้านข้างและด้านบนของแผ่นกระเบื้อง มีขนาดใหญ่และหนัก สามารถป้องกัน Wind Uplift Pressure ได้ด้วยการที่มีส่วน Side Lapping ในขั้นตอนการมุงหลังคานั้น สามารถมุงได้ง่ายเนื่องจากการที่มี Interlocking เพียง 2 ด้าน ไม่ต้องใช้ช่างฝีมือที่มีประสบการณ์มาก ราคาค่าแรงไม่แพง

2.กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดแผ่นเรียบ

กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาชนิดแผ่นเรียบ เป็นกระเบื้องมุงหลังคาที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในเวลาขณะนี้ ด้วยความที่เป็นกระเบื้องมุงหลังคาแผ่นเรียบ ภาพหลังการมุงนั้นสวยงาม สามารถใช้กับบ้านได้หลายรูปแบบ ทั้ง Modern Style และแบบอื่นๆได้อย่างลงตัว กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาชนิดแผ่นเรียบผลิตด้วยระบบ Pressing Process ทำให้ผิวกระเบื้องเรียบเนียนเท่ากันทุกแผ่น เคลือบสีด้วยระบบ Water base acrylic paint 3 ชั้น พร้อมผสมสาร UV Absorber ป้องแสงแดดทำลายสีกระเบื้อง ติดตั้งด้วยมาตรฐานการมุง Dry-Tech System ที่สามารถป้องกันการรั่วซึม ดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตชนิดแผ่นเรียบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาชนิดแผ่นเรียบเป็นกระเบื้องชนิด Interlocking tiles ชนิด Flat Clay Roof Tiles with Ribs all Sides ที่มีขนาดใหญ่ สามารถป้องกันน้ำฝนไหลย้อนได้ด้วยระบบ Interlocking รอบตัว ความน่าสนใจของกระเบื้องมุงหลังคาชนิดนี้ อยู่ที่การออกแบบบัวดักน้ำที่เรียบง่าย ทั้งที่เป็นกระเบื้องมุงหลังคาแบบ Flat Clay Roof Tiles with Ribs all Sides แต่สามารถมุงได้ง่ายกว่ากระเบื้องมุงหลังคาชนิดเดียวกัน เนื่องมาจากการที่เป็นแบบแผ่นเรียบที่มีบัวดักน้ำที่เรียบง่ายนั่นเองทั้งยังได้มีการออกแบบระบบยึดเกาะกระเบื้องมุงหลังคากับโครงสร้างที่ทำให้สามารถติดตั้งง่าย

**2.2.5 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดที่ผลิตมาจากดินเหนียว**

1. กระเบื้องมุงหลังคาดินเผาชนิดลอน (www.lafargesiamroofing.com, 2551)

เป็นกระเบื้องมุงหลังคาที่ทำมาจากดินเหนียวที่ได้รับการพัฒนาด้านความแข็งแรงของเนื้อวัสดุ โดยทำมาจากดินเหนียวผสมกับทราย สามารถรักษาสภาพของสีสันของกระเบื้องได้คงทน ซึ่งเป็นสีธรรมชาติที่สามารถคงทนอยู่ได้นานมากกว่า 100 ปี สามารถลงเคลือบเงาได้หลายชั้นมากกว่ากระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา โดยใช้เทคโนโลยีจากประเทศเยอรมัน กระเบื้องดินเผามุงหลังนั้นจะมีน้ำหนักเบากว่ากระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา เมื่อเทียบน้ำหนักต่อตารางเมตร ใช้ระบบการผลิตแบบ Plaster mould ทำให้ได้ผิวกระเบื้องที่เรียบคงทน ไม่แตกหรือบิ่นได้ง่าย มีระบบ Double interlocking เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนของประเทศไทยได้ดี การออกแบบรูปทรงนั้นทำการออกแบบที่ประเทศไทย และส่งไปพัฒนาด้านความสามารถด้านต่างๆ เช่นเรื่องวัสดุ การป้องกันน้ำระบบยึดเกาะกับโครงสร้าง โดย บ.ลาฟราจน์ ประเทศอังกฤษ ดังแสดงในภาพที่ 2.11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2.11 กระเบื้องมุงหลังคาชนิดลอน

กระเบื้องมุงหลังคาชนิดลอนได้รับการพัฒนารูปแบบมาจากกระเบื้องหลังคาทรง Double Roman Clay Tiles จากประเทศอิตาลี เป็นกระเบื้องชนิด Interlocking tiles Flat Clay Roof Tiles With Ribs all Sides สามารถป้องกันน้ำฝนไหลย้อนได้ด้วยระบบ Interlocking รอบตัว ความน่าสนใจของกระเบื้องมุงหลังคาชนิดนี้ อยู่ที่การพัฒนาเรื่องคุณภาพของวัสดุ ให้สามารถขึ้นเป็นรูปทรงแบบลอนได้ รวมทั้งสามารถขึ้นรูปของส่วน Interlocking ได้โดยไม่แตกหรือบิ่นง่าย แต่ด้วยการที่เป็นกระเบื้องมุงหลังคาแบบ Interlocking tiles ชนิด Flat Clay Roof Tiles With Ribs all Sides รวมทั้งยังมีลอนอยู่ในส่วน Interlocking ทำให้ขั้นตอนของการมุงหลังคา ทำได้ยากกว่ากระเบื้องชนิดเดียวกันต้องใช้ช่างที่ชำนาญงานด้านการมุงหลังคาชนิดนี้ในการมุงหลังคา มิเช่นนั้นอาจเกิดปัญหา เช่น มุงเบี้ยว ลอนไม่สามารถเข้ากันได้ หรือเหลือเศษที่ต้องทำการตัดแต่งมาก เป็นต้น

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เป็นการแสดงให้เห็นถึงลักษณะทั่วไป ของกระเบื้องดินขอเปรียบเทียบกับวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น จะเห็นได้ว่า ปัญหาที่พบกับการใช้งานกระเบื้องมุงหลังคาดินขอนั้น ล้วนเกิดจากลักษณะเฉพาะตัวของกระเบื้องทั้งสิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องราคาค่าก่อสร้างที่สูงกว่าวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น ทั้งตัววัสดุและโครงสร้างหลังคา จึงเป็นแนวคิดในการที่จะพัฒนากระเบื้องมุงหลังคาดินเผาให้สามารถลดปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดลงได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## 2.3 กระเบื้องดินเผา

**2.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต** (เกียรติสุดา สมดี, 2550)

การเลือกใช้ดินในการผลิตกระเบื้องดินเผาขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานในการผลิต เช่น ดินที่มีเนื้อละเอียด มีความเหนียวมาก เหมาะสำหรับการใช้ผลิตชิ้นงานกับแป้นหมุน ส่วนดินที่หยาบเหมาะสำหรับการขึ้นรูปด้วยมือหรือการทำดินแผ่น เป็นต้น กระเบื้องดินเผาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปประกอบไปด้วยส่วนผสมต่างๆดังนี้

| | |
|---|---|
| ดินขาว | 10% |
| ดินแดง | 70% |
| ซามอต (Chamotte) | 10% |
| ทรายแก้ว | 10% |

**2.3.2 ขั้นตอนการผลิต**

ดินที่นำมาใช้ในการผลิตกระเบื้องดินเผา ต้องเป็นดินที่มีส่วนผสมของดินแดงเป็นส่วนใหญ่ และต้องมีส่วนผสมของทรายแก้วเล็กน้อย ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

ก. การตีดิน (Disintegrating)

ดินแดงที่นำมาใช้ในการผลิตกระเบื้องนั้น ต้องผ่านการตีดินให้แตกละเอียดพร้อมกับผสมทรายลงไป เติมน้ำเพื่อให้ดินและทรายผสมเข้าด้วยกัน

ข. การรีดดิน (Extruding)

เมื่อดินแดงและทรายผสมกันจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว นำส่วนผสมที่ได้ไปผ่านเครื่องรีดดิน (Extruder) การรีดและคลุกเคล้าดินนี้อาจต้องเติมน้ำเพิ่มลงไปด้วย เครื่องรีดดินนี้จะสามารถดูดอากาศออกจากเนื้อดิน เพื่อให้ดินที่ผ่านจากการรีดเป็นแผ่นไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ในเนื้อดิน

ค. การขึ้นรูป (Forming)

การขึ้นรูปกระเบื้องปูพื้น กระเบื้องมุงหลังคาหรือกระเบื้องบุผนัง จะใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกในการขึ้นรูปเช่นเดียวกันทั้งสิ้น เครื่องอัดที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้น จะมีแรงอัดประมาณ 40-80 ตัน ขึ้นอยู่กับชนิดของกระเบื้องที่ทำการผลิตและขนาดของกระเบื้อง กล่าวคือการผลิตกระเบื้องที่มีขนาดใหญ่จะใช้แรงอัดต่อหน่วยพื้นที่น้อยกว่ากระเบื้องที่มีขนาดเล็ก

ง. การอบแห้ง (Drying)

การอบแห้งกระเบื้องเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากถ้าตัวชิ้นงานไม่แห้งสนิทแล้ว เมื่อนำไปเผากระเบื้องอาจบิดงอหรือแตกหักได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จ. การเผา (Firing)

การเผากระเบื้อง สามารถทำได้ทั้งแบบเผาด้วยเตาฟืนและเตาแก๊ส การเผาด้วยเตาแก๊สโดยมากจะเผาโดยเตาอุโมงค์ (Tunnel Kiln) หรือเตาลูกกลิ้ง (Roller Kiln) ความร้อนที่ใช้ในการเผากระเบื้องอยู่ระหว่าง 1,160 – 1,240 องศาเซลเซียส เผาเป็นเวลา 20 ชั่วโมง

**2.3.3 ความแข็งแรง**

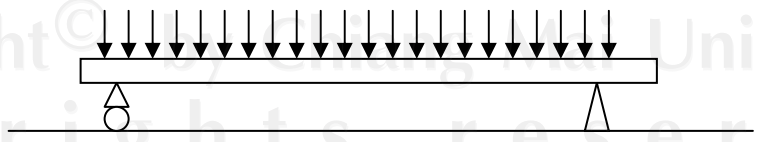
วัสดุประเภทดินเผาสามารถมีความแข็งแรงแตกต่างกันมากด้วยสาเหตุจากหลายประการ เช่น คุณสมบัติของวัตถุดิบหรือดินที่นำมาใช้ซึ่งแตกต่างกันได้แม้กระทั่งมาจากแหล่งเดียวกัน กระบวนการผลิตเช่น เครื่องจักรที่ใช้ การผสมสารเคมี การผสมน้ำ รวมทั้งการเผา คุณสมบัติที่ใช้วัดความแข็งแรงของกระเบื้องคือ ค่าการต้านทานแรงดัด (Bending Strength) ซึ่งพบว่ากระเบื้องดินเผาขนาด 10 ซม. X 10 ซม. หนา 1ซม. ที่ใช้เนื้อดินทั่วไปนั้น เมื่อนำมาทดสอบหาค่าการต้านทานแรงดัดพบว่ามีค่าประมาณ 28.50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนกระเบื้องที่ได้รับการพัฒนาเนื้อดินจากห้องปฏิบัติการวัสดุศาสตร์ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่ามีค่าประมาณ 44.96 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (เกียรติสุดา สมดี, 2550)

**2.4 ทฤษฎีคานอย่างง่าย (Simple Beam)** (คำนึง วัฒนกุล, 2541)

จากค่าความแข็งแรงที่ทราบในหัวข้อ 2.3.3 ทำให้สามารถพยากรณ์ได้ว่า อาจสามารถเพิ่มการเพิ่มความยาวของกระเบื้องมุงหลังคาดินเผาได้หรือไม่ โดยใช้ทฤษฎีทางกลศาสตร์ของวัสดุ

**2.4.1 การวิเคราะห์โครงสร้างประเภทคาน**

คาน คือ แท่งวัสดุที่เกิดการโก่งงอเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกกระทำ หรือ ชิ้นส่วนโครงสร้าง ที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเล็กมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความยาว และโดยทั่วไปแล้ว จะรับน้ำหนักบรรทุกกระทำในแนวตั้งฉากกับแนวความยาว โดยในการวิจัยครั้งนี้ จะพิจารณากระเบื้องว่ามีพฤติกรรมการรับแรงแบบเดียวกับคานธรรมดา (Simple Beam) ดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 คานธรรมดา

(Andrew Pytel and Ferdinand L.Singer, 1987)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คานธรรมดา (Simple Beams) คือคานที่มีฐานรองรับด้านหนึ่งเป็นยึดหมุน อีกปลายเป็นแบบยึดหมุนเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถรับแรงได้ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งเท่านั้น แผ่นกระเบื้องที่ติดตั้งบนหลังคาแล้ว ทางโครงสร้างจะถือเป็นคานอย่างหนึ่ง ซึ่งทฤษฎีเกี่ยวกับคานจะสามารถใช้ประมาณการความหนาของกระเบื้องตามความยาวที่ต้องการ หากทราบกำลังรับแรงดัดของแผ่นกระเบื้อง จะสามารถประมาณการความหนาของแผ่นกระเบื้องได้จากสมการที่ (2.1) ดังนี้

$$d = \sqrt{\frac{300wl^2}{4b\sigma}} \quad (2.1)$$

เมื่อ $d$ = ความหนาของแผ่นกระเบื้อง (เซนติเมตร)

$w$ = น้ำหนักบรรทุกบนแผ่นกระเบื้องที่ใช้ออกแบบ (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

$l$ = ระยะห่างของแปที่รองรับแผ่นกระเบื้อง (เมตร)

$b$ = ความกว้างของแผ่นกระเบื้อง (เซนติเมตร)

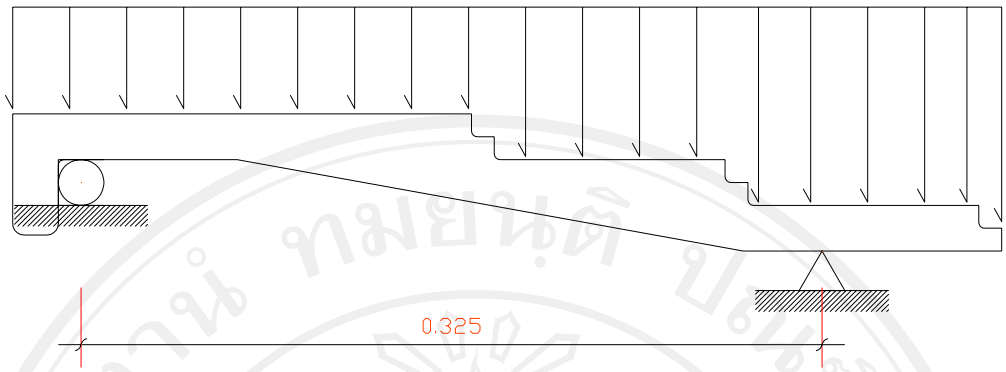
$\sigma$ = กำลังรับแรงดัด (Bending Strength) ของกระเบื้อง (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

จากสมการหากต้องการให้ระยะห่างของแปมีค่าเท่ากับ 32.5 ซม. (เทียบเท่ากับระยะแปของ C-PAC) ความกว้างของกระเบื้องเป็น 32.75 ซม. น้ำหนักบรรทุกบนแผ่นกระเบื้องที่ออกแบบเป็น 800 กก./ตร.ม. (น้ำหนักคนหนึ่งคนบนกระเบื้องแผ่นเดียว) และเนื้อกระเบื้องมีกำลังรับแรงดัด 40 กก./ตร.ม. แล้ว จะคำนวณได้ความหนาของแผ่นกระเบื้องประมาณ 1.35 ซม. ซึ่งน่าจะเป็นไปได้ในการขยายความยาวของกระเบื้องดินขอ

**2.5 วิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์** (ปราโมทย์ เดชะอำไพ และสุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพาณิช, 2548)

การคำนวณค่าความหนาของกระเบื้องด้วยทฤษฎีคานอย่างง่าย(Simple beams) ต้องถูกตรวจสอบการเกิดหน่วยแรงในแผ่นกระเบื้องด้วยวิธีการอื่น เนื่องจากกระเบื้องที่ออกแบบไม่ได้มีลักษณะเช่นเดียวกับคานสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่มีลักษณะรูปตัดขวางเป็นแบบขั้นบันได (แสดงในภาพที่ 2.13) จึงเลือกใช้วิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ เพื่อตรวจสอบหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในแผ่นกระเบื้อง วิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์ เป็นระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Method) ในการวิจัยในครั้งนี้จะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ชื่อ Easy FEM ซึ่งถูกพัฒนาโดยปราโมทย์ เดชะอำไพ และสุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพาณิช การตรวจสอบหน่วยแรงดังกล่าวมีลักษณะของแบบจำลองดังแสดงในภาพที่ 2.13 ดังนี้

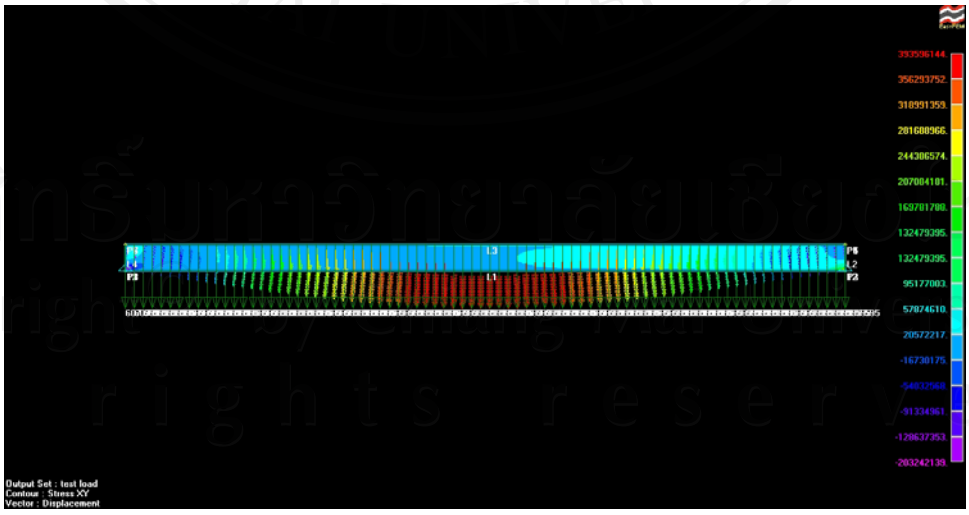
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพที่ 2.13 แบบจำลองการตรวจสอบหน่วยแรงในแผ่นกระเบื้อง

ลักษณะของกระเบื้องในการวิจัยครั้งนี้ มีลักษณะรูปตัดขวางเป็นขั้นบันไดดังแสดงในภาพ กำหนดจุดรองรับทางด้านซ้ายมือเป็นแบบจุดหมุน(Roller) และกำหนดจุดรองรับทางด้านขวามือเป็นแบบตายตัว (Fix) โดยมีระยะห่างกันเท่ากับ 32.50 ซม. มีแรงกระทำบนแผ่นกระเบื้องแบบน้ำหนักบรรทุกแบบแผ่เสมอกัน (Distributed Load)

ผลการวิเคราะห์หน่วยแรงที่เกิดขึ้นภายในกระเบื้องนี้จะสามารถแสดงเป็นแบบคอนทัวร์และแบบเวกเตอร์จากการกระทำของน้ำหนักบนแผ่นกระเบื้อง(แสดงในภาพที่ 2.14) ซึ่งจะสามารถเพิ่มหรือลดขนาดความยาวและความหนาของแผ่นกระเบื้องที่จะออกแบบได้โดยไม่สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตต้นแบบกระเบื้อง




ภาพที่ 2.14 หน่วยแรงที่เกิดขึ้นภายในสามารถอธิบายด้วยแถบสีต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved