การออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาเพื่อการระบายอากาศและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร กรณีศึกษา : อาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น

ROOF DESIGNS TO INCREASE EFFICIENCY THROUGH PROPER VENTILATION HEAT TRANSFER A CASE STUDY OF A TWO-STOREY HOUSE

T 034738 1

ศุภลักษณ์ ใจเรือง

SUPHALUK JAIRUENG

ลขหมู่.....
ลขทะเบียน.....34738
น, เดือน, ปี29 S.A. 2542

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2542

ISBN 974-622-603-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROOF DESIGNS TO INCREASE EFFICIENCY THROUGH PROPER VENTILATION HEAT TRANSFER A CASE STUDY OF A TWO-STOREY HOUSE

SUPHALUK JAIRUENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTLAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1999

ISBN 974-622-603-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 1998

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาเพื่อการระบายอากาศและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร กรณีศึกษา : อาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น**
นักศึกษา	**นายศุภลักษณ์ ใจเรือง**
รหัสประจำตัว	35625008
ปริญญา	**สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**สถาปัตยกรรมเขตร้อน**
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.สุภาวดี รัตนมาศ
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ชัยยุทธ ศรีเผด็จ

บทคัดย่อ

จากสภาพปัจจุบัน ปัญหาเรื่องการใช้พลังงานจะมีแนวโน้มสูงขึ้นในปัจจุบัน การติดตั้งเครื่องปรับอากาศกลายเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นสำหรับครอบครัวในยุคสมัยใหม่ การแก้ปัญหาของอากาศที่ร้อนอบอ้าวด้วยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิภายในบ้านให้เย็นสบายนั้น ก็จะนำมาซึ่งปัญหาสำหรับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารและการบริโภคพลังงาน ซึ่งจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้นในอนาคต โดยเฉพาะเขตชุมชนเมืองที่มีความเจริญสูง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษา เรื่องของการปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา เพื่อการระบายอากาศและการถ่ายเทความร้อน สำหรับอาคารบ้านพักอาศัยโดยตรง เนื่องจากหลังคามีพื้นที่ในการรับเอาความร้อนที่สะสมมากกว่าบริเวณผนังอาคารด้านใดด้านหนึ่ง และความร้อนที่ถูกสะสมมีผลต่อการถ่ายเทลงสู่ภายในอาคารโดยตรง จะทำการศึกษาในส่วนของหลังคาเพื่อลดปริมาณการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารภายใน จากวัสดุมุงหลังคาที่ผลิตขึ้นในประเทศ รูปแบบการระบายอากาศ และวัสดุที่เป็นฉนวนในการป้องกันความร้อน โดยใช้อาคารตัวอย่างจากรูปแบบของบ้านพักอาศัยที่ได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน

ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ ศึกษาถึงรูปแบบของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ คือ หลังคาทรงปั้นหยามุม 35° รูปแบบของหลังคาทรงจั่วมุม 35° และ 60° และนำเสนอพิเศษ คือ หลังคา ทรงแบบราบมุม 0° ศึกษาเฉพาะในส่วนของวัสดุมุงที่เป็น ค.ส.ล. เป็นหลัก ไม่มีการนำเสนอรูปแบบการปรับปรุง เพราะจะทำให้รูปทรงของหลังคาเปลี่ยนแปลงไป และในส่วนของหลังคาทั้ง 3 ทรงที่กล่าวมานั้น จะศึกษาในส่วนของวัสดุมาทั้ง 3 ชนิด คือ ซีแพคโมเนีย กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน และกระเบื้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กเคลือบสังกะสี โดยศึกษาการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาในเรื่องการลดความร้อนโดยวิธีการนำเอาความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาออกสู่ภายนอกอาคาร โดยการระบายอากาศทั้งการเพิ่มความเร็วลมทางธรรมชาติ และการเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดของหลังคา รวมถึงระบบที่นำลมเข้ามาติดตั้งเพื่อการระบายอากาศ แบบใช้พลังงานไฟฟ้า ส่วนวิธีที่ 2 คือการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา โดยการติดตั้งฉนวนในการป้องกันความร้อนโดยศึกษาแนวทางการติดตั้งฉนวนทั้ง 3 ชนิด คือ ฉนวนแบบเซลลูโลส ฉนวนแผ่นใยแก้ว และฉนวนแบบยิบซั่มบอร์ด เพื่อให้เกิดความเหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัย

จากการวิเคราะห์ หลังคากรณีศึกษาพบว่า การระบายอากาศนั้น การนำเอาพัดลมดูดอากาศมาใช้ในการติดตั้งเพื่อการระบายอากาศดีที่สุดในเรื่องของการระบายอากาศ เพราะว่าการหมุนเวียนของอากาศที่เกิดจากพัดลมจะมีความเร็วลมที่คงที่กว่าสภาพของอากาศที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ แต่การติดตั้งพัดลมระบายอากาศนั้นจะบริโภคพลังงานไฟฟ้าและต้องการบำรุงรักษา ส่วนการระบายอากาศโดยวิธีเพิ่มช่องเปิดหรือเพิ่มความเร็วลมโดยการติดตั้งอุปกรณ์การดูดอากาสแบบธรรมชาติสามารถนำไปเลือกใช้ หรือออกแบบติดตั้งได้ตามแต่กรณีไปตามสภาพแวดล้อมนั้น ๆ วิธีการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารโดยการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนนั้นจะพบว่า ฉนวนที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในฉนวนทั้ง 3 ชนิด ที่นำมาวิเคราะห์คือ เซลลูโลส

จากการตรวจสอบ หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา เพื่อการถ่ายเทความร้อนก็พบว่า วัสดุมุงที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนน้อยที่สุดคือ วัสดุมุงชนิดกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสีและในส่วนของรูปทรงหลังคาพบว่าหลังคามุม 60° มีอัตราการถ่ายเทความร้อนของวัสดุมากกว่าหลังคามุม 35° โดยเป็นระบบปิดทั้งหมด ในแง่ของการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารสำหรับบ้านพักอาศัย 2 ชั้นนั้น การป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารโดยการติดตั้งฉนวนเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการป้องกันความร้อน การติดตั้งฉนวนสามารถเลือกใช้ฉนวนที่เหมาะสมกับรูปแบบหลังคาแต่ละประเภทได้ รูปแบบของหลังคาก็จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ปัญหาของหลังคาเรื่องของการรั่วซึมน้อยกว่า บำรุงรักษาง่าย และการออกแบบรูปทรงของหลังคาได้ตามแนวความคิด ในการออกแบบเดิม การติดตั้งฉนวน มีต้นทุนในการติดตั้งที่ไม่แพงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นสามารถลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในหลังคาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นผลให้อุณหภูมิภายในตัวอาคารลดลง ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารมีสภาวะความสบายมากขึ้น การใช้เครื่องปรับอากาศภายในอาคารลดน้อยลง นับได้ว่าเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Roof Designs To Increase Efficiency Through Proper Ventilation Heat Transfer A Case Study Of A Two-Storey House
Student	Mr.Suphalak Chairuang
Student ID.	35625008
Degree	Master of Architecture
Programme	Tropical Architecture
year	1999
Thesis Advisor	Asst.Prof. Suphawadi Rattanamat
Thesis Co-advisor	Mr.Chaiyut Srtiphadet

ABSTRACT

Nowadays, the energy problems will be increase, therefore the setting air conditioner will be in needed for the new family. The air conditioner is one way of the problem solving hot weather in order to decrease the temperature inside the building, but it effects the air pollution and energy consumption especially in urban society.

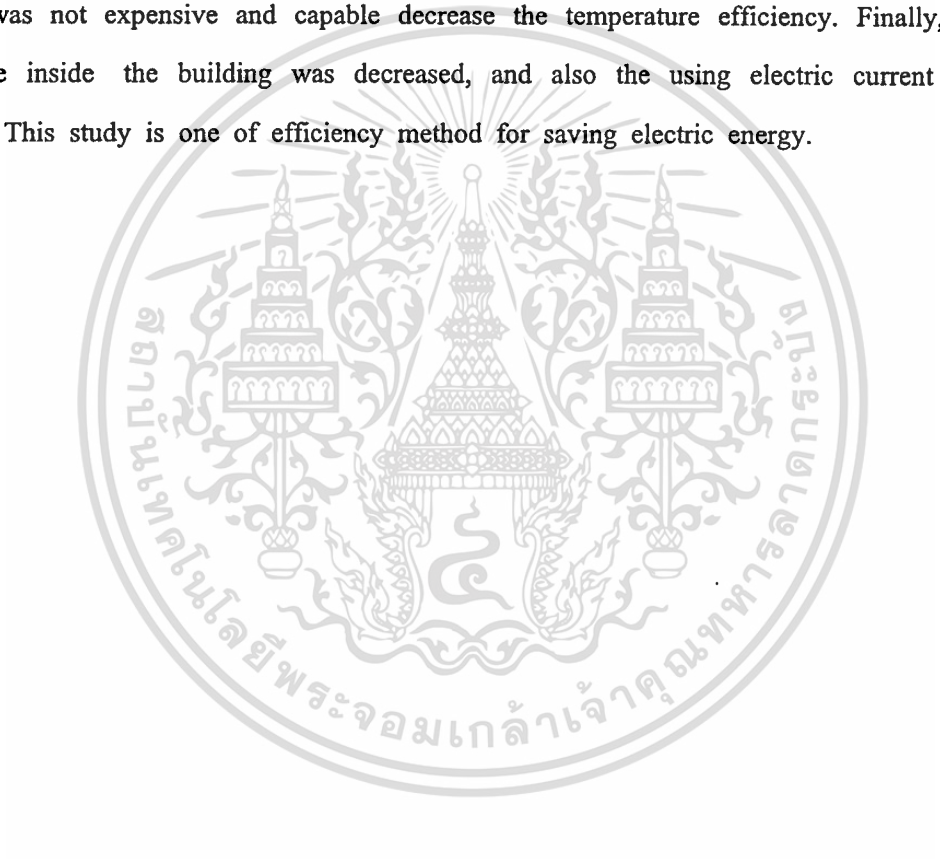
The objective of the study is improving roof efficiency for the decreasing heat tranfer and ventilation of the residence building. According to area of the roof absorbed heat is more than the wall, after that the accumulative heat will directly tranfer inside the building. This study is focusing domestic roof product , type of ventilation, insulator in heat prevention on the resent popular designed residence.

The experimental design is studying 3 type of roof such as 35° Panya shape, 35° and 60° isosceles triangles ; and flat shape roof. Three materials used in the experiment is CPAC Monia, Fibers cement and steel coating with 3ine. The method of ventilation used increasing the wing velocity ; increasing the hole of the roof; and used the in electric fan for the ventilation. The other method used the in sulator heat prevention which studying 3 kinds insulators such as cellulose, fibers and gypsum board.

The result of the study concluded that the electric fan application in setting was the most appropriated in the ventilation because the velocity was constant. The disadvantage were using the electric and needed the maintenance. The increasing wind velocity and hole to the roof able to apply, it depens on the environment. The best efficiency of insulator in the experiment was cellulose insulator.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The investigation after roof efficiency improvement was found that the Least efficiency roof was steel coating with 3ine. The 60° isoceles triangles was more tranfer the heat than 35°. The heat prevention come inside the residence by insulator setting was the most appropriate. It depends on type of the roof. When the roof shape was still constant that is no problem in maintenace and designed shape of the roof. Moreover, the insulator was not expensive and capable decrease the temperature efficiency. Finally, the temperature inside the building was decreased, and also the using electric current was decreased. This study is one of efficiency method for saving electric energy.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพได้เป็นผลมาจากคำแนะนำของท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ท่าน ผศ.สุภาวดี รัตนมาศ และครอบครัวที่สละเวลาในการชี้แนะมาตลอดการทำงาน ท่านอาจารย์ชัยยุทธ์ ศรีเผด็จ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ท่านอาจารย์ ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ ท่าน ร.ศ.กุสุมา ธรรมธำรง ซึ่งท่านทั้งสองเป็นคณะกรรมการร่วมในการตรวจวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบังทุกท่าน ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากทุกท่านที่กล่าวมา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ มฤคินทร์ นิยมทัศน์ หัวหน้าภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏพระนคร รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาที่ให้คำแนะนำและสนับสนุน

ขอขอบพระคุณ คุณแม่เฉลิมศรี ใจเรือง ที่ให้กำลังใจในการทำงานตลอดเวลา รวมทั้งเพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือและแนะนำต่าง ๆ พร้อมตรวจข้อแก้ไขและผิดพลาด โดยเฉพาะน้องภาณุ จวนสาง วิศวกรไฟฟ้าที่ช่วยเหลือด้านการคำนวณตลอด รวมทั้งน้อง ๆ ที่ช่วยในการทำแบบและเอกสาร

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ทั้งด้านข้อมูลและการพิมพ์ที่ได้อนุเคราะห์ ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการแก้ไขตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีที่จะได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศุภลักษณ์ ใจเรือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญรูป	XVI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	4
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 สมมติฐานของงานวิจัย	9
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	11
2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อการถ่ายเทความร้อน	11
2.2 สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร	12
2.3 สภาวะความสบาย (Comfort Zone)	13
2.4 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความสบาย	14
2.5 การศึกษาช่วงเวลาที่ต้องการป้องกันความร้อนที่เกิดจากสภาพอากาศ	14
2.6 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารหลังคา	19
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านหลังคา	21
2.8 แนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรม เพื่อการประหยัดพลังงาน	41
2.9 การคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq)	49
2.10 การให้ร่มเงาแก่อาคารด้วยการใช้เครื่องบังแดด	50
2.11 ผลการวิจัยการประหยัดพลังงานกับการออกแบบบ้านพักอาศัย	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การศึกษากรณีอาคารตัวอย่าง (Case Study)..... 54

3.1 ลักษณะและรูปแบบชนิดของหลังคาโดยทั่วไป..... 54

3.2 เกณฑ์การพิจารณารูปทรงของหลังคาเพื่อนำมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ..... 56

3.3 การกำหนดรูปแบบของหลังคาในการทดสอบและการกำหนดอาคารตัวอย่าง..... 57

3.4 ลักษณะโดยทั่วไปทางสถาปัตยกรรมของอาคารตัวอย่าง..... 59

บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลของอาคารตัวอย่าง..... 70

4.1 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุงในส่วนของหลังคาปั้นหยา..... 70

4.2 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุงในส่วนของหลังคาจั่วมุม 35° และ 60°..... 84

4.3 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุง ในส่วนของหลังคาทรงแบนราบ... 111

4.4 การเปรียบเทียบผลการถ่ายเทความร้อนของวัสดุทั้ง 3 ชนิด และรูปทรงของหลังทั้ง 4 แบบ..... 123

4.5 การวิเคราะห์การระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35°..... 125

4.6 การวิเคราะห์การระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงจั่วมุม 35° และ 60°..... 128

4.7 การวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปทรงหลังคาแบบราบ มุม 0° วัสดุมุง ค.ส.ล.. 137

บทที่ 5 การออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อน..... 141

5.1 แนวความคิดในการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา..... 141

5.2 ปัญหาและข้อจำกัดในการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา..... 142

5.3 การออกแบบโดยวิธีการนำความร้อนจากภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคาร โดยวิธีการปรับปรุงรูปแบบของหลังคาโดยตรง..... 142

5.4 การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของหลังคาโดยวิธีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา (Turbine Ventilator) โดยวิธีทางธรรมชาติ... 205

5.5 การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของหลังคา โดยวิธีการติดตั้งพัดลมระบาย..... 222

5.6 การออกแบบโดยวิธีป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร โดยวิธีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน..... 240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.7 สรุปผลการวิเคราะห์การติดตั้งฉนวนในการป้องกันความร้อนของหลังคา ทั้ง 3 รูปแบบจากการศึกษาวิธีการออกแบบและติดตั้งฉนวนในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารทั้ง 3 รูปแบบ..... 332

บทที่ 6 สรุปผลการออกแบบและข้อเสนอแนะ..... 349

6.1 สรุปผลการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาและข้อเสนอแนะ.... 349

บรรณานุกรม..... 352

ภาคผนวก..... 354

ภาคผนวก ก. ข้อมูลการหา Effective Temperature และคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ของวัสดุ..... 355

ภาคผนวก ข. ตารางข้อมูลการคำนวณค่าการถ่ายความร้อนรวมของกรอบอาคาร OTTV และ RTTV..... 360

ประวัติผู้เขียน..... 368

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงข้อมูลจำเพาะของวัสดุมุงหลังคาโดยทั่วไปตามท้องตลาดที่ใช้สำหรับอาคารบ้านพักอาศัย	5
2.1	แสดงค่าสถิติภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร (พ.ศ. 2494 – 2537)	16
2.2	แสดงค่า EFFECTIVE TEMPERATURE ของกรุงเทพมหานครในรอบปี	17
2.3	แสดงค่ามาตรฐานความสบายทางอุณหภูมิ (E.T.) ของกรุงเทพมหานครเป็นรายเดือน	18
2.4	แสดงค่ามาตรฐานความสบายทางอุณหภูมิ (E.T) ของกรุงเทพมหานครเป็นรายชั่วโมง	19
2.5	แสดงข้อมูลจำเพาะของกระเบื้องแต่ละบริษัทผู้ผลิต	26
2.6	แสดงข้อมูลจำเพาะของกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	29
2.7	แสดงลักษณะความสูงของดั้ง	30
2.8	แสดงมาตราฐานค่าการถ่ายเทความร้อน	34
2.9	แสดงรูปทรงของหลังคาชนิดต่าง ๆ	36
2.10	แสดงการหาขนาดของพื้นที่ A ซึ่งสามารถคำนวณได้	40
3.1	แสดงรูปแบบและชนิดของหลังคาและรายละเอียดโดยทั่วไป	54
3.2	แสดงกรณีในการพิจารณาเพื่อกำหนดรูปแบบของหลังคามาสู่การทดสอบ	57
3.3	แสดงรายละเอียดวัสดุมุงและโครงสร้างโดยทั่วไปของอาคารตัวอย่าง	58
3.4	แสดงพื้นที่ใช้สอยอาคาร	59
4.1	แสดงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับหลังคาทรงปั้นหยามุม 35°	70
4.2	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของรูปทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย)	72
4.3	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน)	76
4.4	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี)	80
4.5	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม35°	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.6	แสดงตัวแปรที่เกี่ยวข้องของหลังคาทรงจั่ว.....	85
4.7	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย).....	86
4.8	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องใยหิน).....	91
4.9	แสดผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเคลือบสังกะสี).....	95
4.10	แสดผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย).....	99
4.11	แสดผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กใยหิน).....	103
4.12	แสดผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี).....	107
4.13	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° และ 60°.....	110
4.14	แสดงการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องของหลังคา ค.ส.ล แบนราบ.....	112
4.15	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแบนราบมุม 0° (วัสดุมุงเป็น ค.ส.ล. แบนราบ).....	114
4.16	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแบนราบ 0° (วัสดุมุงเป็น ค.ส.ล. แบนราบ) (แบบไม่มีช่องว่างอากาศใต้ฝ้าเพดาน).....	118
4.17	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคาทรงแบบราบ 0°...	122
4.18	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ.....	123
4.19	แสดงรายละเอียดของระบบการระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงปั้นหยา.....	126
4.20	แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปปั้นทรงปั้นหยามุม 35°	128
4.21	แสดงรายละเอียดของการระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงจั่ว.....	130
4.22	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ รูปทรงจั่วมุม 35°	131
4.23	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงจั่วมุม 60°	134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.24	แสดงรายละเอียดของการระบายอากาศของรูปหลังคาแบบราบมุม 0° วัสดุมุง ค.ส.ล.	138
5.1	แสดงรายละเอียดของช่องเปิดแบบสำเร็จรูประบายอากาศใต้หลังคา	144
5.2	แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างทางลมเข้าและลมออก	149
5.3	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการตกของฝุ่นละอองในอากาศชนิดต่าง ๆ	156
5.4	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาปั้นหยา มุม 35° ในรูปแบบที่ 1	164
5.5	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ	166
5.6	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาปั้นหยามุม 35° ในรูปแบบที่ 2	167
5.7	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ	169
5.8	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาปั้นหยา มุม 35° ในรูปแบบที่ 3	170
5.9	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ	172
5.10	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาปั้นหยามุม 35° ในรูปแบบที่ 4	173
5.11	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ	175
5.12	แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปแบบการเจาะช่องเปิดบนหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35° ทั้ง 4 รูปแบบ	173
5.13	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาทรงจั่วมุม 35° ในรูปแบบที่ 1	180
5.14	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ	182
5.15	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° ในรูปแบบที่ 2	183
5.16	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ	185
5.17	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม35° ในรูปแบบที่ 3	186

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.18	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ.....	188
5.19	แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปแบบการเจาะช่องเปิดบนหลังคา รูปทรงจั่วมุม 35 องศา ทั้ง 3 รูปแบบ.....	189
5.20	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° ในรูปแบบที่ 1.....	193
5.21	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ.....	195.
5.22	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° ใน รูปแบบที่ 2.....	196
5.23	แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศ.....	198
5.24	แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 60° ในรูป แบบที่ 3.....	199
5.25	แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ.....	201
5.26	แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปแบบการเจาะช่องเปิดบนหลังคารูป ทรงจั่วมุม 60° ทั้ง 3 รูปแบบ.....	202
5.27	แสดงรายละเอียดของพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติ...	206
5.28	แสดงประสิทธิภาพในการระบายอากาศของพัดลมระบายอากาศขนาด 14 นิ้ว กระแสลมภายนอกของความเร็วลมที่ 18 MPH.....	208
5.29	แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนของพัดลมและประสิทธิภาพในการระบายอากาศ ภายในโพรงหลังคาของหลังคารูปทรงยั้นหยามุม 35° ของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด.....	210
5.30	แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนของพัดลมและประสิทธิภาพในการระบายอากาศภาย ในโพรงหลังคาของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° ของวัสดุมุมทั้ง 3 ชนิด.....	215
231	แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนของพัดลมและประสิทธิภาพในการระบายอากาศ ภายในโพรงของหลังคาของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° ของวัสดุมุมทั้ง 3 ชนิด.....	218
5.32	แสดงรายละเอียดของพัดลมที่นำมาใช้ในการติดตั้งในส่วนของหลังคาเพื่อการ ระบายอากาศทั้ง 3 รูปแบบ.....	226
5.33	แสดงรายละเอียดของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาสำหรับหลังคา รูปทรงปั้นหยามุม 35°	229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.34 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° 232

5.35 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° 235

5.36 แสดงผลการวิเคราะห์การนำเสนอรูปแบบการติดตั้งพัดลมระบายอากาศของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ..... 238

5.37 สรุปการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของฉนวนกันความร้อน..... 244

5.38 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุฉนวน..... 246

5.39 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุต่าง ๆ ที่มีความหนา 1 นิ้ว..... 249

5.40 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 251

5.41 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ใช้ฉนวนใยแก้ว)..... 254

5.42 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)..... 257

5.43 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 260

5.44 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)..... 263

5.45 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)..... 266

5.46 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ใช้ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 269

5.47 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)..... 272

5.48 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)..... 275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.49 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 278

5.50 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นใยแก้ว)..... 281

5.51 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)..... 284

5.52 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 287

5.53 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)..... 290

5.54 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)..... 293

5.55 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 296

5.56 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)..... 299

5.57 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)..... 302

5.58 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 305

5.59 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นใยแก้ว)..... 308

5.60 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)..... 311

5.61 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 314

5.62 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)..... 317

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.63 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)..... 320

5.64 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)..... 323

5.65 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)..... 326

5.66 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)..... 329

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงหลังคาในแง่ของการรับความร้อน	2
2.1	แสดงการติดตั้งในตำแหน่งที่ติดตั้งวัสดุกันความร้อน	22
2.2	แสดงลักษณะการติดตั้งวัสดุกั้นหลังสีความร้อนใต้หลังคา	23
2.3	ลักษณะของกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังตามมาตรฐาน มอก.535-2527	25
2.4	การมุงกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา	26
2.5	รายละเอียดและวิธีการมุงกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาซีแพคโมเนีย	27
2.6	หน้าตัดของกระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน	28
2.7	แสดงความสูงของลอน	28
2.8	แสดงความลาดที่เหมาะสม	30
2.9	แสดงแผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบชนิดลอนเล็ก	31
2.10	แสดงแผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบชนิดลอนใหญ่	31
2.11	แสดงการเจาะช่องระบายอากาศของหลังคาบ้าน	37
2.12	แสดงการทำช่องระบายอากาศของต่ออาคาร	39
2.13	แสดงแผนภาพชีวะอากาศสำหรับเขตละติจูด 13 องศาเหนือ หรือใต้ (BIOCLIMATIC CHART FOR LATITUBE 13 องศาเหนือหรือใต้	41
2.14	แสดงส่วนของอาคารที่รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์	42
2.15	แสดงการให้ความชุ่มชื้นบนผิวดิน	44
2.16	แสดงการให้ร่มเงาภายนอกอาคารลักษณะหนึ่ง	45
2.17	การวางตำแหน่งต้นไม้ที่เหมาะสมจะบังคับทิศทางลมให้ไหลเข้าอาคารและผ่านหลังคาทำให้อาคารเย็นขึ้น	45
2.18	การวางตำแหน่งต้นไม้รอบอาคาร	46
2.19	การวางตำแหน่งตัวบ้านให้เหมาะสมกับทิศทางแดด-ลม	47
2.20	การทำหลังคา 2 ชั้น เพื่อลดความร้อน	48
2.21	การทำช่องระบายอากาศที่หน้าจั่วและใต้หลังคา	48
2.22	วิธีการลดความร้อนโดยการชุดสระน้ำ	49
2.23	แสดงลักษณะของแผงกันแดดและเสาที่ได้รับ	51
3.1	แสดงแปลนพื้นชั้นล่าง	61
3.2	แสดงแปลนพื้นชั้นบน	62
3.3	แสดงแปลนหลังคา	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.4	แสดงรูปตัด A	64
3.5	แสดงรูปตัด B	65
3.6	แสดงรูปด้าน A.....	66
3.7	แสดงรูปด้าน B	67
3.8	แสดงรูปด้าน C.....	68
3.9	แสดงรูปด้าน D.....	69
4.1	แสดงผลการดำเนินการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุกระเบื้องซีแพคโมเนีย).....	71
4.2	แสดงรูปแบบหลังคาทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย).....	73
4.3	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน).....	75
4.4	แสดงรูปแบบของหลังคาทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องลอนคู่).....	77
4.5	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี).....	79
4.6	แสดงรูปแบบของหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี).....	81
4.7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35°.....	84
4.8	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย).....	86
4.9	แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย).....	88
4.10	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องใยหิน).....	90
4.11	แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่).....	92
4.12	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี).....	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.13	แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงมุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี).....	96
4.14	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 ° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย).....	98
4.15	แสดงรูปแบบของหลังคาทรงจั่วมุม 60° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย).....	100
4.16	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน).....	102
4.17	แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° (วัสดุมุงกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน).....	104
4.18	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี).....	106
4.19	แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° (วัสดุมุงเป็นเหล็กเคลือบสังกะสี).....	108
4.20	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° และ 60°.....	111
4.21	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงแบบราบ มุม 0° วัสดุมุง ค.ส.ล. แบบมีช่องว่างอากาศใต้ฝ้าเพดาน).....	113
4.22	แสดงรูปแบบของหลังคาทรงแบนราบมุม (วัสดุมุง ค.ส.ล. ทั้ง 2 แบบ).....	116
4.23	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงแบบราบ มุม 0° วัสดุมุง ค.ส.ล. แบบราบ แบบไม่มีช่องว่างอากาศใต้ฝ้าเพดาน).....	118
4.24	แสดงแบบขยายการติดตั้งฝ้าเพดานของหลังคารูปทรงแบบราบมุม 0° วัสดุมุง ค.ส.ล. ทั้ง 2 แบบ).....	120
4.25	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงแบบราบมุม 0° (วัสดุมุงเป็นพื้น ค.ส.ล.).....	122
4.26	กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงแบบต่างๆ (วัสดุมุงทั้ง 4 ชนิด).....	124
4.27	แสดงแบบการระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงปั้นหยา.....	126
4.28	แสดงแบบการระบายอากาศแบบตีเกร็ดชายคา ฝ้า เพดาน ด้านนอกของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา แบบเดิมวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด.....	127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.29	แสดงแบบการระบายอากาศของเกร็ดที่ติดตั้งบริเวณจั่วด้านหน้าของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 35 องศา	132
4.30	แสดงแบบการระบายอากาศของเกร็ดที่ติดตั้งบริเวณจั่วด้านหน้าของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา	135
4.31	แสดงการพัดพาของอากาศ เมื่อสัมผัสพื้นผิวของหลังคาทรงแบบราบ	139
5.1	แสดงตำแหน่งการติดตั้งช่องเปิดแบบสำเร็จรูปเพื่อระบายอากาศใต้หลังคา	145
5.2	แบบขยายช่องเปิดสำเร็จรูปสำหรับระบายอากาศใต้หลังคา	146
5.3	แสดงความกดของอากาศรอบอาคาร	148
5.4	แสดงการเปิดทางเข้าอากาศด้านความกดดันสูงและทางออกของอากาศด้านความกดต่ำ	148
5.5	กระแสลมปะทะอากาศ ทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูง	150
5.6	กระแสลมเมื่อปะทะอากาศจะเบนออกด้านข้างและกลับมาในแนวเดิมทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศต่ำตลอดด้านข้างและด้านใต้ลมตลอดทั้งด้าน	150
5.7	ความเร็วลมเพิ่มเมื่อช่องเปิดทางออกกว้างกว่าทางเข้า ขนาดของช่องทางออกของอากาศเปรียบเทียบกันเป็นสิ่งที่น่าสังเกตความเร็วลมภายนอกให้เท่ากับ ค่าความเร็วลมภายในเป็นเปอร์เซ็นต์	151
5.8	แสดงผนังวางฝ้าการไหลของอากาศ ทำให้เกิดบริเวณอับลม	151
5.9	แสดงแนวการไหลของอากาศสำหรับการเปิดช่องทางเข้าออก	152
5.10	แสดงการใช้ชายคาระดับช่องเปิดของอาคารและการใช้อุปกรณ์ช่องเปิด	153
5.11	แสดงลักษณะการไหลของอากาศ เนื่องจากการลอยตัว (booyancy force) เนื่องจากการระบายอากาศแบบปล่อง (Stackeffect) ในขณะที่ไม่มีกระแสลมพัดผ่าน	154
5.12	แสดงลักษณะอาคารกับกำแพงระยะระดับที่ต่างกัน	155
5.13	กราฟแสดงค่า CET (CORRECTED EFFECTIVE TEMPERATURE) และปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อเดือนในช่วง 10 ปี ของกรุงเทพมหานคร	158
5.14	แสดงทิศทางความเร็ว ความถี่ของกระแสลมในเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายนในเขตกรุงเทพมหานคร	159
5.15	แสดงทิศทางความเร็ว ความถี่ของกระแสลมในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคมในเขตกรุงเทพมหานคร	160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.16	แสดงลักษณะของช่องเกร็ดไม้มุม 60° ตีซ้อนกัน	161
5.17	แสดงการติดตั้งบัวกันน้ำฝนบริเวณรอบช่องเกร็ดระบายอากาศ	162
5.18	แสดงลักษณะการระบายอากาศช่องเปิดใต้ฝ้าเพดานสู่ด้านบนหลังคา	163
5.19	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงปั้นหยา รูปแบบที่ 1	165
5.20	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ	166
5.21	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงปั้นหยา รูปแบบที่ 2	168
5.22	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ	169
5.23	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคาปั้นหยารูปแบบที่ 3	171
5.24	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ	172
5.25	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคาปั้นหยารูปแบบที่ 4	174
5.26	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ	175
5.27	กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของหลังคารูปทรงปั้นหยาทั้ง 4 แบบ	177
5.28	แสดงรูปแบบการระบายอากาศของหลังคาทรงปั้นหยาทั้ง 4 รูปแบบ	177
5.29	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคา รูปทรงจั่ว รูปแบบที่ 1	181
5.30	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ	182
5.31	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่ว รูปแบบที่ 2	184
5.32	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ	185
5.33	แสดงรูปแบบการเจาะช่องเปิด สำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่ว 35 องศา รูปแบบที่ 3	187
5.34	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ	188
5.35	กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา ทั้ง 3 รูปแบบ	190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.36	แสดงรูปแบบการระบายอากาศของหลังคาทรงจั่วมุม 35° ทั้ง 3 รูปแบบ.....	191
5.37	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° รูปแบบที่ 1.....	194
5.38	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ.....	195
5.39	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° รูปแบบที่ 2.....	197
5.40	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ.....	198
5.41	แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° รูปแบบที่ 3.....	200
5.42	แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ.....	201
5.43	กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของรูปทรงจั่ว มุม 60° ทั้ง 3 แบบ.....	203
5.44	แสดงรูปแบบของการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60° ทั้ง 3 รูปแบบ....	204
5.45	แสดงการทำงานของพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติ.....	206
5.46	แสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา.....	207
5.47	แสดงการหมุนของตัวพัดลมดูดอากาศ เพื่อการระบายอากาศในลักษณะของ STACK EFFECT.....	209
5.48	แสดงการหมุนของตัวพัดลมดูดอากาศ เพื่อการระบายอากาศในลักษณะของความเร็วจากภายนอกอาคาร (WIND EFFECT).....	209
5.49	แบบขยายการติดตั้งพัดลมระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35°.....	211
5.50	แบบแสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35°.....	213
5.51	แบบแสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทางธรรมชาติของหลังคาทรงจั่วมุม 35°.....	216
5.52	แบบแสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทางธรรมชาติของหลังคาทรงจั่วมุม 60°.....	219

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.53	แสดงลักษณะของการติดตั้งพัดลมดูดอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ	223
5.54	แสดงแบบการติดตั้ง RAIN HOOD	224
5.55	แสดงรูปการติดตั้ง GRAVITY SHUTTER แบบต่าง ๆ	224
5.56	แสดงลักษณะและรายละเอียดของพัดลม	227
5.57	แสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเข้ากับส่วนโครงสร้างของหลังคา	227
5.58	แบบแสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ แบบใช้พลังงานไฟฟ้าของหลังคาทรงปั้นหยามุม 35°	230
5.59	แบบแสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ แบบใช้พลังงานไฟฟ้าของหลังคาทรงจั่วมุม 35°	233
5.60	แบบแสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ แบบใช้พลังงานไฟฟ้าของหลังคาทรงจั่วมุม 60°	236
5.61	แสดงแผนภูมิ 2 แผนการเปรียบเทียบค่าอัตราความต้านทานความร้อน (ค่า R) ของวัสดุต่าง ๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว	248
5.62	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)	251
5.63	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม	253
5.64	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อน รูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนใยแก้ว)	254
5.65	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทฉนวนใยแก้ว ของหลังคาทรงปั้นหยา	256
5.66	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อน รูปทรงปั้นหยามุม 35° วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)	257
5.67	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคาปั้นหยามุม 35°	259
5.68	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อน รูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)	260
5.69	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม. ช่องหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา	262

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.70	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว).....	263
5.71	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35°.....	265
5.72	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส).....	266
5.73	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทเซลลูโลสของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35°.....	268
5.74	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม).....	269
5.75	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ของหลังคาทรงปั้นหยามุม 35°.....	271
5.76	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อน รูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบฉนวนใยแก้ว).....	272
5.77	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้วของหลังคารูปทรงปั้นหยา 35°.....	274
5.78	แสดงผลการคำนวณการถ่ายหาความร้อน รูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส).....	275
5.79	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคาทรงปั้นหยามุม 35°.....	277
5.80	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม).....	278
5.81	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม. ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35°.....	280
5.82	แสดงผลการคำนวณการถ่ายหาความร้อนรูปทรงจั่วมุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นใยแก้ว).....	281
5.83	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35°.....	283

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.84	ผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุลกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส).....	284
5.85	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35°.....	286
5.86	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม).....	287
5.87	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35°.....	289
5.88	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว).....	290
5.89	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35°.....	292
5.90	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส).....	293
5.91	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา.....	295
5.92	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม).....	296
5.93	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา.....	298
5.94	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว).....	299
5.95	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา.....	301
5.96	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส).....	302
5.97	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา.....	304

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.98	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม).....	305
5.99	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60°.....	307
5.100	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นใยแก้ว).....	308
5.101	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60°.....	310
5.102	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส).....	311
5.103	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา.....	313
5.104	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม).....	314
5.105	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา.....	316
5.106	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว).....	317
5.107	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา.....	319
5.108	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส).....	320
5.109	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา.....	322
5.110	แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม).....	323
5.111	แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม. ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา.....	325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.112 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60°	326
5.113 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60°	328
5.114 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสีฉนวนเซลลูโลส)	329
5.115 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา	331
5.116 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของฉนวนป้องกันความร้อน ทั้ง 3 ชนิด	333
5.117 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ดของหลังคา ทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย	335
5.118 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความประเภทใยแก้ว ของหลังคารูปทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย	335
5.119 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคา ทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย	336
5.120 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรง ปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีเมนต์ใยหิน	336
5.121 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรง ปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีเมนต์ใยหิน	337
5.122 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคาทรง ปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีเมนต์ใยหิน	337
5.123 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรง ปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี	338
5.124 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรง ปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี	338
5.125 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคาทรง ปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี	339

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.126 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ดของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย..... 339

5.127 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย..... 340

5.128 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคาจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย..... 340

5.129 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงซีเมนต์ใยหิน..... 341

5.130 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงซีเมนต์ใยหิน..... 341

5.131 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงซีเมนต์ใยหิน..... 342

5.132 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี..... 342

5.133 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี..... 343

5.134 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี..... 343

5.135 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ดของหลังคาทรงปั้นหยา 60 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย..... 344

5.136 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความประเภทยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี..... 344

5.137 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี..... 345

5.138 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความประเภทเซลลูโลส ของหลังคาทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี..... 345

5.139 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุกระเบื้องใยหิน..... 346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.140 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุกระเบื้องใยหิน.....	346
5.141 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม.ของหลังคาทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี.....	347
5.142 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี.....	347
5.143 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส รูปทรงจั่ว 60 องศา วัสดุเหล็กเคลือบสังกะสี.....	348

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

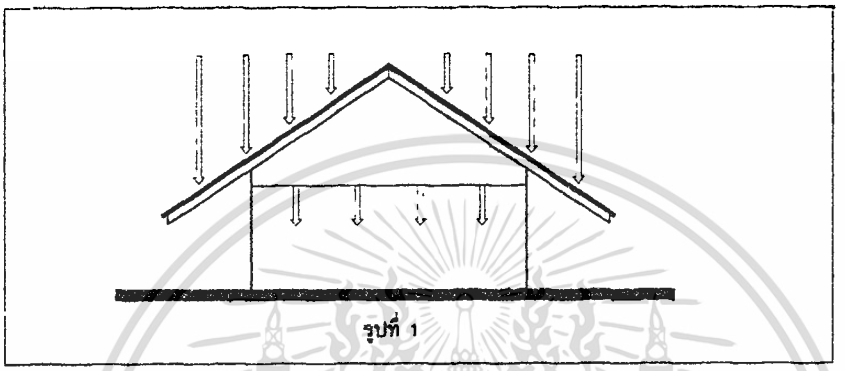
จากสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศโดยรอบ ภูมิอากาศท้องถิ่นมีความจำเป็นต่อการออกแบบอาคารโดยเฉพาะลักษณะของบ้านพักอาศัย เปลือกอาคารโดยรอบ ไม่ว่าจะเป็นผนังหรือหลังคาล้วนมีผลต่อภาวะความสบายทั้งสิ้น หลังคาเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างที่สำคัญอย่างยิ่งต่ออาคาร หลังคาเป็นส่วนที่ป้องกันแดดฝนและคลุมเนื้อที่สำหรับการใช้สอยภายใต้หลังคานั้นๆ หากย้อนกลับไปดูในสมัยอดีตตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์จะพบว่ามนุษย์ต้องการที่จะพักอาศัยเพื่อกันแดดฝน เพื่ออาศัยและป้องกันความร้อนเย็นของอากาศเริ่มต้นจากการนำเอากิ่งไม้และใบไม้มาสานกันเป็นกระท่อม โดยมีใบไม้เป็นหลังคาป้องกันแดดและฝน เอาหนังสัตว์มาทำเป็นกระโจมหรือเต็นท์ด้วยวัตถุประสงค์อย่างเดียวกัน หรือเข้าไปอาศัยในถ้ำเอาผนังทำเป็นฝาและเพดานถ้ำเป็นหลังคา ความเจริญและความอุดมของมนุษย์ได้มีวิวัฒนาการเรื่อยมาจนกระทั่งรู้จักทำสิ่งก่อสร้างทำหลังคา มีผนังประตู หน้าต่าง เพื่อปกคลุมเนื้อที่และเข้าไปพักอาศัยได้ จนปัจจุบันความเจริญสามารถมีวัตถุต่างๆ นำมามุงหลังคาโครงสร้างที่กว้างขวางป้องกันความร้อนหนาวได้เป็นอย่างดี หลังคาเอกลักษณ์ส่วนหนึ่งของบ้านไทยในอดีตสู่ปัจจุบัน ในช่วงเวลากว่า 200 ปีที่ผ่านมาบ้านเมืองไทยมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาตามลำดับตั้งแต่สมัยกรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้นจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับการสร้างบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วิวัฒนาการรูปแบบอาคารบ้านเรือนของคนไทยที่ผ่านมา เกิดตามกระแสแห่งการหมุนเวียนของโลก อารยะธรรมจากความเจริญของมุมโลกหนึ่งย่อมแพร่กระจายไปยังอีกมุมโลกหนึ่ง จากสภาพการณ์บ้านไทยในยุคอดีตนั้น หลังคาเป็นส่วนหนึ่งของตัวอาคารที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง และยิ่งเป็นสัญลักษณ์แสดงถึงวัฒนธรรมของท้องถิ่นนั้น จากการศึกษาของตัวอย่างพบว่า ลักษณะของหลังคาเรือนไทยแบบโบราณนั้น นอกจากจะมีลักษณะของความเป็นเอกลักษณ์ท้องถิ่นประจำชาติแล้ว ยังสามารถป้องกันแดด ลม และฝนได้เป็นอย่างดี มีชายคาคลุมรอบบ้านป้องกันแสงแดดเข้าไปในตัวบ้าน มีการเจาะช่องระบายอากาศภายใต้หลังคา ทำให้เกิดความเหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศเป็นอย่างดี

1.1.1 ปัญหาของหลังคาในแง่ของการรับความร้อน

หลังคาเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง เมื่อเวลากลางวันจะรับความร้อนเอาไว้และถ่ายลงสู่เบื้องล่าง คือส่วนที่เป็นโครงสร้างของหลังคา ซึ่งติดอยู่กับฝ้าเพดานแล้วจะถ่ายเทลงสู่ห้องเบื้องล่างอีกทีหนึ่ง วัสดุมุงหลังคาชนิดใดจะรับเอาความร้อนแล้วระบายลงสู่เบื้องล่างมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการรับความร้อนของหลังคาชนิดนั้นๆ การนำเอาวัสดุมุงหลังคาหรือการทำหลังคาชนิดต่างๆ จึงจำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในการรับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนจากหลังคาด้วย สำหรับอาคารที่พักอาศัยโดยทั่วไปยังมีส่วนอาคารส่วนอื่นที่สามารถรับความร้อนเข้ามาภายในอาคารโดยตรงได้อีก และถ้ารวมกับความร้อนจากหลังคานั้นจะยิ่งมีความร้อนสะสมภายในอาคารมากขึ้น ทำให้เกิดภาวะความไม่สบายต่อผู้ใช้อาคารโดยตรง กระเบื้องหลังคารับความร้อนจากแสงอาทิตย์ สะสมไว้ในส่วนโครงหลังคาเหนือฝ้าเพดานแล้วถ่ายเทความร้อนลงสู่ห้องใต้ฝ้าเพดานนั้นต่อไป



รูปที่ 1.1 แสดงหลังคาในแง่ของการรับความร้อน

อาคารขนาดเล็กนั้นเปลือกโดยรอบของอาคารมีอิทธิพลต่อสภาวะอุณหภูมิภายในอาคารเป็นอย่างมาก และการใช้อุณหภูมิภายในอาคาร การออกแบบอาคารจึงจำเป็นต้องศึกษารูปแบบและสภาวะความสบายภายในอาคารเพื่อให้สอดคล้องกันคือบ้านพักอาศัยทั่วไป เมื่อความร้อนถูกสะสมภายในโดยไม่มีการระบายออก ความร้อนนั้นก็จะถ่ายเทสู่พื้นที่ภายในอาคารทำให้เกิดสภาวะอุณหภูมิสะสมภายในเกิดความไม่สบายต่อผู้ใช้อาคาร ในการออกแบบและการใช้งานมุ่งหวังที่จะใช้ Mechanical System หรือ Artificial System ให้น้อยที่สุด ในทางตรงข้ามพยายามนำเอาปัจจัยธรรมชาติ มาผนวกกับความเข้าใจทางด้านเทคโนโลยีมาช่วยในการออกแบบ เพื่อเหมาะสมกับการใช้งาน

1.1.2 ปัญหาของหลังคาที่มีผลกระทบต่อสภาวะความสบายภายใน

ในทางทฤษฎีแล้วตัวแปรอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อม ที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อสภาวะน่าสบายอาจจำแนกได้ ดังต่อไปนี้

1.1.2.1 ความเหมาะสมของอุณหภูมิรอบๆ ตัวเรา

1.1.2.2 ความเร็วลมที่พัดผ่านอย่างเหมาะสม

1.1.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์ที่ไม่มากน้อยจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2.4 การเปลี่ยนแปลงความร้อนระหว่างตัวเรากับสภาพแวดล้อม (Mean Radiant Temperature)

ทั้งสี่ปัจจัยนั้นเป็นมูลเหตุสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับความรู้สึกร้อนหนาวหรือน่าสบายของคน

ในอดีตที่ผ่านมาอิทธิพลทางด้านวัฒนธรรมและเทคโนโลยีจากตะวันตกได้หลั่งไหลเข้ามาสู่ประเทศไทย และมีส่วนส่งผลให้การพัฒนารูปแบบสถาปัตยกรรมไทยนั้นแปรเปลี่ยนไปจากเดิมจนบางครั้งทำให้ผู้ออกแบบมองข้ามลักษณะเด่นของสถาปัตยกรรมไทย ในเชิงของการปรับสภาพแวดล้อมภายในอาคารให้เหมาะสมอยู่ในภาวะสบาย

การออกแบบและการวางผัง และการเลือกวัสดุอย่างถูกต้องอันเป็นผลมาจากความสัมพันธ์อันเหมาะสมของอิทธิพลจากสภาวะแวดล้อมทั้ง 4 ประการข้างต้น

1.1.3 ปัญหาด้านการใช้พลังงานในอาคารที่ทำการธุรกิจขนาดเล็กและที่พักอาศัย

การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารพาณิชในประเทศไทยเพิ่มสูงขึ้นมาก และอาคารที่สร้างขึ้นอย่างถาวรจะใช้ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน รัฐจึงดำริให้ตราพระราชบัญญัติอนุรักษ์พลังงานเพื่อส่งเสริมให้การใช้พลังงานในประเทศมีประสิทธิภาพและบรรลุผลที่ดี สาระส่วนหนึ่งของพระราชบัญญัตินี้กำหนดให้ตรากฎกระทรวง กำหนดลักษณะอาคารและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานที่ดี

สภาพการณ์ใช้ไฟฟ้าในธุรกิจบ้านที่อยู่อาศัย

ก.ปริมาตรและสัดส่วน

	กทม.		ทั่วประเทศ	
	ธุรกิจ	บ้านอยู่อาศัย	ธุรกิจ	บ้านอยู่อาศัย
ปริมาณ (ล้านกิโลวัตต์/ชม.)	7120	3300	11170	8080
คิดเป็น % ของทุกสาขาเศรษฐกิจ	39	19	30	21
อัตราการเติบโต	15	12	14	18.8

จะเห็นว่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคธุรกิจและบ้านอยู่อาศัยสูงมากและมีอัตราการเติบโตรวดเร็ว

ข. ระดับความสำคัญการใช้ไฟฟ้า

ระดับการใช้ไฟฟ้าในปัจจุบัน

อาคารสำนักงาน	200	กิโลวัตต์-ช.ม. ตรม. ปี
โรงแรมขนาดเล็ก	300	กิโลวัตต์-ช.ม. ตรม. ปี
โรงพยาบาลเอกชนขนาดเล็ก	270	กิโลวัตต์-ช.ม. ตรม. ปี
บ้านพักอาศัย	5000	กิโลวัตต์-ช.ม. ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติของวัสดุมุงหลังคาแต่ละชนิดว่ามีผลต่อการลดหรือสะสมความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร รวมถึงวัสดุหรือฉนวนที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนโดยตรง เพื่อรวบรวมนำเสนอเปรียบเทียบ

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงรูปทรงของหลังคาโดยตรง เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของการออกแบบอาคารในส่วนของหลังคา เพื่อให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและความสัมพันธ์ในด้านงานสถาปัตยกรรม

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางการนำเสนอรูปแบบหลังคาและการใช้วัสดุมงหลังคาที่เหมาะสมที่ได้จากผลการทดสอบจริงโดยตรง เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่จะศึกษาและแก้ปัญหาในส่วนนี้ต่อไป

1.2.4 เพื่อเป็นการรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงและยังทราบถึงปัญหาต่างๆ ในส่วนของหลังคาเพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ไข

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาและวิจัยนี้เป็นงานวิทยานิพนธ์เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาปัญหาของหลังคาในแง่การรับความร้อนและการสะสมความร้อน ซึ่งปัญหานี้ย่อมที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยผู้วิจัยกำหนดการศึกษาในส่วนของปัจจัยหลักที่สามารถควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ โดยศึกษาในส่วนของคุณสมบัติของวัสดุมุงหลังคา รูปทรงและการไหลเวียนของอากาศภายใต้หลังคา รวมถึงคุณสมบัติของวัสดุป้องกันความร้อน

1.3.1 เนื่องจากวัสดุมุงหลังคาตั้งแต่ยุคอดีตจนถึงปัจจุบันมีมากมายหลายรูปแบบแล้วแต่จุดประสงค์ของการใช้สอยในการการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างมาศึกษาในส่วนของวัสดุมุงหลังคาที่จัดหาได้ตามท้องตลาดทั่วไป และส่วนใหญ่วัสดุเหล่านี้นำมาใช้ในส่วนของบ้านพักอาศัยเป็นหลัก ส่วนวัสดุมุงบางชนิดเป็นวัสดุที่ไม่สามารถหาตัวอย่างและข้อมูลพอที่จะทำการสำรวจได้

1.3.1.1 นำวัสดุมุงแต่ละชนิดที่ได้คัดเลือกนำมาเป็นโมเดลในการทดสอบ ศึกษาในแง่ของการป้องกันความร้อนโดยทำการทดสอบคำนวนในส่วนของการป้องกันความร้อนเป็นหลัก และนำเสนอถึงความแตกต่างในการป้องกันความร้อนของวัสดุมุงแต่ละประเภท

1.3.1.2 ศึกษาถึงคุณสมบัติของวัสดุป้องกันความร้อน ที่เกี่ยวข้องกับส่วนของหลังคาเป็นหลักที่มีใช้กันตามท้องตลาด และนำมาแสดงผลเปรียบเทียบ

1.3.1.3 ความลาดชันของหลังคาโดยทั่วไปมักจะถูกกำหนดด้วยองศาของวัสดุมุงเป็นหลักดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการวิจัย ผู้วิจัยจึงกำหนดองศาของหลังคาให้มีความเหมาะสมในแง่ของผลต่างระหว่างการสะสมความร้อนเป็นหลัก เพื่อความชัดเจนของผลการทดสอบโดย -

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดองศาที่ 35° สำหรับทรงปั้นหยา 35° และ 60° สำหรับหลังคาทรงจั่วและ 0° สำหรับหลังคาแบบราย

1.3.2 เนื่องจากมีปัจจัย (Factor) มากมายที่มีผลต่อความร้อนเข้าสู่อาคาร ในการศึกษาวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกตัวแปรหลักที่สามารถในการควบคุมมาเป็นตัวทดสอบ เพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงกับการทดสอบคำนวนมากที่สุดโดยแบ่งหัวข้อได้ ดังนี้

1.3.2.1 ชนิดของวัสดุมุงและฉนวนชนิดต่างๆ ในแง่ของความต้านทานความร้อน (R) และตำแหน่งในการติดตั้งใต้หลังคา

1.3.2.2 ลักษณะการเปิดช่องใต้หลังคา (Attic Space) เพื่อให้เกิดการไหลเวียนของอากาศเป็นการทดสอบ

1.3.2.3 รูปแบบทางสถาปัตยกรรมในส่วนของหลังคา

1.3.2.4 การรับความร้อนในทิศทางต่างๆที่มีผลต่อการสะสมความร้อนของหลังคา

1.3.2.5 ความลาดชันของหลังคา

1.3.3. การกำหนดตัวแปรต่างๆ จะต้องเป็นตัวแปรที่ควบคุมได้และสามารถแสดงผลในการทดสอบและพิสูจน์ได้ เป็นหลักมีค่าที่ไม่ผิดเพี้ยนมากนัก

ตารางที่ 1.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของวัสดุมุงหลังคาโดยทั่วไปตามท้องตลาดที่ใช้สำหรับอาคารบ้านพักอาศัย

No.	ชนิดของวัสดุ	ข้อมูลจำเพาะ	ขนาด	สี	ผู้ผลิต
1.	ใบไม้ชนิดต่างจาก	ทำจากใบของต้นจากคล้ายใบมะพร้าวนำมาเย็บติดกันเป็นแผงเรียกว่าตับ	60-80 ซม.	น้ำตาลแก่	ชาวบ้านทั่วไป
2.	แฝกหรือหญ้าคา	ตัดจากหญ้าคาหรือหญ้าอื่นที่เป็นใบยาวเรียวเล็กมัดติดกันทำเป็นแผงคล้ายตับจาก พบมากตามหมู่บ้านชายทะเลหรือตามไร่สวน	60-80 ซม.	น้ำตาลแก่	ชาวบ้านทั่วไป
3.	หลังคาไม้แป้นเกล็ด	ทำจากเศษไม้ชิ้นเล็กๆ นำมาปรับปรุงให้เป็นแผ่นคล้ายกระเบื้องหางมนหรือหางตัด พบมากทางภาคเหนือของประเทศ ส่วนใหญ่ทำจากไม้เนื้อแข็ง	15x40 ซม.	น้ำตาลหรือสีไม้	ชาวบ้านทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

No.	ชนิดของวัสดุ	ข้อมูลจำเพาะ	ขนาด	สี	ผู้ผลิต
4.	กระเบื้องดินเผา	นำดินย่ำให้ละเอียดผสมแกลบเล็กน้อยเพื่อป้องกันการแตกร้าว นำมาอัดบดเป็นแผ่นผึ่งในโรงบ่มแล้วมาเผาในเตาตากให้เย็นเคลือบสีต่างๆ ก่อนจำหน่ายมักใช้กับโบสถ์ วิหารต่างๆ	15x17 ซม.	แดงสด แดง เหลือง เขียว	โรงงานกระเบื้องดินเผาชลบุรี อยุธยา
5.	กระเบื้องซิเมนต์	ทำจากทรายผสมซิเมนต์และน้ำ เข้าเครื่องอัดเป็นรูปร่างที่ต้องการโดยมีอัตราส่วน 1/3 หรือ 1/4 ในปัจจุบันมีกระเบื้องซิเมนต์ที่มีลอนมนคล้ายกระเบื้องอินโดนิเซียซึ่งมีชื่อเสียงทางการค้ากระเบื้อง	15x28 ซม.	แดง เขียว เหลือง โกเมน แดงสด ฯลฯ	บริษัทกระเบื้องลูกฟูกวิบูลย์ศรี
6.	กระเบื้องคอนคอนกรีต	ตาม ม.อ.ก. (535-2527) บริษัทให้คำจำกัดความว่าหมายถึงวัสดุแผ่นมีลอนแบบเกาะเกยสำหรับใช้มุงหลังคาทำจากคอนกรีตซึ่งเป็นส่วนผสมของซิเมนต์ มีรูสำหรับใช้ตะปูยึดกับระแนงด้วย มีลักษณะของลอนหรือรูปทรงหลายรูปแบบ ความลาดเอียงไม่ควรน้อยกว่า 17 องศา พบมากที่บ้านพักอาศัยทั่วไป	33x42 และ 33 x 43.8 ซม.	แดง เหลือง เทาน้ำเงิน ฯลฯ	ปูนซิเมนต์ไทย บริษัท ศรีกรุงธนบุรี จำกัด บริษัท มหพันธ์ กระเบื้องคอนกรีต
7.	กระเบื้องซิเมนต์ใยหินแผ่นลอน	ผลิตจากใยหินปูนซิเมนต์และน้ำมีลักษณะเป็นแผ่นสำหรับใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป	120x0.54 และ 0.6x1.5 ซม.	เขียว แดง	กระเบื้องกระดาษ ไทย (ตราช้าง) บริษัทกระเบื้องโอพาร บริษัท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

No.	ชนิดของวัสดุ	ข้อมูลจำเพาะ	ขนาด	สี	ผู้ผลิต
			หนา 5-10 ม.ม		กระเบื้องซุปเปอร์ตราสิงโต
7.1	กระเบื้องซิเมนต์ใยหินแผ่นลอนคู่	แตกต่างและจำแนกตามความสูงของลอน (แบบอสมมาตร)	0.50x1.20 0.50x1.50	ขาวขุ่น แดง	กระเบื้องกระดาษไทยตราช้าง กระเบื้องโอฬาร กระเบื้องตราลูกโลก
7.2	กระเบื้องซิเมนต์ใยหินแผ่นลอนลูกฟูก 1	จำแนกตามความสูงของลอนตามวิธีเรขาคณิต	0.54x1.20 0.54x1.50 0.54x1.20 0.54x1.50	ขาวขุ่น เขียว แดง	กระเบื้องกระดาษไทยตราช้าง กระเบื้องโอฬาร กระเบื้องตราลูกโลก
7.2.1	ชนิดลอนใหญ่ ชนิดลอนกลาง ชนิดลอนเล็ก	ความสูงลอน 42 ม.ม. ความสูงลอน 42 ม.ม. ไม่น้อยกว่า 30 ม.ม. ความสูงลอนน้อยกว่า 30 ม.ม. ไม่น้อยกว่า 15 ม.ม.	1.02x1.20 1.02x1.50 1.02x1.80 1.02x2.40 0.54x1.20 0.54x1.50 0.50x1.20 0.50x1.50	ขาวขุ่น เขียว แดง น้ำเงิน	กระเบื้องกระดาษไทยตราช้าง กระเบื้องโอฬาร กระเบื้องตราลูกโลก
8.	กระเบื้องพลาส-ติก	ผลิตจากเม็ดพลาสติกเข้ารูปเป็นลักษณะของกระเบื้องหลังคาแต่ละประเภทลักษณะส่วนใหญ่จะแผ่นใสใช้ในอาคารที่ต้องการแสงสว่าง	โดยทั่วไปจะมีขนาดเท่ากับกระเบื้องคอนกรีต	ใส ขาว ส้ม เขียว	กระเบื้องกระดาษไทยตราช้าง กระเบื้องโอฬาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 (ต่อ)

No.	ชนิดของวัสดุ	ข้อมูลจำเพาะ	ขนาด	สี	ผู้ผลิต
		จากหลังคา			กระเบื้อง ตราลูกโลก
8.	กระเบื้องพลาสติก	ผลิตจากเม็ดพลาสติกเข้ารูป เป็นลักษณะของกระเบื้องหลังคาแต่ละประเภทลักษณะส่วนใหญ่จะแผ่นใสใช้ในอาคารที่ต้องการแสงสว่างจากทางหลังคา	โดยทั่วไปจะมีขนาดเท่ากับกระเบื้องคอนกรีต	ใส ขาว ส้ม เขียว	กระเบื้องกระดาษไทยตราช้าง กระเบื้องโอพาร กระเบื้องตราลูกโลก
8.1	กระเบื้องโปร่งแสง	ผลิตจากยางโพลีเอสเตอร์ มีลักษณะตามกระเบื้องลอนคู่ ส่วนใหญ่โปร่งแสง	โดยทั่วไป มีขนาดเท่ากระเบื้องลอนใยหิน	ขาว ขาวใส เหลือง เขียว น้ำเงิน	กระเบื้องกระดาษไทยตราช้าง กระเบื้องโอพาร กระเบื้องตราลูกโลก
9.	สังกะสีลูกฟูก	คือแผ่นเหล็กอาบสังกะสี นิยมใช้กับอาคารราคาถูก - ลอนเล็ก - ลอนใหญ่ - ชนิดเคลือบสี	ประมาณ 2.5 ฟุต ยาว 5-10 ฟุต	เขียว แดง สังกะสี	สังกะสีลูกฟูกตรา 3 มงกุฎ บริษัท ไทยแลนด์ ไอออนเวิลด์ จำกัด
10.	แผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบ - ชนิดลอนเล็ก - ชนิดลอนใหญ่	เป็นสังกะสีลอนเคลือบด้วยวัสดุบางชนิดเพื่อให้กันสนิมและให้ความงาม เช่น อลูมิเนียม	750 ม.ม. 600 ม.ม. ความยาวจะผลิตได้ตามต้องการของลูกค้า	เขียว ขาว แดง น้ำเงิน	บริษัท พรีเมียร์ โปรดักซ์ บริษัท นิปอน สตีล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่มา : พงศ์พัน วรสุนทโรสก. พ.ศ.2535 "วัสดุก่อสร้าง" บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด หน้า224-231

จากเกณฑ์การพิจารณาเลือกวัสดุที่มีตัวอย่าง ในการทดสอบและมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลที่ชัดเจนและไม่ผิดเพี้ยนมากนัก และมีการควบคุมตัวแปรที่เหมือนกัน

1.3.4 การเก็บข้อมูลจากอาคารตัวอย่างเพื่อนำมาเปรียบเทียบในส่วนของหลังคา จะมีลักษณะของอาคารที่ใกล้เคียงกับวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย ทั้งในรูปทรงของส่วนหลังคา พื้นที่ และวัสดุมุงและการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบ จะต้องมีการควบคุมตัวแปรในส่วนต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับตัวแปรจากการทดสอบ

1.3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีคุณ-สมบัติตรงตามวัตถุประสงค์จริง และแสดงผลออกมาเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน

1.3.6 การวิจัยเป็นการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพในส่วนของกรอบอาคารด้านหลังคาของอาคารเป็นหลัก จะไม่กล่าวถึงการปรับปรุงระบบและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องภายในอาคาร

1.3.7 การศึกษาด้านใช้พลังงานภายในอาคาร จะเน้นในเรื่องเกี่ยวกับกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่ส่งผลกระทบโดยตรงจากส่วนของหลังคาเป็นหลัก

1.4 สมมติฐานของงานวิจัย

จากสภาพของการออกแบบหลังคาในปัจจุบัน พบว่าการถ่ายเทความร้อนหรือความเข้าเรื่องการลดความร้อนจากใต้หลังคาสำหรับบ้านพักอาศัยในยุคปัจจุบัน พบว่า การถ่ายเทความร้อนจากใต้หลังคาหรือการลดความร้อนนั้น จะมีก็เพียงแต่การใช้ฉนวนกับความร้อนหรือการใช้วัสดุมุงหลังคาบางชนิดที่ผู้ออกแบบเข้าใจว่าสามารถลดความร้อนจากหลังคาได้ หรือการเจาะช่องใต้หลังคา ก็ยังหาสัดส่วนและความเหมาะสมไม่ได้ ทั้งที่หลังคาเป็นโครงสร้างส่วนเดียวของอาคารที่ได้ผลกระทบต่อความร้อนตลอดปี ซึ่งเป็นต้นเหตุของการสะสมความร้อนโดยตรง ผู้ดำเนินงานวิจัยจึงเลือกที่จะทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มุ่งหวังที่จะแก้ปัญหาการถ่ายเทความร้อนจากหลังคา ซึ่งวิธีการต่างๆ ในการแก้ปัญหา ถ้าผู้ออกแบบเข้าใจอิทธิพลของตัวแปรเหล่านี้แล้ว ย่อมสามารถที่จะนำความรู้ที่ได้รับนั้นมาค้นคว้า เพื่อหากรรมวิธีที่ถูกต้องและเหมาะสมกับการใช้งานมาประยุกต์ในการออกแบบหลังคาแบบใหม่ ให้มีคุณสมบัติทางด้านการกันความร้อนที่ดีกว่า ระบบหลังคาที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงคุณสมบัติของวัสดุมุงแต่ละประเภท ที่มีผลต่อการป้องกันความร้อนโดยตรงรวมถึงผลของรูปทรงอาคารและตัวแปรสำคัญต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 เป็นการรวบรวมข้อมูลในส่วนของหลังคา ที่ได้รับจากการศึกษาทดลองและผลการเสนอแนะและเป็นแนวทาง ในการแก้ปัญหาการสะสมความร้อนในส่วนของหลังคา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาด้านการออกแบบในส่วนของหลังคาได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 เป็นการแก้ปัญหาสภาวะความสบายของผู้ใช้อาคารโดยตรง เพื่อเป็นผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับอาคารบ้านพักอาศัยขนาดกลางและขนาดเล็ก

1.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.6.1 ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูล แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพของกรอบอาคารด้านหลังคา เพื่อนำไปใช้ประกอบการวิจัย

1.6.2 ทำการศึกษาถึงรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนจากส่วนของหลังคาเข้าสู่ภายในอาคาร โดยเน้นการแก้ปัญหาในส่วนของรูปแบบการระบายอากาศและวัสดุมุง

1.6.3 เก็บตัวอย่างและทำการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุแต่ละประเภทอย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ รวมถึงวัสดุที่เกี่ยวข้องต่อการป้องกันความร้อนภายในหลังคา รวมถึงค่าการต้านทานความร้อนการถ่ายเทความร้อนรวมต่างๆ และข้อมูลทางด้านโครงสร้างการติดตั้ง ตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.6.4 ทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงรูปแบบและลักษณะทางสถาปัตยกรรมของรูปทรงของหลังคาหรือส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการสะสมความร้อนภายใน หรือ การส่งผ่านความร้อนรูปทรงความลาดชันทางโครงสร้างที่เกี่ยวข้อง

1.6.5 ทำการศึกษาและวิเคราะห์ถึงการระบายความร้อนภายในหลังคาซึ่งน่าจะมีผลต่อการลดปริมาณความร้อนภายในหลังคา แต่เนื่องจากการระบายความร้อนภายในหลังคาอาจมีปัญหาในเรื่องตัวแปรบางตัวที่ไม่สามารถกำหนดหรือควบคุมได้ จึงอาจมีการกำหนดตัวแปรให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ให้สามารถทดลองและพิสูจน์ได้ และจะต้องเป็นอาคารบ้านพักอาศัย

1.6.6 ศึกษาอาคารตัวอย่างในลักษณะที่มีคุณสมบัติและลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่ใกล้เคียงกับผลการทดสอบ เพื่อเป็นผลเปรียบเทียบ

1.6.7 ทำการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพต่างๆ ของส่วนหลังคาที่เกี่ยวข้อง โดยนำผลการวิเคราะห์ในเบื้องต้นมาเป็นแนวทางในการออกแบบให้เหมาะสมและมีคุณค่าทาง สถาปัตย-กรรม

1.6.8 นำผลการออกแบบปรับปรุงมาวิเคราะห์ประเมินผล วิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมในส่วนของหลังคา รวมทั้งวิเคราะห์ต้นทุน จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลการออกแบบ

1.6.9 สรุปผลการออกแบบปรับปรุงและเสนอแนวทางในการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพของการป้องกันความร้อนจากหลังคา เพื่อความสบายภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อการถ่ายเทความร้อน

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น (Tropical Zone) ลักษณะของภูมิอากาศ โดยทั่วไปเกือบทุกภาคของประเทศไทย จึงร้อนอบอ้าว และมีแสงแดดเกือบตลอดปี และสิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบอาคาร คือการหาวิธีลดอุณหภูมิโดยการถ่ายเทความร้อน (Mode of Heat Transfer) การถ่ายเทความร้อนดังกล่าวกับตัวอาคารนั้นเกิดได้ 3 วิธี ดังต่อไปนี้

2.1.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Heat Transfer by Conduction) คือการถ่ายเทความร้อนโดยผ่านตัวกลางโดยความร้อนจะไหลผ่านผนังห้องหรือกำแพงที่เป็นตัวกลาง ความร้อนจะไหลจากอุณหภูมิสูงไปผ่านอุณหภูมิที่ต่ำกว่า

2.1.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (Heat Transfer by Convection) คือลักษณะในการถ่ายเทความร้อนในแนวดิ่ง ความร้อนจะถูกหาไปโดยตัวกลาง เช่น ภายในที่ความร้อนผ่านเข้ามาโดยจากผนังโดยการนำ จากนั้นผิวผนังด้านในจะร้อนขึ้นและทำให้อากาศรอบๆ กำแพงด้านในร้อนขึ้นด้วย อากาศร้อนจะลอยตัวสูงขึ้นหมุนเวียนกับอากาศตรงกลางห้องซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้ามาแทนที่อากาศร้อน ลักษณะเช่นนี้จะเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการพา และอากาศภายในห้องที่จะร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นในที่สุด

2.1.3 การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการแผ่รังสี (Heat Transfer by Radiation) การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีเป็นการถ่ายเทความร้อนที่ไม่ต้องผ่านตัวกลางใดๆ ทั้งสิ้น เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลกผ่านสูญญากาศ ความร้อนที่ได้รับจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การแผ่ความร้อนนี้ส่งมาเป็นคลื่นความร้อนแผ่มายังโลกมี 2 ชนิด คือ ช่วงคลื่นสั้นและคลื่นช่วงยาว คลื่นความร้อนดังกล่าวเดินมาด้วยความเร็วเท่ากับแสงโดยไม่ผ่านตัวกลางใดๆ

คลื่นช่วงยาว (Long Wave) คือดวงอาทิตย์ที่ให้แสงสว่างที่ทำให้เรามองเห็นสิ่งต่างๆ ได้เมื่อส่องผ่านบรรยากาศจะทำให้อากาศรอบๆ ตัวเราร้อนขึ้น

คลื่นช่วงสั้น (Short Wave) คือรังสีความร้อน (Heat Radiation) เป็นคลื่นรังสีที่ไม่ให้แสงสว่างและไม่ทำให้อากาศรอบๆ ตัวเราร้อน แต่จะทำให้วัตถุที่คลื่นรังสีนี้กระทบร้อนขึ้นตัวอย่างเช่น ถนนคอนกรีต ดาดฟ้า หรือแท่งโลหะที่นำไปวางกลางแสดงแดด จะเห็นว่าอุณหภูมิของคอนกรีตสูงถึง 60° ซ. และอุณหภูมิ ของแท่งโลหะที่นำไปวางกลางแดดสูงกว่าประมาณ 100° ซ. ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิรอบๆ ตัวเรา คลื่นสั้นนี้จะถูกดูดซึมโดยสีดำและจะสะท้อนกับวัตถุที่มีผิวมันและสีอ่อน รังสีคลื่นอันนี้สามารถผ่านทะลุกระจกได้

อาคารที่ได้รับความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนรังสีส่องตรงมาจากดวงอาทิตย์แล้ว

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สภาพภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร

ประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีแสงแดดแรงกล้าเกือบตลอดปีทำให้เกิดปัญหาเรื่องแสดงแดดต่ออาคารเป็นอย่างมาก ลักษณะภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครตั้งอยู่ที่ละติจูด 13 องศา 44 ลิบดาเหนือ และลองติจูด 100 องศา 34 ลิบดาตะวันออก มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Hot Humid) และจากที่กรมอุตุนิยมวิทยากระทรวงคมนาคมได้เก็บสถิติ ภูมิอากาศของประเทศไทยในรอบ 30 ปี ณ กรุงเทพมหานครพอสรุปได้ ดังนี้

2.2.1 อุณหภูมิ เฉลี่ยประจำเดือนแปรระหว่าง 25.6 ถ้า 29.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 27.8 องศาเซลเซียส

2.2.2 ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยประจำเดือนแปรระหว่าง 71-82% และเฉลี่ยทั้งปี 77%

2.2.3 ดัชนีปริมาณเมฆอยู่ที่ 5.9 ถึง 1.0 (เต็ม 10)

2.2.4 ความเร็วลมเฉลี่ยประจำเดือน แปรระหว่าง 2 ตัว 4.8 น้อต โดยจะมีทิศทางลมประจำพัดผ่าน 2 ทิศทาง คือ

- ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะพัดเข้ามาในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน และจะพัดเข้ามาในทิศตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม

2.2.5 มีฤดูในรอบปี แบ่งเป็น 3 ฤดู คือ

- ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือน พฤษภาคมถึงเดือน ตุลาคม ประเทศไทยจะได้รับลมมรสุมจากตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งนำเอาฝนจำนวนมากมาจาก มหาสมุทรอินเดียมาตกประเทศไทยทั่วทุกภาค ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยทั่วประเทศประมาณ 1500 ม.ม.

- ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ในระยะนี้โลกส่วนใหญ่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ซึ่งทำให้เกิดอากาศร้อน อากาศโดยทั่วไปจะมีลักษณะแห้งแล้งด้วย ส่วนในปลายฤดูจะเริ่มมีฝนตก

- ฤดูหนาว (แล้ง) เริ่มต้นเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ประเทศไทยได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระยะนี้จะไม่มีฝนเกือบทุกภาคของประเทศ นอกจากภาคใต้ที่จะมีฝนตกเกือบตลอดปี แต่ในระยะนี้ปริมาณน้ำฝนจะน้อยมากสำหรับฝนในฤดูนี้จะเป็นลมหนาวจัดพัดมาจากประเทศจีน ทำให้อุณหภูมิลดต่ำมากสุดในรอบปี เฉลี่ยหลังประมาณ 18 องศาเซลเซียส ความชื้นจะไม่มีมากในฤดูนี้อากาศทั่วไปจะแห้งแล้งและเย็นมาก

2.2.6 ตำแหน่งทิศทางการเดินของดวงอาทิตย์ ณ กรุงเทพมหานคร ในวันเวลาต่างๆ ของปีจะเห็นได้ว่าตั้งแต่ช่วงกลางเดือนเมษายนถึงกลางเดือนสิงหาคมดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะเยื้องไปทางเหนือ โดยจะอ้อมทางเหนือสุดในวันที่ 22 มิถุนายนนอกนั้น เวลาส่วนใหญ่ (8 เดือน). ดวงอาทิตย์จะเยื้องไปทางทิศใต้และอ้อมใต้สุดในวันที่ 22 ธันวาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สภาวะความสบาย (Comfort Zone)

หมายถึงสภาวะที่บุคคลรู้สึกสบายเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะที่สมดุลย์กับสภาพแวดล้อม เป็นที่ทราบกันว่าร่างกายของบุคคลจะเผาผลาญพลังงานให้มีความร้อนเกิดขึ้น เพื่อรักษาอุณหภูมิกายในร่างให้อยู่ในระดับที่คงที่ พลังงานความร้อนส่วนเกินจะถูกถ่ายเทออกมาจากร่างกายสู่สภาพแวดล้อมด้วยการขับเหงื่อนออกมาทางผิวหนังเป็นส่วนใหญ่ ถ้าสภาพแวดล้อมมีความสมดุลย์กับกระบวนการรักษาความร้อนและการถ่ายเทความร้อนในร่างกายบุคคลก็จะรู้สึกสบาย ถ้าสภาพแวดล้อมมีสภาวะไม่สมดุลย์กับกระบวนการรักษาความร้อนและการถ่ายเทความร้อนในร่างกาย เช่น เย็นเกินไปหรือร้อนเกินไป เป็นต้น บุคคลก็จะรู้สึกไม่สบาย แต่ทั้งนี้สภาวะสบายอยู่ในระดับอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าผู้ที่อาศัยในเขตหนาว ดังนั้นสภาพอุณหภูมิของอากาศ ความชื้น ความเร็วลม แสงสว่างและความร้อนจากดวงอาทิตย์ จึงเป็นเหตุสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบการออกแบบอาคารที่อยู่อาศัยที่ต้องการสภาวะความสบายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การออกแบบอาคารให้อยู่ในสภาวะสบายตามอิทธิพลของสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม ตลอดจนปริมาณน้ำฝนมาเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ การพิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดระหว่างกลางวันและกลางคืน "Diurnal Range" [1] (DR) จะเป็นข้อจำกัดเบื้องต้นเพราะหากพื้นที่ใดมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดระหว่างอุณหภูมิกลางวันและอุณหภูมิกลางคืนมาก คือ DR สูง แสดงว่าที่นั้นมีอากาศแห้ง แต่หากค่าของ DR ออกมาต่ำ แสดงว่าสภาพอุณหภูมิอากาศเป็นอากาศร้อนชื้น ท้องฟ้ามีเมฆมาก

การที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของกลางวันและกลางคืนมาก (DRสูง) แสดงว่าที่ที่นั้นได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงกลางวันอย่างมากและความร้อนจะลดลงอย่างรวดเร็วในเวลากลางคืนต้องพยายามให้ร่มเงาแก่อาคารในช่วงระยะเวลากลางวันและรักษาความร้อนส่วนหนึ่งไว้ไม่ให้ถูกดูดซึมรวดเร็วไปในช่วงระยะเวลากลางคืน สำหรับที่ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของกลางวันและกลางคืน (DR ต่ำ) คือบริเวณที่มีอุณหภูมิของอากาศค่อนข้างสูงคงที่มีปริมาณความชื้นและน้ำฝนมากจะบ่งชี้ไปถึงการเตรียมการป้องกันน้ำฝน น้ำท่วม

ความเร็วและทิศทางของลมประจำเป็นตัวกลางที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับระดับอุณหภูมิของอากาศ ทั้งยังเป็นตัวกำหนดทิศทางของการจัดวางอาคารในผังบริเวณตลอดจนมีอิทธิพลต่อรูปทรงและสัดส่วนอาคารอีกด้วย

---

[1] อรศิริ ปาณินท์, รายงานวิจัยเรื่อง การออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำ, (กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) หน้า 19.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความสบายสามารถแยกออกได้ ดังนี้

2.4.1 อุณหภูมิ (Temperature) ในแต่ละเขตที่อยู่อาศัยของมนุษย์อิทธิพลจากความแตกต่างของอุณหภูมิที่ทำให้รู้สึกร้อนหรือเย็นนั้นจะแตกต่างกันออกไปตามความเคยชิน ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจากปกติก็จะรู้สึกร้อน เนื่องจากการคายความร้อนจากร่างกายทำได้ยากขึ้น ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าปรกติการคายความร้อนจากร่างกายทำได้เร็วขึ้นก็ทำให้รู้สึกเย็นสบาย แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปร่างกายจะรู้สึกหนาว

2.4.2 ความชื้น (Humidity) เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ร่างกายรู้สึกร้อนหรือเย็น เนื่องจากร่างกายจะถ่ายเทความร้อนออกมากับเหงื่อ ถ้าความชื้นสูงเหงื่อจะระเหยได้ช้าการถ่ายเทความร้อนทำได้ยากเกิดความรู้สึกร้อนและเหนียวตัว แต่ถ้าความชื้นต่ำเกินไปน้ำที่ผิวหนังระเหยเร็วอาจทำให้ผิวหนังแห้งจนรู้สึกไม่สบายได้

2.4.3 กระแสลม (Wind) อัตราความเร็วลมมีส่วนช่วยให้ร่างกายรู้สึกเย็นสบายได้เพราะลมช่วยระบายความร้อนจากร่างกายด้วยการพาความร้อนเมื่อเหงื่อระเหยกลายเป็นไอก็จะดูดความร้อน ลมจะช่วยให้ความร้อนระบายได้เร็วขึ้นและลมยังช่วยลดความร้อนภายในอาคารจากอากาศที่เย็นจากภายนอกเข้าแทนที่อากาศร้อนภายในอาคาร แต่ถ้าความเร็วลมแรงเกินความต้องการก็จะเป็นเหตุให้ไม่สบาย

2.4.4 ความร้อน (Heating) เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้รู้สึกไม่สบาย สภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่ของประเทศไทยจะร้อนเกือบตลอดปี สาเหตุของความร้อนมาจากแสงแดด ซึ่งทำให้อุณหภูมิของอากาศและสภาพแวดล้อมสูงเกินขีดสบาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีลดความร้อน

2.4.5 แสงสว่าง (Lighting) เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสบายประการหนึ่ง แสงสว่างตามธรรมชาติช่วยให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ถ้ามีปริมาณของแสงพอดีต่อการมองเห็นทำให้สบายตา ถ้ามีปริมาณน้อยเกินไปทำให้มืดทึบเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค ถ้ามีปริมาณของแสงมากเกินไป ทำให้ไม่สาบายตาเวลามองแล้ว ยังนำความร้อนเข้าสู่อาคารอีกด้วย

2.5 การศึกษาช่วงเวลาที่ต้องการป้องกันความร้อนที่เกิดจากสภาพอากาศ

การหาช่วงเวลาที่มีความร้อนเกิดขึ้นจากสภาพอากาศสูงเกินความต้องการของมนุษย์ เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาความร้อนด้วยการออกแบบในช่วงเวลาดังกล่าว โดยนำผลรวมของตัวแปรจากสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลทำให้เกิดความร้อนที่เกินขีดความสบายของมนุษย์ เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความชื้น กระแสลมและการแผ่รังสีความร้อนรวมทั้งลักษณะการสวมใส่เสื้อผ้ามากำหนดเป็นค่ามาตรฐานความสบาย (Thermal Comfort Scale)[2] โดยการใช้ The effective

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Temperature (E.T.)[2] สูงเกินขีดความสบายโดยแสดงค่าเป็นตัวเลขที่เกิดขึ้นจากการรวมอุณหภูมิของอากาศ ความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศให้เป็นรูปลักษณ์เดียวกันด้วย Effective Temperature Nomogram[3] และได้ถูกพัฒนาค่ามาตรฐานให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นด้วยการใช้ค่า Globe Thermometer ที่มีค่าอุณหภูมิของการแผ่รังสีหรือการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสภาพแวดล้อมรวมอยู่ด้วยมาใช้ใน Nomogram (กราฟเชิงเส้นที่แปรค่าความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิของอากาศ ความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศให้เป็นรูปลักษณ์เดียวกัน) แทนที่ Dry Bulb Temperature ที่มีเฉพาะค่าอุณหภูมิของอากาศซึ่งค่าที่ได้เรียกว่า Corrected Effective Temperature (C.E.T.)

[2] ตรึงใจ บูรณสมภพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย, (กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร 2521) หน้า 38

[3] ศุภกิจ สดสี, การออกแบบเปลือกอาคารชุดพักอาศัยเพื่อลดค่าความร้อนเข้าสู่อาคาร, (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตสาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2540 หน้า 25, 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาหาช่วงเวลาที่ต้องการป้องกันที่เกิดจากสภาพอากาศ

Climatogical Data For The Period of 1951 - 1994

Station	Bangkok Metropolis	Elevation of Station Above MSL. 2 Meters.
Index Station	48445	Height of Barometer Above MSL. 20 Meters.
Latitude	13 44 N	Height of Thermometer Above Ground 1.25 Meters
Longitude	100 34 E	Height of Wind Vane Above Ground 33.10 Meters
		Height of Rainguage 1.00 Meter.

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าสถิติภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร (พ.ศ. 2494-2537)

JAN		FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	YEAR
TEMPERATURE (CELSTUS)													
MEAN	25.9	27.4	28.7	29.8	29.3	28.7	28.3	28	27.7	27.5	26.8	25.5	27.8
MEAN MAX.	32	32.8	33.8	35	34.2	33.1	32.7	32.4	32.1	31.8	31.5	31.2	32.7
MEAN MIN.	20.9	23.2	24.8	26	25.6	25.3	25	24.8	24.5	24.3	23	20.7	24
RELATIVE HUMIDITY (%)													
MEAN	72	75	75	75	78	78	78	79	82	82	76	72	77
MEAN MAX.	90	92	91	90	92	91	91	92	95	94	92	89	92
MEAN MIN.	49	53	55	55	60	62	63	63	65	65	58	52	58
WIND (M/S)													
MEAN WIND SPEED	1.39	2.16	2.62	2.36	1.9	2	1.85	1.9	1.39	1.23	1.29	1.29	
PREVAILING WIND	NE	S	S	S	S	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	
RAINFALL (MM.)													
MEAN	8.5	24.8	29.1	65.6	202.6	152.3	168.1	206	342.2	251	45.7	7.6	1503.1
MEAN RAINY DAY	1.6	2.6	3.2	5.9	15.6	16.4	17.8	20.3	21.3	17.1	5.9	1.2	128.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	YEAR
TEMPERATURE (CELSTUS)													
DAILY MAXI MUM	39.3	73	88.4	134	248.6	167.3	108.8	97.8	156.7	144	116.6	32	248.6

DATA PROCESSING SUBDIVISION

CLIMATOLOGY DIVISION

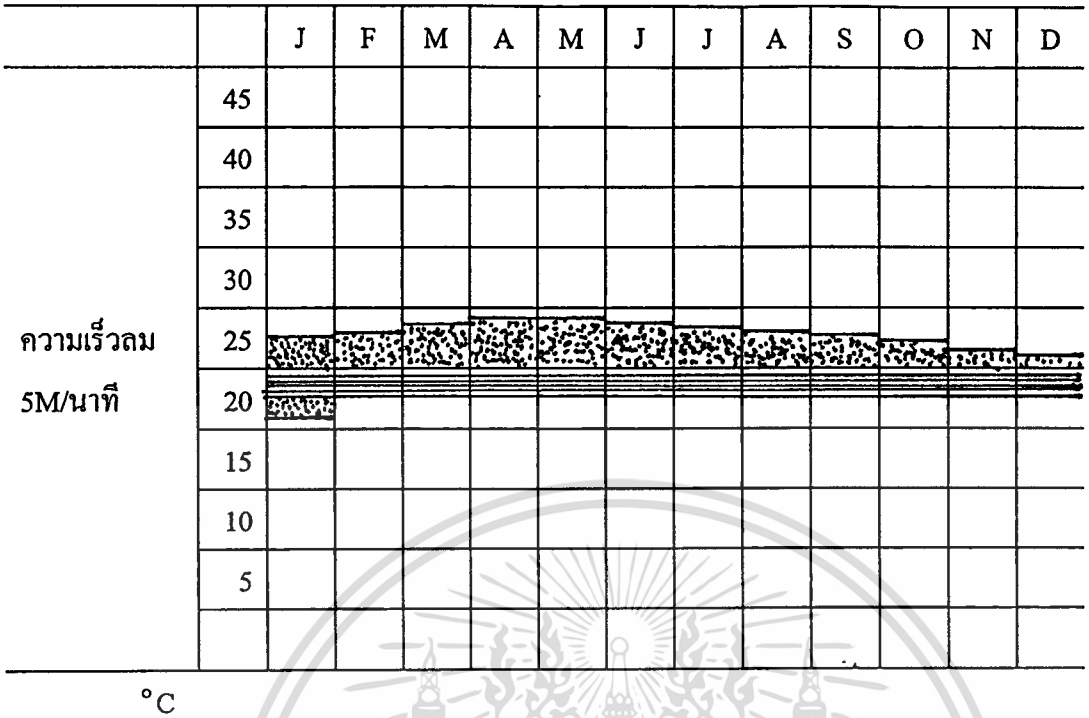
METEOROLOGICAL DEPARTMENT

ตารางที่ 2.2 แสดงค่า EFFECTIVE TEMPERATURE ของกรุงเทพมหานครในรอบปี

TEMP°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
td. Max	32	32.8	33.8	35	34.2	33.1	32.7	32.4	32.1	31.8	31.5	31.2
td. Min	20.9	23.2	24.8	26	25.6	25.3	25	24.8	24.5	24.3	23	20.7
RH. Max.	90	92	91	90	92	91	91	92	95	94	92	89
RH. Min.	49	53	55	55	60	62	63	63	65	65	58	52
tw. Max	23.5	24.9	26.1	27.2	27.5	26.9	26.7	26.4	26.6	26.3	25	23.3
tw. Min.	19.7	22.2	23.8	24.8	24.6	24.3	24	23.8	24	23.8	22.1	19.3
WIND MEAN	1.39	2.16	2.62	2.36	1.9	2	1.85	1.9	1.39	1.23	1.29	1.29
ET. Max.	27	27.9	28.8	29.8	29.8	29	28.8	28.6	28.6	28.3	27.6	26.7
ET. Min.	20.4	22.8	24.2	25.3	25.1	24.9	24.5	24.2	24.2	24	22.7	20.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ 2.3 แสดงค่ามาตราฐานความสบายทางอุณหภูมิ (E.T.) ของกรุงเทพมหานครเป็นรายเดือน



จากการคำนวณหาค่าความสบายของสภาพอากาศในกรุงเทพมหานครด้วย EFFECTIVE TEMPERATURE พบว่า ช่วงที่สภาพอากาศอยู่ในสภาวะสบาย (COMFORT ZONE) มีค่าอยู่ อยู่ระหว่าง 22.7 - 25.7 (E.T.) แต่ส่วนใหญ่แล้วสภาพอากาศเกินขีดความสบายเกือบตลอดปี โดยจะอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนตุลาคม ทั้งนี้คำนวณจากสภาพอากาศที่มีความเร็ว 5 เมตร ต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วลม ที่ไม่สามารถสัมผัสได้

ดังนั้นในช่วงเวลาที่สภาพอากาศเกินขีดความสบาย จึงใช้เป็นข้อพิจารณาประการสำคัญในการออกแบบอาคารที่จะต้องปรับสภาพอากาศให้ใกล้เคียงกับสภาวะสบายมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่ามาตราฐานความสบายทางอุณหภูมิ (ET.) ของกรุงเทพมหานคร เป็นรายชั่วโมง

เวลา	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
6:00	20.4	22.8	24.2	25.3	25.1	24.9	24.5	24.2	24.2	24	22.7	20.2
8:00	21.1	23.3	24.7	25.6	25.6	25.3	25	24.6	24.6	24.4	23.5	20.9
10: 00	24.1	25.7	25.8	27.8	27.7	27.2	26.9	26.6	26.6	25.4	25.2	26.9
12:00	26	27	28.2	29	29	28.4	28.2	28	28	27.6	26.9	25.8
14:00	27	27.9	28.8	29.8	29.8	29	28.8	28.6	28.6	28.3	27.6	26.7
16:00	26.5	27.4	28.5	29.4	29.4	28.6	28.4	28.3	28.3	27.9	27.2	26.3
18:00	24.9	26.2	27.3	28.2	28.3	27.8	27.6	27.2	27.2	26.9	26	24.6
20:00	23.3	25	26.3	27.3	27.2	26.7	26.4	26.3	26.3	26	25	23.1
22:00	22.5	24.4	25.7	26.6	26.5	26.2	26	25.8	25.8	25.3	24.3	22.3
24:00	21.8	24	25.5	26.2	26.1	25.8	25.5	25.1	25.1	24.9	23.8	21.7
2:00	21.4	23.5	24.9	25.9	25.8	25.4	25.1	24.8	24.8	24.6	23.4	21.2
4:00	20.9	23.2	24.4	25.5	25.3	25.1	24.7	24.4	24.4	24.3	23	20.6

ช่วงเวลาที่อยู่ใน COMFORT ZONE

ช่วงที่ต้องการการปรับอุณหภูมิด้วยกระแสลมและการระบายอากาศ

ช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่ำกว่า COMFORT ZONE

2.6 การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา

ลักษณะโดยทั่วไปของการถ่ายเทความร้อนนั้น จะพบว่าการ การถ่ายเทความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิที่สูงกว่าไปสู่ที่ที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าโดยมีวิธีการที่ได้ศึกษาไปหลังคือ การนำความร้อน การหาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

อัตรา การถ่ายเทความร้อน อัตราที่ความร้อนจะไหลผ่านวัตถุที่กั้นอยู่ ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 อย่าง คือ

1. ความแตกต่างของอุณหภูมิของผิวตรงข้ามของวัตถุ
2. พื้นที่ผิวของวัตถุที่ความร้อนไหลผ่าน
3. ความต้านความร้อน (THERMAL RESISTANCE) ของวัตถุที่ความร้อนไหลผ่านซึ่งสิ่งเหล่านี้จะแสดงเป็นสมการ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = \frac{I \times \Delta \times \beta}{\Omega}$$

โดยที่ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

ς = ค่าความต้านทานความร้อน (M^2 C/W)

Δ = พื้นที่ผิวที่ความร้อนไหลผ่าน (M^2)

β = อุณหภูมิ แตกต่างที่ความร้อนไหลผ่านจากอุณหภูมิสูงไปที่อุณหภูมิต่ำ (C°)

ความต้านทานความร้อนรวม การถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุเป็นการถ่ายเทผ่านฟิล์มอากาศของอีกด้านหนึ่ง ซึ่งหากวัสดุมีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยชิ้นของวัสดุต่างชนิดกันก็จะต้องหาค่าของความต้านทานความร้อนรวมของชิ้นของวัสดุโดยใช้สมการหาค่า ดังนี้

$$R_O = R_1 + R_2 + R_3 + \text{etc.}$$

โดยที่ R_O = ความต้านทานความร้อนรวม

R1, R2, etc. = ความต้านทานความร้อนของวัสดุแต่ละชิ้น

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความทั้งหมดจะใช้ค่านี้ในการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุโครงสร้างในส่วนของอาคาร ซึ่งค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนนี้มีนิยมเป็นส่วนผกผันของความต้านทานความร้อน ดังนี้คือ

$$= \frac{1}{R_O}$$

โดยที่ U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด (W/M^2 C°)

โดยทั่วไปแล้วการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารนั้นจะเกิดจากอิทธิพลของบรรยากาศอันได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร โดยการศึกษาของ รศ.ดร.สุรพงษ์ จิระรัตนานนท์ พบว่า พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารจะขึ้นอยู่กับตัวประกอบหลายประการ เช่น ทิศทางของอาคาร คุณสมบัติเชิงความร้อน ของวัสดุที่ใช้สร้างอาคารสี และลักษณะของผิววัสดุรวมไปถึงมวลของโครงสร้าง โดยจะมีสมการที่แยกออก

ก. ความร้อนที่เข้าสู่อาคารภายผนัง

สำหรับผนังค่าพลังงานดังกล่าวจะแปรไปกับคุณสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผนังหรือความเป็นฉนวนความร้อนของผนังสีของผนังความหนาแน่นของบวงผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางกระจก พลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้าสู่อาคารมี 2 ลักษณะด้วยกัน คือ

1. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยวิธีนำความร้อน ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารในส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติ การนำความร้อนของกระจกและค่าอุณหภูมิแตกต่างภายในและภายนอกของอาคาร

2. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยวิธีส่งผ่านความร้อนรังสีแสดงอาทิตย์ เข้าสู่อาคาร ปริมาณความร้อนส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient) ของกระจก อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร และค่ารังสีอาคารในแต่ละทิศทางที่กระจกรับรังสีแสงอาทิตย์

ค. อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง

สำหรับผนังอาคารนั้นหากมีพื้นที่กระจกหรือช่องเปิดมากก็จะทำให้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้มากดังนั้น อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังจึงไม่ควรมีมากนักหรือหากจำเป็นต้องมีช่องเปิดมาก ก็ควรจะหลีกเลี่ยงในทิศทางที่มีค่ารังสีอาทิตย์ที่มีปริมาณมาก หากเลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ควรออกแบบช่องเปิดให้มีอุปกรณ์บังแดดหรือเลือกใช้กระจกที่มีคุณสมบัติหรือสะท้อนความร้อนได้ดี

ง. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางหลังคา

พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางหลังคาจะเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลังโดยแปรไปกับคุณสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุหลังคาและผังเพดานสีและความหนาแน่นของมวลหลังคา

2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านหลังคา

จากการศึกษา ของแลมเบิร์ท (Lamberts ,1988) กล่าวถึง การศึกษาหาวิธีการต่างๆ เพื่อจะปรับปรุงหลังคา เพื่อให้มีการส่งผ่านความร้อนมายังพื้นที่ใช้สอยภายในน้อยที่สุดคือ

1. การระบายอากาศใต้หลังคา (Atticspace)

2. ลักษณะของพื้นผิว และสีขอบหลังคาด้านนอก

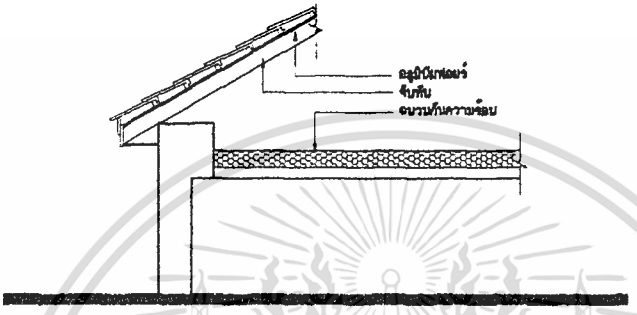
3. การใช้วัสดุที่มีค่า Emissive ต่ำใส่ช่องใต้หลังคา หรือเรียกว่าระบบป้องกันการถ่ายเทรังสีความร้อน (Radiant Barrier System) ซึ่งแลมเบิร์ท สรุปว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุด

ปัจจัยในส่วนอื่นๆ อีก ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

- การเลือกใชชนิดของฉนวนกันความร้อนในโครงหลังคา
- ตำแหน่ง การติดตั้งฉนวนกันความร้อนในโครงหลังคา
- รูปทรง ความลาดชัน พื้นที่ผิวของหลังคา
- วัสดุที่ใช้ทำฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเรื่องของการใช้วัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อน (Radiant Barrier System - RBS) จากผลการศึกษา ของ ธนิต จินดาวณิค กล่าวกันว่าในระบบหลังคาที่มีช่องว่างอากาศ จะมีการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีมากที่สุด ช่วงเวลาที่อากาศเย็นและอุณหภูมิภายนอกอยู่ในสภาวะน่าสบายแต่ผ้ามีรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์อยู่ รังสีนี้ก็ผ้าคงคงทำให้ช่องใต้หลังคามีอุณหภูมิสูงขึ้น ในเรื่องการติดตั้งสามารถติดตั้งวัสดุกั้นรังสี ความร้อนในช่องใต้หลังคาได้ 3 แห่ง คือ บนโครงหลังคา หรือใต้วัสดุมุงใต้โครงหลังคา (ใต้จันทัน) ด้านบนของผ้าเพดาน หรือบนฉนวนของผ้าเพดาน

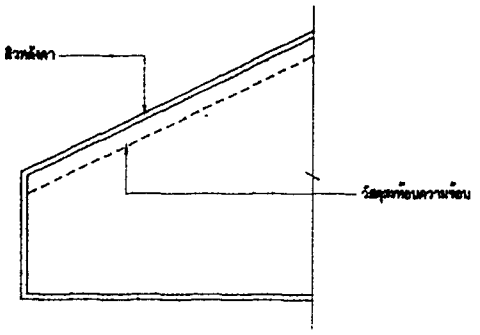


รูปที่ 2.1 แสดงการติดตั้งในตำแหน่งที่ติดตั้งวัสดุกันความร้อน
ที่มา : ธนิต จินดาวณิค ระบบป้องกันรังสีความร้อนในเปลือกอาคาร วารสารอาษา ฉบับที่ 23, 2535

การติดตั้งวัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อน (ซึ่งที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ อลูมินั้มฟอล์ย) ควรติดตั้งโดยให้ด้านที่เป็นผิวมันหันเข้าสู่ช่องอากาศใต้หลังคา ถ้าไม่มีช่องอากาศ ฟอล์ย จะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี จากด้านที่ร้อนไปสู่ด้านที่เย็น ควรติดวัสดุสกสัดกั้นรังสี ความร้อนกั้นแนว Slope ของหลังคา และควรคว่ำด้านที่เปิดผิวมันลง แม้ว่าวิธีการนี้อาจจะขัดต่อการทำงานของมัน แต่แท้จริงแล้ว การติดตั้งวิธีนี้ได้ผล และทำงานได้ดีโดยฟอล์ยซึ่งมีค่า Emmissiutly ต่ำ จะแผ่รังสีความร้อนที่ได้รับจากหลังคาไปสู่ผ้าเพดานน้อยมาก และฝุ่นก็จะไม่สะสมที่ผิวฟอล์มากนัก

อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาเกี่ยวกับการติดตั้งวัสดุสะท้อนรังสีความร้อนระหว่างหลังคาและผ้า โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พบว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการติดตั้งวัสดุกั้นรังสีความร้อนใต้หลังคา
ภาพประกอบโดย น.ส. จญาคา บุณเกียรติ

การติดตั้งในลักษณะนี้ (ดูรูปที่ 2.2 ประกอบ) วัสดุสะท้อนรังสีควรมีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีในช่วงคลื่นอินฟาเรด รังสีความร้อนที่ถูกสะท้อนกลับไปกระทบหลังคาทำให้หลังคามีอุณหภูมิที่สูงขึ้น และหลังคาจะแผ่รังสีความร้อนย้อนกลับมา การสะท้อนกลับไปกลับมาเช่นนี้ มีผลให้อุณหภูมิระหว่างหลังคา และแผ่นวัสดุสะท้อนรังสีมีอุณหภูมิสูงถ้าไม่มีการระบายอากศส่วนนี้ออกก็จะมีผลในด้าน การนำผ่านวัสดุสะท้อนและไหลเข้าสู่อาคาร ดังนั้น การติดตั้งวัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อนในลักษณะนี้ควรมีการระบายอากาศร้อนออก เพื่อให้อุณหภูมิระหว่างหลังคาและวัสดุสะท้อนลดต่ำลง (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี : 2530)

จากการศึกษาเรื่องการใช้ฉนวนกันความร้อนต่างๆ ในผนังและหลังคาโดยสำนักงานพลังงานแห่งชาติ พบว่า การติดตั้งฉนวนกันความร้อน (ฉนวนใยแก้ว) บนผ้าเพดานในแนวราบให้ผลในการกันความร้อนดีกว่าผ้าเพดานที่ไม่ใช้ฉนวนอยู่ 0.5-2.0 องศา เซลเซียส จากการทดสอบในห้องทดสอบ 2 ห้อง ขนาด 584x125x240 เมตร ที่มีรูปร่างของห้องทดสอบของสถาปัตยกรรมและตำแหน่งที่ตั้งเหมือนกันทุกประการ (ศูนย์ประหยัดพลังงาน และอนุรักษ์พลังงาน กองเศรษฐกิจและการพลังงานแห่งชาติ : 2530)

2.7.1 การศึกษาวัสดุมุงหลังคา

หลังคาเป็นส่วนหนึ่งของอาคารที่ทำหน้าที่ในการป้องกันแดด, ฝน, พายุ, หิมะ แสงสว่าง และภัยธรรมชาติอีกหลายๆ อย่าง หลายประการ ในส่วนของวัสดุมุงเองจึงควรมีคุณสมบัติในการป้องกันส่วนต่างๆ รวมทั้งภัยธรรมชาติดังที่กล่าวมาแล้ว การใช้วัสดุมามุงหลังคาต่างๆ กันย่อมทำให้เกิดความแตกต่างกันไปด้วย เช่น หลังคาที่ใช้กระเบื้องแผ่นเล็กมุง ความลาดเอียงของหลังคาอาจต้องมีมากขึ้นเพื่อให้น้ำฝนไหลลงไปได้โดยสะดวก หรือในทางตรงกันข้ามถ้าใช้กระเบื้องแผ่นใหญ่ที่เป็นลอนก็ไม่จำเป็ต้องใช้ความลาดเอียงของหลังคามาก เท่ากับหลังคาที่มุงกระเบื้องแผ่นเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากศึกษาและขอบเขตทางการศึกษาของงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดของงานวิจัย เป็นการศึกษาคุณสมบัติของหลังคาในแง่การสะสมความร้อนโดยตรง ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการใช้พลังงานระบายในอาคาร และในการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุมุงหลังคาของอาคารบ้านพักอาศัย มีอยู่มากมายหลายประเภท (ดูจากตารางที่ 1.1 ตารางแสดงข้อมูลจำเพาะของวัสดุมุงหลังคาโดยทั่วไปตามท้องตลาด ที่ใช้สำหรับอาคารบ้านพักอาศัย) วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงเลือกและกำหนดตัววัสดุที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

- กระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องคอนกรีต
- กระเบื้องมุงหลังคา ประเภท กระเบื้องลอนคู่ (กระเบื้องซิเมนต์ใยหินแผ่นลอน)
- กระเบื้องมุงหลังคา ประเภท แผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบ

กระเบื้องทั้ง 3 ชนิดนี้ เป็นประเภทของกระเบื้องหลังคาที่นิยมใช้ในตลาดอาคารพักอาศัยขนาดเล็กถึงใหญ่ในปัจจุบัน ทั้งยังสะดวกภายในการติดตั้ง มีการผลิตที่ได้มาตราฐานในปัจจุบัน ราคาแพงหรือถูกแล้วแต่ชนิดของวัสดุนั้น มีผลของการแสดงคุณสมบัติต่างๆ อย่างชัดเจน ง่ายต่อการดำเนินงานวิจัย และทดสอบผลในลักษณะที่ไม่ผิดเพี้ยนมากนัก ทั้งยังมีโอกาสในการพัฒนาการของตัววัสดุในอนาคต โดยมีลักษณะของกระเบื้องแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

2.7.2 กระเบื้องคอนกรีต

กระเบื้องคอนกรีต ตามมาตราฐานอุตสาหกรรม (ม.อ.ก. 535.2527) ให้ความหมายไว้ว่า "วัสดุแผ่นมีลอนเกาะเกยสำหรับใช้มุงหลังคาทำจากคอนกรีต เป็นส่วนผสมของมวลคอนกรีตและน้ำ ออกแบบให้มีลักษณะลอนเพื่อความสวยงามและความแข็งแรง มีส่วนเกาะระแนงมีส่วนบนด้านหลังของแผ่นกระเบื้องและอาจมีรูเจาะสำหรับตอกตะปูยึดกับระแนงด้วย" ขอบด้านข้างของกระเบื้องมีราวลิ้นเพื่อเกาะเกยกันระหว่างแผ่นต่อแผ่น ส่วนด้านหลังมีบัวกันน้ำไหลย้อนเข้าใต้แผ่นกระเบื้อง

ในการใช้มุงหลังคานั้น นอกจากจะมีกระเบื้องชนิดเต็มแผ่นตัวกล่าวแล้วจะต้องมีกระเบื้องเสริมประกอบซึ่งหมายถึงกระเบื้องรูปอื่นๆ เช่น กระเบื้องสันหลังคา ครองสามทาง เป็นต้น กระเบื้องเหล่านี้ทำจากคอนกรีตเช่นเดียวกัน ขนาดของกระเบื้องนั้น บริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนด เช่น ขนาด 33x42 ซ.ม. แต่ตามมาตราฐาน ม.อ.ก 535-2527 กำหนดไว้ว่า "ความกว้าง ความยาว ของกระเบื้องมุงหลังคานั้นต้องไปต่างจากที่ผู้ทำกำหนดไม่เกิน 3 ม.ม. ความหนาเมื่อวัดจากภาพตัดขวางใดๆ ต้องไม่น้อยกว่า 9-10 ม.ม ยกเว้นราวลิ้นต้องไม่น้อยกว่า 6 ม.ม ระยะซ้อนทับของรางลิ้นที่ขอบด้านข้างของกระเบื้องไม่น้อยกว่า 25 ม.ม

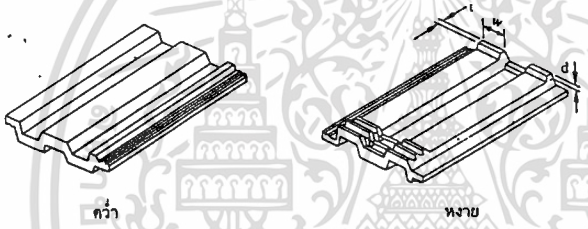
นอกจากลักษณะดังกล่าวแล้วตามมาตราฐาน ม.อ.ก 535-2527 ได้ระบุส่วนเกาะของระแนงว่าต้องมี 2 แห่ง แต่ละแห่งต้องมีมาตราฐานความกว้างไม่น้อยกว่า 32 ม.ม และหนาไม่น้อยกว่า 6 ม.ม ความลึกของส่วนเกาะระแนงวัดจากผิวล่างของกระเบื้องต้องไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร กระเบื้องชนิดนี้จะมีรูตะปูหรือไม่มีก็ได้ แต่ถ้ามีรูตะปู จะต้องเจาะที่ขอบบนของแผ่นกระเบื้อง รูตะปูต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 5.8 มิลลิเมตร ตำแหน่งของศูนย์กลางของรูตะปูห่างจากเส้นฐานด้านในของส่วนเกาะระแนงต้องไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 16 มิลลิเมตร และห่างจากขอบด้านข้างของกระเบื้องไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

สำหรับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาตามมาตรฐาน มอก. 535-2527 กำหนดไว้ว่า ปูนซิเมนต์ที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่น ปูนซิเมนต์ปอร์ตแลนด์จะมีข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1 ว่ามวลผสมคอนกรีตจะเป็นทราย กรวด หินย่อย หรือวัสดุอย่างอื่นที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ต้องผ่านตะแกรงขนาดตากว้าง 4.75 มิลลิเมตร

รูปที่ 15.5 แสดงลักษณะของกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาตามมาตรฐาน มอก. 535-2527 W คือความกว้างของส่วนเกาะระแนง (คือความหนาของส่วนเกาะระแนง และ d คือความลึกของส่วนเกาะระแนงความกว้างและความยาวของแผ่นกระเบื้องชนิดนี้ไม่ได้กำหนดบังคับ ขนาดจะกำหนดตามความเหมาะสมของผู้ผลิต



รูปที่ 2.3 ลักษณะของกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาตามมาตรฐาน มอก. 535-2527

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตที่ผลิตตามมาตรฐาน มอก. 535-2527 ซึ่งมีจำหน่ายอยู่ในตลาดวัสดุก่อสร้างในปัจจุบัน

การตรวจสอบคุณภาพ กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาที่ผลิตแล้วจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพเพื่อให้มีมาตรฐานเดียวกัน ดังนี้คือ

1. ทดสอบการดูดซึมน้ำของตัวกระเบื้อง
2. ทดสอบการรั่วซึมของน้ำผ่านกระเบื้อง
3. ทดสอบความแข็งแกร่งของตัวกระเบื้อง
4. ทดสอบขนาดมิติ กว้าง ยาว หนา ของตัวกระเบื้อง
5. วัดความหนาของชั้นสี

ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาตรฐาน AS 1757-1975 ของรัฐบาลออสเตรเลียและมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 535-2527 ตัวกระเบื้องมีอายุการใช้งานนานกว่า 50 ปี และให้การรับประกันถึง 15 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีตที่ผลิตตามมาตราฐาน มอก. 535-2527 ซึ่งมีจำหน่ายในปัจจุบันมีด้วยกัน ดังนี้

1. กระเบื้องซีแพคโมเนีย ผลิตภัณฑ์ของบริษัทปูนซิเมนต์ได้จำกัดมี 3 ลักษณะ แบบลอนโค้ง (Centurion) และแบบลอนกาบกล้วย (Elabana) ลักษณะของกระเบื้องเป็นแบบลอนเหลี่ยม (Hundred)

2. กระเบื้องวี-คอน ออสเตรเลีย เป็นผลิตภัณฑ์ ของบริษัทศรีกรุงธนบุรี จำกัด

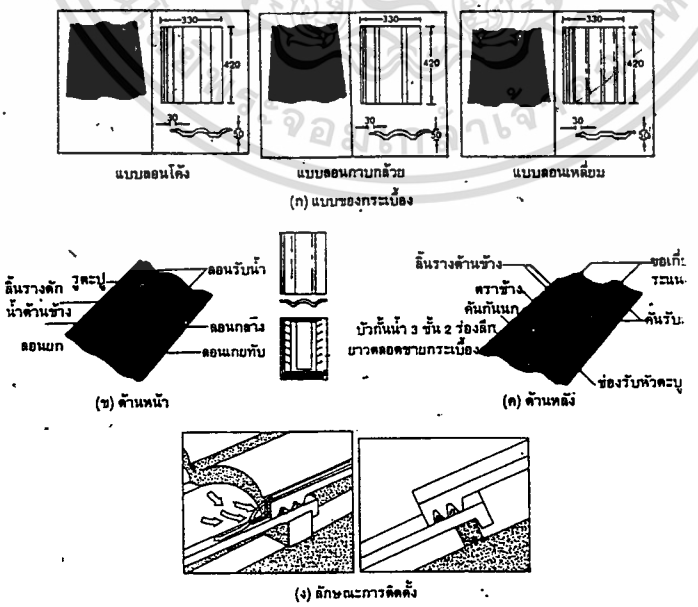
3. กระเบื้องแม็กม่า (Magma) เป็นกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา โดยบริษัทมหพันธ์กระเบื้องคอนกรีต จำกัด

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลจำเพาะของกระเบื้องแต่ละบริษัทผู้ผลิต

ลำดับ	รายการ	ขนาด (โดยเฉลี่ย)	น้ำหนัก ต่อแผ่น**	สี	การมุง/ต.ร.ม
1.	กระเบื้องซีแพคโมเนีย (บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย)	42.0x33.0	4.7 ก.ก	ส้ม,เทาแดง, น้ำเงิน, น้ำตาลดำ, น้ำตาลแดง,ฟ้า	10-11 แผ่น/ต.ร.ม
2.	กระเบื้องวี-คอน (บริษัท ศรีกรุงธนบุรี)	33.0x42.8	4.7 ก.ก	น้ำตาล, ส้ม,น้ำเงิน, เทาแดง,น้ำตาลแดงแกมเหลือง,เทาดำ	10 แผ่น/ต.ร.ม
3.	กระเบื้องแม็กม่า	33.4x42.0	4.7 ก.ก	แดง,ส้มเทา,น้ำเงิน, น้ำตาล	10-11 แผ่น/ต.ร.ม

(ลักษณะการมุงหลังคาด้วยวัสดุมุงประเภทนี้ ไม่ควรมุงด้วยมุมที่ต่ำกว่า 17° เพราะจะทำให้มีการไหลย้อยของน้ำฝนได้

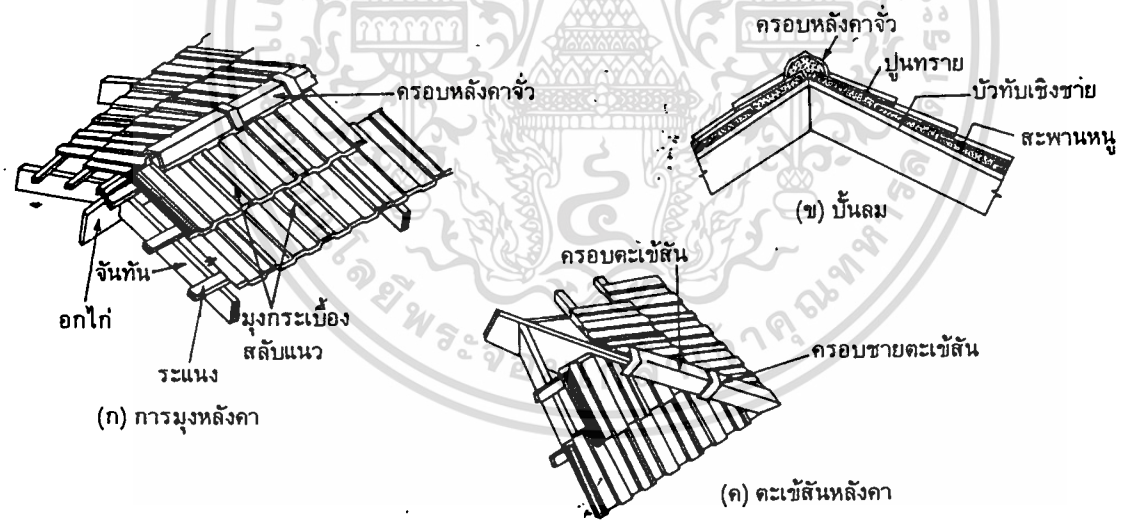
** เป็นน้ำหนักต่อแผ่นโดยประมาณ



รูปที่ 2.4 การมุงกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ระแนงตัวบนสุด
2. ระแนงตัวล่างสุดของแต่ละด้าน
3. ระแนงช่วงกลางเฉลี่ยห่างกันประมาณ 34-36 ซม.
4. ต่อกับระแนงที่จุดกึ่งกลางของจันทัน
5. ปรับระแนงให้ได้ระดับทุกแถว
6. ให้ยึดโครงคราวผ้าเพดานจันทันเท่ากัน
7. ไม้ปิด บัวเชิงชาย
8. ไม้ปิด บัวปั้นลม
9. กระเบื้องตัวริมสุดปูทับ ด้วยตัวปิดชาย
10. จันทันช่วงกลางรองรับระแนง
11. กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา
12. กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคามุงพร้อมกันที่ละ 3 แถว
13. ครอบข้างปิด ชายทับกระเบื้อง
14. วางครอบกระเบื้อง ป้ายปิดชายทับกระเบื้องตัวต่อไป
15. วางครอบสันปิดจึงครอบนอกกระเบื้องไว้



รูปที่ 2.5 รายละเอียดและวิธีการมุงกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคาซีแพคโมเนีย

2.7.3 กระเบื้องซิเมนต์ใยหินแผ่นลอน

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.ที่ 79-2529 ได้นิยามความหมายของกระเบื้องซิเมนต์ใยหินแผ่นลอนไว้ดังนี้ " กระเบื้องซิเมนต์ใยหิน หมายถึงผลิตภัณฑ์ ที่ทำจากใยหิน ปูนซิเมนต์และยังมีลักษณะเป็นแผ่นใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไป หรือทำเครื่องอุปโภคกระเบื้องซิเมนต์ใยหินหินแผ่นลอนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน ลอนคู่ หมายถึง กระเบื้องซิเมนต์ใยหินที่มีลอนเป็นแบบอสมมาตร (Asymmetry) มีข้อมูลดังนี้

ความกว้าง 500 มิลลิเมตร ความคลาดเคลื่อนได้ + 10 มิลลิเมตร - 5 มิลลิเมตร

ความยาว ชนิด 1,200 มิลลิเมตร ความคลาดเคลื่อนได้ + 10 มิลลิเมตร - 10 มิลลิเมตร

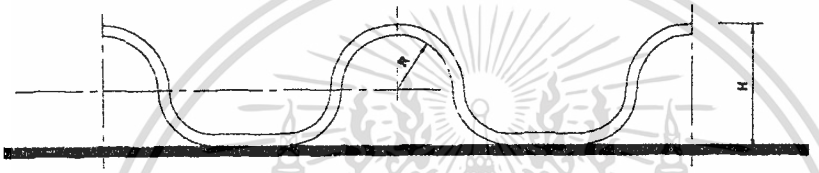
ชนิด 1,500 มิลลิเมตร ความคลาดเคลื่อนได้ + 10 มิลลิเมตร - 10 มิลลิเมตร

ความหนา 5 มิลลิเมตร ความคลาดเคลื่อนได้ + 0.5 มิลลิเมตร

ระยะห่างของลอน (A) 225 มิลลิเมตร ความคลาดเคลื่อนได้ + 2.0 มิลลิเมตร - 2.0 มิลลิเมตร

ความสูงของลอน (H) 50 มิลลิเมตร ความคลาดเคลื่อนได้ + 3.0 มิลลิเมตร - 3.0 มิลลิเมตร

กระเบื้องชนิดนี้ เรียกโดยทั่วไป กระเบื้องลอนคู่ (Romam Tile) มีลักษณะหน้าตัดดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หน้าตัดของกระเบื้องซิเมนต์ใยหินแผ่นลอน

บริษัทที่ผลิตกระเบื้องซิเมนต์ใยหินลอนคู่มีดังต่อไปนี้ บริษัทกระเบื้องกระดาษไทยจำกัด ผลิตกระเบื้องตราช้าง บริษัทกระเบื้องโอพาร จำกัด ผลิตกระเบื้องตราลูกโลก บริษัทกระเบื้องซุปเปอร์ จำกัด ผลิตกระเบื้องตราสิงห์โต บริษัทกระเบื้องทิพย์จำกัด ผลิตกระเบื้องตราต้นไม้

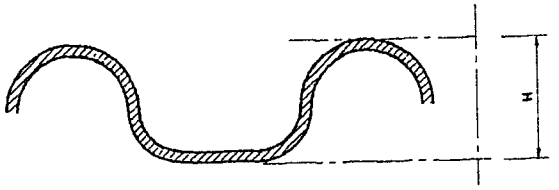
ราคากระเบื้องใยหินลอนคู่สีซีเมนต์ใยหินใน พ.ศ 2532 ประมาณแผ่นละ 35.25 บาท เป็นราคาในกรุงเทพฯ ยังไม่รวมค่าขนส่ง

2. กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นลอน : ลูกฟูก กระเบื้องชนิดนี้ถ้าจำแนกตามความสูงของลอนตามวิธีเรขาคณิตคือความสูงของลอน (ระยะ h ดูตามรูป) วัดจากท้องลอนถึงยอดลอนตัดไปความสูงนี้จะรวมความหนาเข้าไปครั้งเดียว ฉะนั้นจะเรียกชื่อกระเบื้องตามความสูงของลอน ดังนี้

ชนิดลอนใหญ่ ความสูงของลอนไม่น้อยกว่า 42 มิลลิเมตร

ชนิดลอนกลาง ความสูงของลอนน้อยกว่า 42 มิลลิเมตรแต่ไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร

ชนิดลอนเล็ก ความสูงของลอนน้อยกว่า 30 มิลลิเมตรแต่ไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.7 แสดงความสูงของลอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัทที่ผลิตกระเบื้องชนิดนี้ออกจำหน่ายมีดังต่อไปนี้ บริษัทกระเบื้องกระดาษไทย จำกัด ผลิตกระเบื้องตราช้าง บริษัทกระเบื้องโอฬาร จำกัด ผลิตกระเบื้องตราลูกโลก บริษัทกระเบื้องซุปเปอร์จำกัด ผลิต กระเบื้องตราสิงโต

ตารางที่ 2.6 แสดงข้อมูลจำเพาะของกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

กระเบื้องลอนคู่		กระเบื้องลูกฟูกลอนเล็ก		กระเบื้องลูกฟูกลอนใหญ่	
ขนาด ก×ย (ซ.ม)	น้ำหนัก (ก.ก)	ขนาด ก×ย (ซ.ม)	น้ำหนัก (ก.ก)	ขนาด ก×ย (ซ.ม)	น้ำหนัก (ก.ก)
50×120	6.0	54×120	5.3	102×120	15.7
				102×150	19.7
50×150	7.5	54×150	6.6	102×180	23.6
				202×240	31.5

ข้อแนะนำในการออกแบบและมุงหลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

1. ควรเลือกใช้กระเบื้องอย่างมีมาตราฐานเพื่อความสวยงามและประหยัดเวลาในการทำงาน

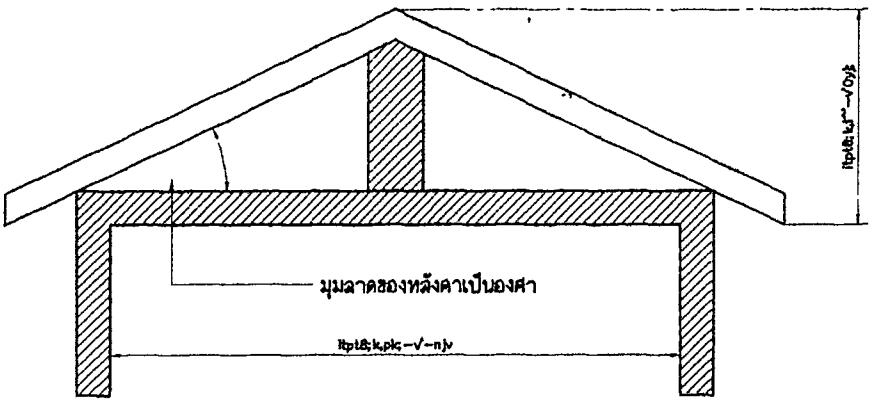
2. ควรเลือกใช้กระเบื้องให้มีความเหมาะสมกับลักษณะอาคาร เหมาะกับรูปทรงและขนาดของหลังคา ในกรณีที่มีพื้นที่มากหรือเอียงลาดน้อย ควรใช้กระเบื้องที่มีร่องลอนลึก เช่นกระเบื้องลอนคู่ หรือกระเบื้องลูกฟูกลอนใหญ่

3. ควรกำหนดความกว้างและความยาวของหลังคาให้พอดีกับขนาดของกระเบื้องที่ต้องการใช้เพื่อให้ได้รับประโยชน์เต็มที่โดยไม่เสียเศษ และกระเบื้องแถวแรกและแถวสุดท้ายมุงอยู่ปีด จั่ว (ปั้นลม) ออกไปด้านละหนึ่งลอนกระเบื้อง เพื่อป้องกันมิให้น้ำฝนไหลเข้าใต้หลังคา

4. มุมลาดของหลังคาไม่น้อยกว่า 10 องศา ถ้าเอียงลาดน้อยมากเกินไปจะทำให้น้ำฝนจะให้ล้นช่องลอนและไหลย้อนเข้าไปในอาคารได้

5. ก่อนเริ่มมุงจะต้องพิจารณาทิศทางของลมฝนว่ามีมาจากทิศใด แล้วกำหนดให้ตั้งต้นมุงกระเบื้องสวนทิศทางลมฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงความลาดที่เหมาะสม

ตารางที่ 2.7 ลักษณะความสูงของดั้ง

มุมลาดหลังคา 10		มุมลาดหลังคา 15		มุมลาดหลังคา 20	
ระยะ ก. (ม.)	ระยะ ข. (ม.)	ระยะ ก. (ม.)	ระยะ ข. (ม.)	ระยะ ก. (ม.)	ระยะ ข. (ม.)
2.00	0.18	2.00	0.27	2.00	0.36
4.00	0.36	4.00	0.54	4.00	0.72
6.00	0.54	6.00	0.81	6.00	1.08
8.00	0.72	8.00	1.08	8.00	1.44
10.00	0.90	10.00	1.35	10.00	1.80
12.00	1.00	12.00	1.62	12.00	2.16

2.7.4 กระเบื้องแผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบ

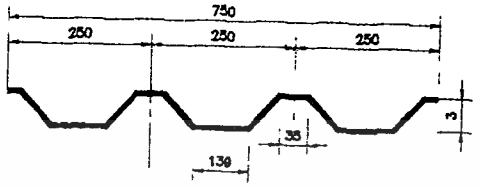
แผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบเป็นแผ่นสังกะสีลอนที่เคลือบด้วยวัสดุบางชนิด เพื่อให้กันสนิมและให้เกิดความงาม เช่น เคลือบด้วยอะลูมินั่ม เคลือบด้วยโพลีเอสเตอร์หรือเคลือบด้วยโพลีไว้นีคลอไรด์เป็นสีต่างๆ สำหรับใช้ที่ที่เป็นชายทะเล มีไอน้ำเค็มจะกันสนิมได้เป็นอย่างดีผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีชนิดที่ใช้เครื่องหมายการค้าว่า "ซังโก้" ผลิตจากแผ่นเหล็กอาบสังกะสีโดยบริษัทนิปปอนสตีลในประเทศญี่ปุ่น ในประเทศไทย บริษัทที่ผลิตคือ บริษัทฟรีเมียร์โพรดักต์ จำกัด ผลิตออกมาเป็นแบบเคลือบด้วยโลีเอสเตอร์ 2 ชนิดคือ

1. ชนิดลอนเล็ก เรียกว่า SK RID 38 ดังแสดงในรูปที่ 2.9 มีรายละเอียดดังนี้คือ ความกว้างของแผ่น 750 มิลลิเมตร ความยาวจะผลิตตามที่ผู้ใช้ต้องการความสูงของลอน 38 มิลลิเมตร ศูนย์กลางลอนถึงศูนย์กลางลอน 250 มิลลิเมตร ความหนาและน้ำหนักจะเป็นดังนี้ หนา 4 มิลลิเมตร หนัก 4.29 กิ โลกรัมต่อตารางเมตร หนา 5 มิลลิเมตร หนัก 5.16 กิ โลกรัมต่อตารางเมตร หนา 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิเมตร หนัก 6.11 กิโลกรัมต่อตารางเมตรหนา 8 มิลลิเมตร หนัก 8.03 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หนา 10 มิลลิเมตร หนัก 9.94 กิ โลกรัมต่อตารางเมตร

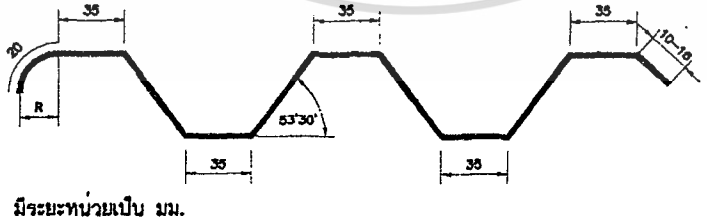
กระเบื้องชนิดนี้ เหมาะสำหรับใช้เป็นหลังคาโรงงานช่วงกว้างมากความต้องการของ โครงหลังคาเป็นหลักความลาดเอียงของหลังคาได้ถึง 5:100 รัศมีความโค้งของหลังคา 60 เมตร หรือมากกว่านั้น



รูปที่ 2.9 แผ่นหลังลูกฟูกเคลือบชนิดลอนเล็ก

2. ชนิดลอนใหญ่ เรียกชื่อสินค้าว่า Shell Roof W-600 ดังแสดงในรูปที่ 2.10 มีรายละเอียดดังนี้ คือ ความกว้างของแผ่น 600 มิลลิเมตร ความยาวจะผลิตตามที่ใช้ต้องการความสูงของลอน 87 มิลลิเมตร ศูนย์กลางลอนถึงศูนย์กลางลอน 200 มิลลิเมตรความหนาและน้ำหนักเป็นดังนี้ หนา 4 มิลลิเมตร หนัก 5.36 กิโลกรัมต่อตารางเมตรหนา 5 มิลลิเมตร หนัก 6.35 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หนา 6 มิลลิเมตรหนัก 7.67 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หนา มิลลิเมตร หนัก 10.03 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หนา 10 มิลลิเมตร หนัก 12.42 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

กระเบื้องชนิดนี้ความลาดเอียงของหลังคาได้ถึง 3:100 รัศมีความโค้งของหลังคา 150 เมตร หรือมากกว่าเล็กน้อย



รูปที่ 2.10 แสดงแผ่นเหล็กลูกฟูกเคลือบชนิดลอนใหญ่

ที่มา : พงศ์พัน วรสุนทโรสถ "วัสดุก่อสร้าง" (บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด) เอกสารประกอบการศึกษา ปี 2521 หน้า 224

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 การศึกษาวัสดุในการป้องกันความร้อน

ความร้อนเข้าสู่อาคารได้ทั้งทางด้านหลังคาและผนัง ความร้อนที่ซึมหรือทะลุออกจากหลังคา จะทำให้อุณหภูมิภายในของอาคารเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกิดปัญหาของความไม่สบาย และส่งผลกระทบโดยตรงการใช้พลังงานภายในอาคาร

ในส่วนของการศึกษาวัสดุในการป้องกันความร้อนนั้น วัสดุชนิดนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า " ฉนวนป้องกันความร้อน" ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่วัตถุประสงค์โดยตรงต่อการป้องกันความร้อนไม่ว่าจะเป็น การสะท้อนความร้อน การลดความร้อนโดยการส่งผ่านหรือดูดเก็บความร้อนโดยตรง จึงมีผลิตภัณฑ์ด้วยกันมากมายหลายประเภทอาจแบ่งได้ ดังนี้

วัสดุฉนวนชนิดที่ใช้พ่น มีชื่อตามการค้าต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เทอร์โมบอนด์ (thermo bond) เป็นวัสดุฉนวนมาจากประเทศอังกฤษ เป็นสารเคมีประกอบด้วยส่วนผสมของโพลโยล (polyol) และตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งทำให้โฟมคงทนมิให้เกิดการลุกไหม้และเชื้อรา สารเคมีเหล่านี้จะรวมกันทำให้เกิดไดโฟนีลมีเทน (diphonyl methane) ซึ่งจะขยายตัวเมื่อพ่นออกมาภายใน 3 วินาทีที่พ่นออกมา สารนี้จะพูหนาขึ้นทันที การพ่นนั้นพ่นให้หนา 25 มิลลิเมตร ใช้พ่นในเพดานหลังคา เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนจากหลังคาเข้ามาในห้องหรือพ่นช่องว่างระหว่างฝา ซึ่งสร้างแบบแซนด์วิช ราคาประมาณตารางเมตรละ 300 บาท

2. เทอร์โมซีล (thermo seal) เป็นวัสดุฉนวนซึ่งใช้พ่นในหลังคาหรือฝาผนังเพื่อป้องกันความร้อนความหนาวเย็น เป็นฉนวนที่ไม่ติดไฟ

3. พี.อี.ไลต์ (P.E. lite) เป็นโพลียูรีเทนโฟม ซึ่งใช้พ่นฝาผนัง เพดาน เพื่อป้องกันความร้อนเย็น เป็นฉนวนที่ไม่ติดไฟ

4. แอเรซ์ (airex) เป็น พี.วี.ซี. โฟม ใช้เป็นฉนวนโดยพ่นในเพดาน ผนัง

5. โพลีโซม (poly zoam) เป็นโพลีสไตรีน โฟมที่ใช้เป็นฉนวนเพดาน หรือฝา

6. สไตโรพอนโฟม (styropon foam) เป็นฉนวนที่ใช้กับเพดาน ฝาผนัง

7. อะซาโนยูเทก (asano utac) เป็นโฟมและใยแก้วผสมกัน ใช้เป็นฉนวนในเพดานและผนัง

วัสดุฉนวนที่เป็นแผ่นม้วน วัสดุฉนวนที่ผลิตมาเป็นแผ่นม้วนออกจำหน่ายนั้นมีชนิดความกว้างและความยาว ดังต่อไปนี้

1. ซิซาเลชั่น (sisalation) เป็นวัสดุฉนวนที่ผลิตจากประเทศออสเตรเลีย เป็นแผ่นขนาดกว้าง 1.25 เมตร ยาวม้วนละ 60 เมตร มีชนิดเบอร์ 450 ซึ่งเป็นชนิดไฟเบอร์ 912 เป็นชนิดที่มีอะลูมิเนียมฟอยล์ ทั้งสองด้าน ราคาประมาณม้วนละ 2,850 บาท และชนิดเบอร์ 902 ซึ่งมีอะลูมิเนียมฟอยล์ด้านเดียว ราคาประมาณม้วนละ 1,850 บาท ทั้งสามชนิดใช้กรุในฝ้าเพดานหรือผนัง อะลูมิเนียมฟอยล์มีหน้าที่สะท้านความร้อนมิให้เข้ามาภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไมโครไฟเบอร์ (Micro fiber) เป็นแนวซึ่งเป็นเส้นใยแก้ว ซึ่งได้จากการหลอมใยแก้วสานกันเป็นร่างแห จนเกิดโพรงอากาศเล็กๆ จำนวนมาก ทำหน้าที่เป็นฉนวนไม่ให้ความร้อนหรือความเย็นไหลผ่านผลิตภัณฑ์นี้มีทั้งชนิดม้วน มีขนาดความหนา 13, 25, 50 มิลลิเมตร ขนาดความกว้างและยาว คือ 1.22x15.25 เมตร ความหนา 25 และ 50 มิลลิเมตร ชนิดบิวดิ้งเกรดหนา 50 มิลลิเมตร 1 ม้วนคลุมพื้นที่ได้ 18.6 ตารางเมตรชนิดธรรมดาม้วนละ 1,380 บาท ชนิดมีอะลูมิเนียมฟอยล์ม้วนละ 1,690 บาท ชนิดแอกูสติก หนา 150 มิลลิเมตร อย่างธรรมดาม้วนละ 2,640 บาท อย่างชนิดมีอะลูมิเนียมฟอยล์ม้วนละ 2,950 บาท นอกจากนี้มีชนิดเป็น blanket ขนาดถุงละ 15 กิโลกรัม ราคากิโลกรัมละ 60 บาท (ราคาในปี พ.ศ. 2532)

3. เรนฟอยล์ (renfoil) เป็นฉนวนที่เป็นอะลูมิเนียมฟอยล์ทั้งสองด้านขนาดกว้าง 1.25 เมตร ยาวม้วนละ 60 เมตร มีชนิดเบอร์ 510 และชนิดเบอร์ 520 ซึ่งหนากว่าเบอร์ 510

4. ไมโครไลต์ (microlite) เป็นใยแก้วซึ่งผลิตมาเป็นแผ่นม้วน ใช้เป็นแนวนในเพดานและฝาผนัง

5. พาร์เซก (parsec) เป็นวัสดุฉนวนสำหรับใส่ในฝ้าเพดานเพื่อลดความร้อนภายในอาคาร เป็นวัสดุแผ่นม้วนที่เหนียวคงทน ขนาดกว้าง 1.25 เมตร ยาว 100 เมตร ราคาตารางเมตรละ 155 บาท วัสดุนี้เป็นวัสดุฉนวนที่ใช้ในโครงการอากาศของสหรัฐฯ

วัสดุฉนวนชนิดที่เป็นแผ่นแข็ง วัสดุฉนวนที่ทำเป็นแผ่นแข็งซึ่งใช้เป็นเพดานสำเร็จรูปหรือฝาผนัง มีดังนี้

1. ไอโซวอลล์ (isowall) เป็นแผ่นโลหะประกบฉนวนตรงกลางแบบเซนต์วิช แผ่นฉนวนกลางเป็นโพลิส ไตรีน ส่วนแผ่นโลหะประกบบางๆ 2 ด้านนอกนั้น เป็นแผ่นเหล็กบางเคลือบสี การประกบติดกันใช้กาวโพลีเมอไรซิ่ง ความหนาของแผ่น 50 - 250 มิลลิเมตร ใช้เป็นฝาสำเร็จรูปกันความร้อน

2. แผ่นไมโครซีลิ่ง (microceiling board) เป็นแผ่นฝ้าเพดานชนิดกันความร้อน มีลวดลายในตัวใช้วางบน ที.บาร์ ความหนาของแผ่น 19 มิลลิเมตร ขนาด 600x600 มิลลิเมตร 600x1,200 มิลลิเมตร 605x1,215 มิลลิเมตร

3. สตรามิตบอร์ด (stramit board) เป็นวัสดุฉนวนทำจากแผ่นฟางข้าวอัดด้วยกาวและอบด้วย ความร้อน หนา 45 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 1.80 - 4 เมตร

4. ยิปซัมบอร์ด (gypsum board) ผลิตจากผงยิปซัมอัดเป็นแผ่น ด้านหลังของแผ่นประกบด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อสะท้อนความร้อน แผ่นยิปซัมบอร์ดมีความหนา 9 และ 12 มิลลิเมตร ขนาดแผ่น 60 x 60เซนติเมตร 60 x 120 เซนติเมตร และ 120 x 240 เซนติเมตร วัสดุฉนวนชนิดนี้ใช้เป็นแผ่นฝ้าเพดานกั้นความร้อนเข้าสู่ห้อง วัสดุชนิดนี้ขนาด 120 x 240 เซนติเมตร หนา 9 มิลลิเมตร แผ่นละ 125 บาท ขนาด 120 x 240 เซนติเมตร หนา 12 มิลลิเมตร แผ่นละ 156 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการใช้ฉนวนที่หลังคาจึงมี 2 ด้านคือ เพื่อที่จะประหยัดพลังงานในอาคารปรับสภาวะอากาศ และเพื่อที่จะให้ได้รับความสบายในระดับความร้อนพอสมควร ในอาคารที่ไม่ได้ปรับสภาวะอากาศ ในอาคารทั้ง 2 แบบ มีการบุฉนวนหลังคาแบบมาตราฐานจะต้องไม่ให้มีการถ่ายเทความร้อนเกินค่าที่แสดงไว้ในตาราง ต่อไปนี้

ตารางที่ 2.8 มาตราฐานค่าการถ่ายเทความร้อน

กลุ่มน้ำหนัก	ระดับน้ำหนัก (kg/m)	ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุด ($w/m^2/ox$)	
		อาคารปรับสภาวะอากาศ	อาคารไม่ปรับสภาวะอากาศ
เบา	ต่ำกว่า 50	0.5	0.8
กลาง	50 ถึง 230	0.8	1.1
หนัก	สูงกว่า 230	1.2	1.5

ที่มา : พงศ์พัน วรสุนทโรสถ "วัสดุก่อสร้าง" (บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด) เอกสารประกอบการศึกษา 2521 หน้า 217

และคุณสมบัติ ของการการป้องกันความร้อน ค่า K และ U ของวัสดุแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันซึ่งจะแสดงค่าในตารางแสดงผลค่า R ของวัสดุต่างๆ ต่อไปในภาคผนวก

2.7.6 การศึกษารูปทรงของหลังคาที่มีผลต่อการป้องกันความร้อนจากหลังคา

หลังคาที่จะกล่าวต่อไปนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นหลังคาที่ใช้กับบ้านพักอาศัยหรืออาคารขนาดเล็กซึ่งมีช่วงพาด (Span) ขนาดธรรมดาที่เป็นโครงสร้างไม้หรือเหล็กเป็นส่วนใหญ่ส่วนชนิดของหลังคาที่ต้องการขนาดในช่วงยาวมาก (Long Shane) จะกล่าวเพียงเล็กน้อยเพื่อเป็นหลักเบื้องต้นเท่านั้น

2.7.6.1 หลังคาแบบ (Flat Roof) ใช้กับอาคารได้เกือบทุกชนิด ใช้กับส่วนที่เป็นทางเชื่อม (Covered Way) อาคารต่ออาคาร ส่วนที่เป็นเฉลียงหรือโรงรถ เป็นต้น การทำหลังคาแบนสามารถทำได้ 2 ชนิด คือ

2.7.6.1.1 หลังคาแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก การทำหลังคาชนิดนี้จำเป็นต้องทำให้มีความเอียงลาดเล็กน้อย พอให้น้ำไม่ขังและระบายสู่เบื้องล่างได้ หลังคาแบบ ซึ่ง ไม่ทำระดับจะเกิดปัญหาน้ำขังและเกิดปัญหาแตกร้าวในที่สุด และความร้อนทำให้เกิดปัญหาความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวของคอนกรีตจะส่งผลให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวยืดหดและขยายตัวซึ่งเป็นผลโดยตรงต่อการรั่วซึมของพื้นคอนกรีตเป็นอย่างมาก

2.7.6.1.2 หลังคาแบบมุงด้วยสังกะสีแผ่นเรียบ หลังคาชนิดนี้นิยมทำกันในขนาดเนื้อที่เล็กๆ จำเป็นต้องทำให้มีระดับลาดเอียงลงได้จะเป็นข้างเดียวหรือสองข้าง ทำระดับเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ให้น้ำไม่ขังก็พอโครงสร้างชนิดนี้ เป็นโครงสร้างชนิดเบา เช่น ไม้หรือเหล็ก หลังคาชนิดนี้มีผลต่อการส่งถ่ายความร้อนเป็นอย่างยิ่ง เพราะตัวสังกะสีเป็นวัสดุที่มีส่วนต่อการถ่ายเทความร้อนโดยตรง

2.7.6.2 หลังคาเพิงหมาแหงน (Shed Roof or Lean-to Roof) หลังคาชนิดนี้เป็นหลังคาที่มีความเอียงลาดลงข้างเดียว ง่ายต่อการก่อสร้าง ราคาถูก แต่ปัญหาค่อนข้างมาก เช่น การรับความร้อนโดยตรง หรือฝนโดยตรง ในส่วนที่เป็นด้านเรียบมักจะมีปัญหาหลังจากการก่อสร้างแล้ว แต่มีส่วนดีในแง่ของการรับแสงสว่างจากธรรมชาติ

2.7.6.3 หลังคามนิลา (Gable Roof) หลังคาชนิดนี้มีสันหลังคา (Ridge) หน้าจั่ว (Gable) ความลาดเอียงลงทั้ง 2 ด้าน หลังคาลักษณะนี้เหมาะกับสภาวะภูมิอากาศแบบเขตร้อนชื้น แต่ต้องมีความลาดชันที่เหมาะสมด้วย ง่ายต่อการก่อสร้าง ประหยัดและเป็นที่นิยมใช้

2.7.6.4 หลังคาปั้นหยา (Hip Roof) หลังคาชนิดนี้เหมาะสำหรับอาคารที่มีขนาดใหญ่ ไม่นิยมกับอาคารขนาดเล็กๆ มีความยุ่งยากในการวางโครงหลังคา มีความลาดเอียงของหลังคาลาดลงทุกด้าน ป้องกันแดดฝนได้ดี มีรายละเอียดส่วนประกอบของโครงสร้างมากกว่าและแตกต่างไปจากหลังคาที่กล่าวมาเป็นที่นิยมใช้ทำให้อาคารดูมีลักษณะดีกว่าแบบเรียบทั่วไป แต่เก็บสะสมความร้อนไว้ใต้หลังคาเป็นอย่างดีมีผลต่อการส่งผ่านความร้อนสู่ภายในอาคาร

2.7.6.5 หลังคาปีกผีเสื้อ (Double Lean - to Roof) ลักษณะของหลังคาชนิดไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้ มากนักในปัจจุบัน เนื่องจากป้องกันแดดฝนได้น้อยกว่า หลังคาชนิดอื่น ชายคาทั้ง 4 ด้านของหลังคาชนิดนี้ เปิดรับแดดและฝนทุกด้าน นอกจากจะมีการดัดแปลง (Modify) เสียใหม่ให้บังแดดฝนได้ดี แต่ก็ทำให้สิ้นเปลืองมากเพิ่มขึ้น หลังคาชนิดนี้มีรางน้ำกลางบ้านคืออยู่ระหว่างปลายลาดสุดของหลังคามาชนกันไม่นิยมทำรางสังกะสี ส่วนมากจะใช้รางน้ำคอนกรีตเสริมเหล็กแทน

2.7.6.6 หลังคาแกมเบรล (Gambrel Roof) หลังคาชนิดนี้ ไม่นิยมใช้ในบ้านเราส่วนมากใช้ในประเทศหนาว ส่วนมากมีองศาของความลาดชั้นสูง เพื่อประโยชน์ของห้องพักใต้หลังคา

2.7.6.7 หลังคาฟันเลื่อย (Saw-Tooth Roof) ส่วนมากนิยมใช้กับโรงงาน ซึ่งต้องการเนื้อที่ใช้สอยกว้างๆ โดยมีเสาน้อย โครงสร้างเป็นโครงสร้างชนิดมีช่วงพาด ส่วนฟันเลื่อยเป็นช่องแสงสว่างสีพื้น

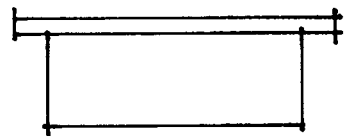
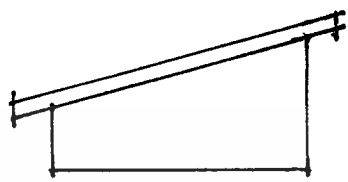
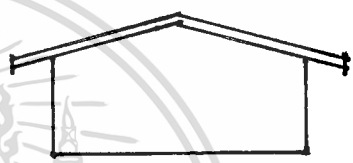
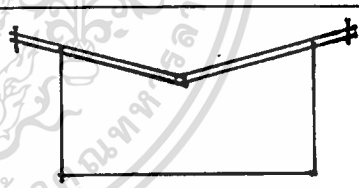
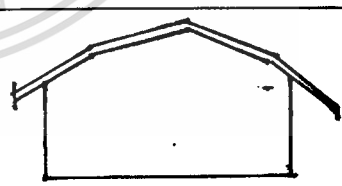
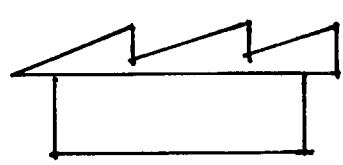
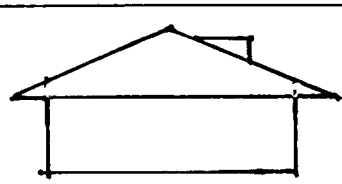
2.7.6.8 หลังคาดอร์มเมอร์ (Dormer) เป็นหลังคาเล็กบนหลังคาใหญ่อีกทีหนึ่งเพื่อประโยชน์ในเมื่อเป็นห้องใต้หลังคา สำหรับติดหน้าต่างระบายอากาศให้แล้ว หรือช่องระบายอากาศใต้หลังคา

2.7.6.9 หลังคามังซา (Mansard Or Curd Roof) ลักษณะการใช้สอยคล้ายแกมเบรล แต่มีลาดหลังคาลงมาทิ้ง 4 ด้าน ลักษณะคล้ายปั้นหยา

2.7.6.10. หลังคา (Deck Roof) ลักษณะคล้ายหลังคาปั้นหยา แต่ส่วนบนสุดเป็นหลังคาแบนไม่มีสันหลังคา

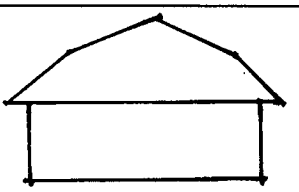
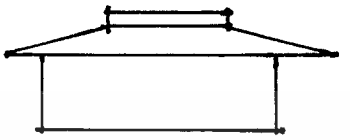
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 รูปทรงของหลังคาชนิดต่างๆ

ลำดับที่	ชนิดของหลังคา	รูปแบบ
1.	แบบ Flat Root - แบบ ค.ส.ล - แบบ วัสดุมุง	
2.	หลังคาแบบเพิงหมาแหงน (Shed Roof or Lean - to roof)	
3.	หลังคามนิลา (Gable Roof)	
4.	หลังคาทรงปั้นหยา (Hip Roof)	
5.	หลังคาปีกผีเสื้อ (Butterfly Roof)	
6.	หลังคาแกมเบรล (Gambrel Roof	
7.	หลังคาฟันเลื่อย (Saw -Tooth Roof)	
8.	หลังคาดอร์มเมอร์ (Dormer)	

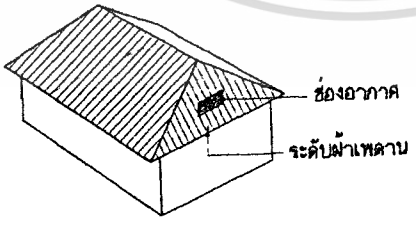
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิดของหลังคา	รูปแบบ
9.	หลังคามังชา (Mansard Of Curd Roof)	
10.	หลังคา (Deck Roof)	

2.7.7 การศึกษาการระบายอากาศ ภายใต้หลังคาที่มีผลต่อการระบายความร้อน

การลดความร้อนและความชื้นของหลังคา เป็นเรื่องที่มีความสำคัญกับสภาพอากาศแบบร้อนชื้นเป็นอย่างมากการระบายอากาศในส่วนของหลังคาบ้าน เป็นการแก้ปัญหาที่ได้ผลดีมากในระดับหนึ่ง ยังง่ายต่อการพิจารณาในด้านการออกแบบและก่อสร้าง และยังมีส่วนในการลดอุณหภูมิความร้อนที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในโดยตรง โดยธรรมชาติแล้วความร้อนและความชื้นจะลอยตัวขึ้นสูงและอากาศเย็นจะเข้ามาแทนที่ ดังนั้น ถ้ามีจุดสูงสุดหรือใกล้เคียงจุดสูงสุดของหลังคาเปิดช่องไว้ (จะต้องทำเกล็ดหรือส่วนในการป้องกันฝนสาดเข้าภายใต้หลังคา) เพื่อให้ลมร้อนและความชื้นระบายออกได้และที่ระดับต่ำของหลังคาหรืออาคารเราเปิดช่องให้ลมเข้า ก็จะทำให้เกิดการถ่ายเทอากาศและระบายความร้อนออกจากหลังคา และหลักการทางธรรมชาติแล้วยิ่งระดับของช่องระบายอากาศและช่องลมต่างกันมากเท่าไร อัตราการการถ่ายเทก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้นลักษณะแบบนี้เราเรียกว่า "Stack Effect"



รูปที่ 2.11 แสดงการเจาะช่องระบายอากาศของหลังคาบ้าน

ในการทำงานของกระบังลมบนหลังคา โดยปกติแล้วถือว่ามีค่าเป็นอัตราความเร็วลมและความแตกต่างของอุณหภูมิทั้งภายนอกและภายใน จะต้องคำนึงถึงแรงของการระบายอากาศ ที่ได้รับการกระตุ้นทางธรรมชาติทั้ง 2 แรง คือแรงที่เกิดจากผลของความร้อนและแรงลม ในประเทศสิงคโปร์ความร้อนมีผลน้อยมากและแรงที่ทำให้เกิดการระบายอากาศ ที่สำคัญก็เนื่องมาจากแรงลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของกระบังรับลมบนหลังคาอาจจะหาได้จากสมการง่ายๆ ดังต่อไปนี้

$Q = 208\ AV.$

เมื่อ

Q = อัตราการระบายอากาศ (m^3/sec)

A = พื้นที่ของการระบายอากาศ (cm^2)

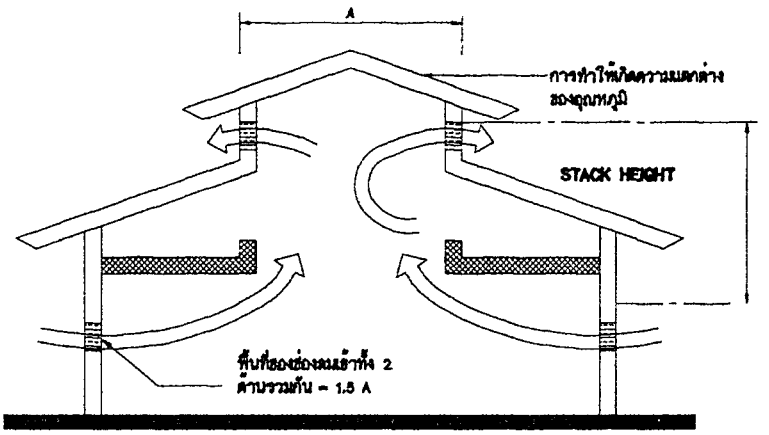
V = ความเร็วลม (k^m/N)

สำหรับหลังคาแบบเปิด การทำงานไม่ดีเท่ากับกระบังลมบนหลังคา และไม่มีการประเมินค่าเป็นปริมาณของหลังคาแบบเปิดนี้ อย่างไรก็ตามสมมุติว่าหลังคาแบบเปิดได้นี้ มีประสิทธิภาพประมาณ 50% เมื่อเทียบกับเครื่องระบายอากาศแบบกระบังลมจะคำนวณออกมาได้ พื้นที่เปิดต้องการต่อเมตรของต้องการจะเป็นประมาณ 1.2 M^2 สำหรับอาคารมีความกว้าง-18 M

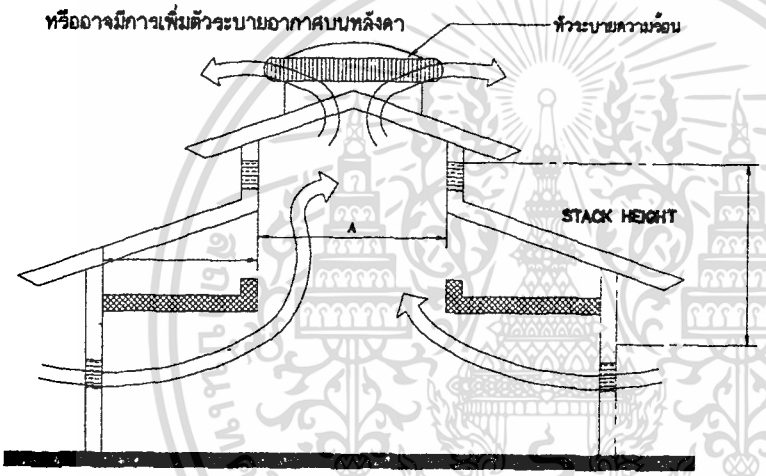
ข้อกำหนดใหญ่ สำหรับบ้านพักอาศัย

อาคารบ้านพักอาศัยแบบแถวที่มีความลึก 12 M ควรจะมีการระบายอากาศ อย่างถาวรจากด้านหน้าไป ด้านหลังโดยมีช่องลมที่เหมาะสมทั้งด้านหน้าและผ่านผนังทั้ง 2 ด้าน ในแต่ละชิ้น เพื่อที่จะทำให้การระบายอากาศเป็นไปได้สะดวกช่องลมเหล่านี้ควรจะมีพื้นเปิดสุทธิไม่น้อยกว่า 0.4 M^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อาจมีการเพิ่มระบายตัวอากาศหลังคา



รูปที่ 2.12 รูปแสดงการทำช่องระบายอากาศของต่ออาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงการหาขนาดช่องพื้นที่ A ซึ่งสามารถคำนวณได้หยาบๆ ดังนี้ คือ

△ T° = 10 C° Srack height (m)	ค่า V ความสามารถในการระบายอากาศ ต่อพื้นที่ A 1 m2 (m3/sec) (สำหรับหัวระบายอากาศที่มีแรงเสียดทานของลมต่ำ
30	1.2
40	1.24
50	1.3
60	1.33
70	1.4
80	1.42
90	1.46
100	1.54
110	1.6
120	1.63
130	1.67
140	1.72
150	1.76
160	1.8
180	1.84
200	1.9

ข้อควรระวังในกรณีที่ Stack Height มากจะเกิดแรงดูดของลมด้านช่องลมเข้ามาก และอาจทำให้ฝนสาดเข้าอาคารได้มากขึ้น ดังนั้นจึงต้องใช้เกล็ดกันฝนที่ดีหรือทำลาดเอียงที่พื้นในบริเวณใกล้กับช่องลมเข้าเพื่อให้นำฝนไหลกับออกนอกอาคารถ้าเกิดการสาดเข้ามาได้จริง

การระบายความร้อน และความชื้นมีความสำคัญในกรณีของโถงสูง เช่นกัน และถ้าโถงสูงนั้นติดแอร์ ก็อาจจะใช้พัดลมระบายอากาศเข้าช่วยระบายอากาศในส่วนสูงออกที่ใช้พัดลมเนื่องมาจากเราสามารถควบคุมอัตราการดูดออกได้แน่นอน โถงสูงที่ไม่มีการระบายอากาศในส่วนสูงเลยจะมีความชื้นสะสมอยู่มากถ้ามี Sky Light ก็อาจจะเกิดผัง และมีน้ำหยดเนื่องจากการกลั่นตัวของหยดน้ำเหล่านี้ในตอนกลางคืนได้

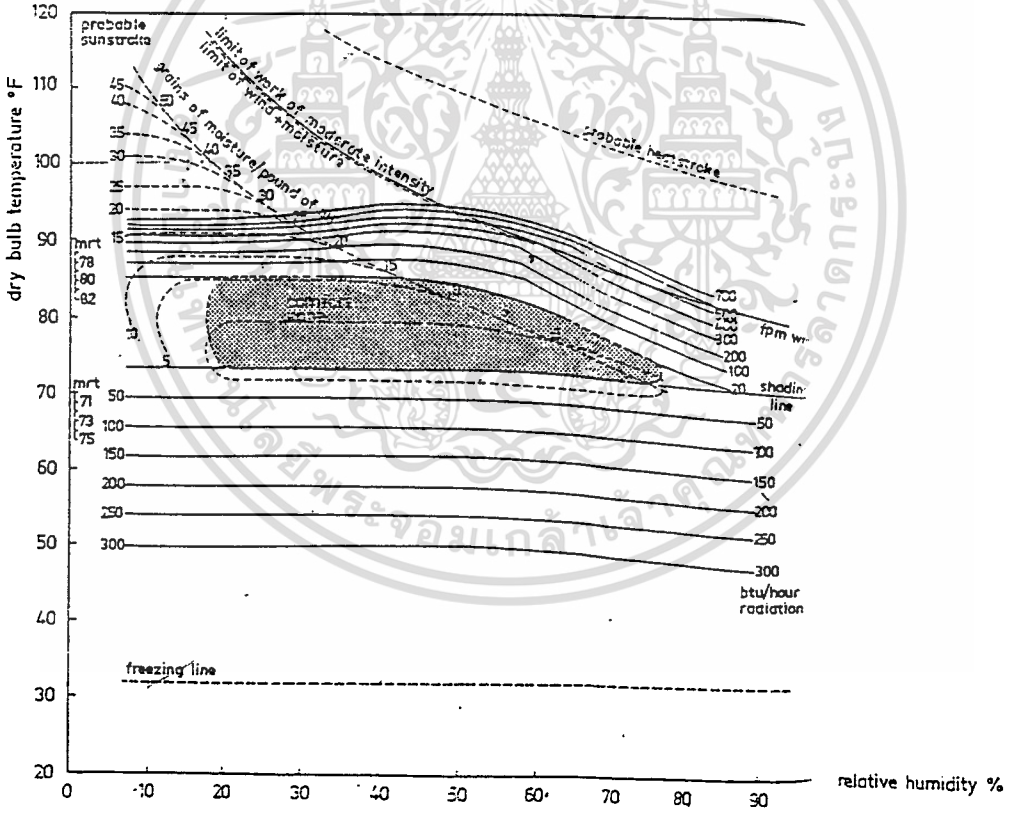
ที่มา บริษัท เอ็มแอนด์จี จำกัด "30 เรื่องน่ารู้เทคนิคการปรับอากาศ" รวบรวมบทความเกี่ยวกับการปรับอากาศจากวารสารแมคแคนิค (บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 5 พฤศจิกายน 2535) หน้า 140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 แนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรม เพื่อการประหยัดพลังงาน

สิ่งที่เป็นปัญหามากที่สุด สำหรับบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้นอย่างในประเทศเราก็คือ ความร้อนซึ่งความร้อนส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มากระทบกับสิ่งต่างๆ ของอาคารและบริเวณโดยรอบลักษณะของความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์และมากระทบกับอาคารมากที่สุดนั้น คือ

1. รังสีคลื่นสั้นที่แผ่มาโดยตรง (Direct Solar Short Wave Radiation)
2. รังสีคลื่นสั้นที่กระจายผ่านเมฆหมอกออกมา (Diffuse Short Wave Rod Sky Fault)
3. รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนออกมาจากพื้นดิน (Short Wave Radiation Reflected From Ground)
4. รังสีคลื่นยาวจากพื้นดินและวัตถุที่ร้อน (Long Wave Radiation From Heated Ground & Object)



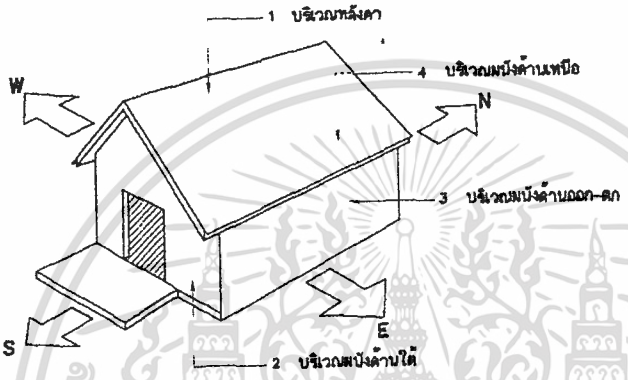
รูปที่ 2.13 แสดงแผนภาพชีวะอากาศสำหรับเขตละติจูด 13 องศาเหนือ หรือใต้ (Bioclimatic Chart for Latitude 13 องศาเหนือหรือใต้

จาก : ตรึงใจ บูรณสมภพ การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อน หน้า 30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รังสีคลื่นยาวเกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างวัตถุและท้องฟ้า (Out Going Long Wave Radiation Exchange Between Object & Sky)

จากทั้ง 5 ข้อนี้ รังสีคลื่นสั้นที่แผ่มาโดยตรง จะมีผลต่ออาคารมากที่สุดเพราะเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ สถาปนิกอาจใช้ความสามารถในการออกแบบสถาปัตยกรรมช่วยให้ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาในอาคารน้อยที่สุด โดยการออกแบบการเลือกใช้วัสดุ การจัดวางอาคารและการใช้ฉนวนกันความร้อนต่างๆ ช่วยหรือด้วยการควบคุมสภาวะแวดล้อมที่ใกล้ชิดกับอาคาร



รูปที่ 2.14 แสดงส่วนของอาคารที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

จากการพิจารณาภาพ อาจจำแนกบริเวณของอาคารที่รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงเรียงลำดับตามปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ตกลงยังพื้นที่นั้น ได้เป็น 4 ส่วนคือ

1. บริเวณหลังคา ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรงมากที่สุด เพราะเป็นส่วนบนสุดของอาคารซึ่งใช้กันทั้งความร้อนและฝนเข้าสู่ภายในอาคารและปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรงที่ตกลงยังหลังคาจะเป็นปริมาณตรงกับปริมาณพื้นที่ของหลังคา ดังนั้นอาคารใดที่มีพื้นที่หลังคามาก ย่อมรับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรงมากกว่าอาคารที่มีพื้นที่หลังคาน้อย กล่าวง่ายๆ คือในปริมาณพื้นที่ใช้สอยเท่ากันบ้านชั้นเดียวจะรับความร้อนที่หลังคามากกว่าบ้านสองชั้น ซึ่งปริมาณพื้นที่หลังคาน้อยลงเพราะซ้อนชั้น

2. บริเวณผนังด้านใต้ สำหรับภูมิอากาศของประเทศไทย ดวงอาทิตย์เดินอ้อมทางทิศใต้ ดังนั้นพื้นที่ของผนังด้านใต้จะรับแสงแดดตลาดเวลา แต่ขณะเดียวกันทิศทางลมประจำของไทยประมาณร้อยละ 75 พัดมาจากทางใต้และตะวันออกเฉียงใต้และร้อยละ 25 พัดมาจากทิศตะวันด้านใต้โปร่ง ซึ่งในกรณีที่เจาะผนังเป็นหน้าต่างให้ระบายอากาศเท่ากับเราต้องลดปริมาณพื้นที่ส่วนที่รับความร้อนลงไปในตัว ความร้อนที่มาถึงผนังก็น้อยลงตามตัวหน้าที่ของสถาปนิกที่จะต้องพิจารณาสำหรับผนังด้านใต้ก็คือ พยายามกันแสดงแดดตรงให้กับสวนเปิดทางด้านใต้ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ อาจโดยใช้ชายคายาวระเบียงหลังคากลุม ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. บริเวณผนังด้านตะวันออก-ตะวันตก ผนังทั้งสองด้าน ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ตรง ๆ ข้างละครึ่งวัน และทิศทางดังกล่าวเป็นทิศทางซึ่งมีเฉพาะ แสงแดดและความร้อนเท่านั้น มีได้มีทิศทางที่ลมจะพัดผ่านได้ ดังนั้นการมีส่วนเปิดในบริเวณดังกล่าวจึงไม่มีความจำเป็น นอกจากต้องการบังคับทิศทางลมที่เข้าไปในอาคารให้ออกในทิศนั้นเท่านั้น ดังนั้นหากพิจารณาผนังด้านตะวันออกและตะวันตกเป็นผนังตันจะประหยัด ในการก่อสร้างได้มากกว่าการเจาะช่องเปิด

4. ผนังด้านเหนือ เป็นผนังด้านที่ได้รับความร้อนจากแสดงอาทิตย์ตรงน้อยที่สุดจะได้รับเฉพาะในฤดูหนาวซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 3 เดือน และความร้อนในฤดูหนาวเป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับความสบายได้ด้วยอีกทั้งทิศเหนือเป็นด้านที่จำเป็นต้องเจาะสวนเปิด ให้ระบายกระแสลมที่พัดจากด้านทิศใต้ ทำให้ผนังด้านเหนือมีคุณลักษณะเช่นเดียวกับผนังด้านใต้

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าส่วนของอาคารที่จะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุดคือหลังคากับผนังด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ดังนั้นการออกแบบเพื่อหาทางลดและระบายความร้อนจากทิศทางเหล่านั้นจึงเป็นสิ่งที่สถาปนิกจะต้องคำนึงถึง โดยทั่วไปการออกแบบเพื่อลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ ที่กระทำกันอาคารบ้านพักอาศัยนั้นสามารถทำได้ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้ คือ

1. การให้ร่มเงาบริเวณภายนอกอาคาร
2. การจัดวางตัวอาคารในทิศทางที่เหมาะสม
3. การป้องกันความร้อนจากหลังคา
4. การลดความร้อนจากแสงแดด
5. การให้ร่มเงาแก่อาคารด้วยการใช้เครื่องป้องกันแดด

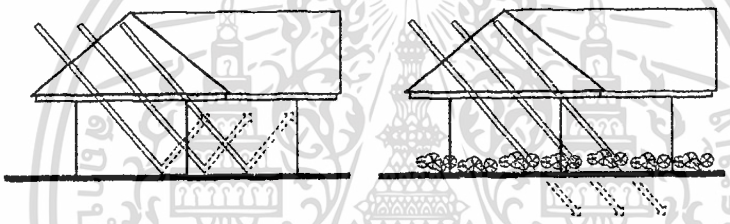
[5]Climatological Data For The Period 1951-1975 Atation Bangkok Metropolis Index Station 48 P. 455

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การให้ร่มเงาบริเวณภายนอกอาคาร ร่มเงาจากสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่ง ที่จะทำให้เกิดความเย็นภายในอาคารได้สม่ำเสมอ เนื่องจากความร้อนของรังสีจากดวงอาทิตย์ไม่สามารถผ่านลงไปยังตัวอาคารได้มาก สิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารที่จะให้ร่มเงาดีที่สุดแก่ตัวอาคารนั้น ได้แก่ ต้นไม้

ต้นไม้มีอยู่มากมายในเขตอากาศร้อนชื้น เช่นในประเทศไทย มีทั้งต้นไม้ที่ขึ้นเองและปลูกขึ้นมาลักษณะของต้นไม้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ต้นไม้ประเภทคลุมดิน ซึ่งมีทั้งไม้ดอกและไม้ใบ ได้แก่ ต้นหญ้า เข็ม กระดุมทอง ฯลฯ และต้นไม้ใหญ่หรือต้นไม้ยืนต้นที่มีอายุยืน มีทั้งชนิดให้ดอกและให้ผล เช่น มะม่วง ขนุน อินทนิล มะพร้าว ฯลฯ ประโยชน์ของการปลูกต้นไม้ที่เกี่ยวข้องกับงานสถาปัตยกรรม มีดังนี้

1.1 ให้ความชุ่มชื้นแก่ดิน ทำให้บริเวณโดยรอบไม่มีฝุ่นละออง ความร้อนและแสงสว่างเมื่อกระทบกับผิวดินแล้ว ไม่สะท้อนกลับมา เกิดความร่มเย็น ดังภาพประกอบที่ 2.15



(ก) (ข)

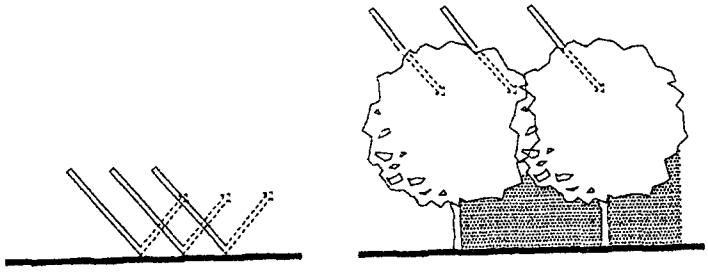
รูป (ข) จะเย็นสบายกว่า รูป (ก)

รูปที่ 2.15 แสดงการให้ความชุ่มชื้นบนผิวดิน

1.2 ให้ร่มเงา ต้นไม้ที่ให้ร่มเงาจะต้องเป็นต้นไม้ใหญ่ ต้นไม้ยืนต้น มีใบแน่นทึบสามารถให้ร่มเงาปกคลุมเนื้อที่กว้าง ถ้าปลูกตำแหน่งที่เหมาะสมจะให้ร่มเงาแก่อาคารได้อย่างดี

1.3 ปรับทิศทางลม เมื่อมีลมพัดอากาศจะหมุนเวียนปะทะกับตัวคนจะทำให้รู้สึกเย็นสบาย ถ้าลมพัดผ่านบริเวณที่มีอากาศเย็นกว่าจะทำให้รู้สึกเย็นยิ่งขึ้น เช่นลมที่พัดผ่านแอ่งน้ำขนาดใหญ่ ทิศทางลมจะพัดมาในแนวตรง เมื่อเกิดปะทะกับสิ่งกีดขวางใดๆ จะทำให้ลมเปลี่ยนทิศทางทันทีและลดความเร็วลงเราสามารถปลูกต้นไม้เพื่อเบี่ยงเบนทิศทางลมตามที่เราต้องการได้

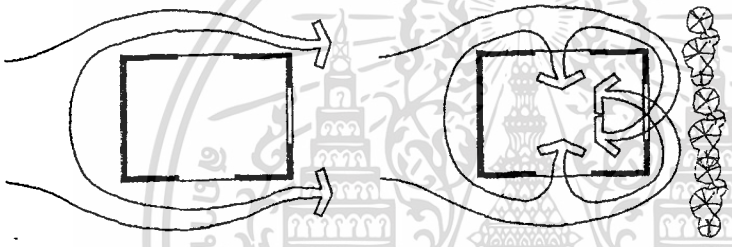
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูป ข. จะร่มเย็นกว่า

รูปที่ 2.16 แสดงการให้ร่มภายนอกอาคารลักษณะหนึ่ง



รูป ก. ผนังด้านรับลมทึบ มีช่องเปิดด้านหลัง ลมไม่สามารถเข้าอาคารได้

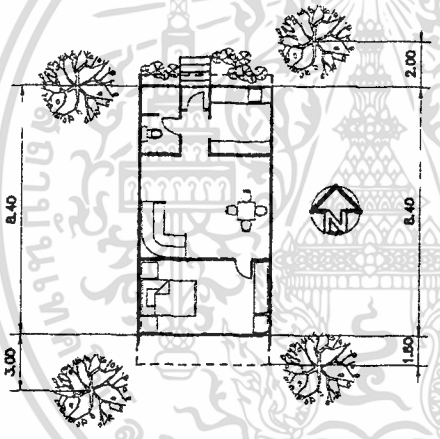
รูป ข. การปลูกต้นไม้ด้านหลังจะช่วยเบี่ยงเบนทิศทางลมให้เข้าอาคารได้

รูปที่ 2.17 การวางตำแหน่งต้นไม้ที่เหมาะสมจะบังคับทิศทางลมให้ไหลเข้าอาคาร และผ่านหลังคา ทำให้อาคารเย็นขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นไม้ที่ให้ร่มเงาแก่อาคารนั้นมีมากมายหลายชนิด บางชนิดเป็นพุ่มใหญ่ทึบ เช่น อินทนิล ทองหลาง มะม่วง เป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดมีรูปร่างต่างๆ กัน ถ้าต้องการจะให้ต้นไม้มีร่มเงาที่ดีแล้ว จะต้องเลือกต้นไม้และปลูกต้นไม้ไว้ในตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสม โดยปกติดวงอาทิตย์จะขึ้นในตอนเช้าทางทิศตะวันออกแล้วค่อยๆ เคลื่อนสูงขึ้นในตอนบ่ายและต่ำลงทุกทีทางด้านตะวันตก ดังนั้นต้นไม้จะให้ร่มเงาที่ดีถ้าปลูกไว้ทางทิศตะวันออก และทิศตะวันตก แสงอาทิตย์ที่ทอดต่ำในตอนเช้าและตอนเย็นจะทำให้เงาของต้นไม้ทอดไปตามยาว ซึ่งเราสามารถใช้เงาของต้นไม้เหล่านี้ให้เป็นประโยชน์กับอาคารได้อย่างเต็มที่

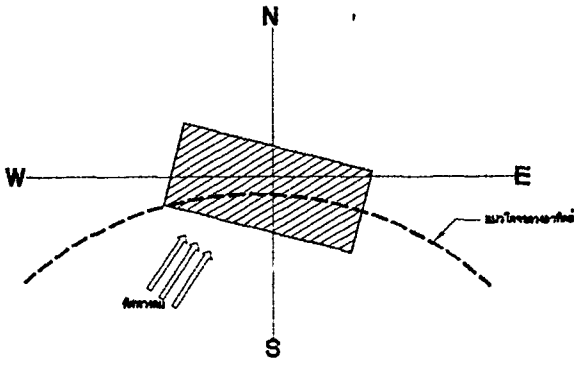
การสร้างบ้านโดยการปลูกต้นไม้ชนิดให้ร่มไว้ในบริเวณบ้านนี้ แสดงถึงการเตรียมการไว้อย่างเหมาะสมกับสภาพดินฟ้าอากาศ ในเวลาเช้าต้นไม้ทางมุมตะวันออกจะให้ร่มเงาทางด้านตะวันออกของอาคารส่วนต้นไม้ทางมุมตะวันออกเฉียงเหนือจะให้ร่มเงาทางด้านทิศเหนือของอาคาร ในเวลาเที่ยงชายคาจะช่วยบังตัวอาคารไว้ ในเวลาบ่ายและในเวลาเย็น ต้นไม้ทางมุมตะวันตกจะให้ร่มเงาทางทิศตะวันตกของอาคารและต้นไม้ทางมุมตะวันตกเฉียงใต้จะให้ร่มเงาทางทิศใต้ของอาคาร



รูปที่ 2.18 การวางตำแหน่งต้นไม้รอบอาคาร

2. การจัดวางตัวอาคารในทิศทางที่เหมาะสม การวางตัวอาคารที่เหมาะสมโดยให้ด้านที่มีพื้นที่น้อยที่สุดของอาคารอยู่ในด้านที่รับรังสีความร้อนมากที่สุดและการออกแบบภายในอาคารควรจัดวางห้องที่ใช้สอยน้อยที่สุดติดอยู่ทางทิศตะวันออก และตะวันตกให้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อจะให้บริเวณส่วนที่อยู่อาศัยมากที่สุดได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์น้อยลง ดังนั้นการวางอาคารโดยหันด้านยาวออกทางทิศเหนือ-ใต้จึงเหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การวางตำแหน่งตัวบ้านให้เหมาะสมกับทิศทางแดด-ลม

จากภาพแสดงถึงการจัดวางอาคารให้มีด้านยาวของอาคารตั้งรับทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ด้านยาวของอาคารได้รับลมอย่างเต็มที่ ทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาว สวนแสงแดดจะได้รับให้มุมเฉียงเป็นแสงที่ไม่ร้อนจัด และหาทางป้องกันง่าย

นอกจากการวางแปลนของอาคารที่ต้องให้ถูกกับทิศทางของแดดและลมดังกล่าว การมีพื้นที่ว่างพอเพียงในรอบบริเวณบ้านก็จะทำให้ลดความร้อนลงไปได้เพราะมีที่ว่างพอที่จะให้กระแสลมพัดเข้าสู่อาคารได้

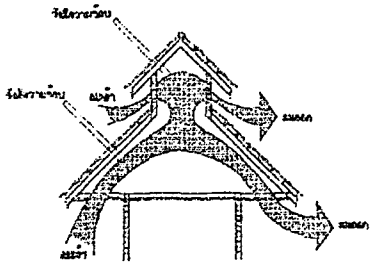
3. การป้องกันความร้อนจากหลังคา โดยปกติความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์ จะผ่านมากระทบหลังคาอาคารโดยตรง ซึ่งความร้อนนี้จะผ่านเข้าไปภายในอาคารที่อยู่ใต้หลังคาได้เป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้อยู่อาศัยภายในได้รับความร้อนมาก ดังนั้นในการออกแบบอาคารจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงการลดความร้อนจากหลังคาด้วย วิธีที่จะลดความร้อนจากหลังคาอาจทำได้ดังต่อไปนี้

3.1 การใช้วัสดุมุงหลังคาที่เป็นแนวป้องกันความร้อน ในอดีตบ้านเรือนของคนไทยเรามักจะใช้วัสดุที่มีอยู่ตามท้องถิ่น เช่น แฝก จาก หรือใบตองตึง วัสดุประเภทนี้สามารถที่จะลดความร้อนจากหลังคาได้อย่างดี แต่มีข้อเสียอยู่มาก คือ ไม่คงทนถาวร และน้ำฝนสามารถรั่วซึมได้ไม่ยาก ดังนั้นในปัจจุบันจึงหันกลับมาใช้วัสดุมุงที่ผลิตโดยระบบอุตสาหกรรม เช่น สังกะสี และกระเบื้อง ซึ่งมีอยู่หลายแบบหลายชนิดโดยเฉพาะกระเบื้องนั้นเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน และสามารถเป็นฉนวนในการลดศวามร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดีพอสมควร การเลือกใช้กระเบื้องนั้น ก็แล้วแต่ความนิยมของแต่ละบุคคล แต่การใช้กระเบื้องสีเข้มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดความร้อนมากกว่าสีจาง

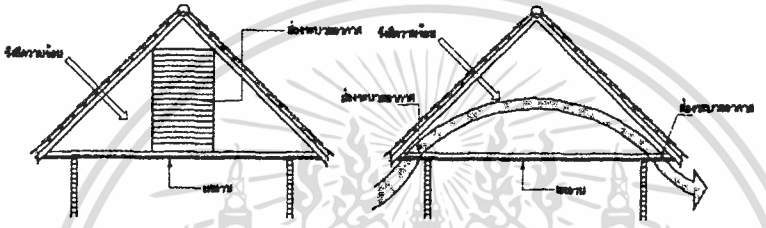
3.2 ใช้วัสดุบางชนิดที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนเสริมภายใต้ หรือบนผิวพื้นเครื่องมุมหลังคา เช่น แผนอลูมินัมฟอยล์ไฟเบอร์กลาศ โฟม หรือสีที่สะท้อนความร้อนทาทับบนเครื่องมุง

3.3 โดยการสร้างหลังคา 2 ชั้น เพื่อจะให้มีที่วางสำหรับให้อากาศเป็นตัวป้องกันความร้อนหรือพาความร้อนออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การทำหลังคา 2 ชั้น เพื่อลดความร้อน



รูปที่ 2.21 การทำช่องระบายอากาศที่หน้าจั่ว และใต้หลังคา

4. การลดระดับฝ้าเพดาน การลดระดับเพดานให้ต่ำลง แล้วเปิดซองด้านข้างให้อากาศถ่ายเทโดยใช้ไม้ระแนง ลวดตาข่ายหรือบานเกล็ดที่ปลายทั้งสอบของหลังคา

5. การลดความร้อนจากแสงแดดที่สะท้อนจากผิวพื้น ความร้อนที่สะท้อนมาจากผิวข้างเคียงของอาคารนั้น ส่วนมากมักจะกระทบผนังและถูกลมพัดเป็นไอร้อนเข้ามาในอาคาร

พื้นผิวของพื้นดินที่มีลักษณะแตกต่างกัน จะได้รับความร้อนแตกต่างกัน ดังนี้[4]

- พื้นดินที่ปกคลุมด้วยหญ้า ความร้อนจะถึงพื้นดิน 5 %
- พื้นดินที่ปกคลุมด้วยใบไม้ร่วง ความร้อนจะถึงพื้นดิน 10 %
- พื้นทราย ความร้อนจะถึงพื้นดิน 25 %
- พื้นดินไม่มีหญ้า ความร้อนจะถึงพื้นดิน 30 %
- พื้นหิน ความร้อนจะถึงพื้นดิน 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

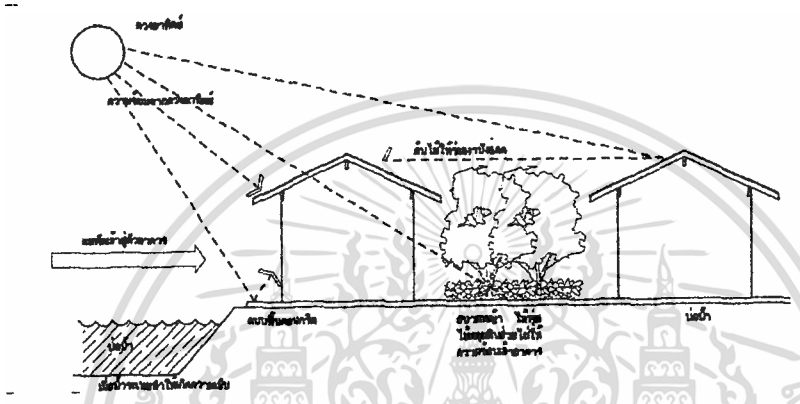
[4] พาศนา ตัณฑลักษณ์ ภาวะภูมิอากาศกับการออกแบบอาคาร 2527 หน้า 4

ดังนั้นการลดความร้อนจากผิวพื้นบริเวณรอบๆ อาคารจึงเป็นสิ่งจำเป็น วิธีการที่ดีที่สุดของการลดความร้อนจากผิวพื้น คือ การตกแต่งบริเวณ (Landscaped)

1. ปลูกพืชคลุมดินบริเวณรอบๆ อาคาร หรือปลูกต้นไม้ให้ร่มเงาดังที่กล่าวมาแล้ว

2. ทำสระน้ำดักลมก่อนที่จะเข้ามาในอาคาร การทำสระน้ำนี้จะเกิดไอน้ำจากการระเหยเมื่อลมพัดจะพาไอน้ำซึ่งมีความเย็นและความชื้นเข้ามาทำให้เย็นสบาย

3. ลดจำนวนพื้นที่ที่จะเทคอนกรีตโดยรอบอาคารเพราะพื้นคอนกรีตสะท้านความร้อนได้ดีที่สุด



รูปที่ 2.22 วิธีลดความร้อนโดยขุดสระน้ำ

2.9 การคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq)

การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารแบบสภาวะไม่คงที่จะมีการคำนวณที่ยุ่งยากมากจึงได้มีการปรับการคำนวณด้วยการเสนอค่า TDeq ทำให้สามารถเขียนสมการ (5) ได้ดังนี้

$$Q = A \times U \times TDeq \quad \text{.....(5)}$$

โดยที่ Q = เป็นความร้อนที่ถ่ายเท (W)

A = เป็นพื้นที่ผนังที่มีการถ่ายเทความร้อน (M^2)

U = เป็นสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ($W/M^2{}^\circ C$)

TDeq = เป็นผลต่างของอุณภูมิอากาศ ที่จะให้ผลการคำนวณฟลักซ์ความตามสภาพที่เกิดขึ้นจริง

สามารถหาค่าโดยหลักของ Transfer Function Method (TFM) ซึ่งเป็นหลักการคำนวณการถ่ายเทความร้อนแบบสภาวะไม่คงที่ พิจารณาภายใต้เงื่อนไข 2 ประการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การถ่ายเทความร้อน โดยการพามีค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนคงที่

2) อุณหภูมิภายในบริเวณที่พิจารณามีค่าคงที่

2.10 การให้ร่มเงาแก่อาคารด้วยการใช้เครื่องบังแดด

ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงวิธีการที่จะลดความร้อนจากแสงแดด ทำได้หลายวิธี เช่น

- จากธรรมชาติ ได้แก่ การนำเอาภูมิประเทศมาช่วย เช่น ต้นไม้ พฤกษชาติจากอาคารข้างเคียง ส่วนประกอบทางภูมิศาสตร์ เช่น หน้าผา ภูเขา ป่าไม้

- ออกแบบบริเวณโดยรอบแถวเหนือหน้าต่าง เช่น การทำหลังคายื่นยาวออกมานอกอาคารการทำระเบียบ การยื่นอาคารชั้นนอกออกเพื่อให้เงากับผนังการทำฟืน (Fin) รูปต่างๆ การยื่นกันสาดไม้หรือผ้าใบ

- ชนิดของหน้าต่าง เช่น การทำหน้าต่างบานเกล็ดทั้งชนิดติดตายและปรับได้ การทำหน้าต่างกระจกดัดแสง หรือหน้าต่าง 2 ชั้น

- การบังแดดทั้งด้านนอกโดยการทำแผงกันแดด (Sun Shade) หรือด้านในโดยการใช้ม่านมู่ลี่บังแดด

สำหรับการบังแดดนี้มีประโยชน์ทั้งในอาคารที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศและอาคารที่มีเครื่องปรับอากาศ ก่อนที่จะคิดคำนวณเพื่อออกแบบแผงกันแดดจะต้องพิจารณาถึงการวางอาคารโดยดูจากทิศทางแดดลมตำแหน่งและทางเดินของดวงอาทิตย์จะวางอาคารอย่างไรจึงจะให้รังสีจากดวงอาทิตย์เข้าน้อยที่สุด โดยเฉพาะในฤดูร้อน และให้ได้รับลมเต็มที่ การลดแสงจ้าและความร้อน ซึ่งอาจจะมาจากดวงอาทิตย์โดยตรง หรือสะท้อนจากพื้นดินและอาคารข้างเคียง สำหรับการออกแบบแผงบังแดดลักษณะต่างๆ นี้จะให้ผลกับรูปลักษณ์ของอาคารด้วย ความงามของอาคารขึ้นอยู่กับความสามารถของสถาปนิกในการเลือกใช้ชนิดของที่บังแดด คืออาจจะทำเป็นบานเกล็ดเล็กหรือใหญ่ หนา บาง แท่งตัน ตรงหรือเอียง แยกจากตัวอาคาร หรือเป็นส่วนของอาคาร เป็นต้น

ลักษณะโดยทั่วไปของแผงบังแดดและเงาที่ได้รับในแผนที่แสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์[5]

1. ทางนอน (Horizontal Overhangs) บังแดดได้คล้ายรูปเสี้ยว (Segmental Areas)

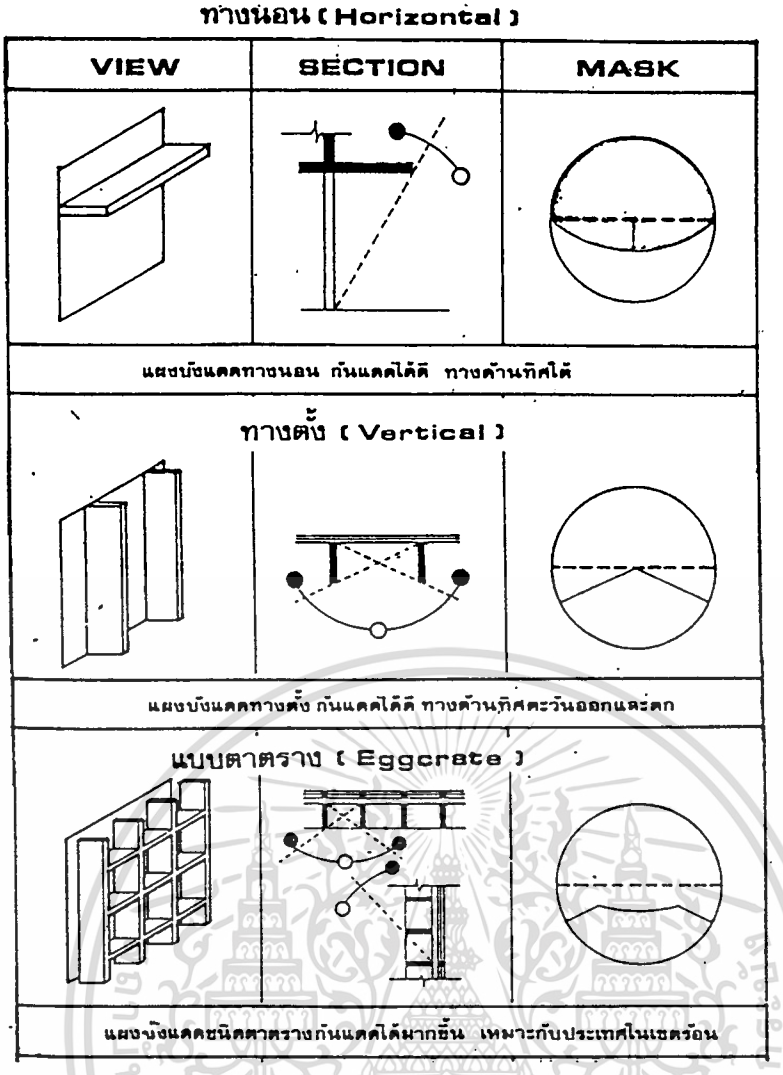
2. ทางตั้ง (Vertical Lowers) เช่น ครีบทางตั้งบังแดดได้เป็นรูป Radial Mask

3. แบบตามตาราง (Eggerate Types) เป็นแบบผสมทั้งทางตั้ง และทางนอน เงาที่ได้รับจะเป็นทางนอน (Horizontal)

---

[5] ไพโรจน์ แสงจันทร์ "สถาปัตยกรรม บ้านพักอาศัย" ตำรา-เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 64 ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู ปี 2536 หน้า 91-103

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะของแผงกันแดด และเงาที่ได้รับ

2.11 ผลการวิจัยการประหยัดพลังงานกับการออกแบบบ้านพักอาศัย

อรศิริ ปาณินท์ ได้ทำการวิจัยการออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำ ได้สรุปถึงองค์ประกอบของการออกแบบอาคารให้อยู่สบาย ราคาถูก ประหยังพลังงานไว้ดังนี้[6]

[8] อรศิริ ปาณินท์ ,การออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำ, 2527 หน้า 93

เอกสารนี้ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การออกแบบทั่วไป ตามเกณฑ์ดังนี้

1.1 การวางอาคารให้ส่วนแคบอยู่ด้านทิศตะวันออก ตะวันตก และส่วนยาวของอาคารไปทางทิศเหนือ-ใต้

1.2 จัดการออกแบบอาคารให้มีส่วนเปิดโล่ง อากาศถ่ายเทได้ไม่กั้นผนังทึบ

1.3 จัดการออกแบบมิให้มีห้องซ้อนกันเกินความจำเป็น เพื่อการระบายอากาศได้ตรง (Cromventilation)

1.4 มีช่องเปิดขนาดใหญ่ ซึ่งอยู่ทางผนังทิศเหนือ-ใต้ และมีอัตราส่วนระหว่างช่องเปิดและพื้นที่ผนัง ร้อยละ 40 ถึงร้อยบะ 80

1.5 ตำแหน่งช่องเปิดให้อยู่ระดับช่วงตัว (Body Zone)

1.6 มีการป้องกันช่องเปิด เพื่อกันแดดและฝน

1.7 เลือกใช้วัสดุผนังเบา และมีช่วงเวลาผ่านความร้อน (Time Lag) สั้น

1.8 เลือกวัสดุหลังคา ซึ่งเป็นวัสดุเบา สะท้อนความร้อน มีช่องว่างในส่วนหลังคา

2. ออกแบบผนังด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ให้เป็นผนัง 2 ชั้นมีช่องว่างระหว่างผนังเพราะเป็นระยะยาว การเลือกใช้ผนัง 2 ชั้น จะประหยัดทั้งด้านเศรษฐกิจและสามารถทำให้อาคารอยู่สบายเพราะสามารถลดอุณหภูมิภายในอาคารลงได้

ประทีป มาลากุลและคณะได้ทำการศึกษาถึงแนวการประหยัดพลังงานในการออกแบบสภาปัตยกรรมโดยทำการศึกษาอาคารประเภทต่างๆ รวมทั้งบ้านพักอาศัย โดยเฉพาะการออกแบบสถาปัตยกรรมบ้านพักอาศัยให้ประหยัดพลังงานนั้นมีข้อสรุป ดังนี้[6]

1. ภายในอาคารที่ต้องการให้มีบรรยากาศความสบายเหมาะสมกับการพักอาศัยนั้น จำเป็นต้องสร้างบรรยากาศภายนอกให้เกิดร่มเงาของต้นไม้และสนามหญ้า เพื่อให้อากาศโดยทั่วไปที่อยู่ภายนอกนั้นได้ผ่านบรรยากาศของร่มไม้ และสนามเพื่อลดอุณหภูมิก่อนเข้าสู่อาคาร

ฉะนั้นการออกแบบสถาปัตยกรรมเพียงอย่างเดียว โดยไม่พิจารณาถึงภูมิสถาปัตยกรรมรอบๆ อาคารนั้น จะไม่ได้ผลดีเท่ากับการเตรียมจัดวางภูมิสถาปัตกรรมไว้ เช่น พวกต้นไม้ และสนามหญ้า เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้ ช่วยให้อุณหภูมิในอากาศภายนอกก่อนพัดเข้าสู่อาคารลดลงได้ 10-15 องศาฟาเรนไฮต์ นอกเหนือจากได้เตรียมทางด้านภูมิสถาปัตยกรรมดังกล่าวแล้วนั้น ตัวสถาปัตยกรรมเองก็มีความสำคัญโดยที่สถาปนิกจะเป็นผู้กำหนด เช่น การยื่นชายคามากๆ หรือทำเป็นลักษณะ Callery ที่ยื่นชายคาออกมามากและมีเสารับหลังคา เพื่อทำหน้าที่เป็นระเบียง หรือทางเดินนอกอาคารเพื่อให้เกิดความร่มรื่นซึ่งเป็นผลให้อุฯหภูมิลดลงก่อนที่จะพัดเข้าสู่อาคารดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[6] ประทีป มาลากุล ,การประหยัดพลังงานในการออกแบบสถาปัตยกรรม, 2526 หน้า 151

2. สภาพของอุณหภูมิของอากาศภายในที่มีอากาศร้อนจัดอยู่ในช่วงเวลา 14.00-16.00 น. ต้องนำเอาความเร็วลมที่จะทำให้บรรยากาศสุขสบาย ที่จะได้ค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 25.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงที่สุดที่อยู่ในภาวะสบาย เมื่ออุณหภูมิแห้งของอากาศเท่ากับ 31.5 องศาเซลเซียส ดังนั้นอุณหภูมิซึ่งในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม จึงไม่ควรสูงเกินกว่า 31.5 องศาเซลเซียส

การจัดสภาพแวดล้อมกับที่อยู่อาศัยนั้น อาจจำแนกได้ 2 ลักษณะ ดังนี้คือ [7]

1. สภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ

2. สภาพแวดล้อมที่มนุษย์กำหนดขึ้น

ปัญหาจึงอยู่ที่ว่าจะผสมผสานสภาพแวดล้อมทั้ง 2 ส่วนนี้ให้สอดประสานกลมกลืนกันได้อย่างนี้ เพื่อว่าจะมีผลที่ทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดภาวะความสบายสามารถดำเนินชีวิตอยู่ภายในบ้านอย่างราบรื่น อีกทั้งยังจะช่วยประหยัดพลังงานอื่นๆ ที่เกิดจากการที่มนุษย์ได้นำมาดัดแปลงเพื่อรับใช้ความเป็นอยู่ลงอีกด้วยจึงเป็นผลกระทบในการประหยัดเศรษฐกิจของประเทศชาติโดยส่วนรวม ดังนั้นปัญหาที่ท้าทายผู้ออกแบบอาคารพักอาศัยในปัจจุบันก็คือจะต้องจัดสภาพแวดล้อมภายใน อันหมายถึงการออกแบบอาคารอย่างไร จึงจะสามารถนำเอาสิ่งแวดล้อมภายนอกมาแก้ปัญหาในด้านภาวะความสบายได้ ประเทศไทยเรามีภูมิอากาศเป็นลักษณะร้อนชื้น (Tropical Zone) ดังนั้นการออกแบบอาคารก็ควรจะต้องได้รับการดัดแปลงให้กลมกลืนกับสภาพดังกล่าวด้วย จึงจะทำให้อาคารพักอาศัยนั้นได้ชื่อว่า ผ่านการวิเคราะห์ ตรวจตราในเชิงการออกแบบมาแล้วอย่างถูกหลักการและมีเหตุผลมิใช่ลอกเลียนรูปแบบ ซึ่งเป็นแฟชั่นกันอย่างมากมายในปัจจุบันนี้

---

[7] ไพโรจน์ แสงจันทร์ "สถาปัตยกรรมบ้านพักอาศัย" ตำรา-เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 64 ภาพพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู 2536 หน้า 106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

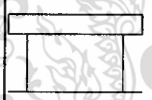
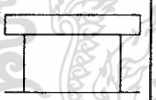
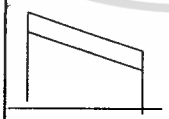
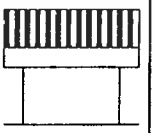
บทที่ 3
การศึกษากรณีอาคารตัวอย่าง (CASE STUDY)

การศึกษาอาคารตัวอย่างถูกกำหนดเป็นบทพิสูจน์บทหนึ่ง โดยการศึกษาจากอาคารจริงเพื่อแสดงให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากความร้อนที่มีผลกระทบกับหลังคาโดยตรง

3.1 ลักษณะและรูปแบบชนิดของหลังคาโดยทั่วไป

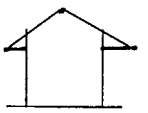
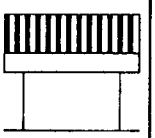
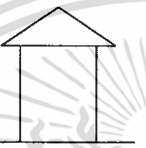
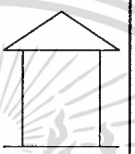
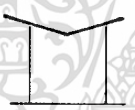
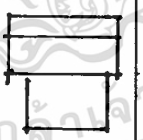
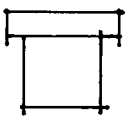
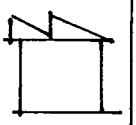
ในส่วนของการดำเนินงานวิจัยนั้น ผู้ดำเนินการวิจัยเน้นการศึกษาในส่วนของหลังคาเป็นหลัก เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการศึกษา โดยมีมูลเหตุในการพิจารณาจากส่วนต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงรูปแบบและชนิดของหลังคาและรายละเอียดโดยทั่วไป

ลำดับ	ชนิดของหลังคา	รายละเอียด	ลักษณะ		มุมของหลังคา องศา	ข้อพิจารณา	
			รูปด้าน	รูปด้าน		ข้อดี	ข้อเสีย
1	แบบแบนราบ (Flat Roof)	นิยมใช้เป็น ค.ส.ล. สำหรับอาคารพาณิชย์			0 ลาดเอียงเล็กน้อยเพื่อน้ำไหล	รูปทรงไม่ซับซ้อนดี สามารถใช้ประโยชน์ได้เพิ่มเติม	เก็บความร้อนดี รั่วซึมได้ง่าย น้ำหนักมาก
2	แบบเพินหมาแหงน (Lean to Roof of Shed Roof)	สำหรับอาคารขนาดเล็ก ง่ายต่อการก่อสร้าง			15-35 มุมชันหรือสูงตามความเหมาะสม	ก่อสร้างง่าย โครงสร้างไม่ซับซ้อน ประหยัดราคา	รั่วซึมได้ง่าย รับน้ำฝนและแสงแดดได้ง่าย

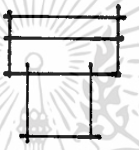
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลำดับ	ชนิดของหลังคา	รายละเอียด	ลักษณะ		มุมของหลังคาองศา	ข้อพิจารณา	
		รายละเอียด	รูปด้าน	รูปด้าน		ข้อดี	ข้อเสีย
3	แบบมนิลา (Gable Roof)	ลักษณะหลังคามีสันและหน้าลาดเอียง 2 ด้าน			15-60 มุมชันหรือสูงตามความเหมาะสม	ราคาไม่แพง ก่อสร้างง่าย	ยื่นชายคาได้น้อย ทำให้กันฝนได้น้อย
4	แบบปั้นหยา (Hip Roof)	มีความลาดเอียงลงทั้ง 4 ด้าน นิยมใช้กับบ้านพักอาศัย			35 มุมที่ใช้โดยทั่วไป	ดูสวยงามมีชายคายื่นทั้ง 4 ด้าน กันฝนและแดดได้ทั้ง 4 ด้าน	ก่อสร้างยาก เก็บความร้อนมาก
5	แบบปีกผีเสื้อ (Butterfly-Roof)	มีความลาดเอียงมารวมกันตรงกลาง			15-35 ตามความเหมาะสม	เหมาะกับอากาศที่ต้องการแสงแดดโดยตรง	ป้องกันฝนกันแดดไม่ดี รับแดดฝนทุกด้าน
6	แบบแกมเบล (Gambrel-Roof)	ลักษณะลาดเอียงทั้ง 4 ด้าน คล้ายมังซา			35 มุมที่ใช้โดยทั่วไป	ป้องกันแดดได้ดี ใช้ประโยชน์ห้องใต้หลังคาได้	ก่อสร้ายาก ไม่นิยมใช้ในเมืองไทย
7	แบบฟันเลื่อย (Saw-Tooth-Roof)	สำหรับอาคารประเภทโรงงาน ต้องการพื้นที่มาก			15 มุมที่ใช้โดยทั่วไป	อาคารที่ต้องการพื้นที่ภายในกว้าง ไม่มีเสากลาง	รับแสงแดดมาก รับน้ำฝนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลำดับ	ชนิดของหลังคา	รายละเอียด			มุมของหลังคา องศา	ข้อพิจารณา	
		รายละเอียด	ลักษณะ			ข้อดี	ข้อเสีย
			รูปด้าน	รูปด้าน			
8	แบบดอรัมเมอร์ (Dormer)	เป็นหลังคาเล็กบนหลังคาใหญ่อีกที			15-35 มุมที่ใช้โดยทั่วไป	ใช้ประโยชน์ห้องใต้หลังคาได้ ระบายอากาศดี ระบายความร้อนได้	ก่อสร้างยาก รั่วซึมได้ง่าย
9	แบบมังซา (Mansard of Euro Roof)	เป็นหลังคาลักษณะเกมเบลเอียงลาดมาก			35 มุมที่ใช้โดยทั่วไป	ใช้ประโยชน์จากพื้นที่ใต้หลังคาได้ดี	ก่อสร้างยาก ไม่นิยมใช้ในประเทศเขตร้อน
10	แบบ (Deck Roof)	คล้ายปั้นหยาแต่บนสุดไม่มีหลังคา			30-60 ตามความเหมาะสม	ใช้ประโยชน์ด้านบนได้	ก่อสร้างยาก รับแสงแดดน้ำฝนโดยตรง

3.2 เกณฑ์การพิจารณารูปทรงของหลังคาเพื่อนำมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบเพื่อนำไปการแก้ปัญหา

จากการศึกษารายละเอียดและข้อพิจารณาของรูปทรงหลังคารูปแบบต่างๆ เบื้องต้น พบว่า รูปทรงของหลังคาแต่ละแบบนั้น มีปัญหาในส่วนที่ดีและเสียที่แตกต่างกัน มีการนำไปใช้ในลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดของการดำเนินงานวิจัย และตรงตามวัตถุประสงค์ของงานมากที่สุดจึงกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาเพื่อให้เหมาะสมดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงกรณีในการพิจารณาเพื่อกำหนดรูปแบบของหลังคามาสู่การทดสอบ

ลำดับที่	ข้อพิจารณา	ชนิดของรูปทรงที่เหมาะสม
1	รูปทรงที่เหมาะสมของหลังคาสำหรับบ้านพักอาศัยโดยทั่วไปเป็นที่นิยม สำหรับเจ้าของบ้านในกรุงเทพมหานคร	1.1 แบบปั้นหยา (Hip Roof) 1.2 แบบมนิลา (Hip Roof) 1.3 แบบดอรัมเมอร์ (Dormer)
2	โครงสร้างของหลังคาจะต้องเป็นโครงสร้างที่ไม่ยุ่งยากจนเกินไป ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการทดสอบ	2.1 แบบมนิลา (Hip Roof) 2.2 แบบแบนราบ (Flat Roof) 2.3 แบบปั้นหยา (Hip Roof)
3	รูปทรงของหลังคาจะส่งผลโดยตรงต่อการระบายความร้อนและเก็บสะสมความร้อน	3.1 แบบปั้นหยา (Hip Roof) 3.2 แบบมนิลา (Hip Roof) 3.3 แบบดอรัมเมอร์ (Dormer)
4	มีความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุมุงที่กำหนดไว้เพื่อการทดสอบและสามารถที่จะพัฒนารูปแบบโดยไม่กระทบต่อวัสดุมุงอย่างเป็นระบบ	4.1 แบบมนิลา (Hip Roof) 4.2 แบบปั้นหยา (Hip Roof)
5	มีความเป็นเอกลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับภูมิภาค	5.1 แบบมนิลา (Hip Roof) 5.2 แบบปั้นหยา (Hip Roof)
6	มีประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความเป็นเอกลักษณะทางสถาปัตยกรรมไทย	6.1 แบบมนิลา (Hip Roof) 6.2 แบบปั้นหยา (Hip Roof)

3.3 การกำหนดรูปแบบของหลังคาในการทดสอบและการกำหนดอาคารตัวอย่าง

จากการพิจารณารูปแบบและรายละเอียดต่างๆ ของหลังคาในเบื้องต้น พบว่า รูปทรงที่มีปัญหาในแง่ความร้อนสำหรับอาคารพักอาศัยและเป็นที่นิยมสำหรับอาคารพักอาศัยขนาดกลางและเล็ก และยังเหมาะสมกับวัสดุมุงที่กำหนดไว้ในการทดสอบ จึงพิจารณาเลือกรูปแบบของหลังคาดังนี้

1. หลังคารูปทรงแบบปั้นหยา มุม 35 $^{\circ}$ (Hip Roof)
2. หลังคารูปทรงแบบจั่ว มุม 35 $^{\circ}$ และ 60 $^{\circ}$ (Gable Roof)
3. หลังคารูปทรงแบบแบนราบ มุม 0 $^{\circ}$ (Flat Roof)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของอาคารบ้านพักอาศัยที่นำมาเป็นแบบตัวอย่างในการดำเนินการทดสอบนั้น ผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกแบบอาคารบ้านพักอาศัยของ บริษัท แลนด์ แอนด์ เฮ้าส์ จำกัด สูง 2 ชั้น ทั้งนี้เนื่องจากบริษัทดังกล่าวเป็นบริษัทฯ ที่มีการพัฒนาโครงการด้านที่อยู่อาศัยมาเป็นระยะเวลานาน และยังมีโครงการหลายโครงการ และยังได้รับความนิยมจากตลาดกลุ่มลูกค้าเพราะเป็นที่ขายดี มีราคาค่อนข้างเหมาะสม และยังมีคุณภาพในการก่อสร้างค่อนข้างดี ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกรูปแบบของบริษัทมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบเพื่อแก้ปัญหาในแง่ความร้อนของหลังคา

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดวัสดุมุงและโครงสร้างโดยทั่วไปของอาคารตัวอย่าง

ลักษณะของอาคาร	รายละเอียดของวัสดุและโครงสร้างโดยทั่วไป	หมายเหตุ
โครงสร้างโดยทั่วไป	- โครงสร้างเป็น ค.ส.ล. - เป็นระบบเสาและคาน - เข็มเป็นระบบตอก คอนกรีตอันทรง	ก่อสร้างตามสภาพโดยทั่วไปของการก่อสร้างในสภาพปัจจุบัน
ผนัง วัสดุผิว	- ก่ออิฐฉาบปูนแบบครึ่งแผ่นตามรายละเอียดของแบบ - กระเบื้องกรุผิว (ในส่วนของห้องน้ำและพื้นห้องน้ำ รวมถึงเฉลียง ผนังโดยทั่วไปฉาบปูนเรียบทาสีเป็นหลัก)	- อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของเจ้าบ้าน
พื้น	- เป็นระบบพื้นสำเร็จรูปปูทับด้วยพื้นปาร์เก้ในห้องนอนและหินอ่อนในส่วนของห้องรับแขกห้องอาคาร ปูกระเบื้องในห้องครัว ห้องน้ำและเฉลียง	
หลังคา วัสดุมุง	- เป็นโครงสร้างแบบเหล็กโดยการเชื่อมยึดโดยทั่วไป - เป็นกระเบื้องหลังคาซีแพคโมเนียโดยทั่วไปเป็นสีพื้นธรรมดา (การนำมาเป็นตัวอย่าง การทดสอบของผู้วิจัยเปลี่ยนแปลงตามวัสดุมุงหลังคาจากขอบเขตของแนวทางการศึกษา เพื่อเสนอเปรียบเทียบในส่วนของวัสดุมุง)	- อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของเจ้าบ้าน
ฝ้าเพดาน	- เป็นโครงสร้างเหล็กชุบสังกะสี ปิดทับด้วยแผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 9 มม. (ตำแหน่งการติดตั้งหรือตัววัสดุปูทับ อาจมีการเปลี่ยนแปบงหรือเพิ่มเติมตามความเหมาะสมของผู้วิจัย)	- อาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของเจ้าบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ลักษณะของอาคาร	รายละเอียดของวัสดุและโครงสร้างโดยทั่วไป	หมายเหตุ
การระบายอากาศ มุมในการมุงหลังคา	- เป็นการระบายอากาศแบบตีระแนงไม้เว้นช่อง 1 ซม. ตามชายคาบ้าน โดยมีการกรุมุ้งลวดกันแมลงภายใน - ใช้มุมที่ 35	ข้างหลังจะไม่มีช่องระบายอากาศ

3.4 ลักษณะโดยทั่วไปทางสถาปัตยกรรมของอาคารตัวอย่าง

เป็นอาคารบ้านพักอาศัยสูง 2 ชั้น เป็นอาคารบ้านพักอาศัยขนาดกลางโดยมียอดในการจำหน่ายดีกว่าแบบอื่นของโครงการ (ข้อมูล : ฝ่ายการตลาดของบริษัท แลนด์ แอนด์ เฮ้าส์ จำกัด) โดยมีการก่อสร้างอยู่ในหลายโครงการ เช่น บางบัวทอง รามอินทรา เป็นต้น โดยมีพื้นที่โดยรวมชั้นล่าง 94.15 ตารางเมตร พื้นที่ชั้นบน 63.38 ตารางเมตร

ตารางที่ 3.4 แสดงพื้นที่ใช้สอยของอาคาร

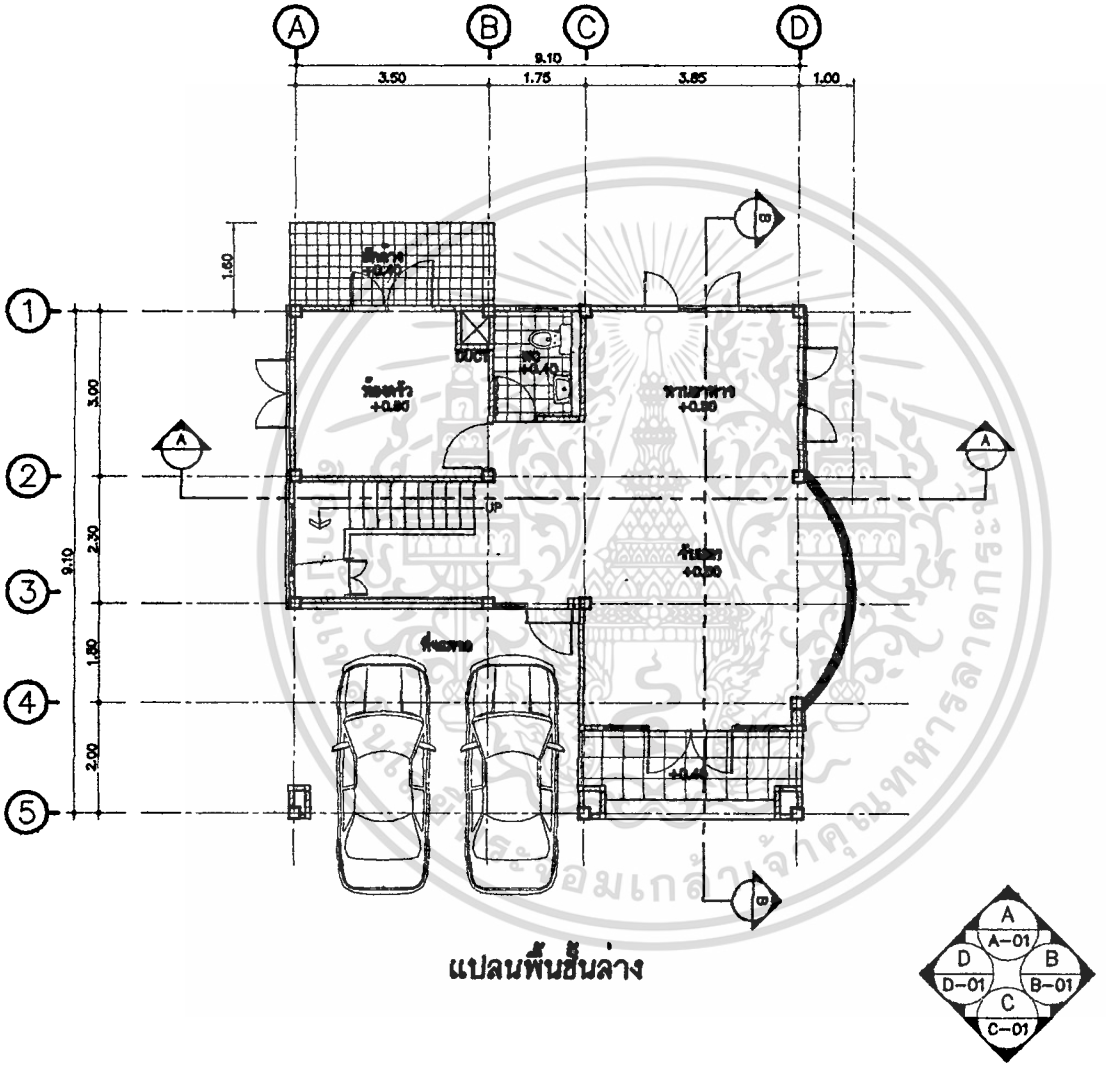
ลำดับที่	รายการ	พื้นที่/ตรม.	หมายเหตุ
1. ชั้นล่าง	- ห้องรับแขก	25.6	
	- ที่จอดรถ	22	
	- รับประทานอาหาร	12	
	- ห้องครัว	10.9	
	- ห้องน้ำ	4	
	- ห้องเก็บของ	2	
	- ซักล้าง	5.25	
	- เฉลียงทางเข้า	6	
	- บันได	6.4	
	รวม	**94.15**	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

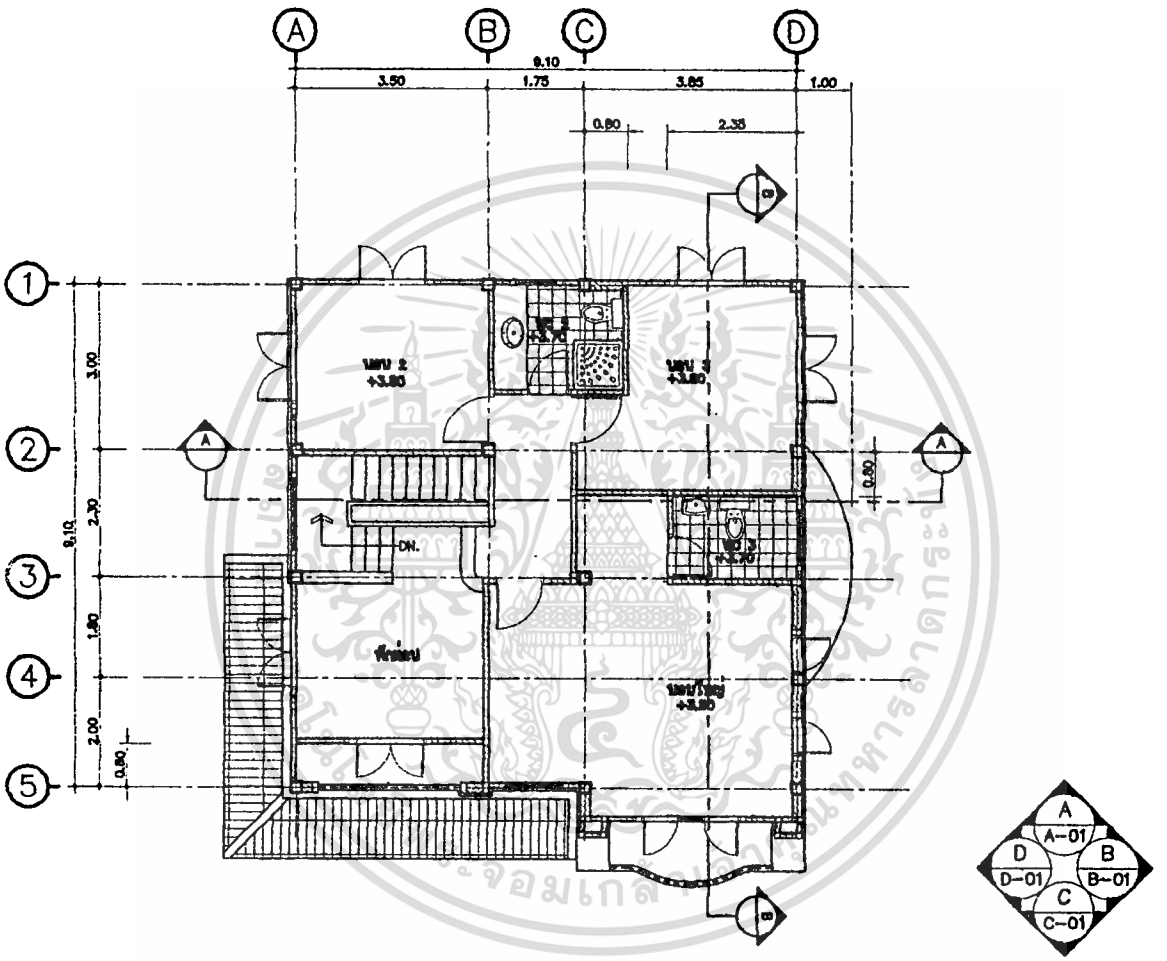
ลำดับที่	รายการ	พื้นที่/ตรม.	หมายเหตุ
2. ชั้นบน	- ห้องนอนใหญ่ + เฉลียง	24.88	รวมห้องแต่งตัว
	- ห้องนอน 2	10.9	
	- ห้องนอน 3	9.9	
	- ห้องน้ำ 2	8	
	- ห้องน้ำ 3	4.9	
	- โถงพักผ่อน	4.8	
	รวม	**63.38**	
	รวมพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด	**157.53**	พื้นที่ชั้นล่าง + พื้นที่ชั้นบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงแปลนพื้นชั้นล่าง

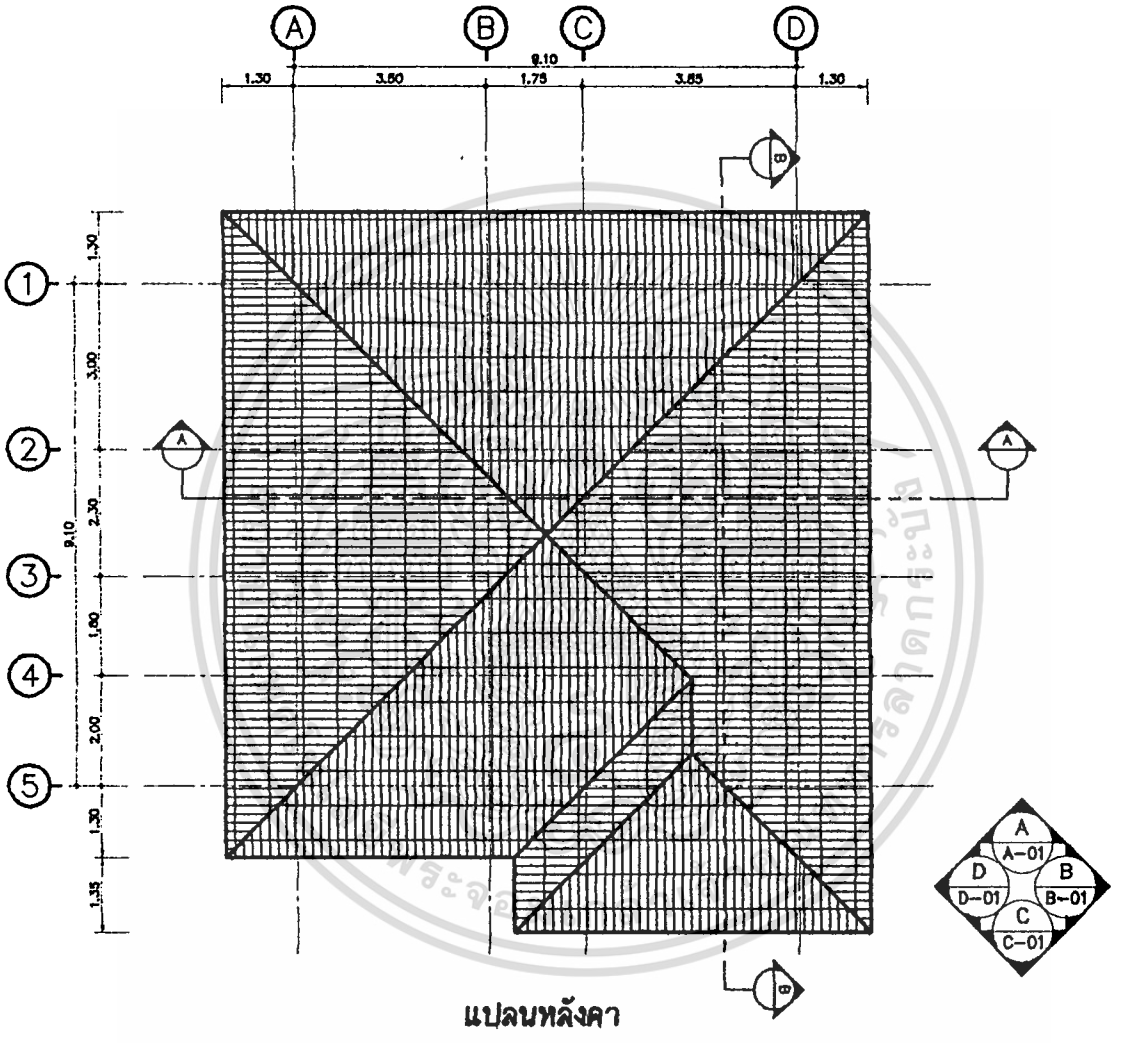
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แปลนพื้นชั้นบน

รูปที่ 3.2 แสดงแปลนพื้นชั้นบน

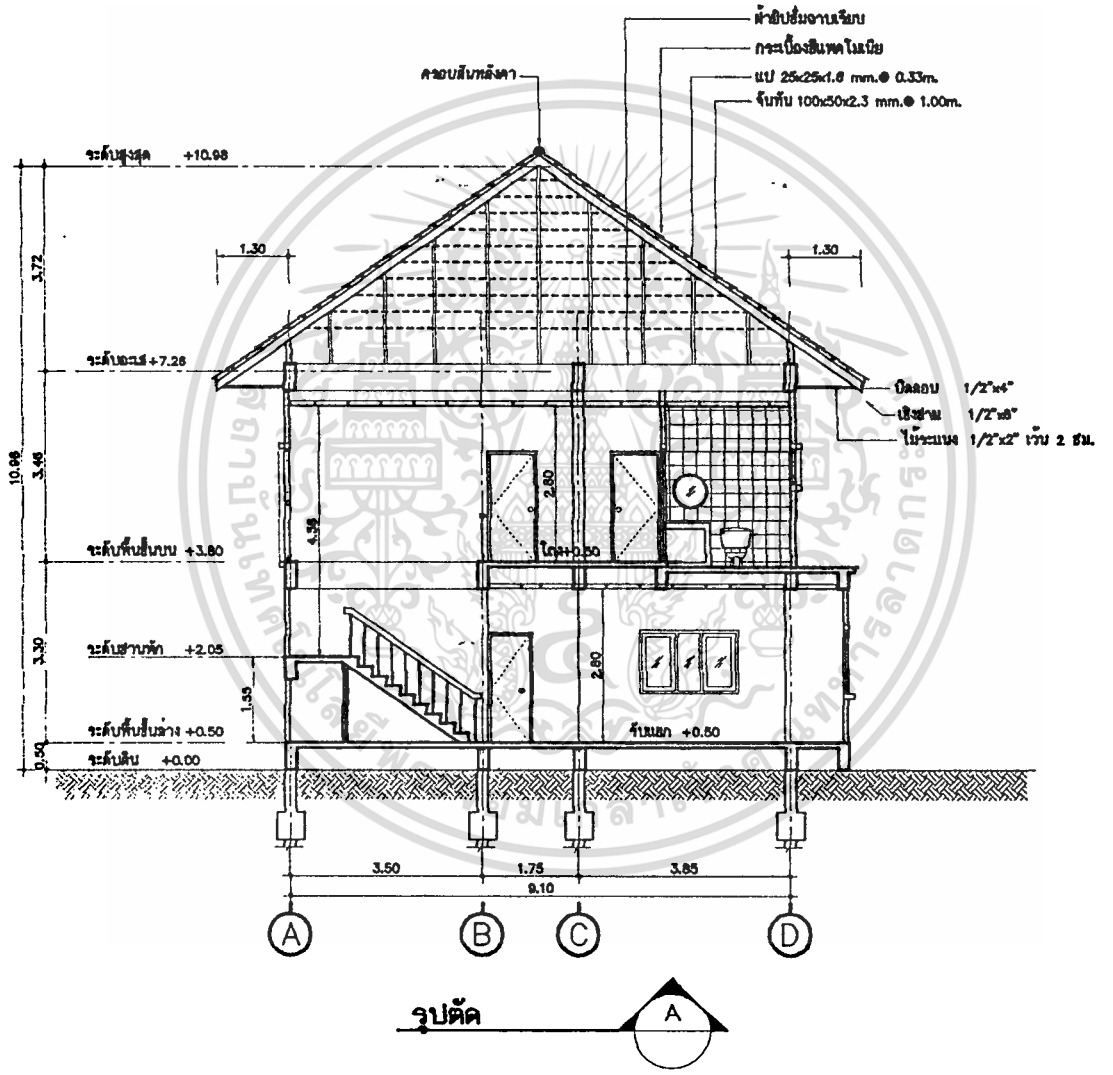
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แปลนหลังคา

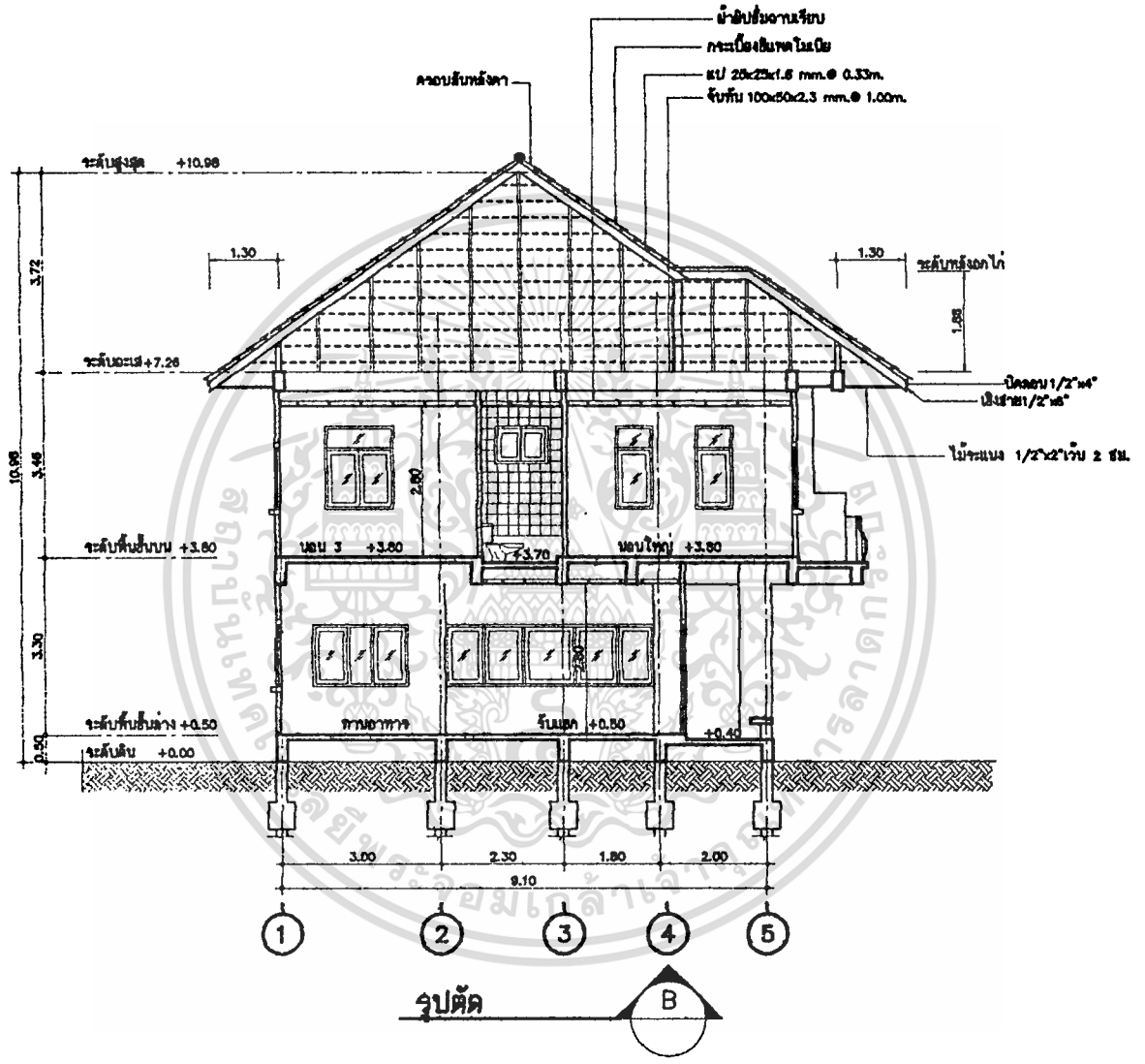
รูปที่ 3.3 แสดงแปลนหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



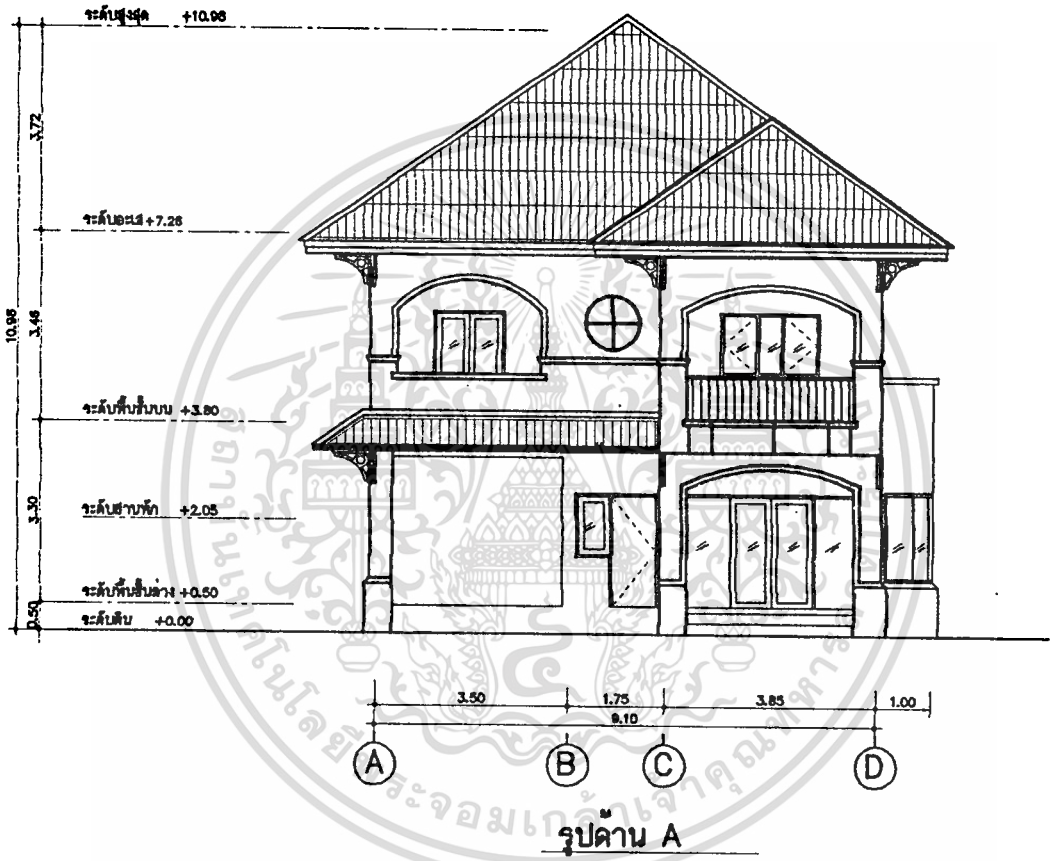
รูปที่ 3.4 แสดงรูปตัด A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



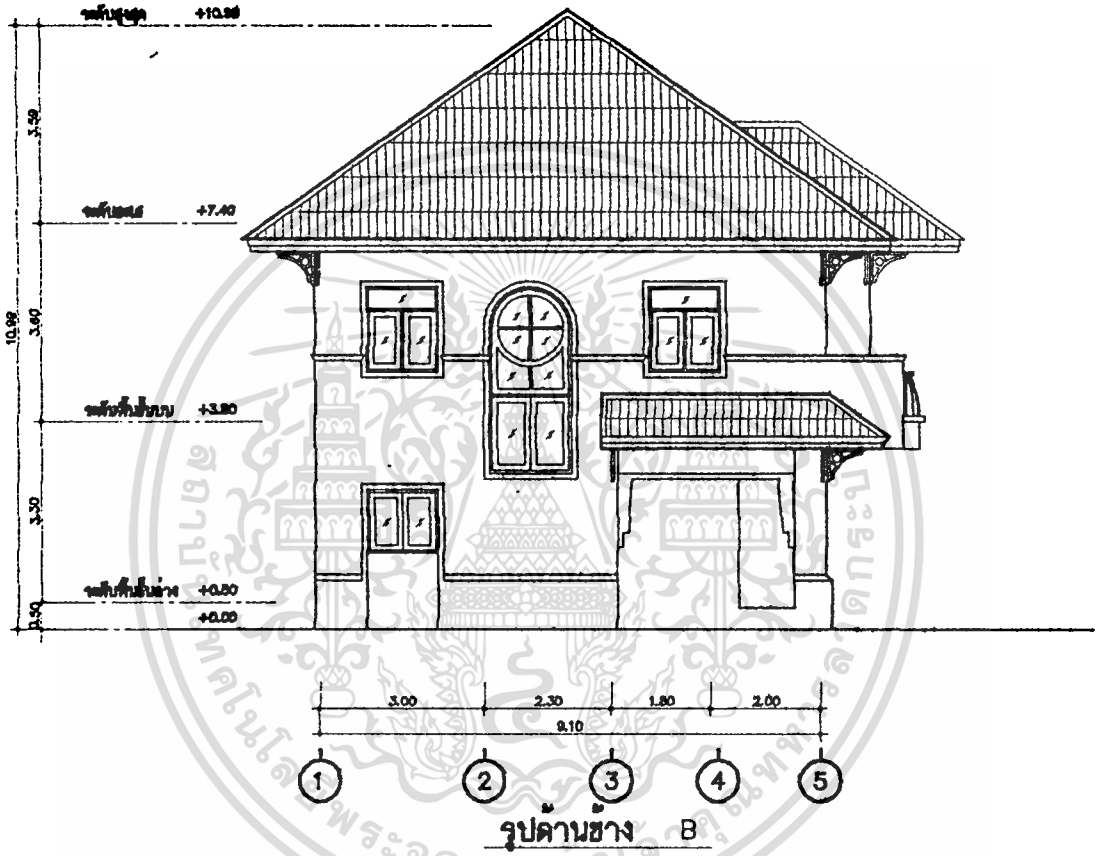
รูปที่ 3.5 แสดงรูปตัด B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



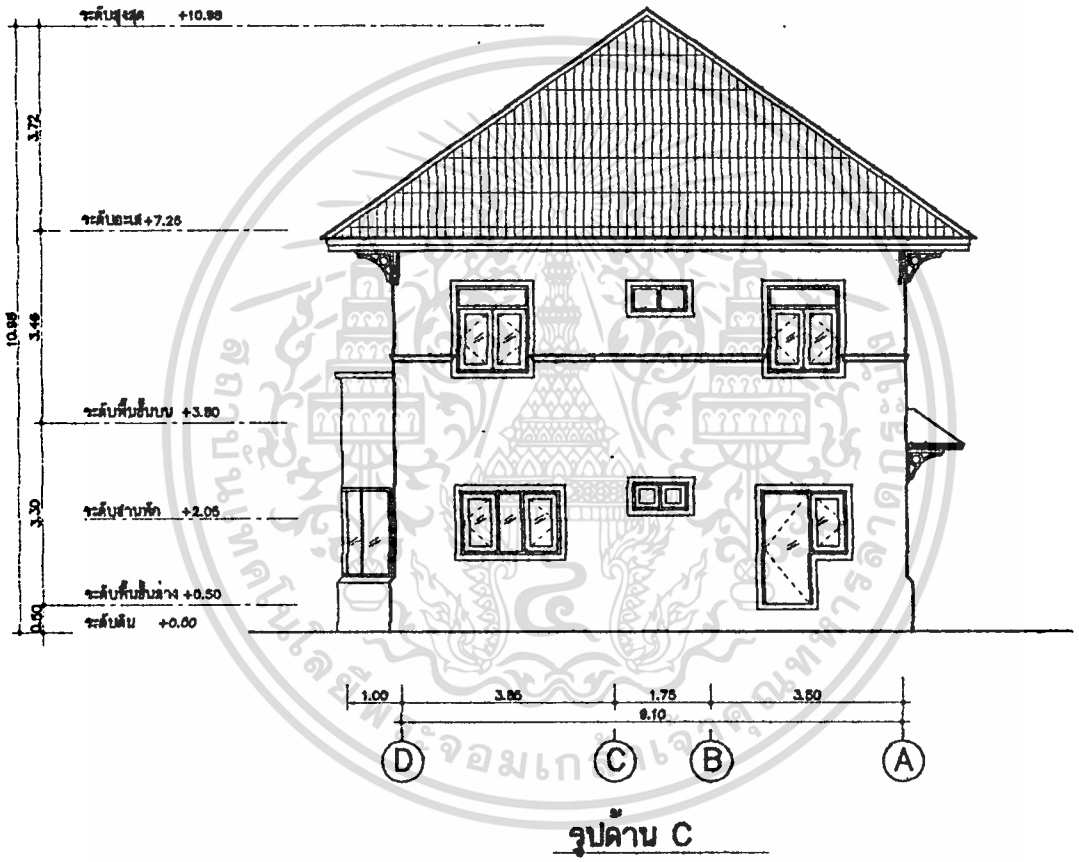
รูปที่ 3.6 แสดงรูปด้าน A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงรูปด้าน B

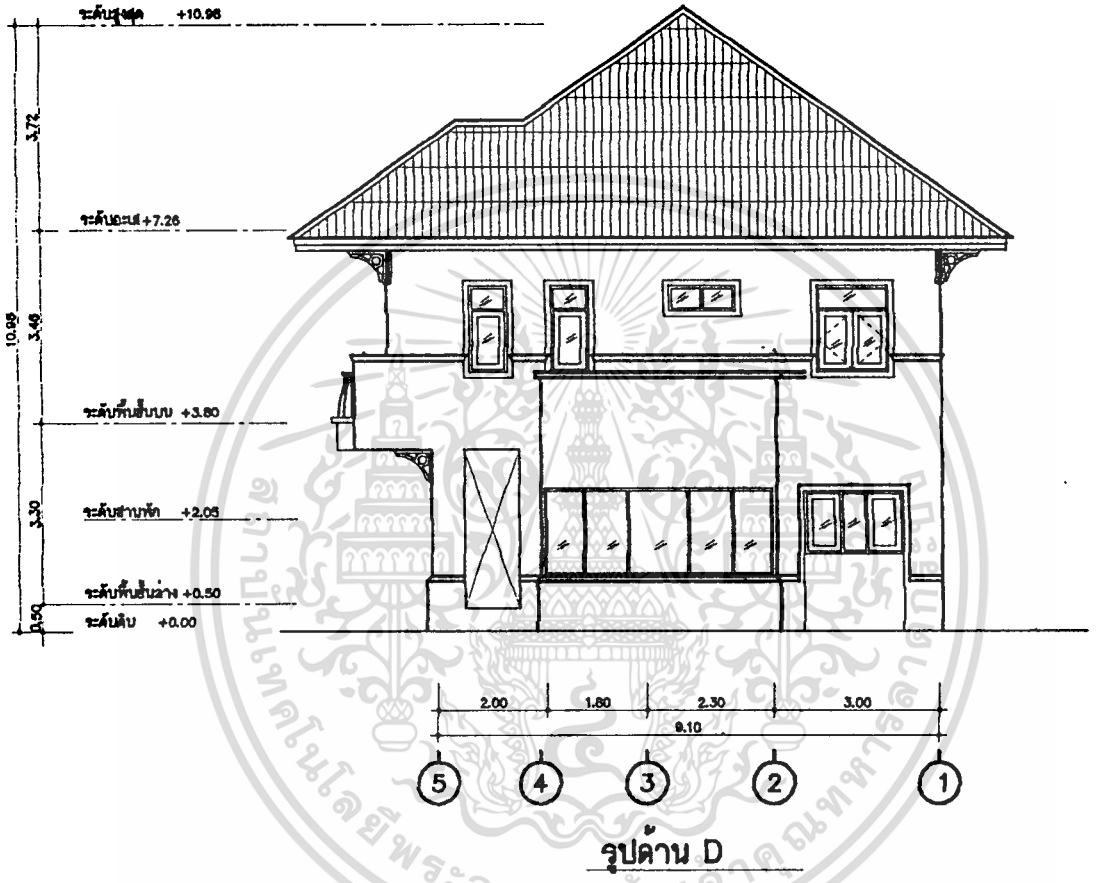
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปด้าน C

รูปที่ 3.8 แสดงรูปด้าน C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงรูปด้าน D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูลของอาคารตัวอย่าง

4.1 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุงในส่วนของหลังคาปั้นหยามุม 35°

จากการกำหนดอาคารตัวอย่างในส่วนของหลังคานั้น ผู้วิจัยกำหนดรูปแบบของหลังคาปั้นหยา มุม 35° เป็นแบบแรกในส่วนของการวิเคราะห์ โดยมีวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิดเป็นตัวแปร ถ้าฝ้าเพดานภายในเป็นยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มิลลิเมตร ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อนและกำหนดให้เป็นระบบปิด โดยไม่มีเรื่องการระบายอากาศของลมเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อผลการคำนวณตรงความจริงมากที่สุด

4.1.1 การคำนวณพื้นที่ของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35°

ในส่วนของรูปทรงหลังคาทรงปั้นหยามุม 35° จะมีพื้นที่โดยรวมเท่ากับ 170.1285 ตารางเมตร

4.1.2 แสดงรายละเอียดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับส่วนหลังคา

ในส่วนของการวิเคราะห์วัสดุมุงเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย กำหนดให้วัสดุมุงทั้ง 3 ชนิดและควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องเป็นส่วนที่สำคัญต่อการคำนวณ เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35°

ลำดับที่	วัสดุมุง	ฝ้าเพดานภายใน (มิลลิเมตร)	พื้นที่หลังคา (ตารางเมตร)	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ (Tdeq)	หมายเหตุ
1.	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม.	170.1282	28	มาตรฐานความสบาย CET
2.	กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม.	170.1285	30	มาตรฐานความสบาย CET
3.	กระเบื้องแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี	ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม.	170.1285	20	มาตรฐานความสบาย CET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 แสดงรายละเอียดของหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35°

ในส่วนของหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35° สำหรับอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้นที่เป็นอาคารตัวอย่าง สามารถแยกรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมได้ดังนี้

4.1.3.1 โครงสร้างของหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็กโดยทั่วไป

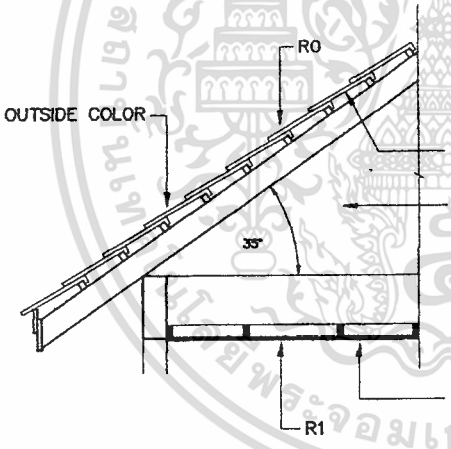
4.1.3.2 วัสดุมุงแยกเป็น 3 ชนิด ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1

4.1.3.3 เป็นระบบปิดไม่มีการระบายอากาศ

4.1.3.4 ฝ้าเพดานที่ใช้เป็นฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มิลลิเมตร ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อน

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมอะซิมุท	35°
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35°
(วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของรูปทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวหนังและหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ ดูจากตารางภาคหนวก ข.
6.	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวหนังและหลังคา กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(Total)}$			2.0144	

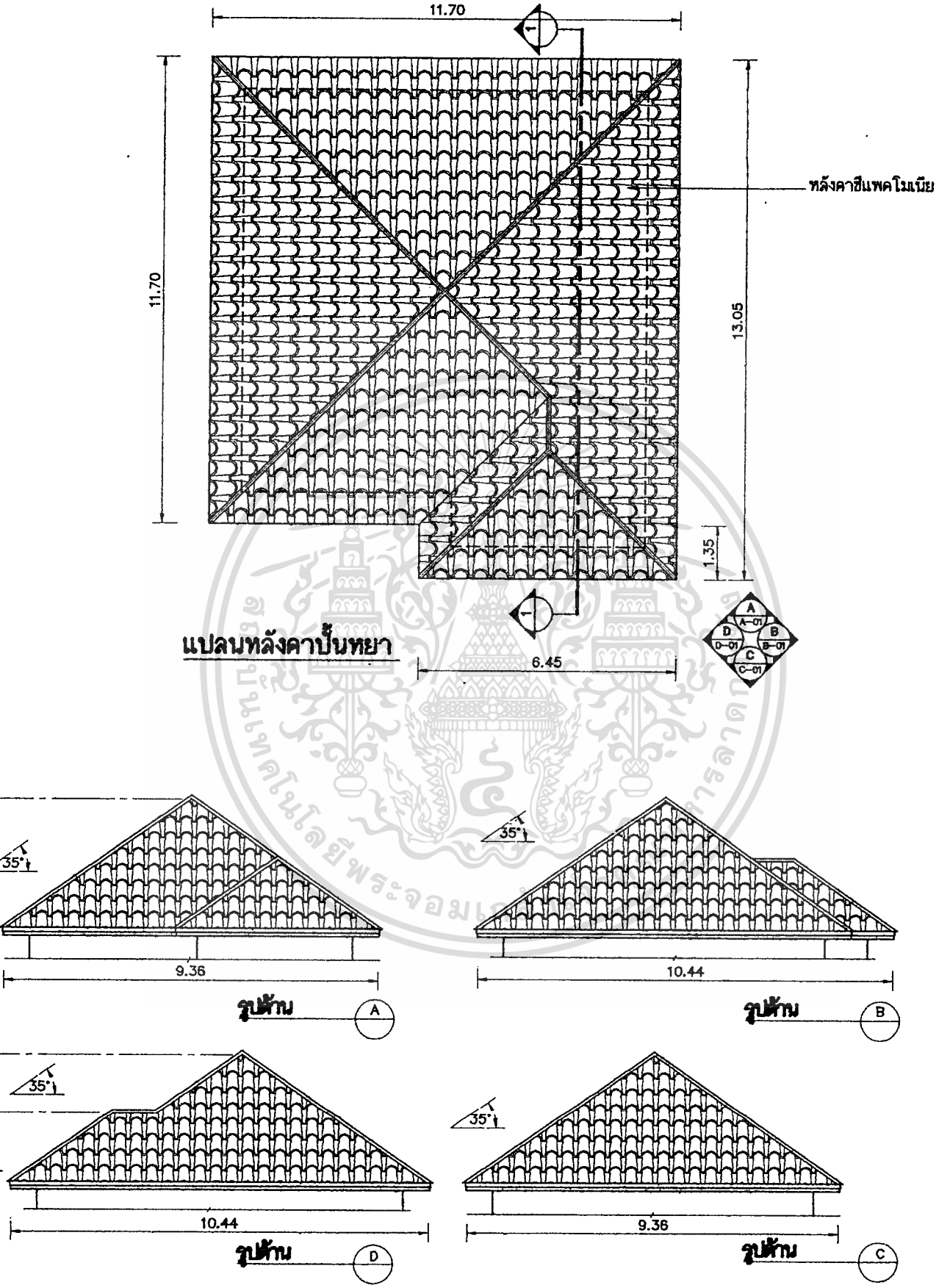
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.4964

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 28

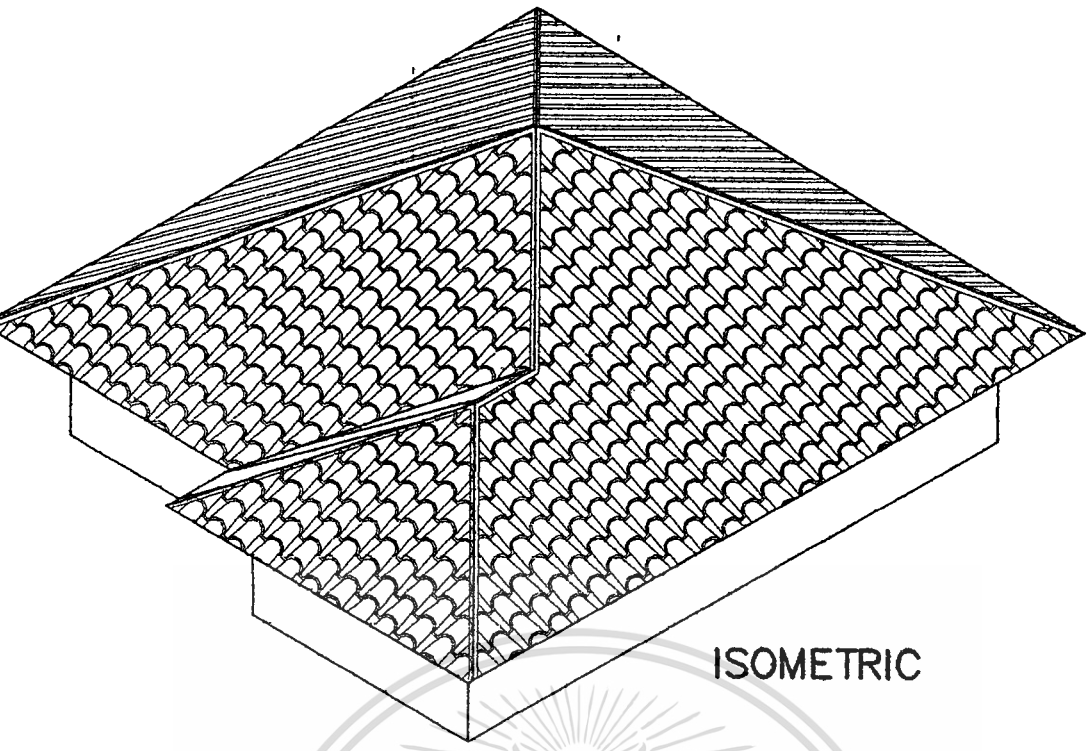
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

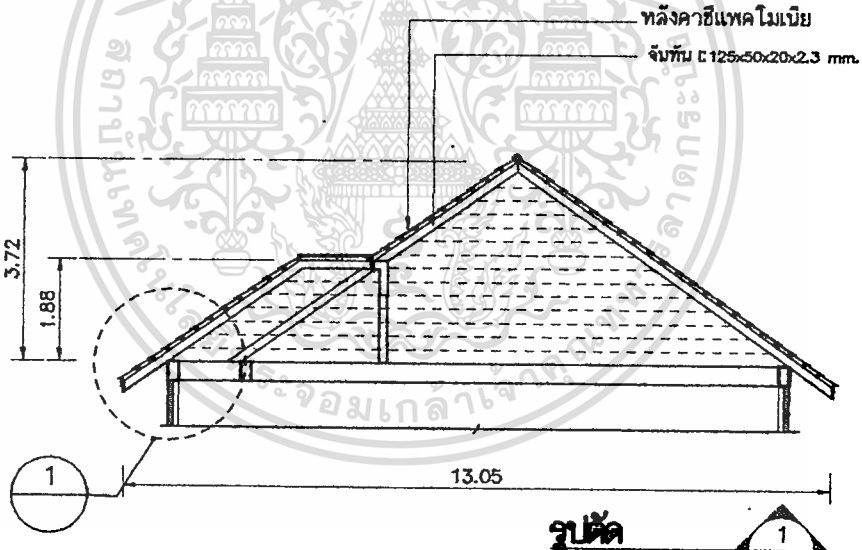


รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบหลังคาทรงปั้นหยามุม 35 ° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

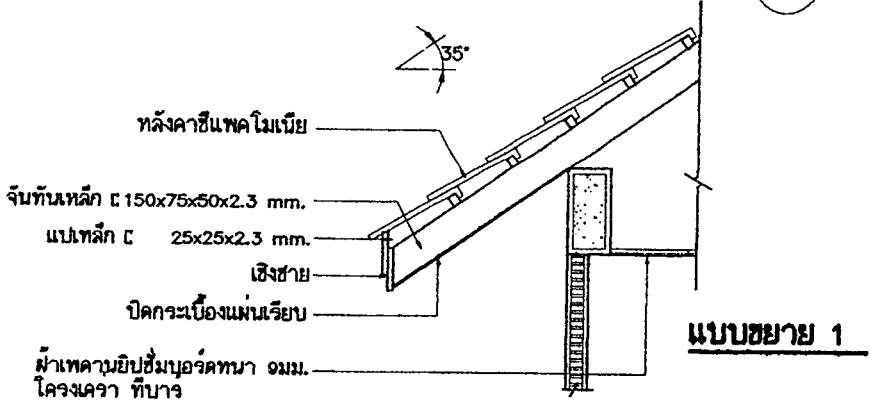
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC



รูปตัด



แบบขยาย 1

รูปที่ 4.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

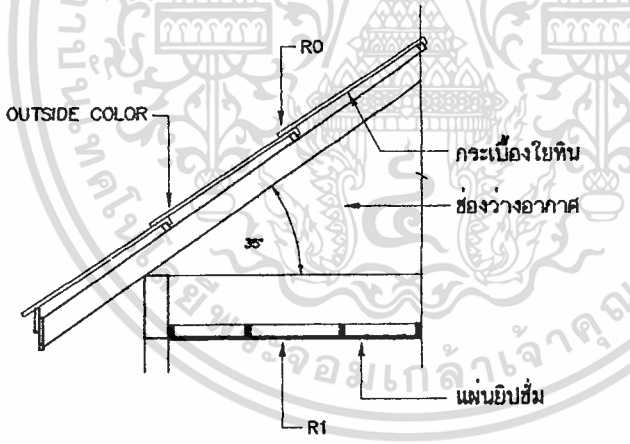
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.4964	28	-	-	-		2438

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2638 วัตต์

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมอะซิมุท	35°
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35° (วัสดุมุง - กระเบื้องใยหิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-value	R-value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องใยหิน
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคากรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(Total)}$			2.1274	

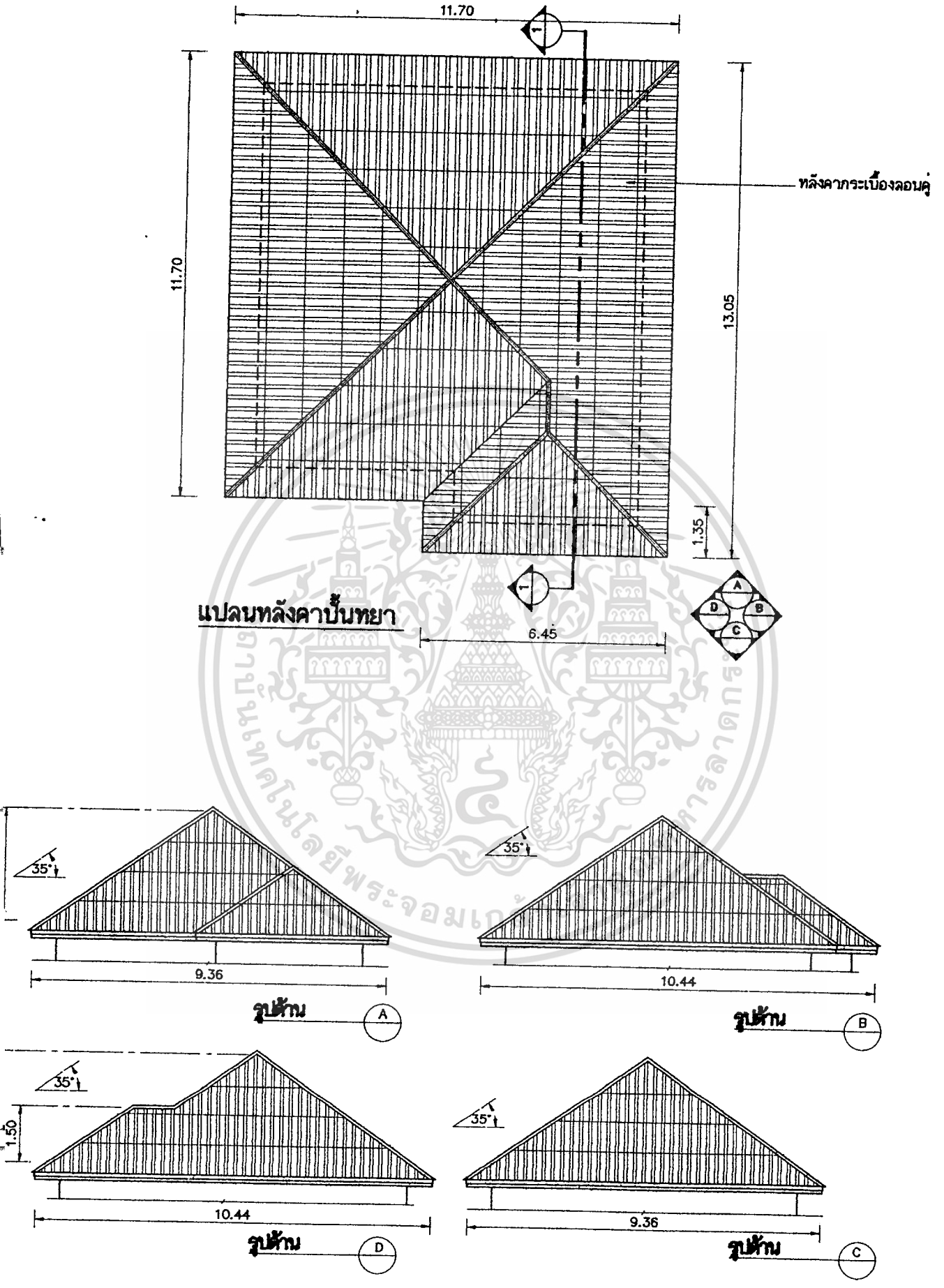
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.4701

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 32

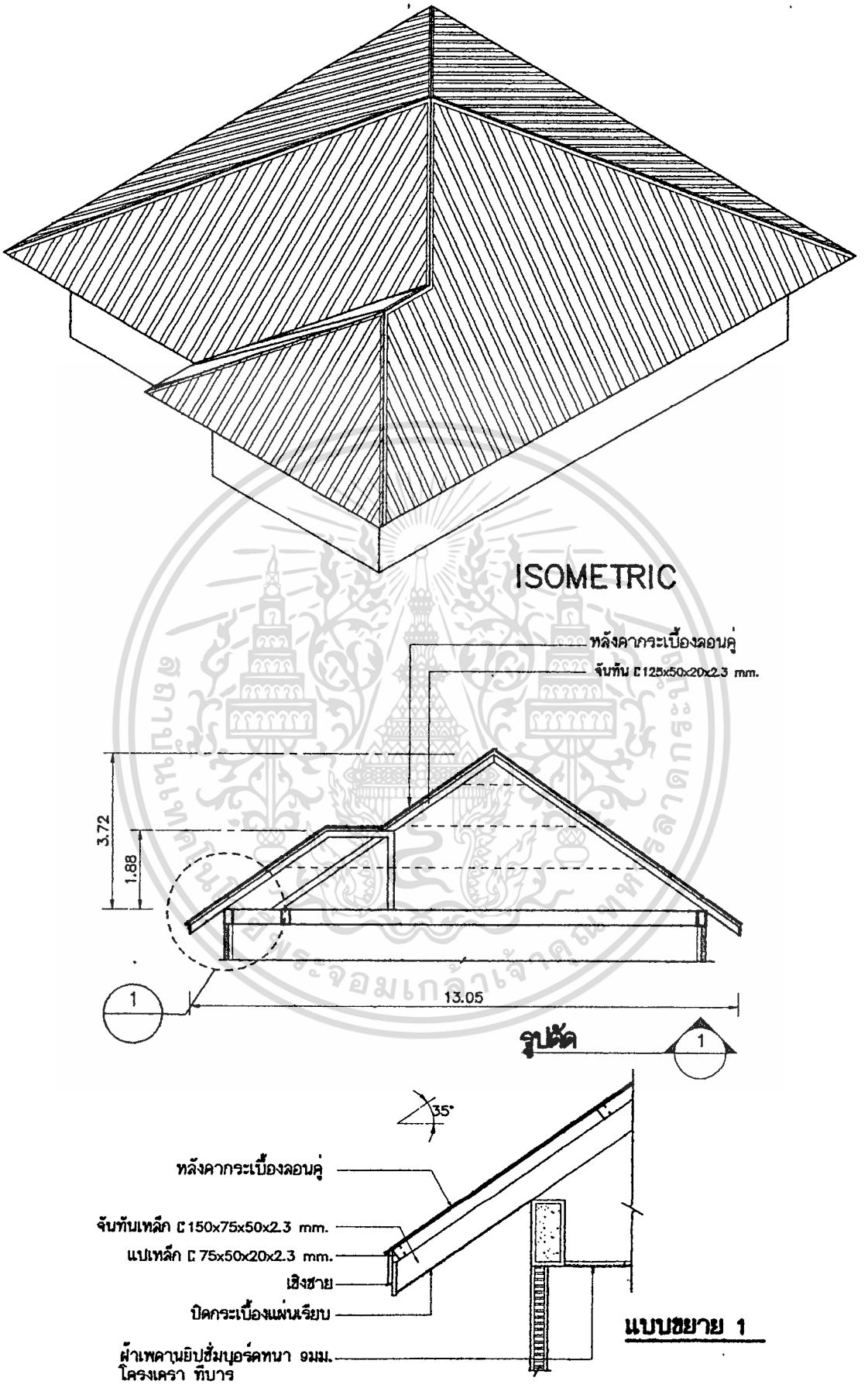
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงรูปแบบของหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องลอนคู่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 (ต่อ)

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

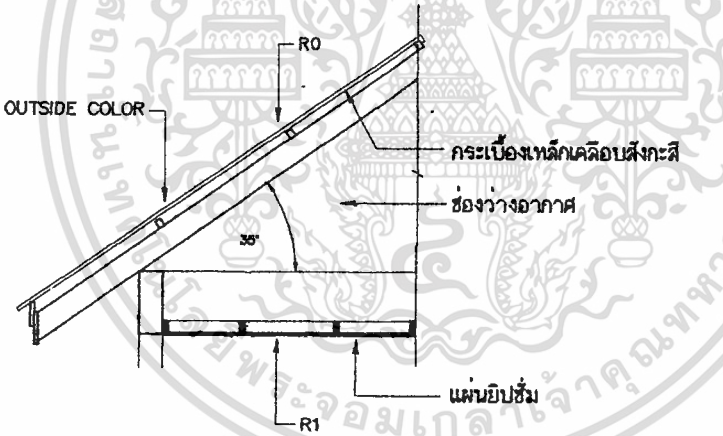
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.4701	32	-	-	-		2638

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2638 วัตต์

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมอะซิมุท	35°
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.5 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-value	R-value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข. จากหนังสือคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคากรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
		$R_{(Total)}$		1.602484	

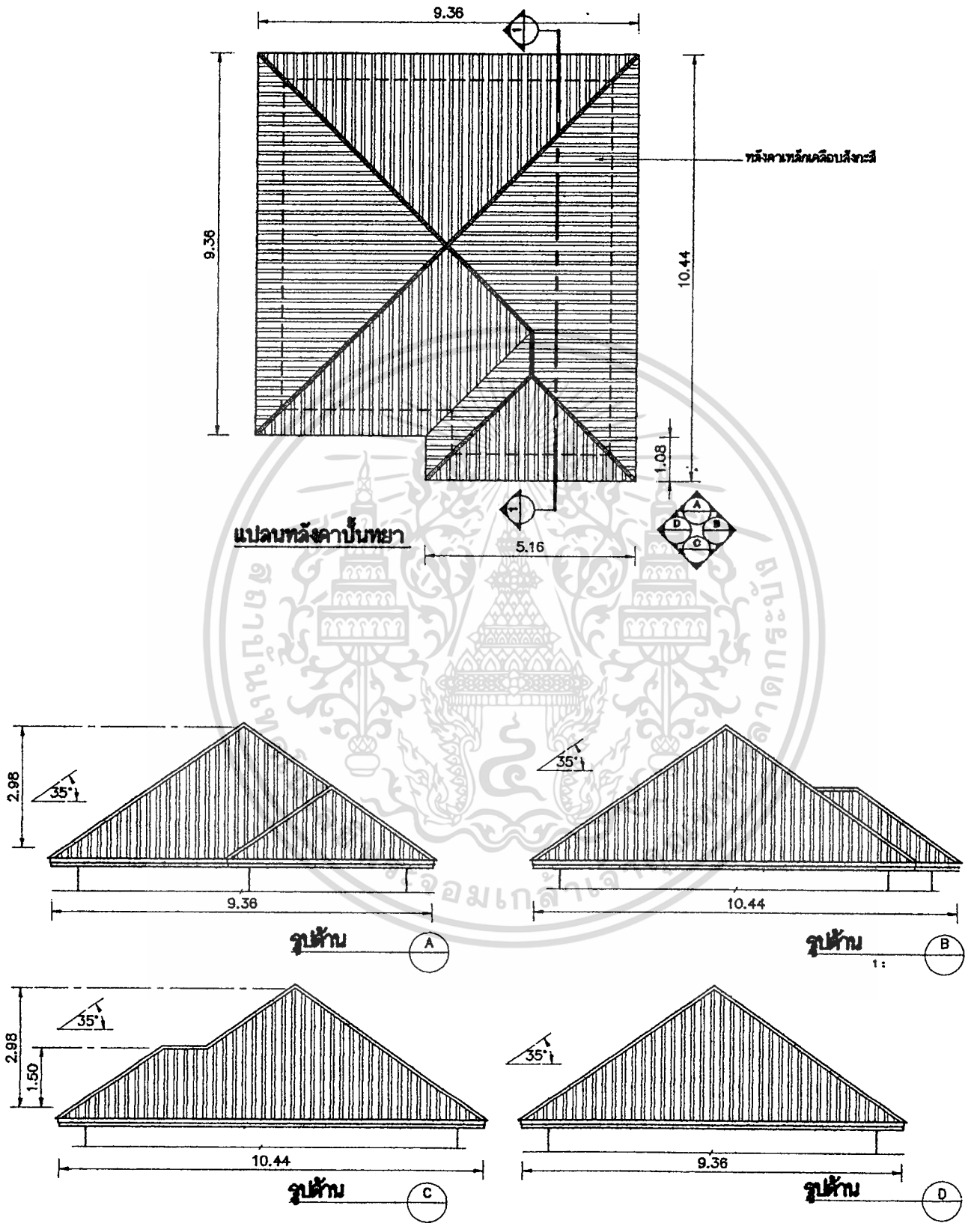
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.6240

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 20

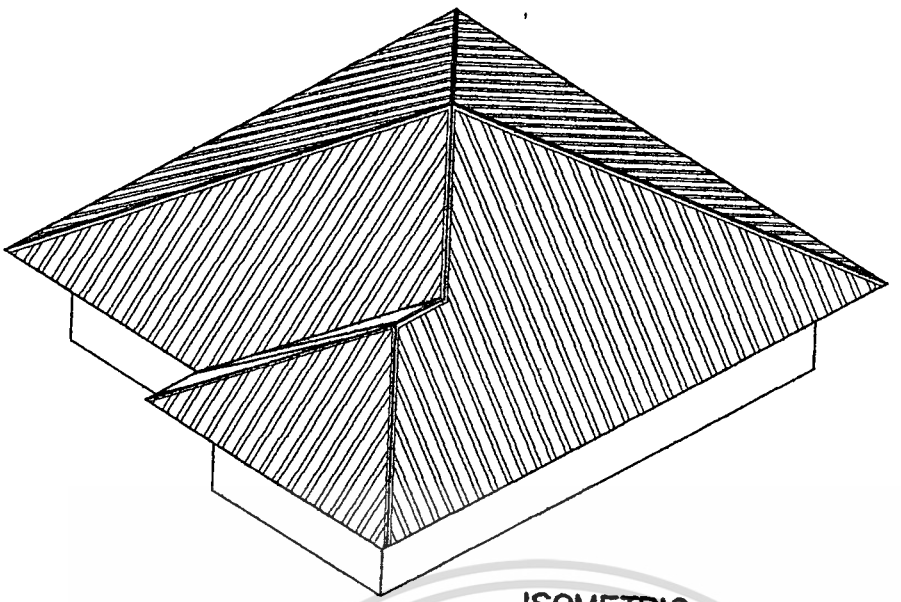
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

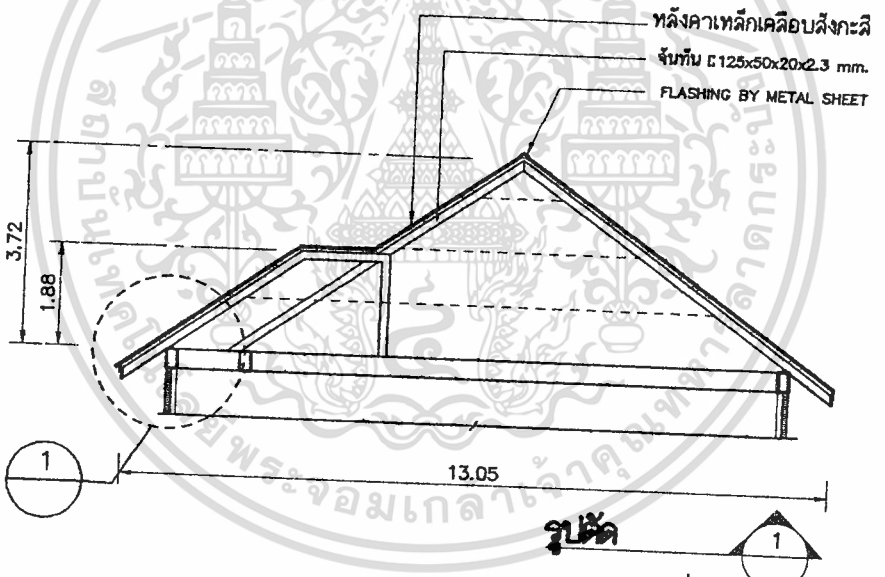


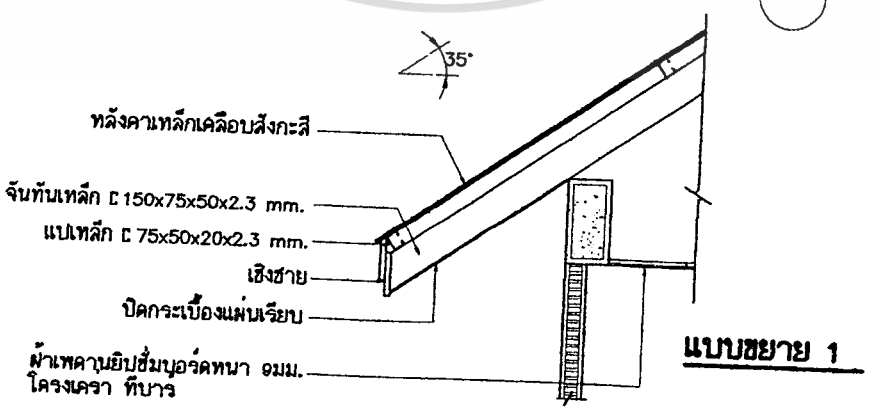
รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบของหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35° (วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี)

เอกสารนี้ได้รับการสงวนลิขสิทธิ์ ให้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC





รูปที่ 4.6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.6240	32	-	-	-		2189

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2189 วัตต์

4.1.4 สรุปผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน (Q) ของรูปทรงปั้นหยา มุม 35° จากผลการวิเคราะห์และผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด พบว่า

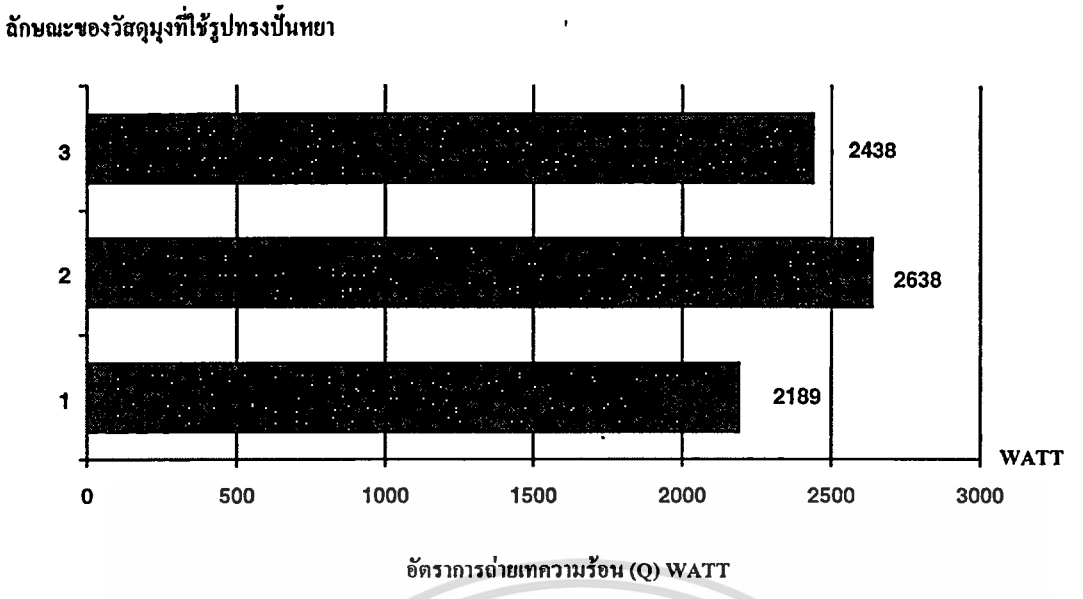
4.1.4.1 วัสดุมุงประเภทกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี เป็นวัสดุมุงที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนน้อยที่สุด

4.1.4.2 รูปทรงของหลังคาปั้นหยา มุม 35° มีพื้นโดยรวมของหลังคาเท่ากับ 170.1285 ตารางเมตร

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35°

ลำดับที่	รูปแบบของหลังคา	มุม	วัสดุที่นำมาใช้มุง	ฉนวนที่ใช้	TDeq	ปริมาณความร้อน (Q) WATT	สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (U) รวม
1	ทรงปั้นหยา	35°	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม.	20	2189	0.6240
2	ทรงปั้นหยา	35°	กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	ยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม.	32	2638	0.4701
3	ทรงปั้นหยา	35°	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม.	28	2438	0.4964

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงปั้นหยา 35°

4.2 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุงในส่วนของหลังคาจั่ว มุม35° และ 60°

รูปแบบของหลังคาทรงจั่ว เป็นรูปแบบที่ 2 ที่ผู้วิจัยกำหนดเป็นแบบเพื่อนำมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ ในส่วนของวัสดุมุงอีกกรณีหนึ่ง โดยกำหนดอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละเดือนในรอบปี โดยใช้ความสบายของอุณหภูมิภายในจากมาตรฐานความสบาย CET กำหนดให้ฝ้าเพดานเป็นยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มิลลิเมตร ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อน และกำหนดให้เป็นระบบปิดโดยไม่มีเรื่องของการระบายอากาศของลมเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดผลที่ได้รับตามความเป็นจริงมากที่สุด โดยกำหนดผลการวิเคราะห์เป็น 2 มุม ดังนี้

(1) รูปแบบของหลังคาทรงจั่ว มุมที่ 35° โดยเป็นมุมขององศาที่ใช้ในท้องตลาด

(2) รูปแบบของหลังคาทรงจั่ว มุมที่ 60° โดยเป็นมุมขององศาที่ใช้เป็นมุมสมมุติ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับมุมที่ต่างกัน

การคำนวณของพื้นที่หลังคารูปทรงจั่ว

- พื้นที่ส่วนที่ 1 เท่ากับรูปแบบของหลังคา มุม 35° พื้นที่หลังคาโดยรวม 175.6 ตารางเมตร
- พื้นที่ส่วนที่ 2 เท่ากับรูปแบบของหลังคา มุม 60° พื้นที่หลังคาโดยรวม 203.422 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุงในส่วนของหลังคาจั่ว มุม 35°

หลังคาทรงจั่ว มุม 35° เป็นมุมที่ถูกกำหนดขึ้น เพื่อนำมาเป็นส่วนในการทดสอบ โดยมุม 35° เป็นของหลังคาจั่วที่นิยมใช้กันตามท้องตลาดโดยทั่วไป มีโครงสร้างเป็นโครงสร้างเหล็ก

4.2.2 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุงในส่วนของหลังคาทรงจั่ว มุม 60°

หลังคาทรงจั่ว มุม 60° เป็นมุมที่ถูกกำหนดขึ้น เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบผลต่างจากรูปทรงของหลังคาต่อการสะสมความร้อนภายใน

4.2.3 แสดงรายละเอียดตัวแปรที่เกี่ยวข้องส่วนหลังคาทรงจั่ว มุม 35° และ 60°

ส่วนของการวิเคราะห์วัสดุมุง เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงกำหนดให้เป็นวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด และควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องเป็นส่วนสำคัญต่อการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ตารางที่ 4.6 แสดงตัวแปรที่เกี่ยวข้องของหลังคาทรงจั่ว

ลำดับที่	วัสดุมุง	ฝ้าเพดานภายใน	มุมของหลังคา		ความแตกต่างของอุณหภูมิ (TDeq)	หมายเหตุ
1	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ไม่มีอลูมินั่มฟอยย์	35°	60°	28	มาตราฐานความ. สบาย CET
2	กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ไม่มีอลูมินั่มฟอยย์	35°	60°	32	มาตราฐานความสบาย CET
3	กระเบื้องแผ่นเหล็กลูกฟูก	ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. ไม่มีอลูมินั่มฟอยย์	35°	60°	20	มาตราฐานความสบาย CET

4.2.4 แสดงรายละเอียดของหลังคาทรงจั่ว

ในส่วนของหลังคาอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ที่เป็นอาคารตัวอย่างแยกรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมได้ ดังนี้

(1) โครงสร้างหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็กหลังคาโดยทั่วไป

(2) วัสดุทั้ง 3 ชนิดตามตารางที่ 4.3

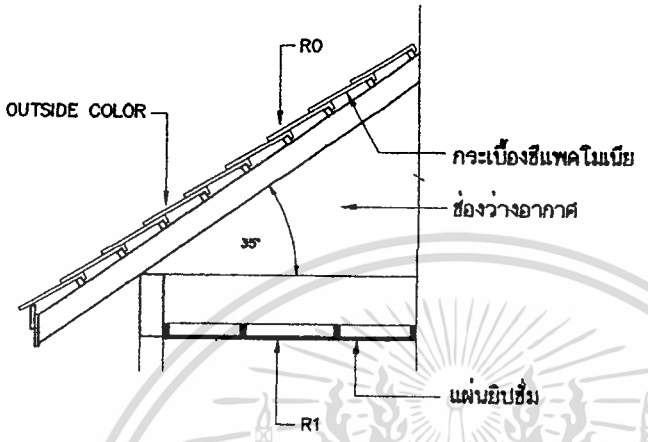
(3) ฝ้าเพดานที่ใช้ในปัจจุบัน ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด 9 มิลลิเมตร ไม่มีอลูมินั่ม - ฟอยย์

(4) เป็นระบบปิดไม่มีระบบระบายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมอะซิมุท	35°
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.8 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทรงจั่ว มุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาทรงจั่ว มุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำดูจากตารางภาคผนวก ข.
$R_{(Total)}$				2.0144	

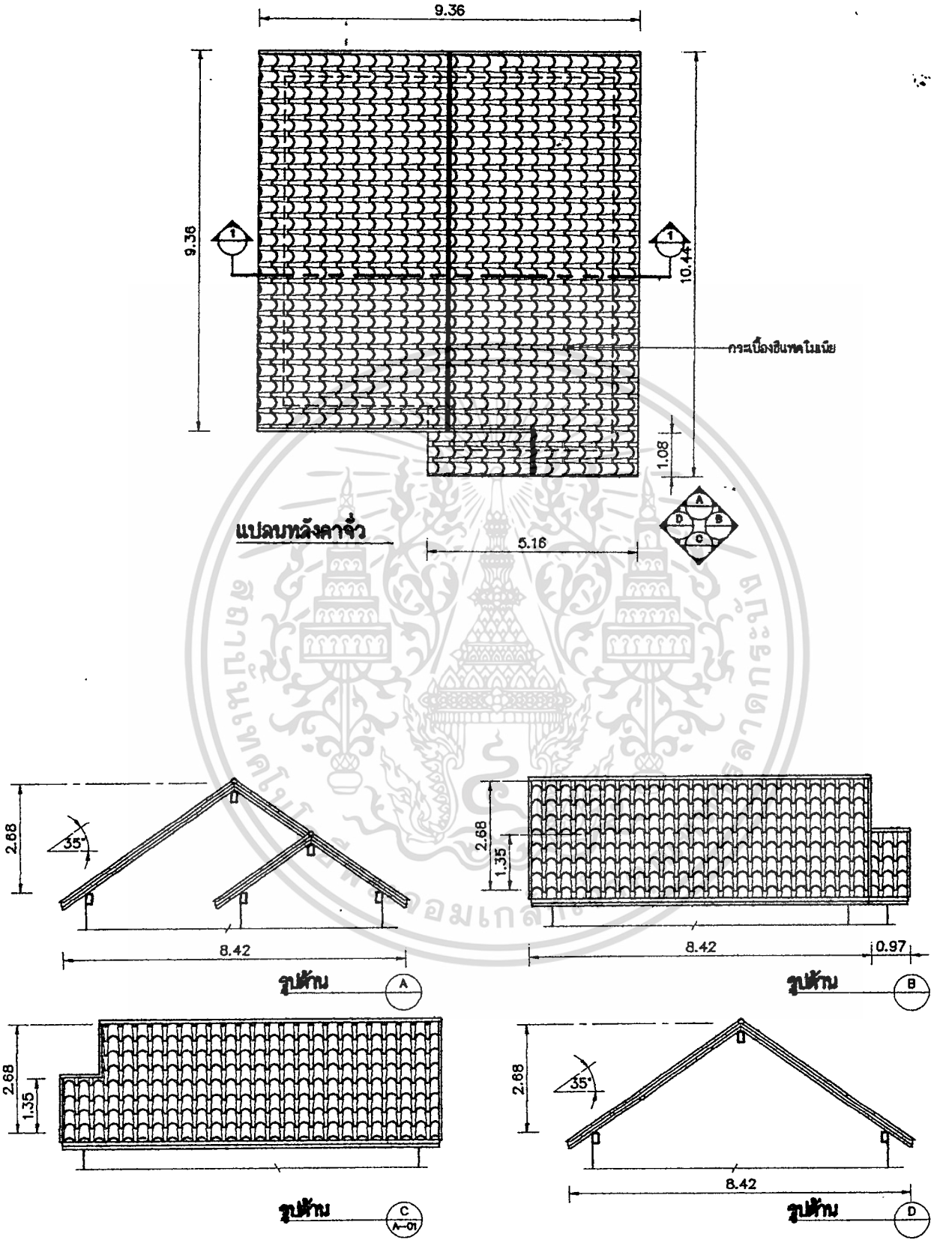
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.4964

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 28

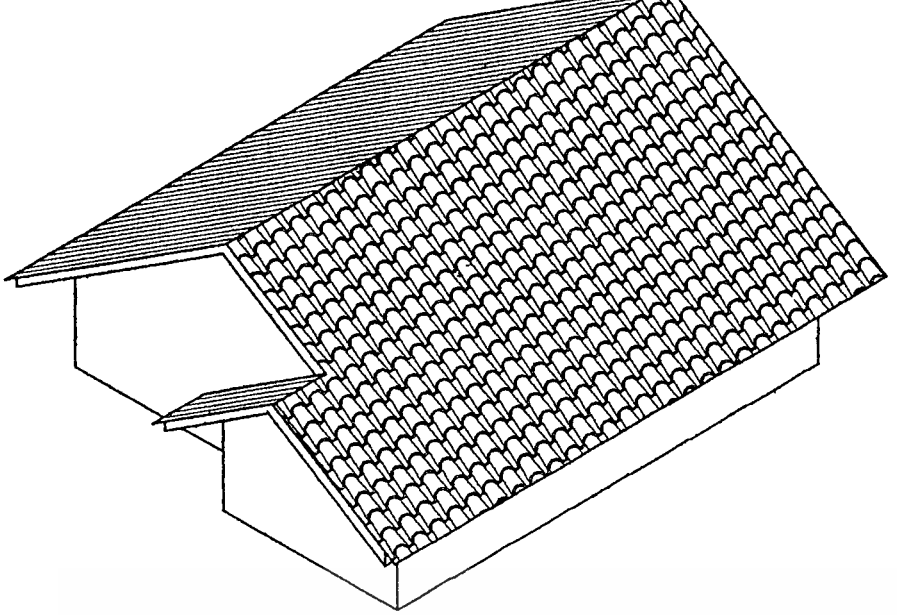
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

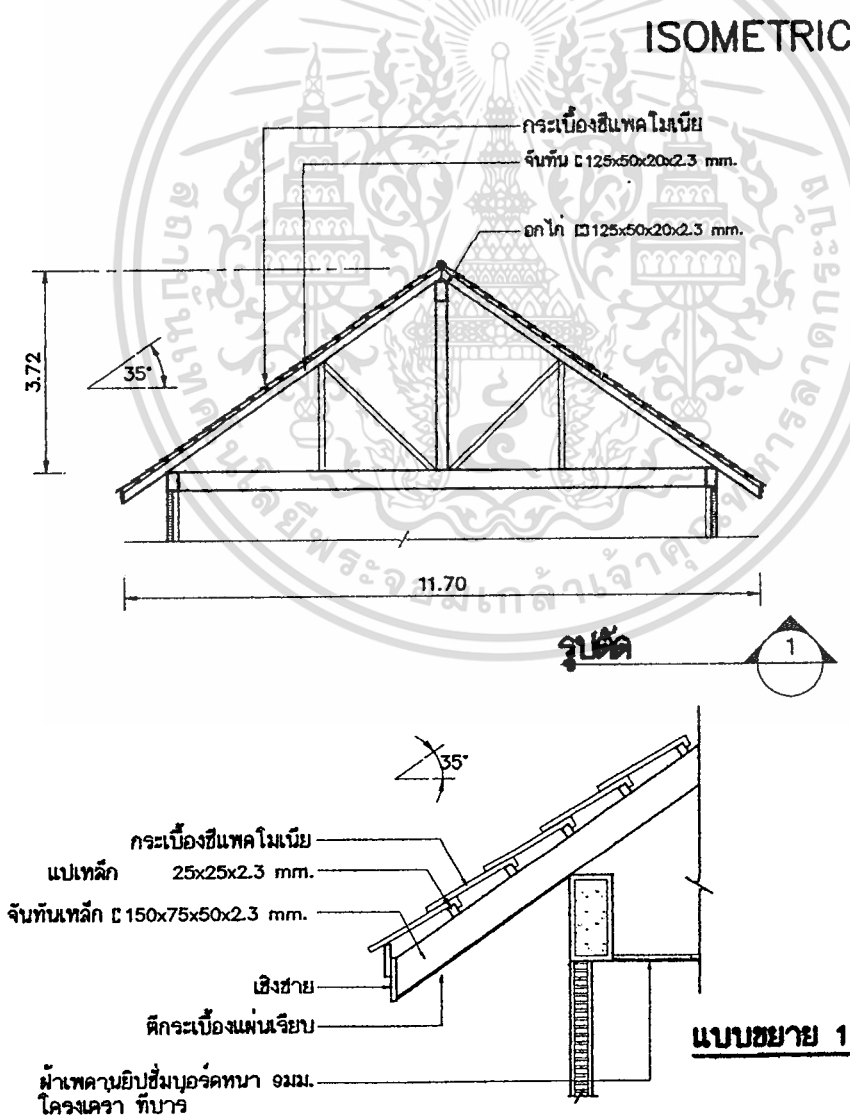
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.9 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

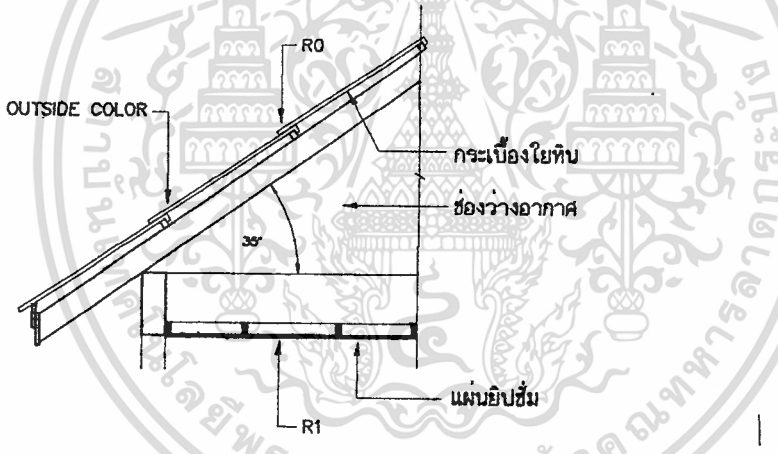
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.4964	28	-	-	-		2441

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2441 วัตต์

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมอะซิมุท	35°
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องใยหิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องใยหิน)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องใยหิน
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(Total)}$			2.1274	

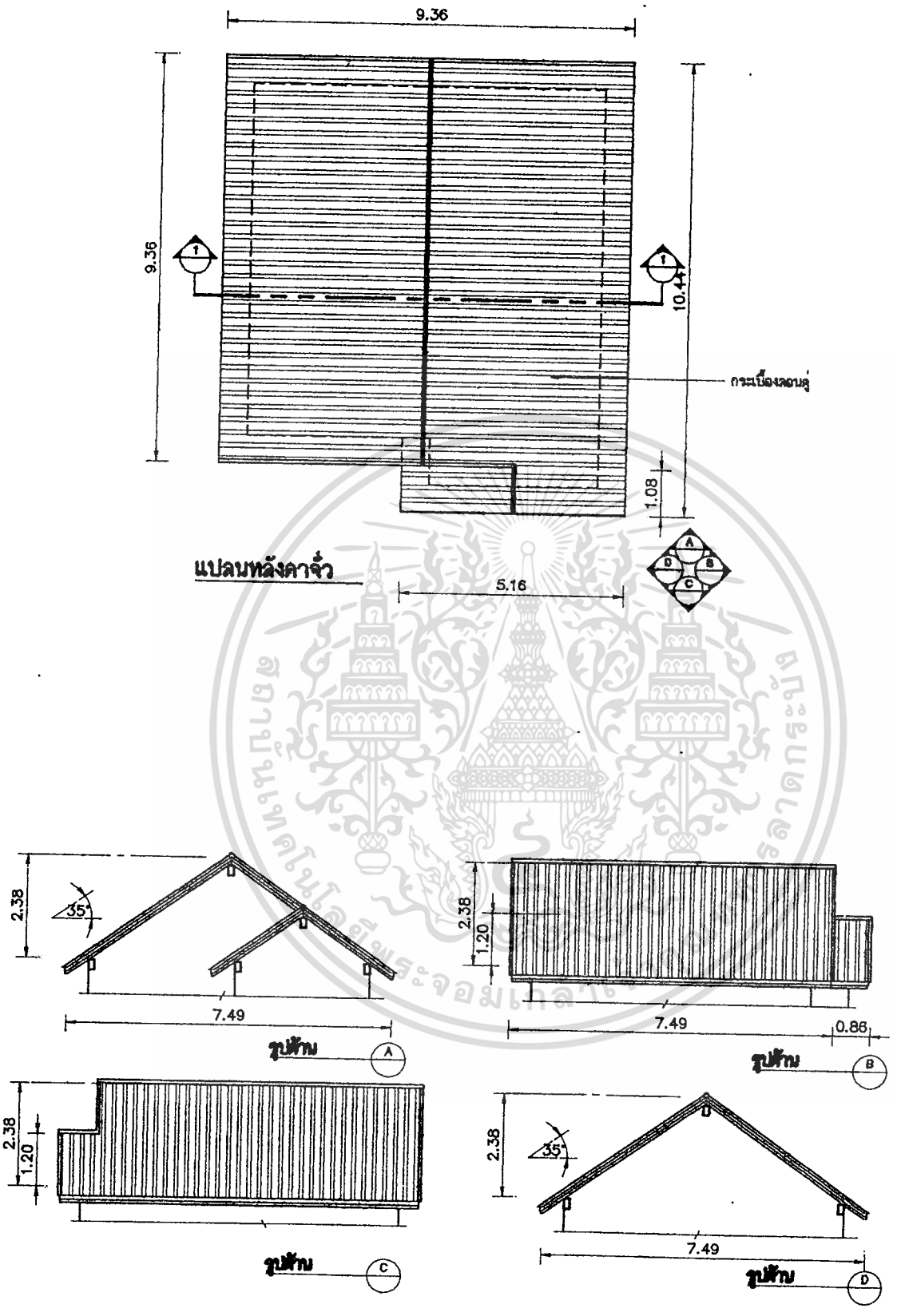
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.4701

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 32

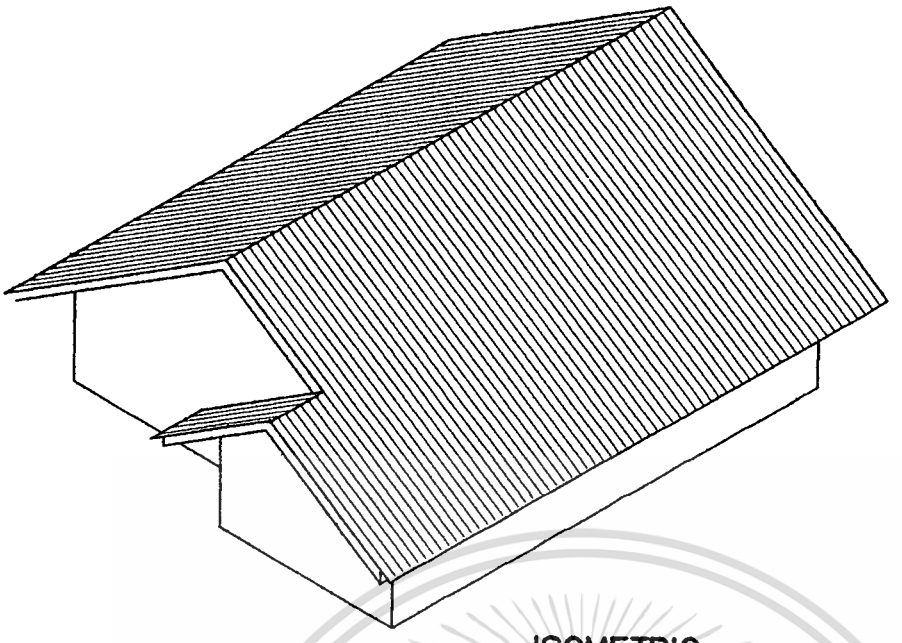
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

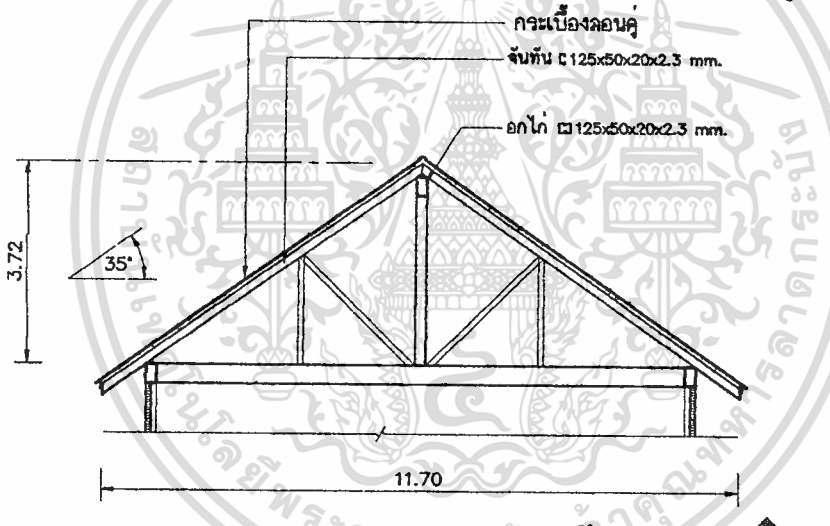


รูปที่ 4.11 แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° (วัสดุมุงเป็นแระเบื้องซีเมนต์ใยหิน ลอนคู่)

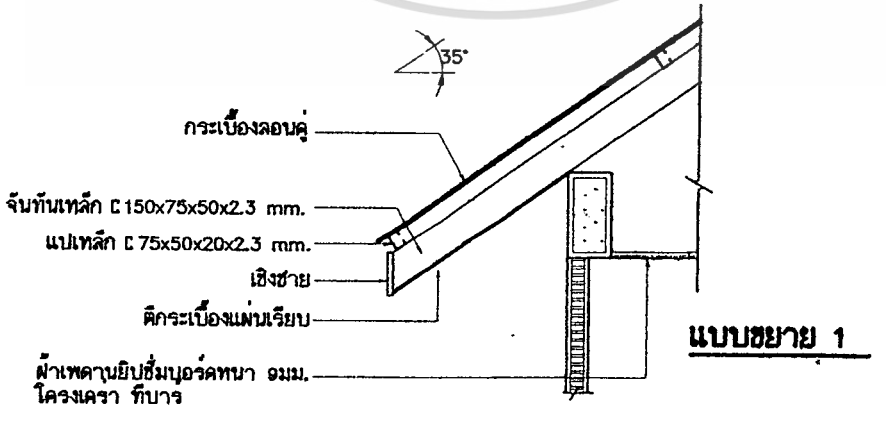
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC



รูปตัด 1



แบบขยาย 1

รูปที่ 4.11 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

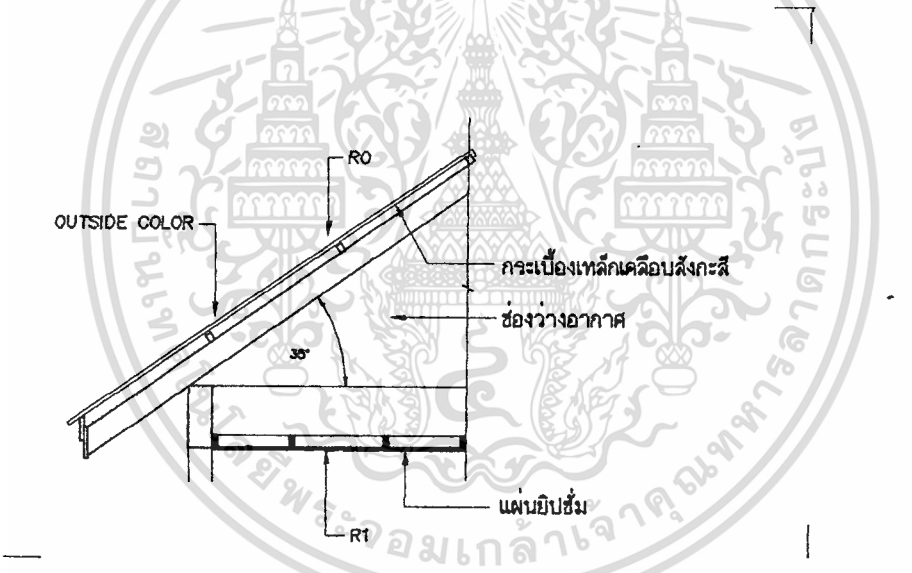
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.4701	32	-	-	-		2641

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2641 วัตต์

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมอะซิมุท	35°
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.12 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน(K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำดูจากตารางภาคผนวก ข.
$R_{(Total)}$				1.602484	

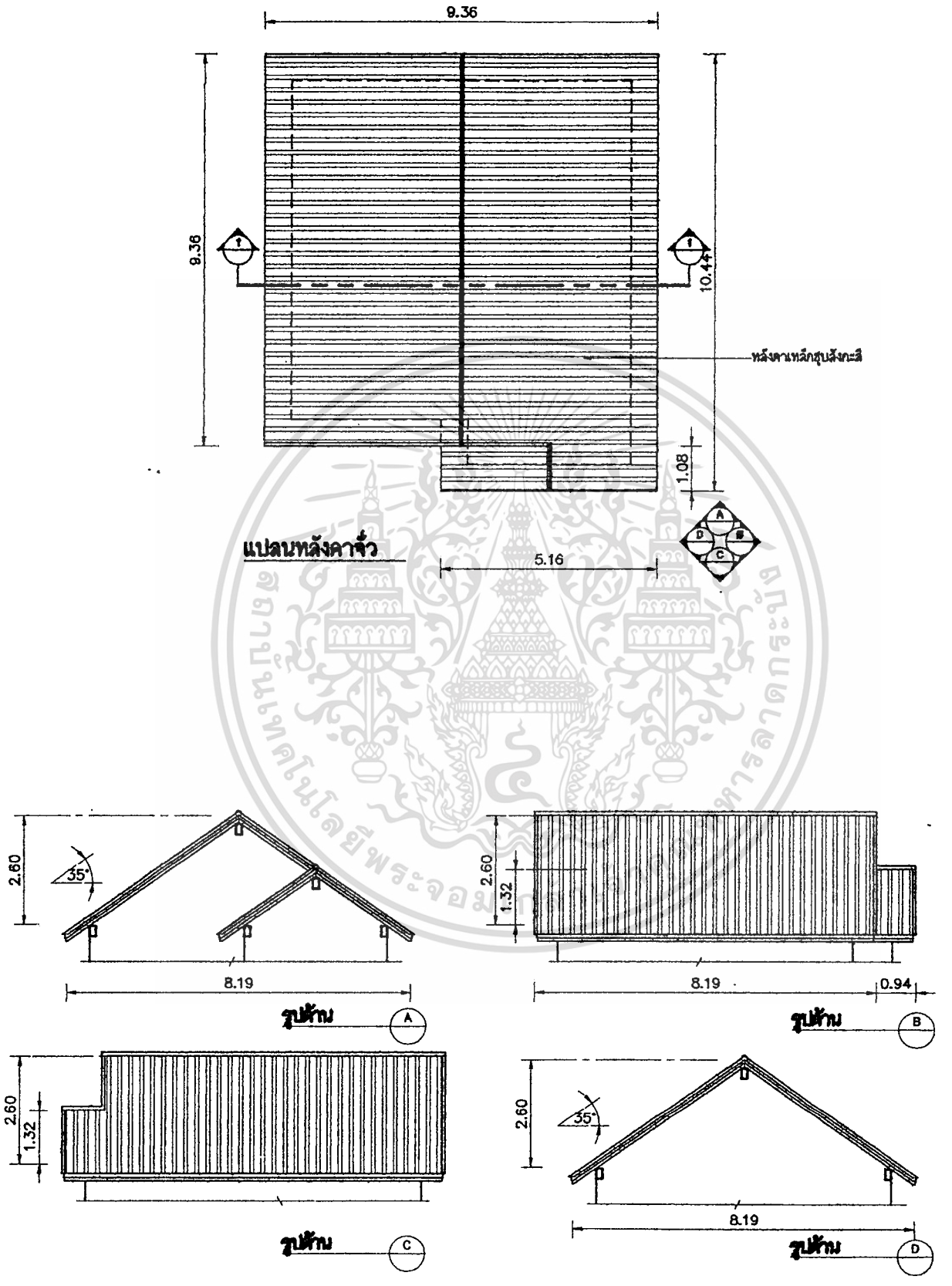
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.6240

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 20

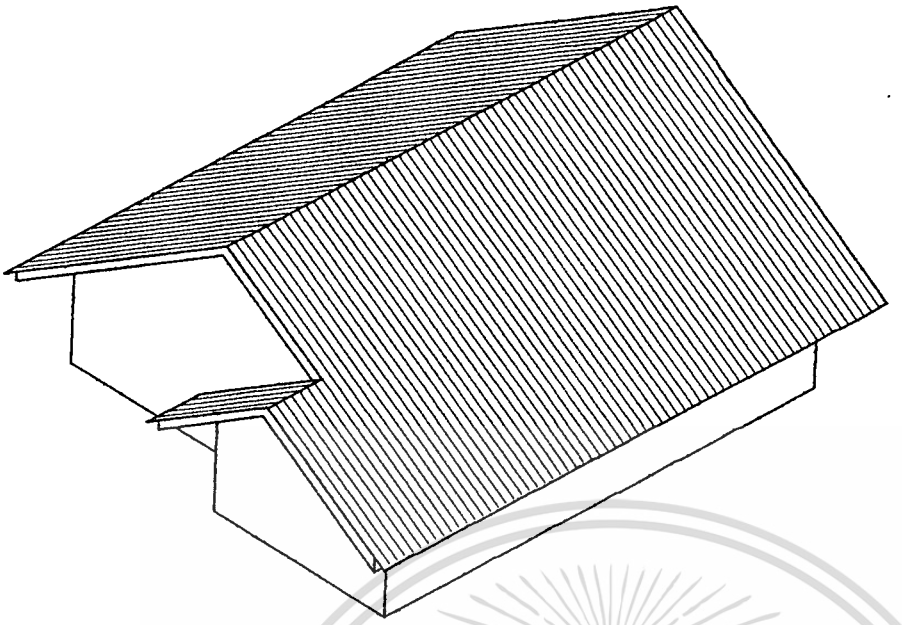
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

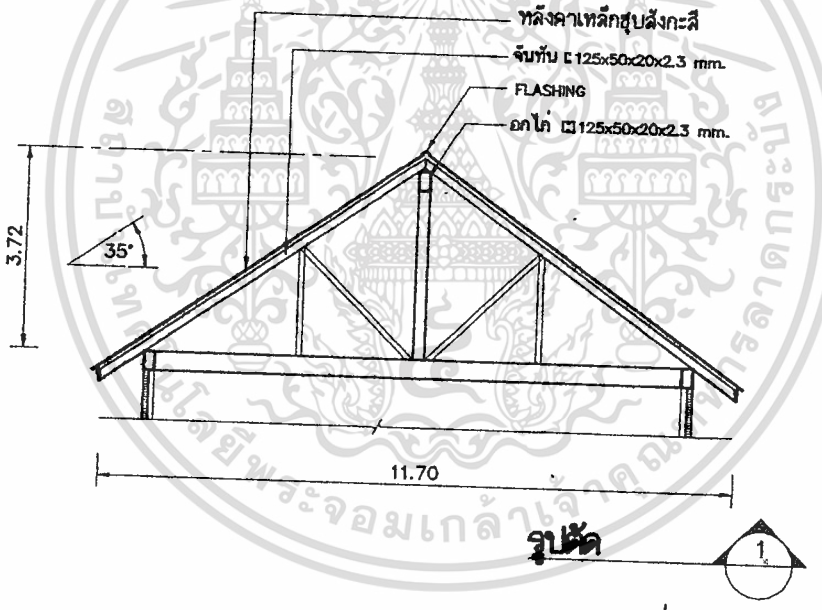


รูปที่ 4.13 แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรง มุม 35° (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี)

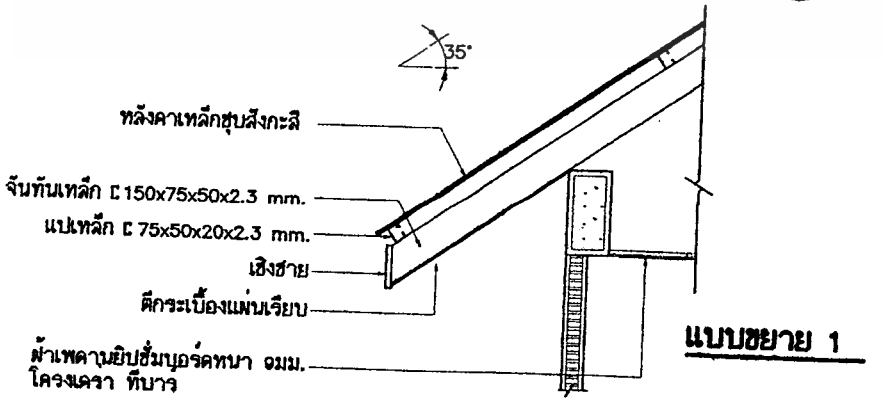
เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC



รูปตัด 1



แบบขยาย 1

รูปที่ 4.13 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

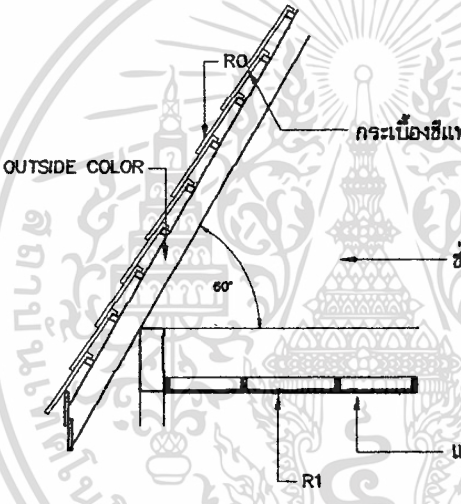
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.6240	20	-	-	-		2192

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2192 วัตต์

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมอะซิมุท	60°
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.14 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60°
(วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำดูจากตารางภาคผนวก ข.
$R_{(Total)}$				1.7784	

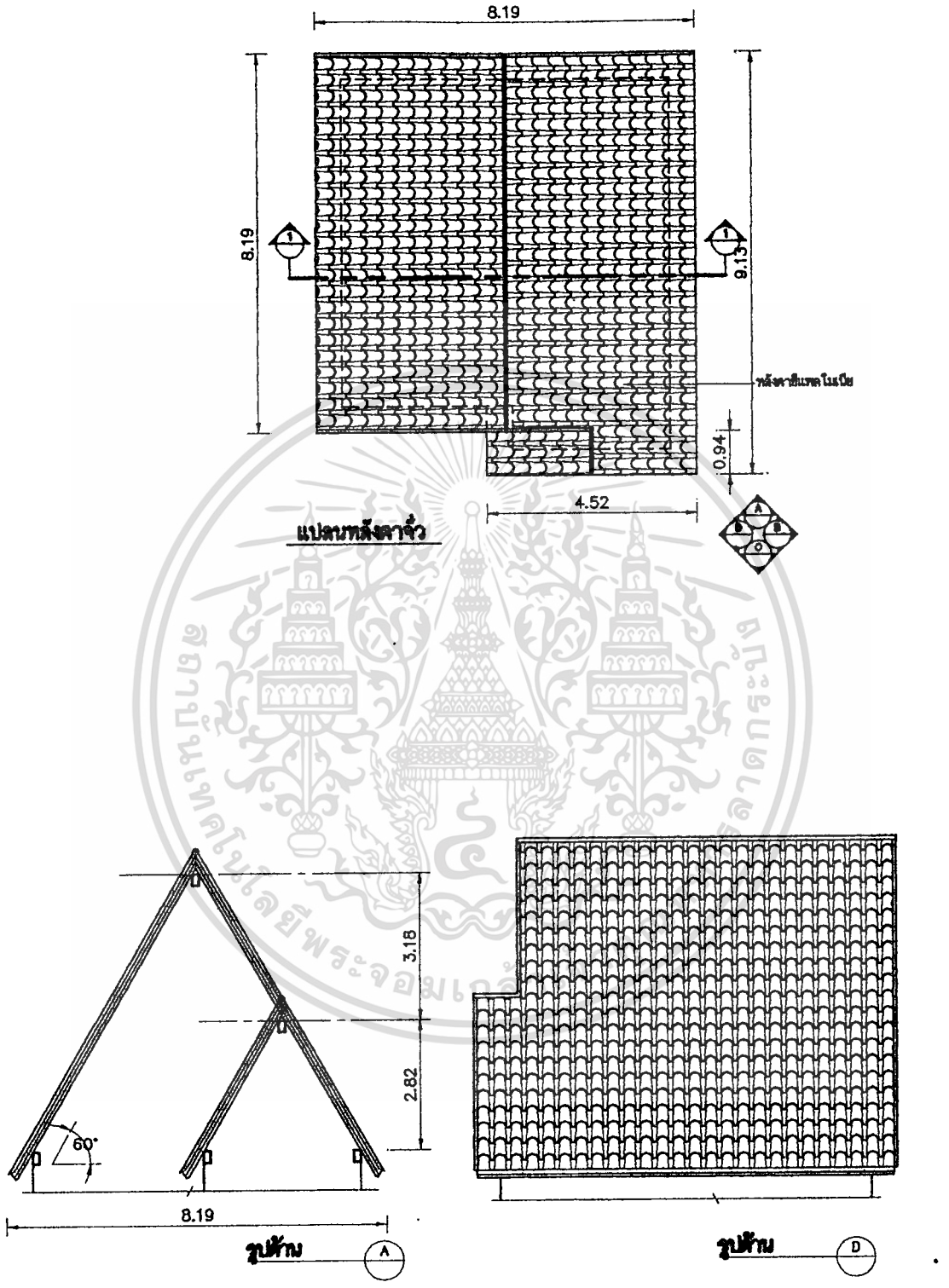
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.5623

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 28

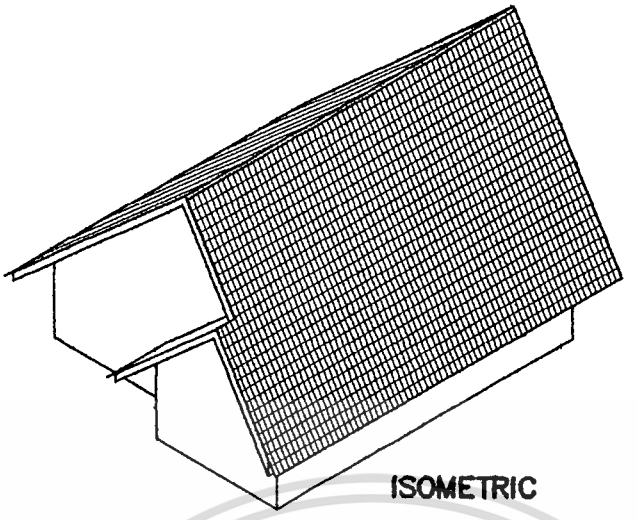
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

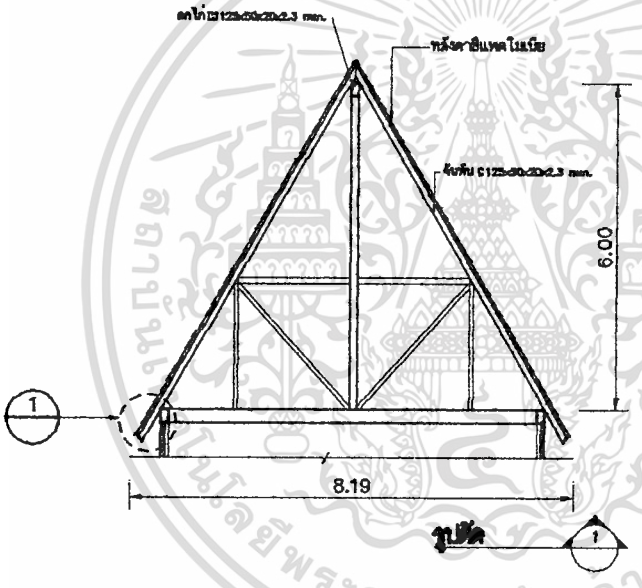


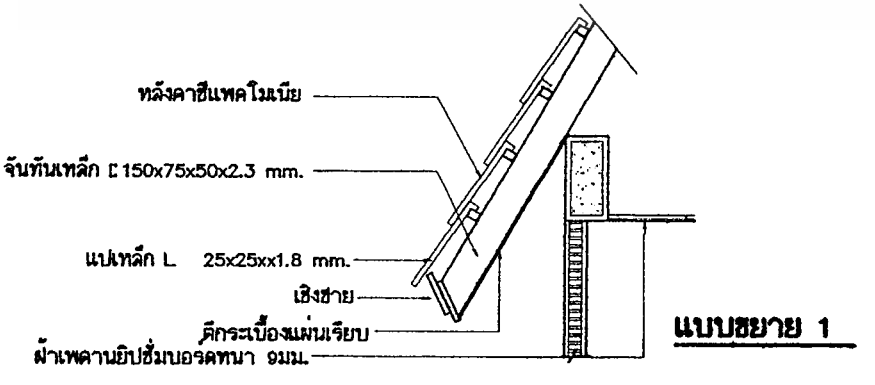
รูปที่ 4.15 แสดงรูปแบบของหลังคาทรงจั่ว มุม 60° (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC





รูปที่ 4.15 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

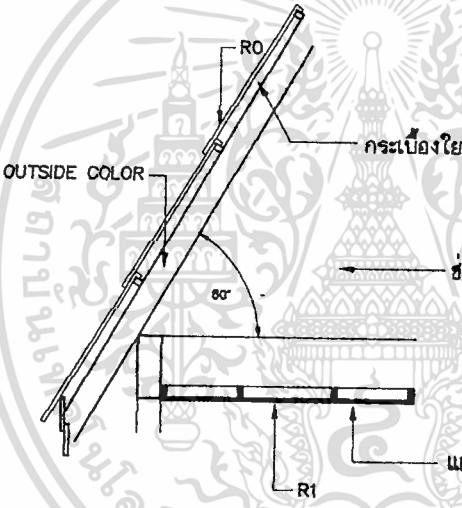
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.5623	28	-	-	-		3203

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 3203 วัตต์

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมอะซิมุท	60°
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.16 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องใยหิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กใยหิน)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องใยหิน
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(Total)}$			1.8914	

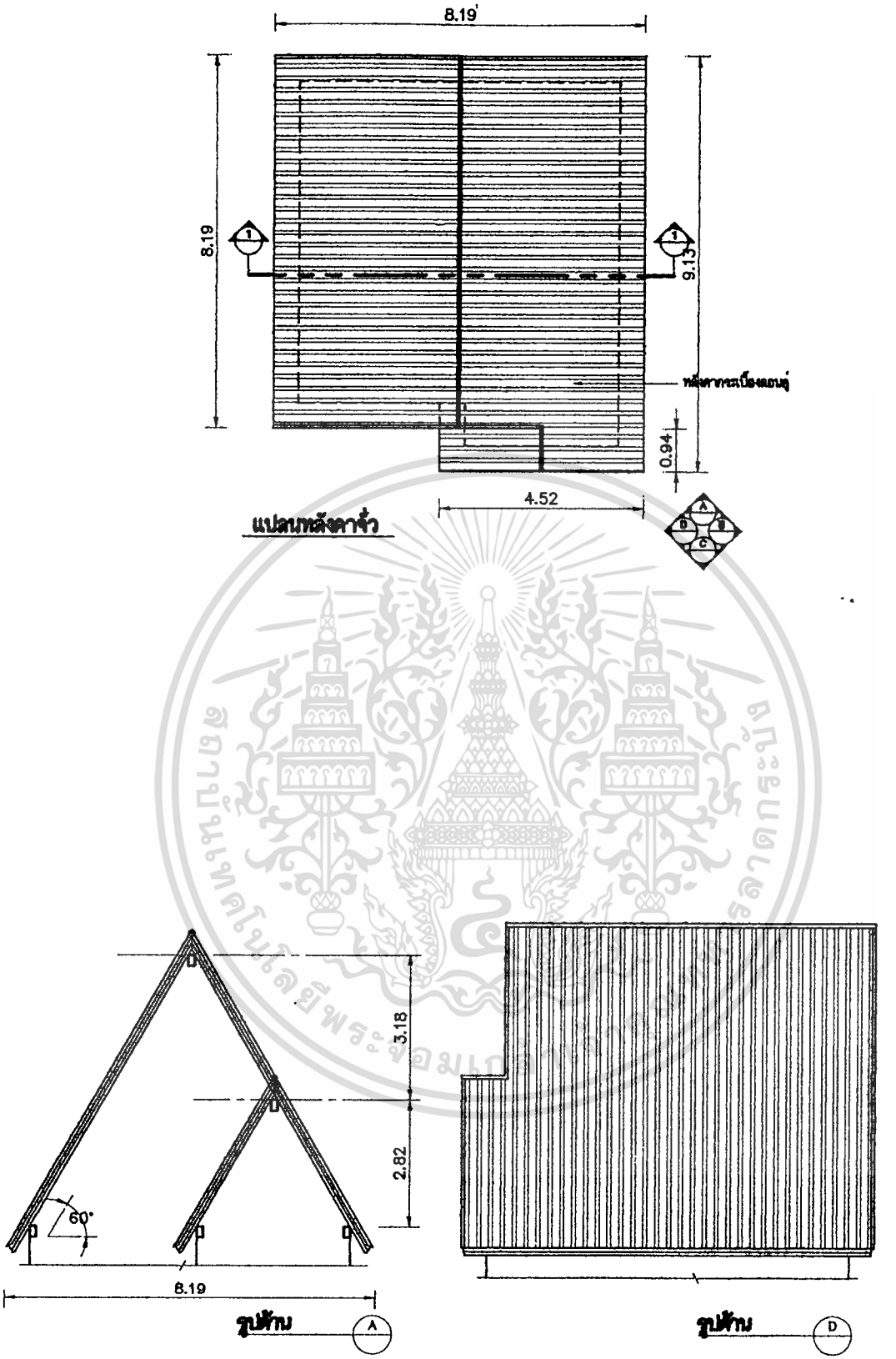
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.5287

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 32

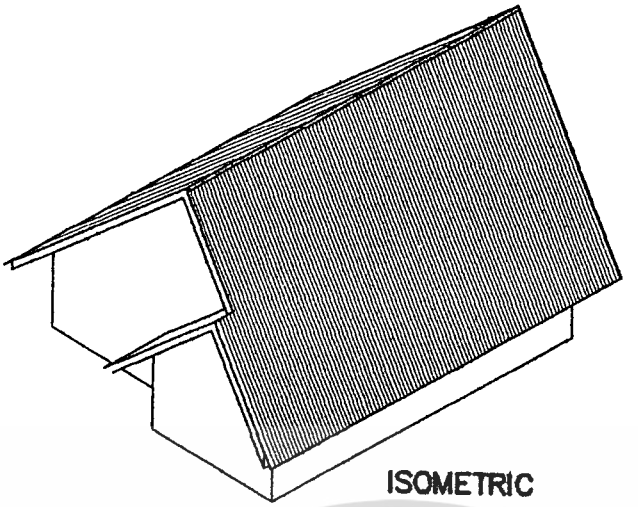
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

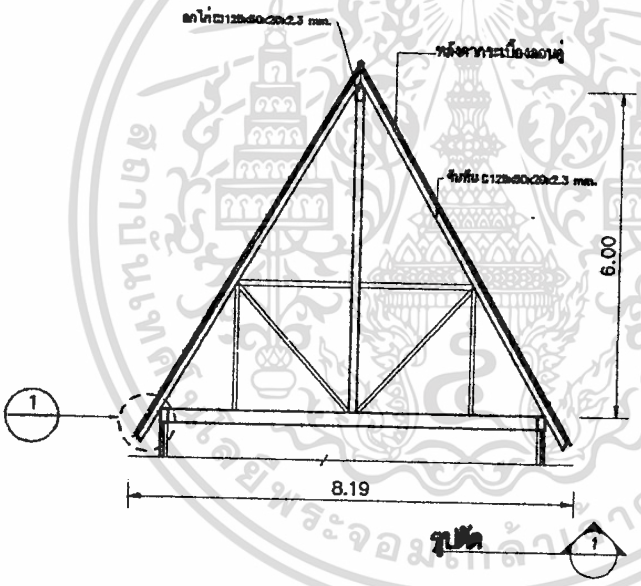


รูปที่ 4.17 แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงจั่วมุม มุม 60° (วัสดุกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน)

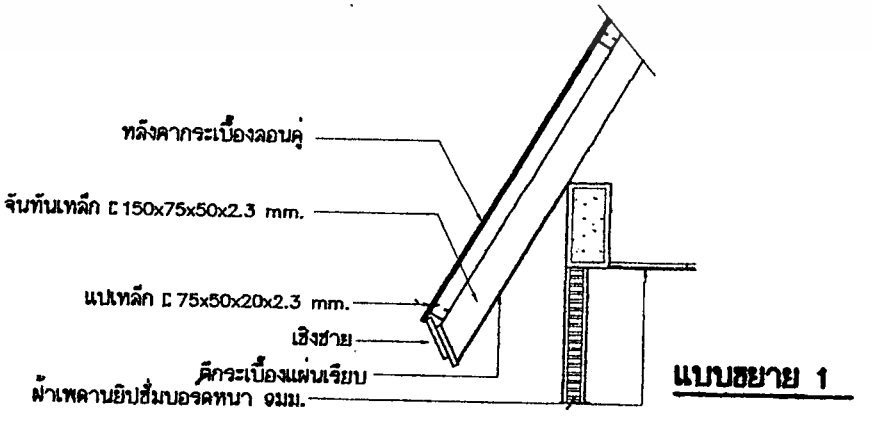
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC



รูปตัด 1



แบบขยาย 1

รูปที่ 4.17 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

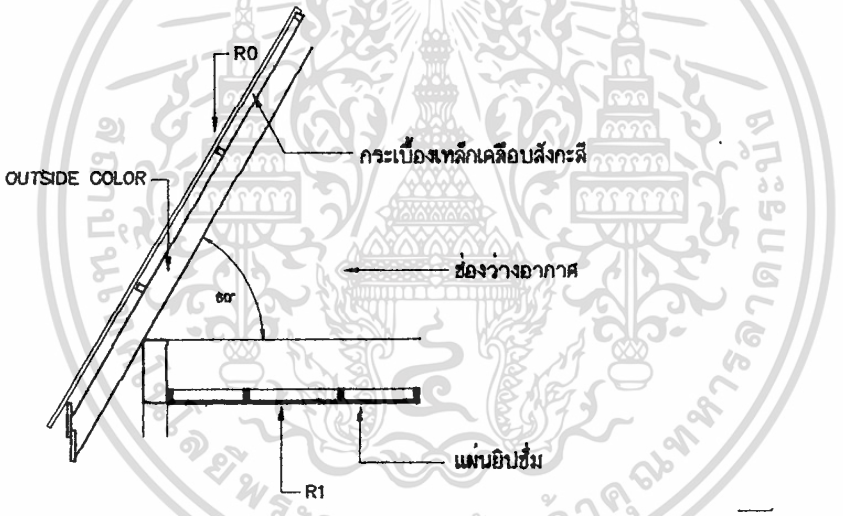
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.5287	32	-	-	-		3442

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 3442 วัตต์

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมอะซิมุท	60°
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.18 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60° (วัสดุมุงเป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำดูจากตารางภาคผนวก ข.
$R_{(Total)}$				1.36644	

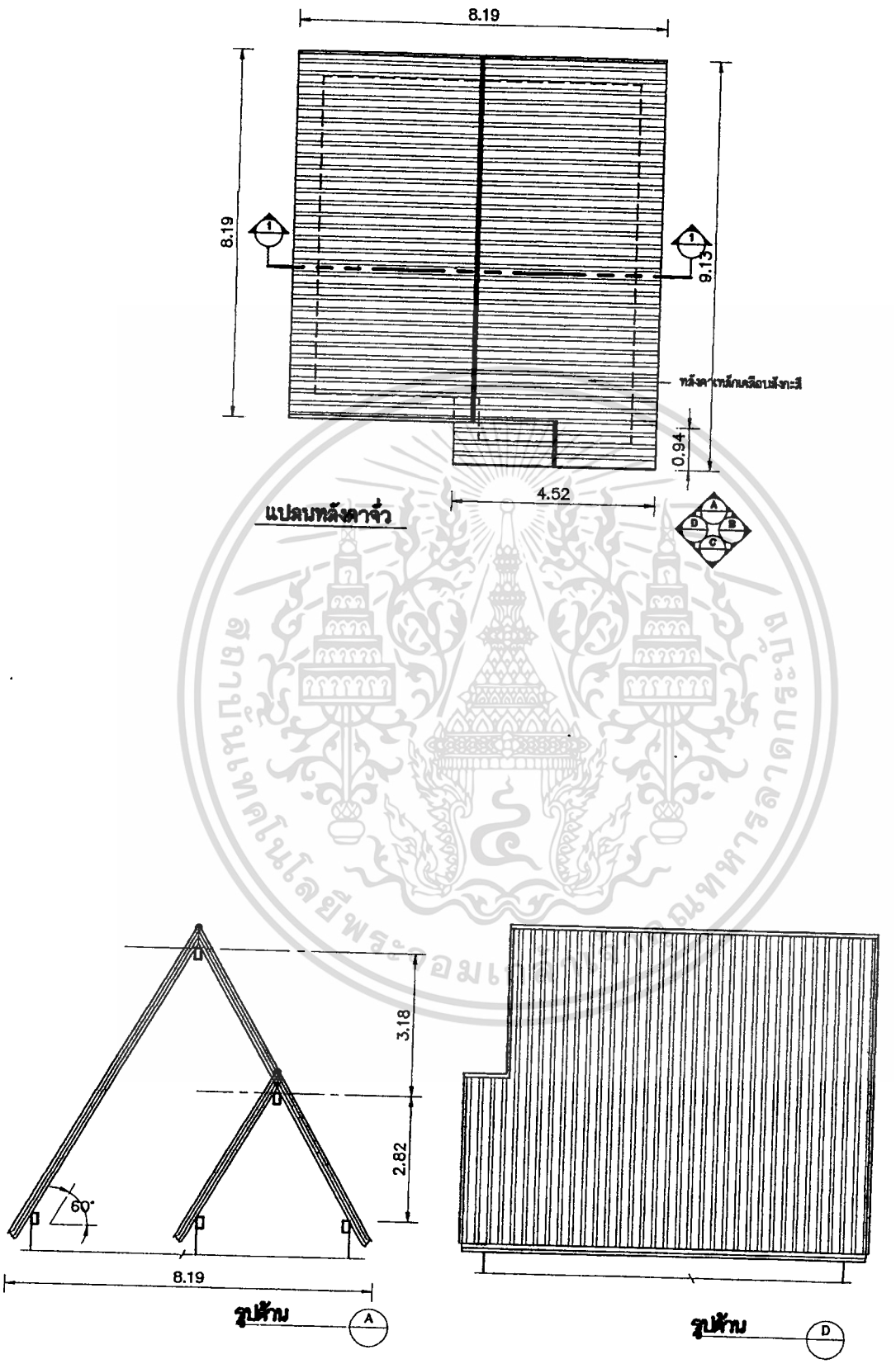
สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.7318

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 20

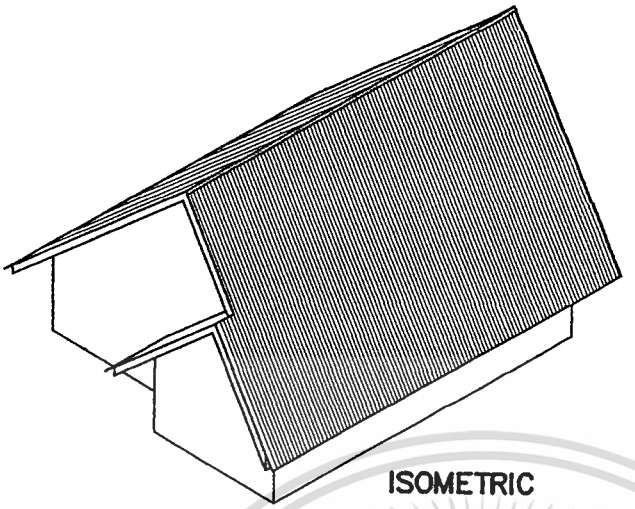
พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

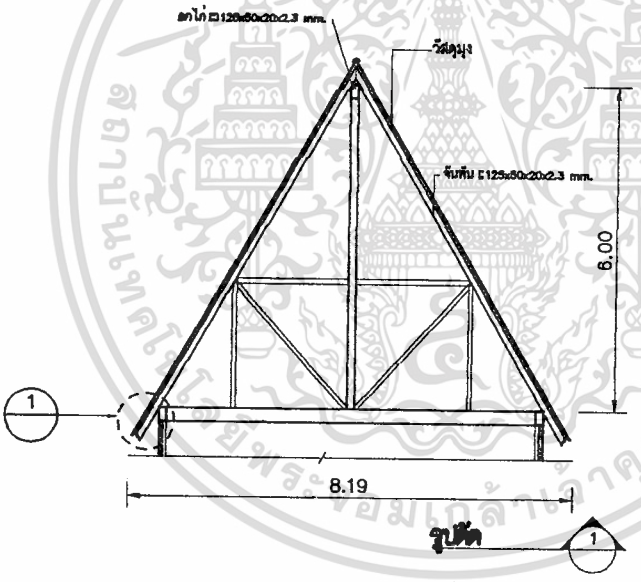


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

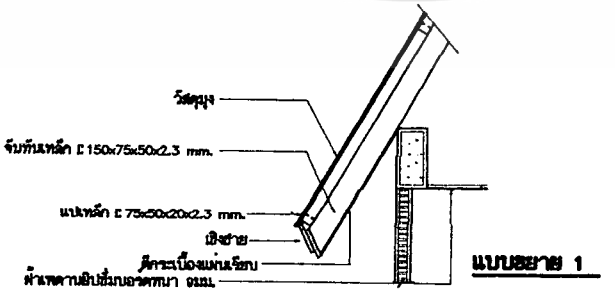
รูปที่ 4.19 แสดงรูปแบบของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60° (วัสดุมุงเป็นเหล็กเคลือบสังกะสี)



ISOMETRIC



รูปตัด



แบบขยาย 1

รูปที่ 4.19 (ต่อ)

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.7318	20	-	-	-		2977

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2977 วัตต์

4.2.5 สรุปผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน (Q) ของรูปทรงจั่ว มุม 35° และ 60°

จากผลการวิเคราะห์และผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด พบว่า

(1) มุมของหลังคารูปทรงจั่ว ทั้ง 2 ชนิด คือ 35° และ 60° วัสดุมุงที่มีอัตราในการถ่ายเทความร้อนน้อยที่สุด คือ วัสดุมุงชนิดกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี

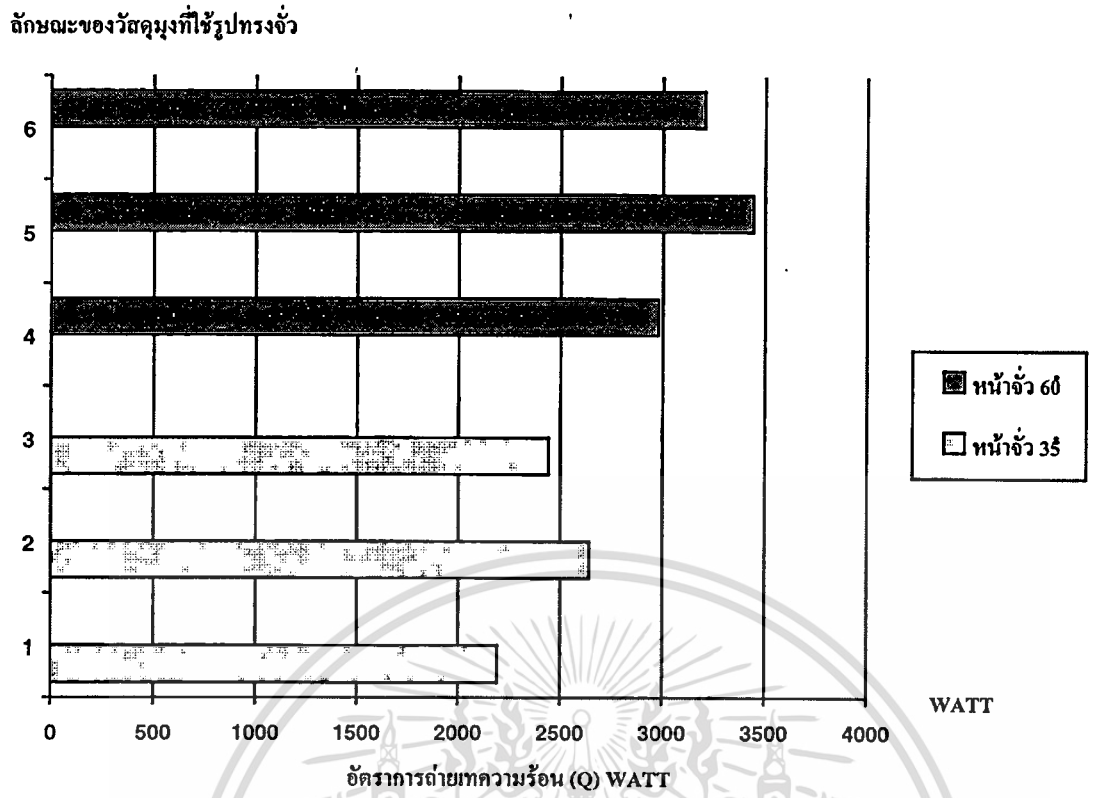
(2) มุมของหลังคารูปทรงจั่ว มุมที่ 60° จะมีปริมาณของพื้นที่มากกว่ามุมที่ 35° ถึง 28 ตารางเมตร โดยประมาณ 14% ของพื้นที่

(3) รูปแบบของหลังคารูปทรงจั่ว มุมที่ 60° จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุงมากกว่ารูปทรงหลังคาทรงจั่ว มุมที่ 35°

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° และ 60°

ลำดับที่	รูปทรงของหลังคา	มุม	วัสดุมุงที่ใช้	ฝ้าเพดาน	TDeq	ปริมาณความร้อน (Q) WATT	สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (U) รวม
1	หน้าจั่ว	35°	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	แผ่นยิบซั่ม	20	2192	0.6240
2	หน้าจั่ว	35°	กระเบื้องใยหิน	แผ่นยิบซั่ม	32	2641	0.4701
3	หน้าจั่ว	35°	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	แผ่นยิบซั่ม	28	2441	0.4964
4	หน้าจั่ว	60°	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	แผ่นยิบซั่ม	20	2977	0.7318
5	หน้าจั่ว	60°	กระเบื้องใยหิน	แผ่นยิบซั่ม	32	3442	0.5287
6	หน้าจั่ว	60°	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	แผ่นยิบซั่ม	20	3203	0.5623

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° และ 60°

4.3 การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุมุง ในส่วนของหลังคาทรงแบนราบ

ลักษณะโดยทั่วไปของหลังคาทรงแบนราบ กำหนดให้มุมอยู่ที่ 0° แต่จะมีความลาดเอียงอยู่ประมาณ 1:200 เพื่อระบายน้ำในส่วนของหลังคา โครงสร้างโดยทั่วไปจะเป็น ค.ส.ล. ปัญหาที่พบเห็นก็จะเป็นเรื่องของการรั่วซึมของน้ำในส่วนของพื้นคอนกรีตและในเรื่องของการสะสมความร้อนเป็นส่วนใหญ่ เพราะคุณสมบัติของคอนกรีตก็คือ ส่วนที่จะสะสมความร้อน ความหนาของพื้นคอนกรีตจะมีความหนาอยู่ประมาณ 10 เซนติเมตร โดยไม่มีระบบการระบายอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยกำหนดและวิธีการติดตั้งฝ้าเพดาน 2 วิธี โดยมีวัสดุเป็นแผ่นยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มิลลิเมตร โดยกำหนดเป็นวิธีดังนี้

(1) รูปทรงของหลังคาแบบราบ วัสดุ ค.ส.ล. มีมุมเป็น 0° โดยติดตั้งฝ้าเพดานติดกับพื้นคอนกรีต ไม่มีช่องว่างอากาศภายใน

(2) รูปทรงของหลังคาแบบราบวัสดุ ค.ส.ล. มีมุมเป็น 0° โดยติดฝ้าเพดานโดยมีช่องว่างอากาศภายใน

การคำนวณพื้นที่โดยรวมของหลังคา = 145.5795 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 รูปทรงของหลังคาแบบราบ วัสดุ ค.ส.ล. มีมุมเป็น 0° ติดตั้งฝ้าเพดานติดกับพื้นคอนกรีต ไม่มีช่องว่างอากาศภายใน

โดยมีลักษณะของการติดตั้งฝ้าเพดานกับพื้นคอนกรีตโดยตรง มีโครงสร้างเหล็กชุบสังกะสีเป็นตัวยึดระหว่างพื้นกับแผ่นยิบซั่มบอร์ด

4.3.2 รูปทรงของหลังคาแบบราบวัสดุ ค.ส.ล. มีมุมเป็น 0° ติดตั้งฝ้าเพดานใต้คาน ค.ส.ล.

โดยมีลักษณะของการติดตั้งฝ้าเพดานใต้คาน ค.ส.ล. ทำให้เกิดช่องว่างภายในระหว่างพื้น กับฝ้าเพดานตามขนาดความหนาของคาน ค.ส.ล. (กำหนดหน้าตัดคาน = 0.40 เมตร) โดยมีโครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสีเป็นตัวยึดระหว่างคานกับยิบซั่มบอร์ด

4.3.3 การแสดงรายละเอียดตัวแปรที่เกี่ยวข้องส่วนของหลังคาแบนราบ

ในส่วนของการวิเคราะห์หลังคาแบนราบ ผู้วิจัยกำหนดคุณสมบัติของวัสดุมุงเป็น ค.ส.ล. ที่ใช้กันในท้องตลาดโดยทั่วไป โดยมีการกรุฝ้าเพดานภายในเป็นยิบซั่มบอร์ด แต่มีความแตกต่างกันในส่วนของการติดตั้งฝ้าเพดานที่ไม่มีช่องว่างอากาศกับมีช่องอากาศภายใน

ตารางที่ 4.14 แสดงการกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องของหลังคา ค.ส.ล. แบนราบ

ลำดับ	วัสดุมุง	ฝ้าเพดานภายใน		มุม	ความแตกต่าง	หมายเหตุ
ที่		วัสดุ	การติดตั้ง		ของอุณหภูมิ (TDeq)	
1	ค.ส.ล. แบนราบ ไม่มีช่องว่างอากาศ	ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม.	ติดตั้งใต้พื้น ค.ส.ล. ไม่มีช่องว่าง	0°	24	มาตราฐานความสบาย CET
2	ค.ส.ล. แบนราบ มีช่องว่างอากาศภายใน (0.40)	ยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม. (ไม่มีแผ่นสะท้อนความร้อน)	ติดตั้งใต้คาน ค.ส.ล. มีช่องว่างอากาศ	0°	24	มาตราฐานความสบาย CET

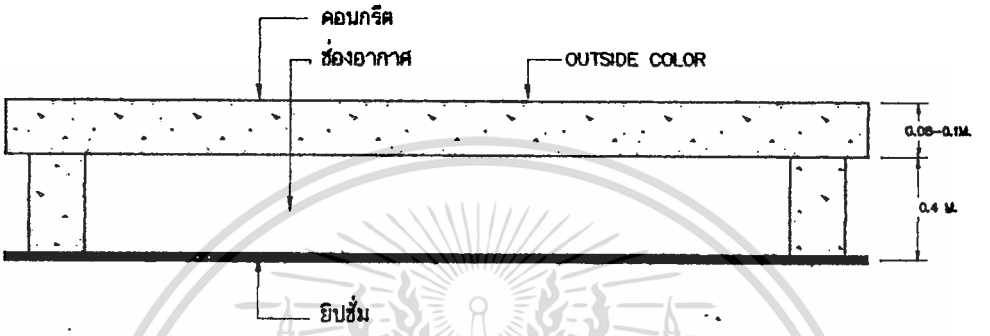
4.3.4 แสดงรายละเอียดของหลังคาทรงแบนราบ วัสดุ ค.ส.ล.

เป็นการกำหนดหลังคาแบบทรง แบนราบ มุม 0° มี ค.ส.ล. เป็นส่วนของวัสดุมุงเป็นโครงสร้าง ค.ส.ล. หนา 10 เซนติเมตร โดยประมาณ มีการป้องกันน้ำรั่วซึมโดยมีการผสมน้ำยากันซึมกันคอนกรีต และมีความลาดเอียงของพื้น ค.ส.ล. 1:200 และเป็นระบบปิดไม่มีช่องระบายอากาศ มียิบซั่มบอร์ด 9 มิลลิเมตรเป็นวัสดุฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	แบนราบ	มุมอะซิมุท	0°
วัสดุมุง	คอนกรีต	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.21 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงแบนราบ มุม 0° (วัสดุมุงเป็นค.ส.ล. แบนราบ) (แบบมีช่องว่างอากาศใต้ฝ้าเพดาน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแบนราบมุม 0° (วัสดุมุงเป็น ค.ส.ล.แบนราบ)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Density	K-Value	Thickness	R-value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นค.ส.ล. แบนราบ
2	Rout	-	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	คอนกรีต	-	1.442	0.04	0.0277	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	-	0.175	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	-	0.191	0.01	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	-	0.162	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำดูจากตารางภาคผนวก ข.
$R_{(Total)}$					1.0711	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 0.933619643

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 24

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 145.5795 ตารางเมตร

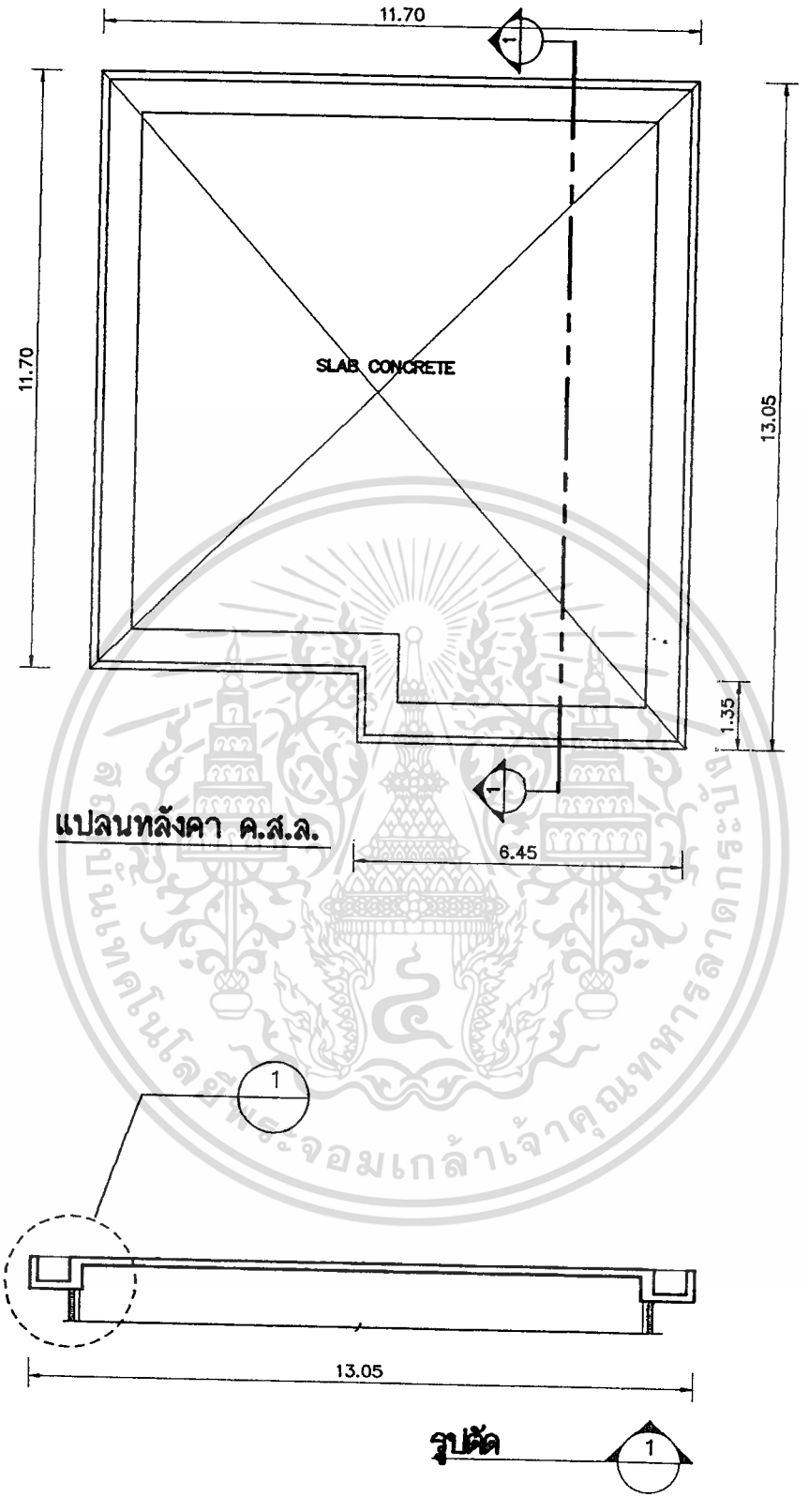
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 0

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	143.8	0.9336	24	-	-	-		3222.10811

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 3222.10811 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

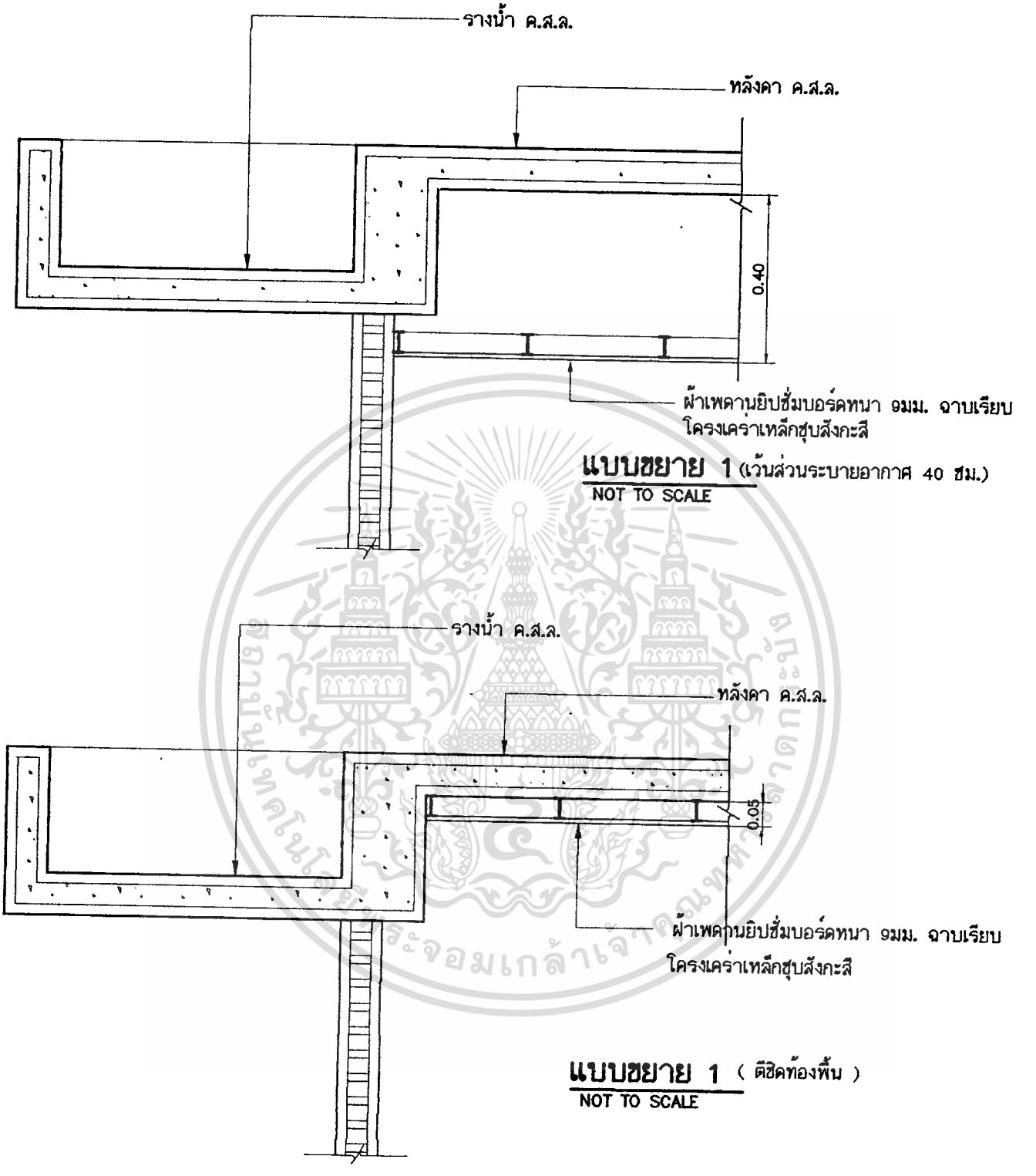


รูปที่ 4.22 แสดงรูปแบบของหลังคาทรงแบนราบ มุม (วัสดุมุง ค.ส.ล.ทั้ง 2 แบบ)

ก. แบบมีช่องว่างอากาศใต้ฝ้าเพดาน

ข. แบบไม่มีช่องว่างอากาศใต้เพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

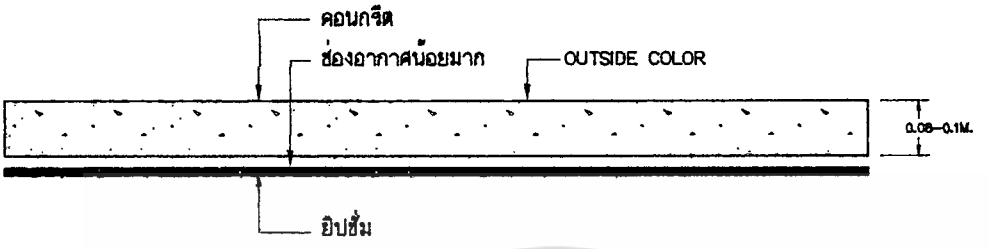


รูปที่ 4.22 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณก่ารถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	แบนราบ	มุมของหลังคา	0°
วัสดุมุง	คอนกรีต	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 4.23 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแบนราบ มุม 0° (วัสดุมุงเป็นค.ส.ล. แบนราบ) (แบบไม่มีช่องว่างอากาศใต้ฝ้าเพดาน)

ตารางที่ 4.16 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคาแบนราบ มุม 0° (วัสดุมุงเป็น ค.ส.ล. แบนราบ) (แบบไม่มีช่องว่างอากาศใต้ฝ้าเพดาน)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Density	K-Value	Thickness	R-value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็น ค.ส.ล. แบนราบ
2	Rout	-	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.
3	คอนกรีต	-	1.442	0.04	0.0277	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	-	0	ใช้ค่าจากตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา ดูจากตารางภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดทางโครงสร้าง	Density	K-Value	Thickness	R-value	หมายเหตุ
5	ยิบซั่มบอร์ด	-	0.191	0.01	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	-	0.162	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ ข.2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
		$R_{(Total)}$			0.8971	

สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อนรวม = U = $1 / R_{(Total)}$

U = 1.114702932

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่ามี (TDeq) = 24

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 145.5795 ตารางเมตร

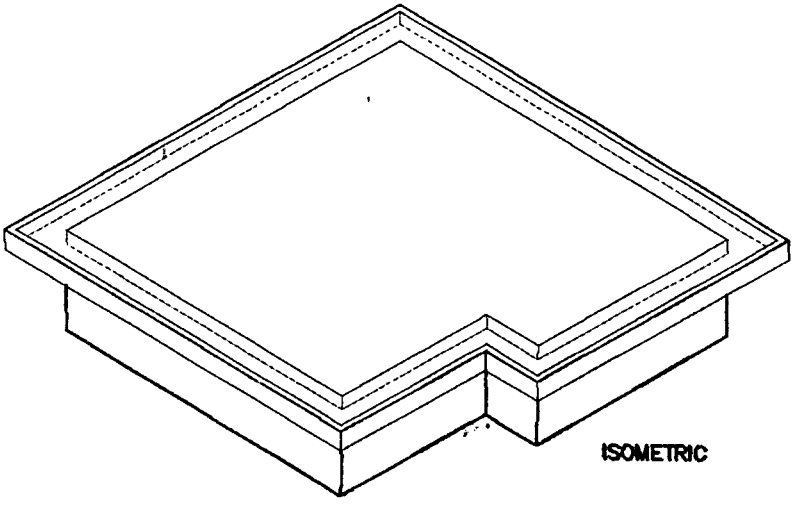
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

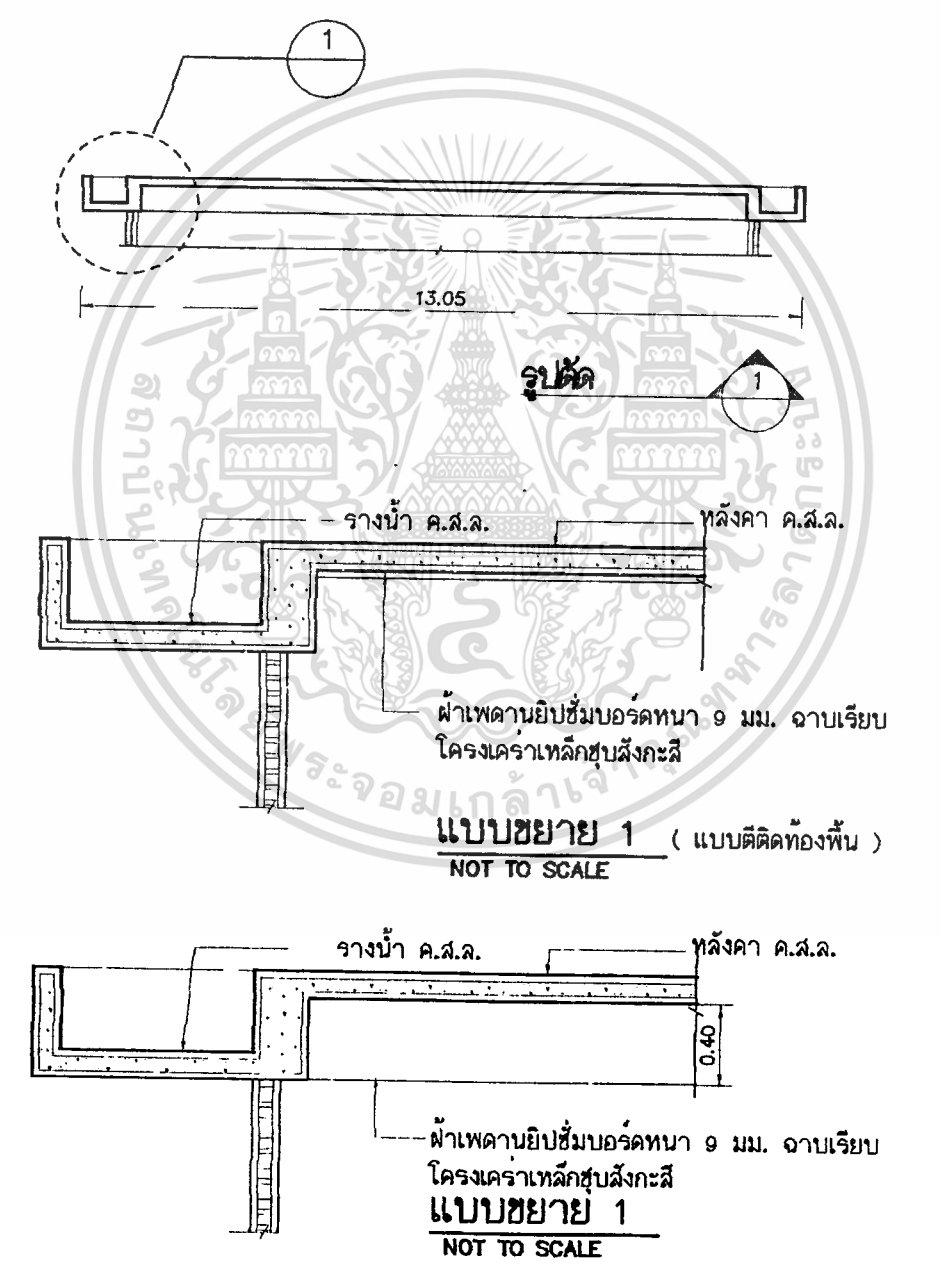
มุมอะซิมุท = 0

รหัสหลังคา	AW	UW	TDeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	143.8	1.1147	24	-	-	-		3847.063

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 3847.06276 วัตต์

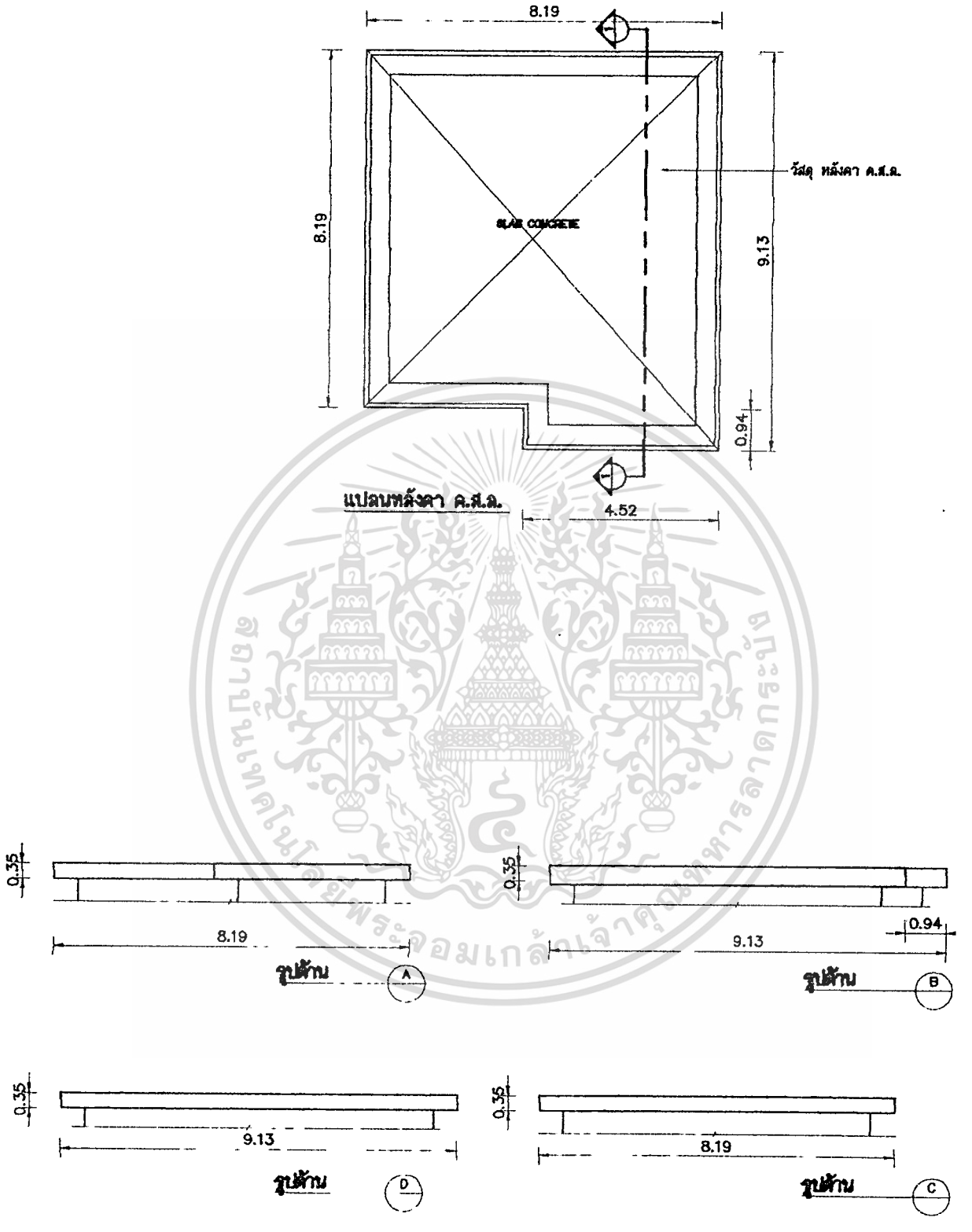
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.24 แสดงแบบขยายการติดตั้งฝ้าเพดานของหลังคารูปทรงแบบราบมุม 0° (วัสดุมุง ค.ส.ล. ทั้ง 2 แบบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 (ต่อ)

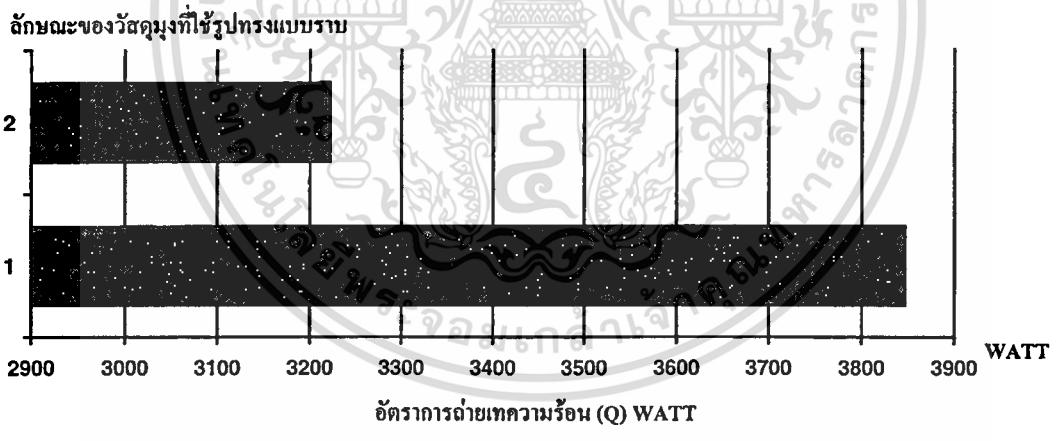
เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 สรุปผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน (Q) ของรูปทรงแบบราบมุม 0° วัสดุมุงเป็น ค.ส.ล.

จากผลการวิเคราะห์และผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุหลังคา ค.ส.ล. ทั้งสองวิธี พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของพื้นที่มีช่องอากาศน้อยกว่าพื้นหลังคาที่ไม่มีช่องว่างอากาศภายใน และวัสดุหลังคาประเภทพื้นคอนกรีตมีผลต่อการสะสมความร้อนและการถ่ายเทความร้อนโดยตรง

ตารางที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคาทรงแบบราบ 0

ลำดับที่	รูปทรงของหลังคา	มุม	วัสดุมุงที่ใช้	ฝ้าเพดาน	(TDeq)	ปริมาณความร้อน Q WATT	สัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (U)
1	ทรงแบบราบไม่มีช่องว่างอากาศ	0	ค.ส.ล.	ยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มม.	24	3847.06276	1.114702932
2	ทรงแบบราบแบบมีช่องว่างอากาศ	0	ค.ส.ล.	ยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มม.	24	3222.10811	0.933619643



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน (Q) ของหลังคารูปทรงแบบราบมุม 0° (วัสดุมุงเป็นพื้น ค.ส.ล.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

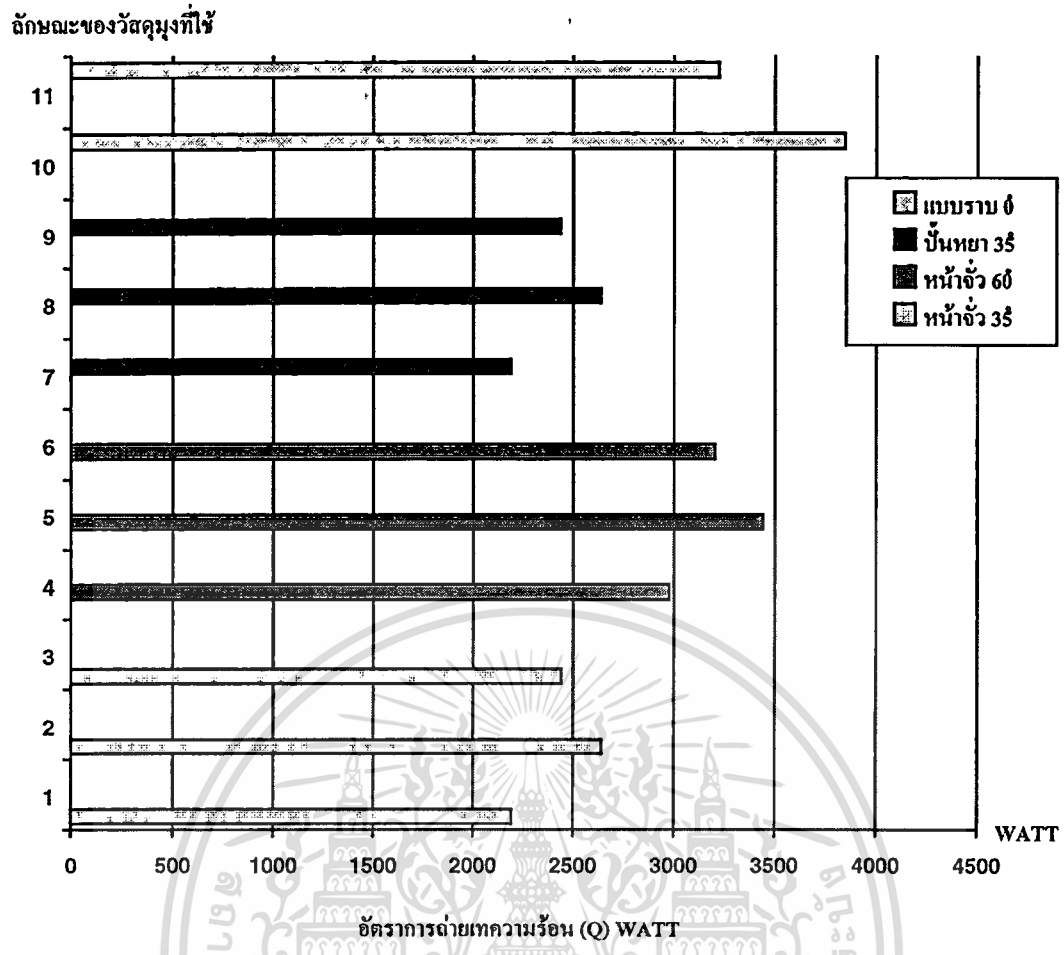
4.4 การเปรียบเทียบผลการถ่ายเทความร้อนของวัสดุทั้ง 3 ชนิด และรูปทรงของหลังทั้ง 4 แบบ

จากการวิเคราะห์ในส่วนของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิดของรูปแบบของหลังคาทั้ง 4 แบบ พบว่าหลังคาวัสดุกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสีมีอัตราในการถ่ายเทความร้อนน้อยที่สุด แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนดีที่สุดจากวัสดุมุงของหลังคาทั้ง 3 ชนิด ในแง่ของราคา พบว่ากระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสีจะมีราคาแพงกว่ากระเบื้องซีแพคโมเนีย 20% ของราคาต่อหน่วย และสูงกว่ากระเบื้องใยหินถึง 40% ของราคาต่อหน่วย แต่ในแง่ของโครงสร้างจะน้ำหนักที่เบากว่ากระเบื้องใยหินและกระเบื้องซีแพคโมเนีย เพราะฉะนั้นในการก่อสร้างหลังคาทั้งระบบรวมถึงโครงสร้างส่วนอื่นที่เกี่ยวข้องหลังคาเหล็กเคลือบสังกะสี จึงมีราคาสูงกว่ากระเบื้องซีแพคโมเนียและกระเบื้องใยหินเพียง 5% ของค่าก่อสร้างทั้งหมด สำหรับอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น และวัสดุประเภท ค.ส.ล. มีค่าในการสะสมความร้อนมากที่สุด

ตารางที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

ลำดับที่	ลักษณะหลังคา	มุม	วัสดุที่ใช้มุง	ฉนวน	(TDeq)	ปริมาณความร้อน WATT
1	หน้าจั่ว	35	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	แผ่นยิบซั่ม	20	2192
2	หน้าจั่ว	35	กระเบื้องใยหิน	แผ่นยิบซั่ม	32	2641
3	หน้าจั่ว	35	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	แผ่นยิบซั่ม	28	2441
4	หน้าจั่ว	60	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	แผ่นยิบซั่ม	20	2977
5	หน้าจั่ว	60	กระเบื้องใยหิน	แผ่นยิบซั่ม	32	3442
6	หน้าจั่ว	60	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	แผ่นยิบซั่ม	28	3203
7	ปั้นหยา	35	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	แผ่นยิบซั่ม	20	2189
8	ปั้นหยา	35	กระเบื้องใยหิน	แผ่นยิบซั่ม	32	2638
9	ปั้นหยา	35	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	แผ่นยิบซั่ม	28	2438
10	แบบราบไม่มีช่องอากาศ	0	ค.ส.ล.	แผ่นยิบซั่ม	24	3847

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อน (Q) ของรูปทรงหลังคาแบบต่างๆ (วัสดุมุงทั้ง 4 ชนิด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การวิเคราะห์การระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35°

จากการศึกษาอาคารตัวอย่างในส่วนของการระบายอากาศ ภายใต้หลังคารูปทรงปั้นหยา เป็นการระบายอากาศในส่วนของฝ้าเพดาน ภายนอกอาคาร โดยมีลักษณะเป็นเกร็ดไม้ตีเว้นช่องมีวัสดุเป็นไม้เนื้อแข็ง กรุมุ้งลวดภายในมีโครงไม้เนื้อแข็งขนาด 1 นิ้ว x 2 นิ้ว เป็นตัวรับโครงภายในตีเว้นช่องระยะ 1 นิ้ว ติดตั้งอยู่บริเวณชายคาด้านนอกตัวอาคาร

4.5.1 พื้นที่ระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงปั้นหยา

โดยมีพื้นที่ระบายอากาศด้านชายคาด้านนอกโดยรอบ มีพื้นที่รวมกัน = 16.8 ตารางเมตร มีชายคายื่นยาว 1.20 เมตร

4.5.2 ลักษณะโดยทั่วไปของการระบายอากาศ โดยวิธีตีเกร็ดไม้ใต้ชายคา

เป็นการทำช่องระบายอากาศบริเวณชายคาด้านนอกตัวอาคาร ลักษณะของการระบายอากาศคือการตีเว้นช่อง มีความกว้างของช่องเป็นระยะ 1 นิ้ว โดยตีเว้นเป็นระยะตามความกว้างของชายคา การระบายอากาศโดยวิธีการนี้มักจะพบเห็นบ่อยในลักษณะของอาคารบ้านพักอาศัยโดยทั่วไป หมู่บ้านจัดสรร และอาคารประเภททาวเฮ้าส์ หรือบ้านแฝดทั่วไป มีราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยไม่แพงมากนัก วัสดุเป็นไม้เนื้อแข็งโดยทั่วไปและทาสีทับในเรื่องของการระบายอากาศมักจะไม่ค่อยได้ผลมากนักในระยะยาว

ปัญหาที่พบเห็นโดยทั่วไป

1. ปัญหาเรื่องแมลงและฝุ่นผง เพราะแมลงและฝุ่นจะเข้าไปอุดตันบริเวณของช่องเปิดระบายอากาศ โดยเวลาก่อสร้างมักจะนำเอามุ้งตะข่ายกรุปิดทับด้านบนภายใน ทำให้เกิดปัญหาเวลาการระบายอากาศและแมลงอุดตันได้

2. การโก่งตัวของไม้ ในกรณีที่มีลักษณะของชายคายาวและต้องตีเกร็ดไม้ตามแบบยาวของชายคา

3. การบำรุงรักษา กระทำได้ยากและลำบาก เพราะการรื้อถอนหรือทำความสะอาดนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยากสำหรับเจ้าของบ้าน

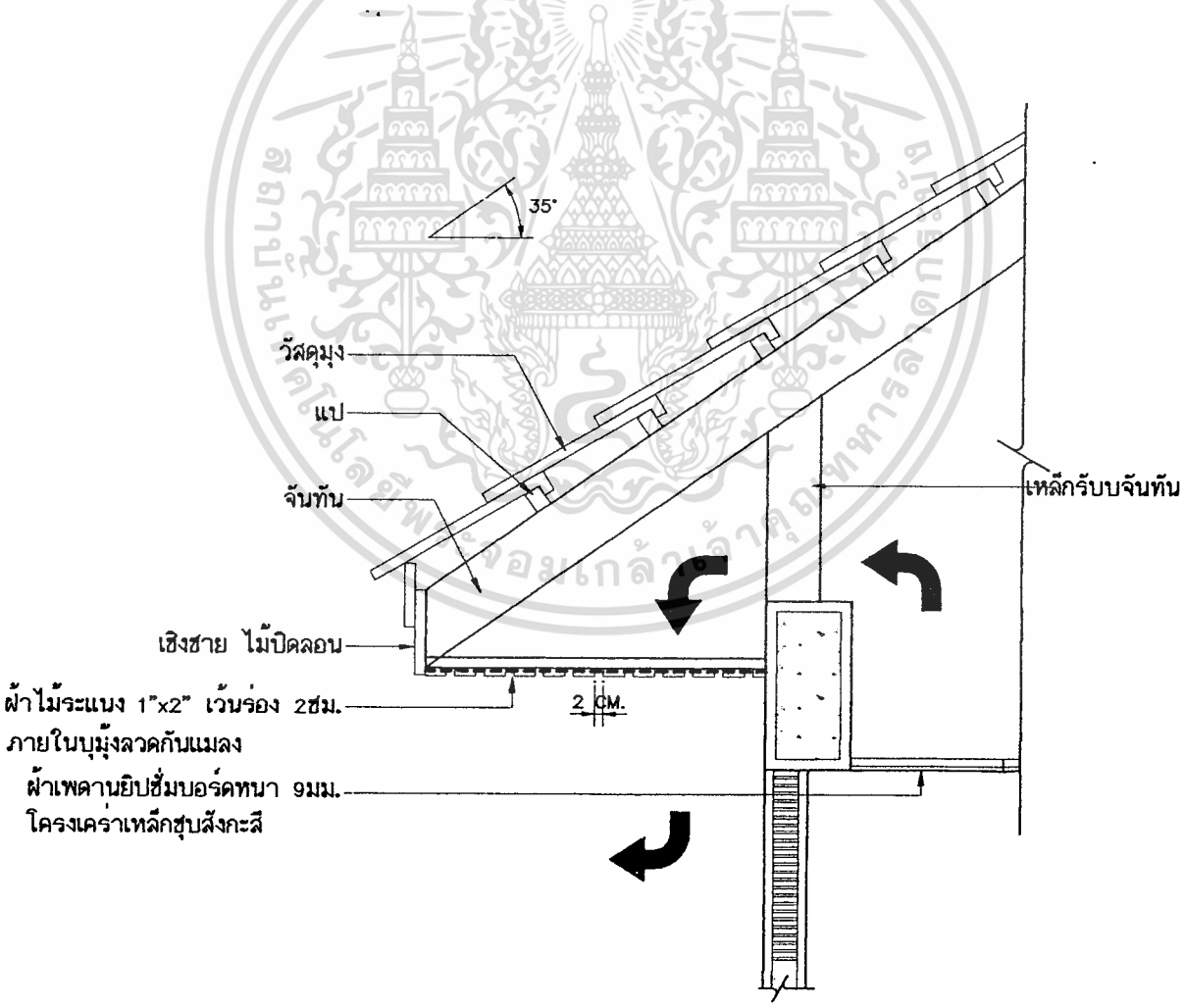
4. เรื่องปัญหาของสีที่ทาทับไม้ เนื่องจากไม้มีการโก่งตัวในเวลาที่ถูกแดดและฝนเวลานาน สีที่ทาทับไม้ไว้ก็จะหลุดร่อนได้ง่าย เกิดความไม่สวยงาม

5. การไหลซึมของน้ำฝนเวลาที่มีปริมาณฝนตกมากก็จะไม่สามารถป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝนที่ไหลเข้ามาในบริเวณชายคาภายในได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

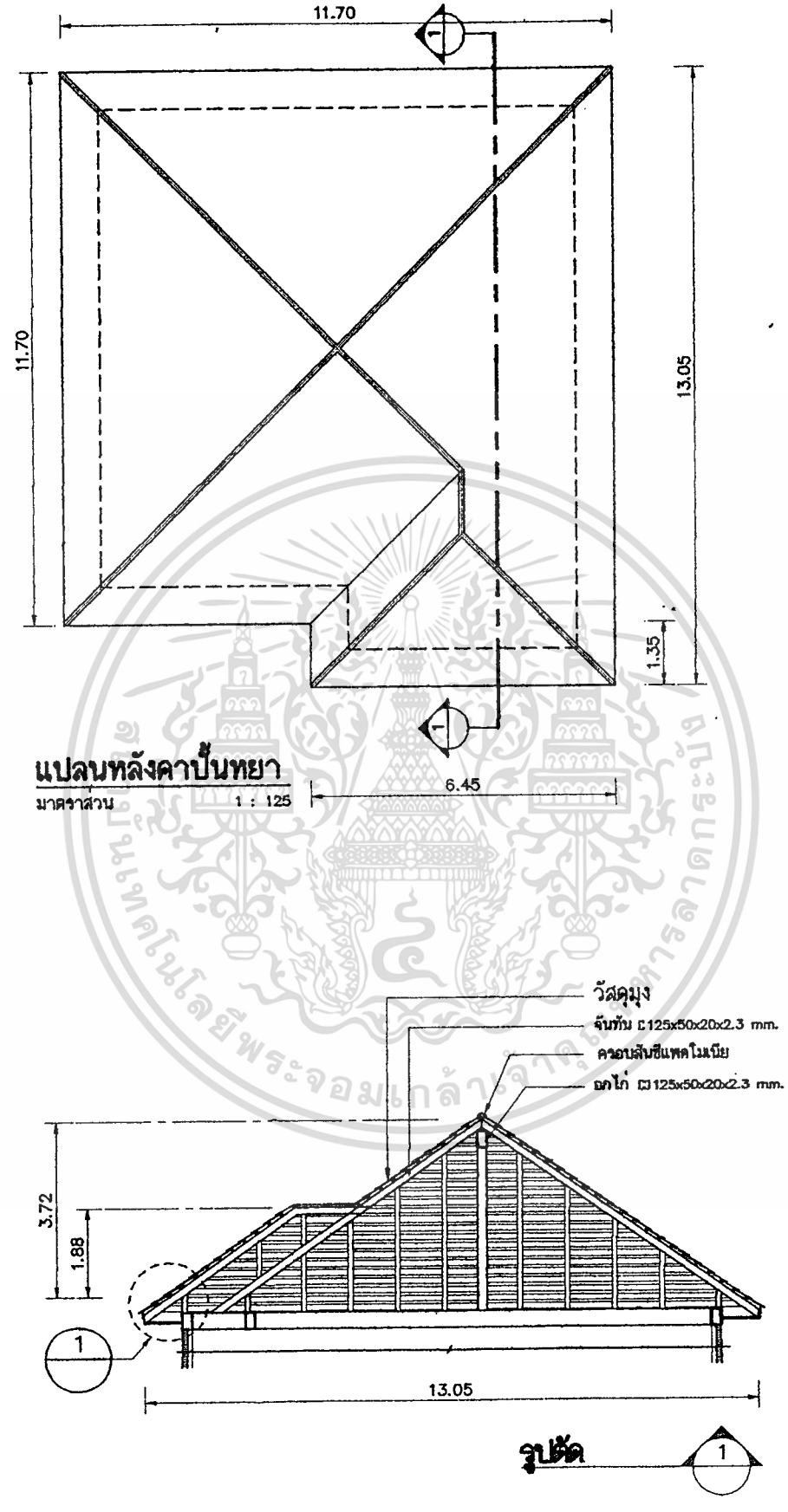
ตารางที่ 4.19 แสดงรายละเอียดของระบบการระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงปั้นหยา

รายละเอียด	ขนาดพื้นที่	ปัญหาที่พบเห็น	การระบายอากาศ	การก่อสร้าง	หมายเหตุ
การระบายอากาศโดยวิธีการตีเกร็ดไม้เว้นช่องบริเวณชายคาคานนอกของหลังคารูปทรงปั้นหยา	16.8 ตารางเมตร	- แมลง - ฝุ่นอุดตัน - การโก่งตัวของตัวไม้ - การบำรุงรักษายาก - สีหลุดร่อน - ความไม่สวยงาม	ตีเว้นช่องระยะห่าง 1 นิ้ว เพื่อต้องการให้ลมพัดจากด้านหนึ่งสู่ด้านหนึ่ง เพื่อให้ลมพัดเอาความร้อนจากภายในหลักคาออก	ตีเกร็ดไม้ เว้นช่องเป็นระยะโดยใช้ไม้เนื้อแข็ง 1 นิ้ว x 2 นิ้ว ยาว 2 เมตร ทาสีน้ำมันทับด้านนอกกรุมุ้งลวดกันแมลงติดตั้งด้านในมีโครงไม้เป็นตัวรับ	ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วย ราคาถูก หาแรงงานติดตั้งง่าย



รูปที่ 4.27 แสดงแบบการระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงปั้นหยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 แสดงแบบการระบายอากาศแบบตีเกร็ดชายคา ฝ้า เพดานด้านนอกของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° แบบเดิมวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 แสดงผลการวิเคราะห์จากการศึกษาความสามารถในการระบายอากาศรูปทรงปั้นหยามุม 35°

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปทรงปั้นหยามุม 35°

ลำดับ	รายละเอียดของรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ M^2(A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2(A)	อัตราการระบายอากาศ M^2/S
1	รูปแบบหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศาในรูปแบบเดิม	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	2438	1.2300	13.95	1.2300	13.95	3.946
		กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	2638					
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2189					

โดยกำหนดความเร็วลมที่เข้าต่ำสุดในรอบปีของเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยากรุงเทพ

จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของการระบายอากาศธรรมชาติของรูปแบบของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35° ในรูปแบบเดิม ยังมีอัตราการระบายอากาศที่มากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในของหลังคาโดยมีวัสดุมุมทั้ง 3 ชนิด แต่ในระยะยาวพบว่าการระบายอากาศแบบนี้จะมีปัญหามาก เพราะช่องลมที่อุดตันและพื้นที่ลมเข้าและลมออกที่เท่ากันไม่มีการกำหนดช่องลมเข้าและออกอย่างชัดเจน จึงเป็นสาเหตุให้การระบายอากาศในรูปแบบมีประสิทธิภาพที่ต่ำในระยะยาว

4.6 การวิเคราะห์การระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงจั่ว มุม 35° และ 60°

จากลักษณะของอาคารตัวอย่างในส่วนของการระบายอากาศของรูปทรงหลังคาจั่ว มุม 35° และ 60° พบว่าการระบายอากาศโดยส่วนใหญ่จะเป็นการระบายอากาศโดยวิธีเจาะช่องระบายอากาศด้านหน้าจั่วเป็นส่วนใหญ่ ตามสภาพของมุมหลังคาเป็นหลักและตามลักษณะทางโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีการตีเกร็ดเว้นช่องด้วยไม้เนื้อแข็ง กรุมุ้งลวดภายในเพื่อกันแมลง มีระยะห่างของช่องเกร็ดประมาณ 1 นิ้ว โดยวิธีการคือการให้ลมพัดผ่านเข้าด้านหน้าของหลังคารูปทรงจั่ว แล้วปิดออกด้านหลังของตัวอาคารโดยที่บริเวณชายคาด้านนอกอาคารไม่มีการเจาะช่องระบายอากาศ มุมของช่องเกร็ดโดยทั่วไปมีความลาดเอียงประมาณ 30° เป็นมุมที่เหมาะสมในลักษณะทางโครงสร้างและการติดตั้ง และป้องกันฝนสาดได้ ขนาดของวัสดุเกร็ดที่มาทำเป็นกรอบไม้เนื้อแข็ง ขนาดของกรอบ 1 1/2 นิ้ว x 4 นิ้ว ขนาดของเกร็ดไม้ 1 1/2 นิ้ว x 5 นิ้ว ติดตั้งในบริเวณช่องว่างของโครงหลังคา

4.6.1 พื้นที่ระบายอากาศของรูปทรงหลังคาจั่ว

- โดยมีพื้นที่ระบายอากาศของรูปทรงหลังคาจั่ว มุม 35° รวมกัน 3 ตารางเมตร
- โดยมีพื้นที่ระบายอากาศของรูปทรงหลังคาจั่ว มุม 60° รวมกัน 18.54 ตารางเมตร

4.6.2 ปัญหาที่พบเห็นโดยทั่วไป

4.6.2.1 ปัญหาเรื่องการรั่วซึมของน้ำ เนื่องจากสภาพของหลังคาทรงจั่วที่มีมุมสูงชันมาก โอกาศของการถูกฝนสาดเข้าหาช่องอาคารก็มีมากขึ้นตามสภาพของรูปทรงและทิศทางสภาพแวดล้อมที่ตั้ง

4.6.2.2 ปัญหาเรื่องแมลงและฝุ่นผง จะเข้าไปอุดตันบริเวณของช่องเปิดระบายอากาศ ทำให้ประสิทธิภาพของการระบายอากาศลดลง

4.6.2.3 การหมดอายุของวัสดุที่นำมาใช้ในการทำเกร็ดระบายอากาศ และการบำรุงรักษาค่อนข้างยาก เพราะการรื้อถอนหรือทำความสะอาดนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่งยากสำหรับเจ้าของบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 แสดงรายละเอียดของการระบายอากาศภายใต้หลังคารูปทรงจั่ว

รูปทรง	รายละเอียด	ขนาดพื้นที่การระบายอากาศ	ปัญหาที่พบเห็น	การระบายอากาศ	การก่อสร้าง	หมายเหตุ
หลังคามุม 35°	การระบายอากาศโดยวิธีการตีเกร็ดเว้นช่องติดตั้งด้านหน้าจั่วของหลังคา	3 ตารางเมตร	- แมลง, ฝุ่น - การบำรุงรักษา - ฝนสาด - การโก่งตัวของวัสดุ	ลมพัดผ่านจากด้านหน้าอาคารออกสู่ด้านหลังอาคาร	เป็นเกร็ดไม้เนื้อแข็ง เว้นช่อง 1 นิ้ว ขนาดของเกร็ดไม้ 1/2 นิ้ว x 5 นิ้ว มีกรอบยึด	รักษารูปทรงของหลังคาแบบเดิม
หลังคามุม 60°	การระบายอากาศ โดยวิธีการตีเกร็ด เว้นช่องติดตั้งด้านหน้าจั่วของหลังคา	18.54 ตารางเมตร (เฉพาะช่องเปิด)	- แมลง, ฝุ่น - การบำรุงรักษา - ฝนสาด - การโก่งตัวของวัสดุ	ลมพัดผ่านจากด้านหน้าอาคารออกสู่ด้านหลังอาคาร	เป็นเกร็ดไม้เนื้อแข็ง เว้นช่อง 1 นิ้ว ขนาดของเกร็ดไม้ 1/2 นิ้ว x 5 นิ้ว มีกรอบยึด	มุม 60° เป็นมุมที่มีความสูงมากขึ้นจาก 35 จึงมีความสามารถในการขยายช่องเกร็ดให้มีความกว้างขึ้นตามลักษณะทางโครงสร้าง

4.5.3 แสดงผลการวิเคราะห์จากการคำนวณความสามารถในการระบายอากาศ รูปทรงจั่วมุม 35°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

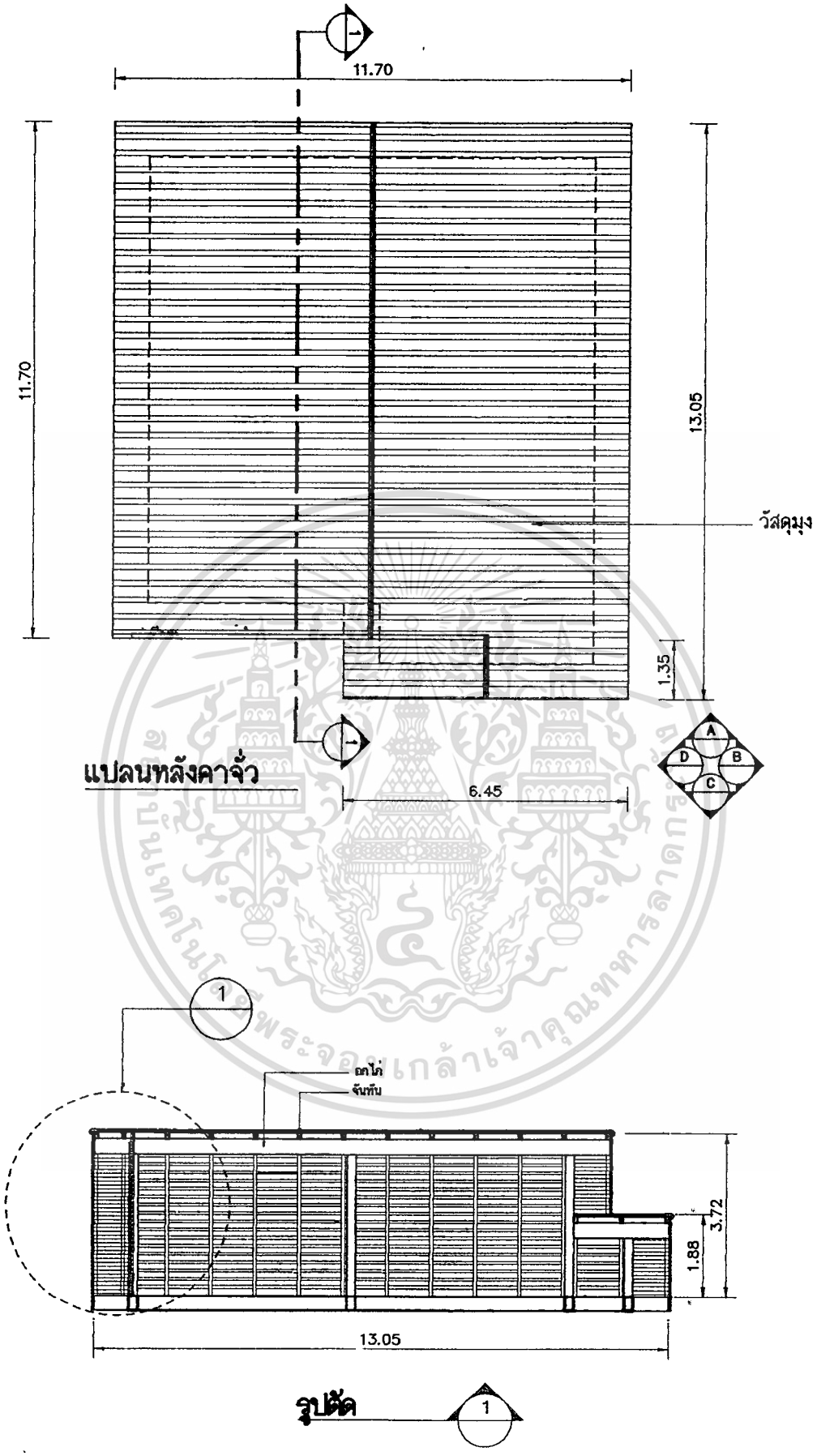
ตารางที่ 4.22 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ รูปทรงจั่วมุม 35°

ลำดับที่	รายละเอียดของรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2	ความเร็วลมออก (M/S)	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^2/S
2	รูปแบบหลังคาทรงจั่วมุม 35° รูปแบบเดิม	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	2441	1.2300	2	2.46	1	1.1316
		กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	2641					
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2192					

โดยกำหนดความเร็วลมที่เข้าต่ำสุดในรอบปีของเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพ

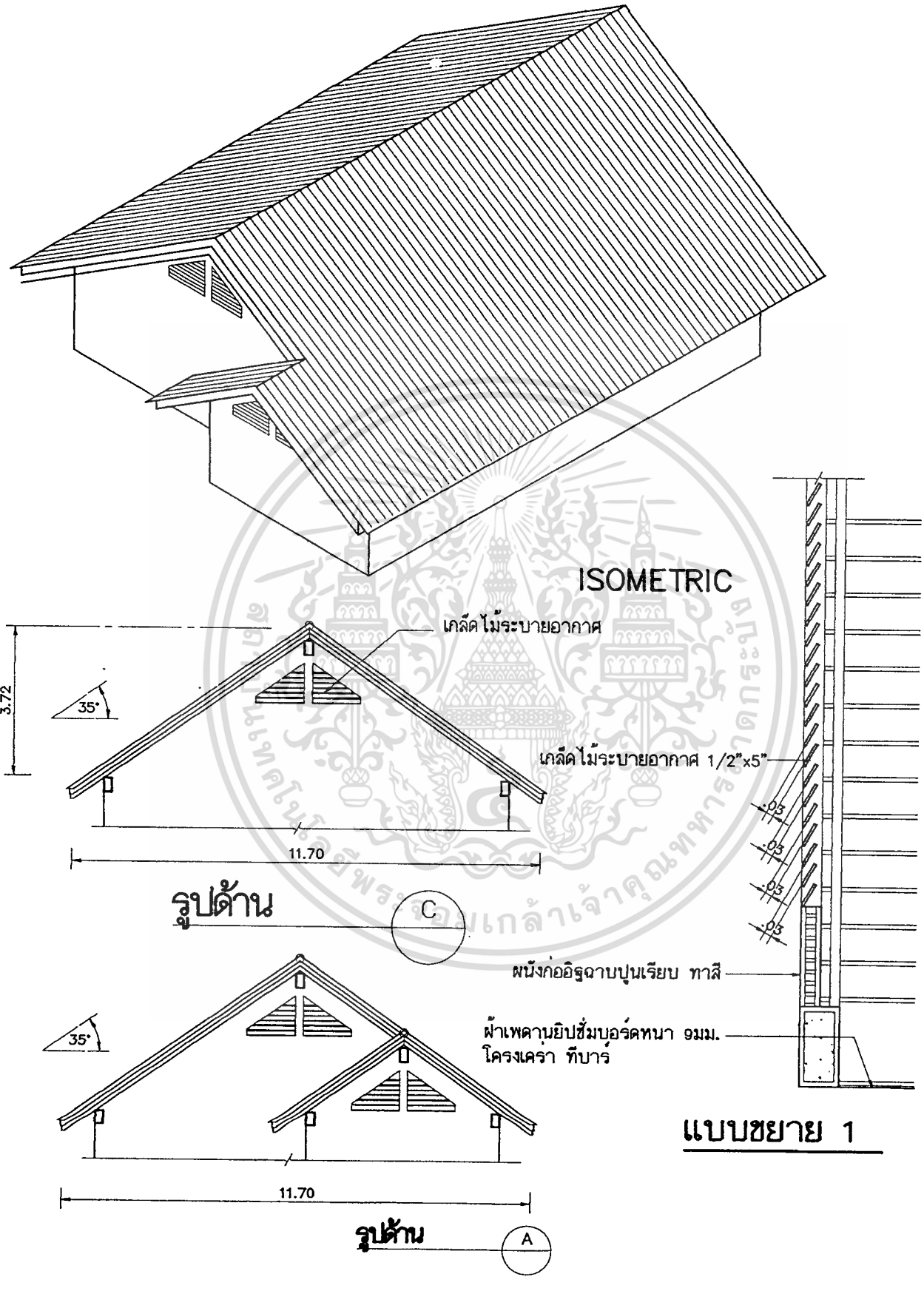
จากการศึกษา พบว่ารูปแบบของการระบายอากาศทางธรรมชาติของรูปแบบของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 ° ในรูปแบบเดิมมีอัตราการระบายอากาศ ที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในโพรงของหลังคา และในส่วนของช่องลมระบายอากาศ ซึ่งมีพื้นที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่การสะสมความร้อนของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 แสดงการระบายอากาศของเกร็ดที่ติดตั้งบริเวณจั่วด้านหน้าของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 แสดงผลการวิเคราะห์จากผลการคำนวณความสามารถในการระบายอากาศ รูปทรงจั่ว มุม 60°

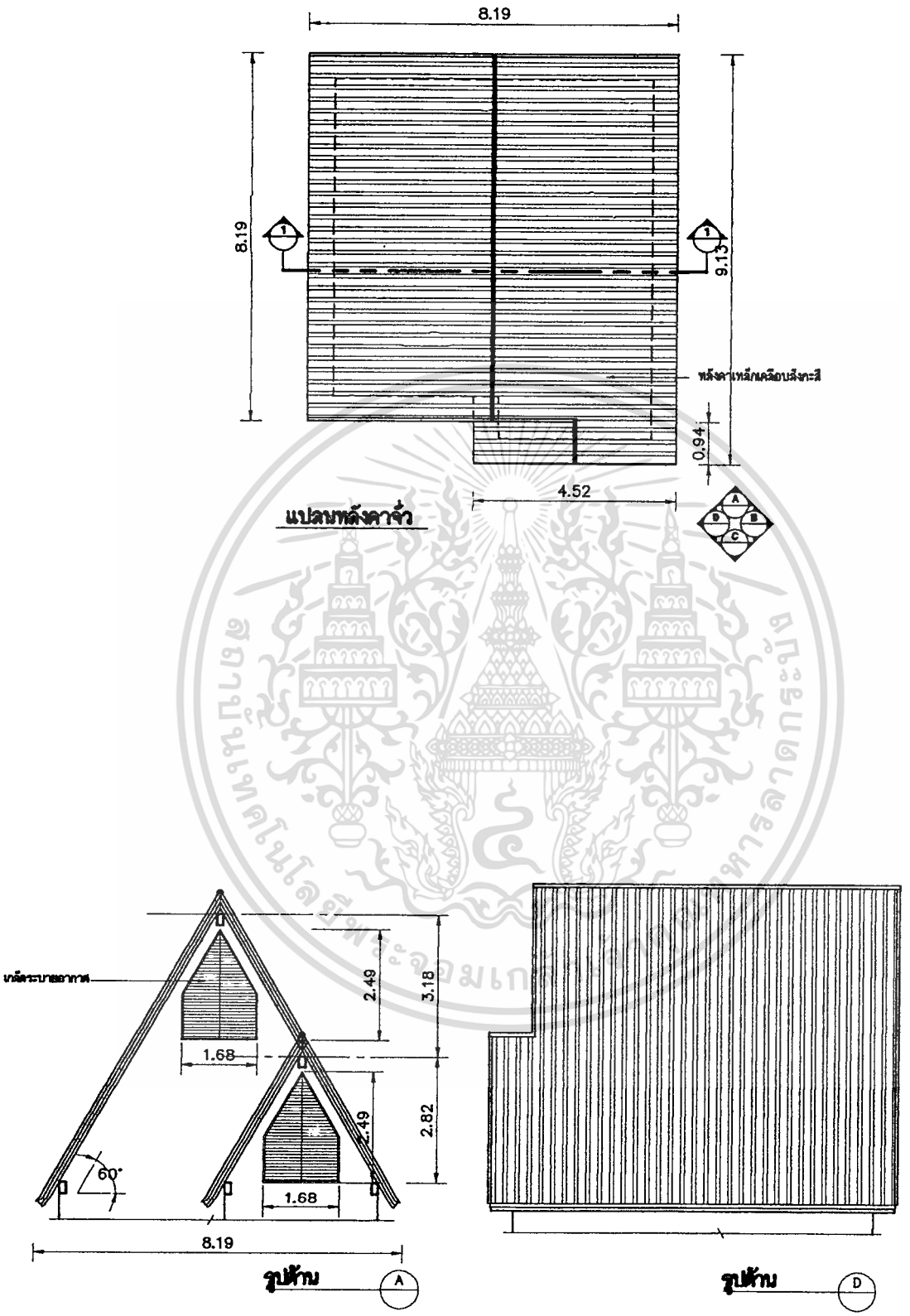
ตารางที่ 4.23 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงจั่วมุม 60°

ลำดับที่	รายละเอียดของรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก (M/S)	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^2/S
3	รูปแบบหลังคาทรงจั่วมุม 60°	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	3203					
		กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	3442	1.2300	12.36	2.46	6.18	7.000
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2977					

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยากรุงเทพฯ

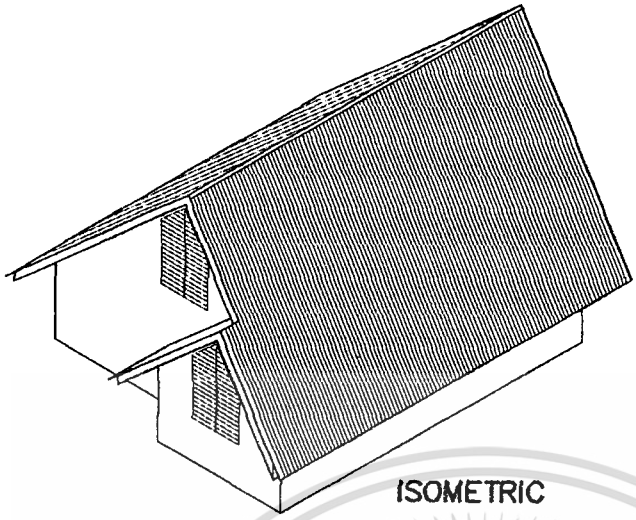
จากการศึกษาพบว่า การเจาะช่องระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงจั่วมุม 60° แบบเดิมยังมีอัตราการระบายอากาศที่มากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด แต่การระบายอากาศแบบเดิมนี้จะมีปัญหาในระยะยาวเนื่องจากพื้นที่ของการระบายอากาศทั้งด้านหน้าและด้านหลังของหลังคามีพื้นที่ในการระบายอากาศที่ใกล้เคียงกันจึงจะมีการพัฒนารูปแบบของหลังคาโดยการเจาะช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

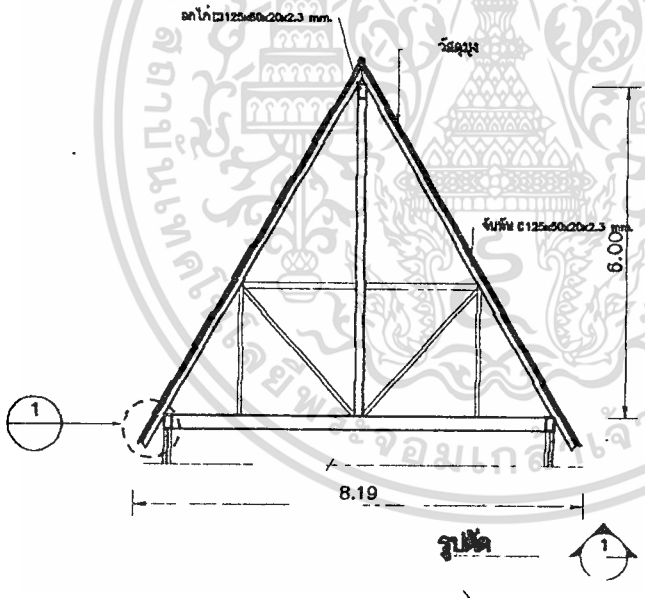


รูปที่ 4.30 แสดงการระบายอากาศของเกร็ดที่ติดตั้งบริเวณจั่วด้านหน้าของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60°

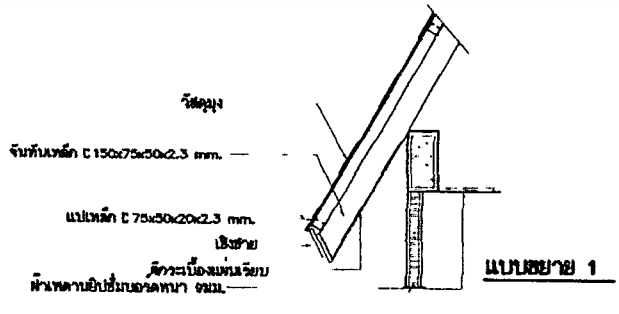
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC



รูปตัด 1



รูปที่ 4.30 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 สรุปผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35° รูปแบบหลังคาทรงจั่วมุม 30° และ 60°

จากการศึกษาพบว่าถ้าหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35° รูปทรงจั่วมุม 35° และรูปทรงจั่วมุม 60 อยู่ภายใต้สภาวะเดียวกัน (หลังคาที่ใช้วัสดุเดียวกัน ความเร็วลมที่เท่ากันหลังคาหน้าจั่วมุม 60° จะมีอัตราการระบายอากาศที่ดีกว่า เนื่องจากพื้นที่ช่องเปิดของลมเข้าและลมออกที่มากกว่า แต่ลักษณะของการระบายอากาศทั้ง 3 รูปแบบ ยังเป็นแบบการระบายอากาศรูปแบบเดิมที่นิยมออกแบบใช้กันทั่วไปสำหรับบ้านพักอาศัย 2 ชั้น โดยทั่วไปซึ่งไม่มีผลกระทบต่อรูปแบบทางสถาปัตยกรรมมากนัก ซึ่งช่องระบายอากาศแบบนี้มักจะมีปัญหาที่พบเห็นบ่อยในระยะยาวดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้มีการออกแบบพัฒนารูปแบบของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการระบายอากาศของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ ซึ่งจะได้ออกแบบและวิเคราะห์เสนอในบทต่อไป

4.7 การวิเคราะห์ การระบายอากาศของรูปทรงหลังคาแบบราบ มุม 0° วัสดุมุง ค.ส.ล.

ลักษณะโดยทั่วไปของโครงสร้างหลังคา ค.ส.ล. แบบราบมุม 0° วัสดุมุง ค.ส.ล. จากการศึกษาเรื่องการสะสมความร้อนในส่วนของวัสดุมุง พบว่า พื้นที่ ค.ส.ล. เป็นวัสดุที่มีค่าในการสะสมความร้อนมากที่สุด แล้วยังมีระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนค่อนข้างนานกว่าวัสดุมุงหลังคาชนิดอื่น ในแง่ของการระบายอากาศก็พบว่า การระบายอากาศของพื้นหลังคาวัสดุมุง ค.ส.ล. จะอาศัยการพัดพาของอากาศที่สัมผัสพื้นผิวด้านนอก โดยหลักการคือ การอาศัยลมพัดพาเอาความร้อนที่สะสมอยู่ในตัววัสดุออกไปซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ได้ออกแบบเพื่อแก้ปัญหาการสะสมความร้อนภายในโพรงหลังคา เพราะฉะนั้นจะเห็นว่าอาคารที่มีลักษณะของหลังคารูปทรงแบบราบ วัสดุมุงเป็น ค.ส.ล. มักจะไม่ได้ผลในแง่ของการลดความร้อน โดยวิธีการระบายอากาศ

4.7.1 ปัญหาที่พบเห็นโดยทั่วไปในการระบายอากาศ

4.7.1.1 ไม่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศ เพื่อลดการสะสมความร้อน

4.7.1.2 เป็นพื้นที่รับน้ำฝนโดยตรง และรับความร้อนโดยตรง

4.7.1.3 โอกาสรั่วซึมได้ง่าย

4.7.1.4 รูปทรงไม่สวยงาม ไม่เหมาะสมสำหรับบ้านพักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 แสดงรายละเอียดของการระบายอากาศของรูปทรงหลังคาแบบราบ มุม 0° วัสดุมุง ค.ส.ล.

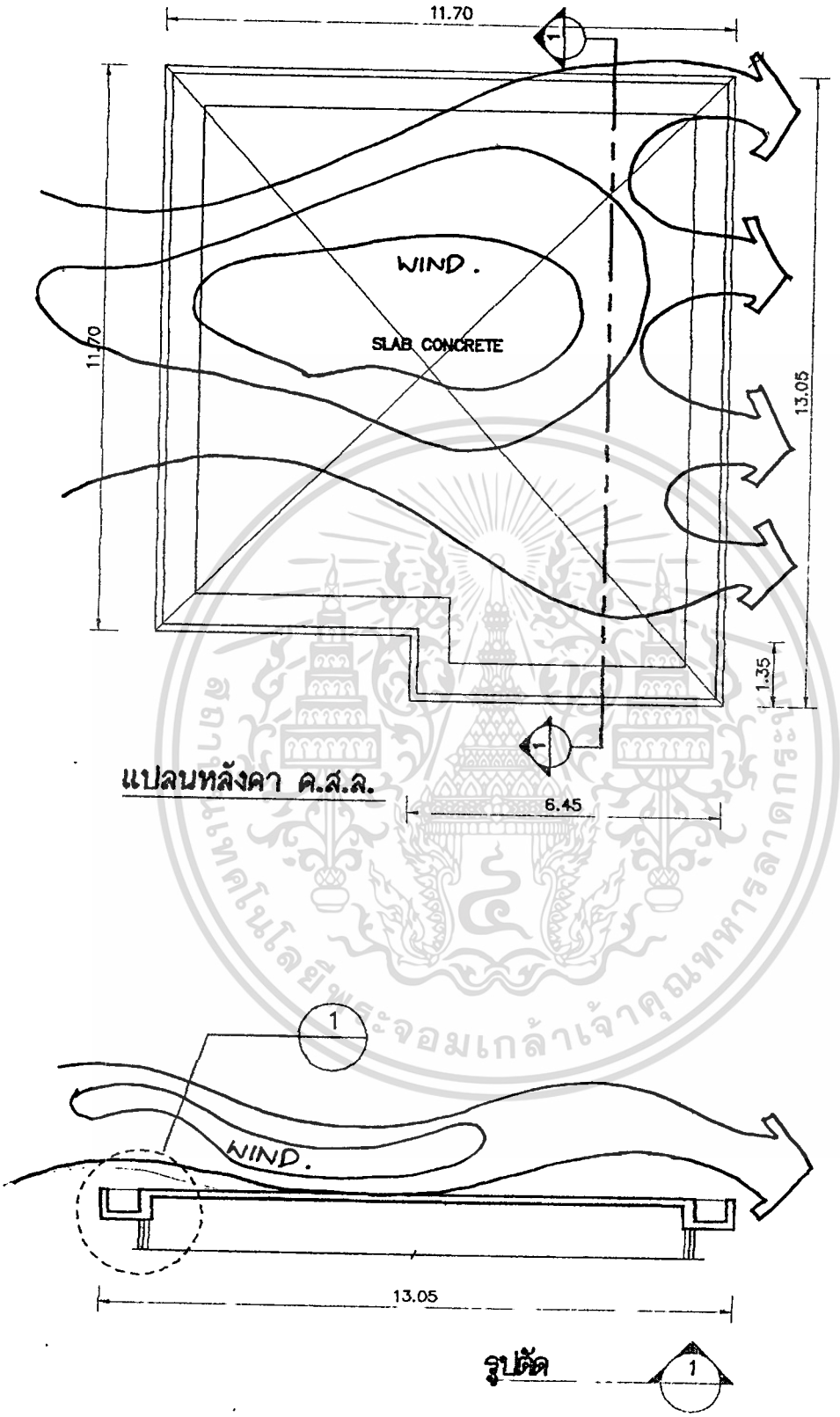
รูปทรง	รายละเอียด	ขนาดพื้นที่การระบายอากาศ	ปัญหาที่พบเห็น	การระบายอากาศ	การก่อสร้าง	หมายเหตุ
หลังคา มุม 0°	การระบายอากาศโดยวิธีการพัดพาความร้อนจากพื้นผิวของวัสดุ		- ไม่มีประสิทธิภาพการระบายอากาศ -พื้นรับน้ำโดยตรง - รั่วซึมได้ง่าย - รูปทรงไม่สวยงาม	ลมพัดผ่านผิวของวัสดุมุง ค.ส.ล.	คอนกรีตเสริมเหล็ก	รักษารูปทรงของหลังคาแบบเดิม

4.7.2 สรุปผลการศึกษาการระบายอากาศของรูปแบบหลังคาทรงแบบราบ แบบ 0°

จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่าการระบายอากาศของรูปแบบหลังคาทรงแบบราบ แบบ 0° นั้นมีวัสดุมุงเป็น ค.ส.ล. จะอาศัยการพัดพาของลมที่มาสัมผัสกับผิวของคอนกรีตเท่านั้นการระบายอากาศภายใต้โพรงหลังคานั้น ยังไม่มีการออกแบบเนื่องจากพื้นที่ของโพรงหลังคานั้นค่อนข้างจะมีน้อย และยังมีส่วนของโครงสร้างที่เป็นระบบคานคอนกรีตขว้างอยู่ภายในโพรงหลังคา เพราะหลังคาในระบบนี้เป็นการออกแบบในระบบปิดเป็นส่วนใหญ่และหลังคาในระบบนี้ จึงไม่เป็นที่นิยมนำเอามาใช้ในการออกแบบสำหรับอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ขนาดเล็ก เพราะในส่วนของวัสดุ ค.ส.ล. ก็จะมีส่วนในการสะสมความร้อนค่อนข้างมาก รูปแบบทางสถาปัตยกรรมก็ไม่สามารถที่จะส่งเสริมความสวยงามทางสถาปัตยกรรมได้ การระบายน้ำและการรั่วซึม รวมถึงน้ำหนักทางโครงสร้าง ราคา ค่อนข้างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบที่กล่าวมา

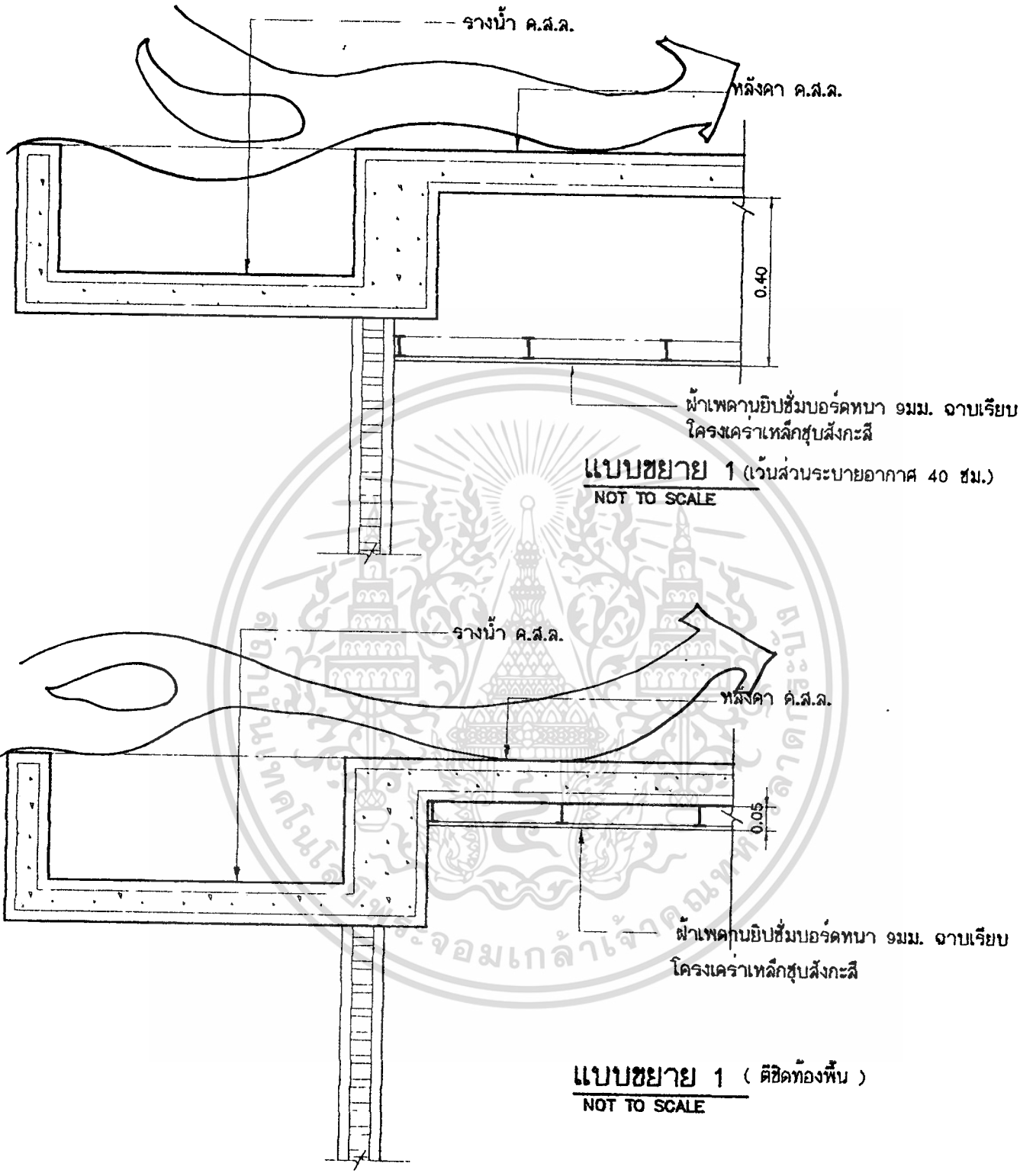
ผู้วิจัยจึงไม่นำเอาหลังคารูปทรงนี้ไปพัฒนาต่อเพื่อการลดความร้อน เนื่องจากปัญหาที่พบเห็นและการพัฒนาที่ยุ่งยากกว่าไม่คุ้มกับการลงทุนในส่วนของการออกแบบ และก่อสร้างสำหรับอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 แสดงการพัดพาของอากาศ เมื่อสัมผัสพื้นผิวของหลังคาทรงแบบราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา เพื่อลดการถ่ายเทความร้อน

ในส่วนของการออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา มีวัตถุประสงค์หลักคือ การปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาบ้านพักอาศัย มีวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด ทั้งนี้เพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนโดยตรงจากส่วนของหลังคา ซึ่งจะส่งผลต่ออุณหภูมิและสภาวะความสบายภายในอาคาร ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการ แนวความคิดและรูปแบบ รวมถึงผลการวิเคราะห์จากการออกแบบเพื่อแสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่ดีขึ้นจากการออกแบบและปรับปรุง

5.1 แนวความคิดในการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา

จากการศึกษาถึงปัญหาและข้อจำกัดในการออกแบบปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา พบว่าในแนวความคิดในการออกแบบส่วนของบ้านพักอาศัยให้คำนึงถึงแนวทางดังต่อไปนี้

5.1.1 การออกแบบโดยวิธีการนำเอาความร้อนจากภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคาร โดยวิธีการปรับปรุงรูปแบบและรูปทรงของหลังคาโดยตรง โดยให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ โดยอาศัยการพัดพาของลมมาเป็นตัวระบายความร้อนจากภายในหลังคา

5.1.2 การออกแบบโดยวิธีการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารโดยตรง วิธีนี้เป็นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุมุงหลังคาให้มีความสามารถในการป้องกันความร้อนอีกขั้นหนึ่ง โดยกำหนดและศึกษาการติดตั้งฉนวนกันความร้อนให้เหมาะสมกับสภาพวัสดุมุงและสภาพการติดตั้งฉนวนในปัจจุบัน

5.1.3 การออกแบบปรับปรุงจะต้องคงไว้ซึ่งทัศนียภาพภายนอกโดยรวม คือการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาความร้อนตามขั้นตอน ทั้งข้อ 5.1.1 และข้อ 5.1.2 จะต้องไม่มีผลกระทบต่อรูปทรงของอาคารมากนัก

5.1.4 ขั้นตอนการออกแบบและก่อสร้างติดตั้ง จะต้องมีความแข็งแรง สะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติงานไม่มีผลต่อสภาพแวดล้อมโดยตรง

5.1.5 ราคาค่าใช้จ่ายต่อการลงทุน จะต้องมีความคุ้มค่าต่อผลที่จะเกิดขึ้นต่อการแก้ปัญหาเรื่องความร้อนและอุณหภูมิภายใน

5.1.6 ง่ายต่อการบำรุงรักษาและความคงทนถาวร การนำวัสดุการป้องกันความร้อนมาใช้เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยตรงนั้น จะต้องมีความแข็งแรงคงทนต่อสภาพการใช้งานและง่ายต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบำรุงรักษา

5.2 ปัญหาและข้อจำกัดในการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา

ในส่วนของการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบนั้น ผู้ออกแบบจะนำเสนอรูปแบบที่สามารถนำเอาไปใช้ในการก่อสร้างจริง และไม่ขัดกับรูปแบบของจุดประสงค์ของหลังคาเดิม โดยพิจารณากำหนดแนวทางดังนี้

1. นำเสนอรูปแบบที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาและโครงสร้าง
2. อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการออกแบบเพื่อการระบายอากาศ มีจำหน่ายหรือใช้ในท้องตลาด
3. กำหนดและจำกัดตัวแปรต่าง ๆ ให้เหมือนกัน เพื่อผลต่อการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง
4. ในส่วนของฉนวนปิดกั้นความร้อน ใช้ลักษณะของฉนวนที่ใช้อยู่ในท้องตลาดมีค่าสัมประสิทธิในการป้องกันความร้อนจริง และกำหนดการติดตั้งในตำแหน่งเดียวกัน

5.3 การออกแบบโดยวิธีการนำเอาความร้อนจากภายในอาคารออกสู่ภายนอกอาคาร โดยวิธีการปรับปรุงรูปแบบของหลังคาโดยตรง

การออกแบบโดยวิธีการระบายอากาศภายใต้หลังคา เป็นวิธีการหนึ่งในการลดการสะสมความร้อนจากหลังคาสู่ภายในอาคารและการออกแบบแก้ปัญหาโดยวิธีการนี้ จะส่งผลให้ความร้อนที่ถูกสะสมภายในหลังคาสามารถระบายออกสู่ภายนอกของอาคารได้ตามการไหลของกระแสลม จากแนวความคิดนี้จึงนำไปสู่การออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาได้ ดังนี้

1) การออกแบบและปรับปรุงการระบายอากาศในส่วนของการตีเกร็ดชายคาด้านนอกของหลังคาสำหรับรูปทรงของหลังคาปั้นหยามุม 35° และสามารถนำไปใช้กับรูปแบบอื่นๆ

2) การออกแบบและปรับปรุงการระบายอากาศ โดยวิธีทางธรรมชาติ โดยการพัดผ่านของกระแสลมในรูปแบบต่างๆ โดยมีวิธีการออกแบบ ดังนี้

ก. การเพิ่มประสิทธิภาพและขนาดของการเจาะช่องเปิดของรูปทรงหลังคา

ข. การเพิ่มประสิทธิภาพของการระบายอากาศ โดยวิธีการเพิ่มความเร็วลมติดตั้ง

3) การออกแบบและปรับปรุงการระบายอากาศ โดยวิธีทางเครื่องกลโดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ แต่วิธีการนี้อาจทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในเรื่องของค่าไฟฟ้าและการบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1 การออกแบบและปรับปรุงช่องระบายอากาศด้านนอกอาคาร

จากการศึกษาในส่วนของช่องเกร็ดระบายอากาศด้านนอกอาคารของหลังคาปั้นหยาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน พบว่าลักษณะของเกร็ดไม้ติดตั้งบริเวณชายคาด้านนอกมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้น้อยลงในระยะเวลาที่นาน เพราะฝุ่นต่างๆ จะเข้าไปอุดตันบริเวณช่องระบายอากาศ การบำรุงรักษาก็ค่อนข้างยุ่งยากและคุณสมบัติของไม้ที่นำมาตีเกร็ดช่องต่างๆ ก็มีอายุการใช้งาน มีโอกาศยืดหดตัวได้สูง คุณภาพของสีเคลือบเหล่านั้นก็มีอายุในการใช้งาน เนื่องจากบริเวณที่ติดตั้งอยู่ด้านนอกอาคารมีโอกาสที่จะถูกทั้งลม ฝนและแดด ถึงแม้ว่าพื้นที่ของช่องเกร็ดระบายอากาศจะมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการต่อการถ่ายเทการสะสมความร้อนที่อยู่ภายในหลังคา

จากแนวความคิดดังกล่าวเบื้องต้น จึงเป็นมูลเหตุแห่งการพัฒนาช่องระบายอากาศภายใต้ของหลังคาให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น โดยมีความแนวความคิดในการพัฒนาและติดตั้ง ดังนี้

1) มีคุณสมบัติในการระบายอากาศได้ดีกว่าที่ช่องอากาศปัจจุบัน
2) มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศและบำรุงรักษาง่าย
3) ติดตั้งง่าย เปลี่ยนแปลงได้สะดวก ถอดล้างทำความสะอาดง่าย
4) สวยงามเข้ากับรูปแบบของหลังคาประเภทต่างๆ ป้องกันแมลง ฝุ่น ผงต่าง ๆ ได้
5) สามารถพัฒนาสู่การผลิตในระบบอุตสาหกรรมได้ง่าย
6) ราคาไม่สูงมากนัก มีขนาดกระทัดรัด

การนำเสนอรูปช่องเปิดแบบสำเร็จรูประบายอากาศใต้หลังคา (ติดตั้งบริเวณชายคาฝ้าเพดาน เป็นแนวความคิดในการแก้ปัญหาช่องระบายอากาศ บริเวณฝ้าเพดานเพื่อความเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

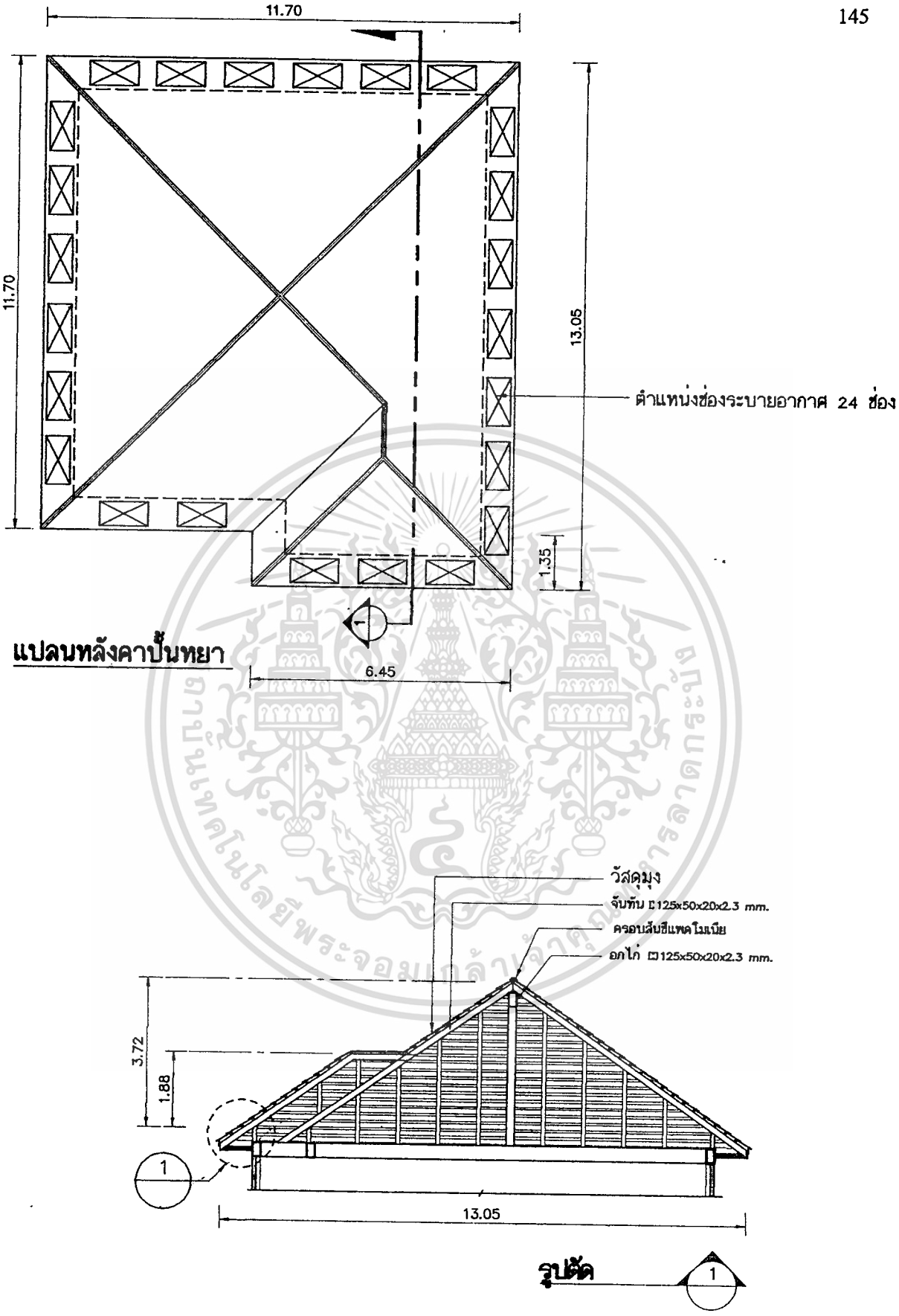
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดของช่องเปิดแบบสำเร็จรูประบายอากาศใต้หลังคา

ลำดับที่	รายละเอียด	วัสดุ	ขนาด (เมตร)	พื้นที่รวม (ม.^{2}) ระบายอากาศ	การติดตั้ง	หมายเหตุ
1.	เป็นกล่องขนาด 0.60x1.20 เมตร มีช่องอลูมิเนียมเป็นลักษณะตาราง	อลูมิเนียมแผ่นพับเคลือบสีติดตั้งมุ้งลวดด้านบนถอดล้างได้	0.60x1.20	0.72	บริเวณชายคาด้านนอกเป็นระยะให้เกิดความสวยงามจำนวนต้องไม่น้อยกว่าพื้นที่รวมของการระบายอากาศเดิม	
2.	พื้นที่ในการระบายอากาศเดิมของหลังคาแบบปั้นหยาระบายแบบเกร็ดรวม 16.8 ตารางเมตร					
3.	การติดตั้งช่องเปิดสำเร็จรูปต้องติดตั้งไม่น้อยกว่าพื้นที่ระบายอากาศเดิมจำนวน 24 ช่อง					
4.	สามารถพัฒนาสู่งานระบบอุตสาหกรรมได้					

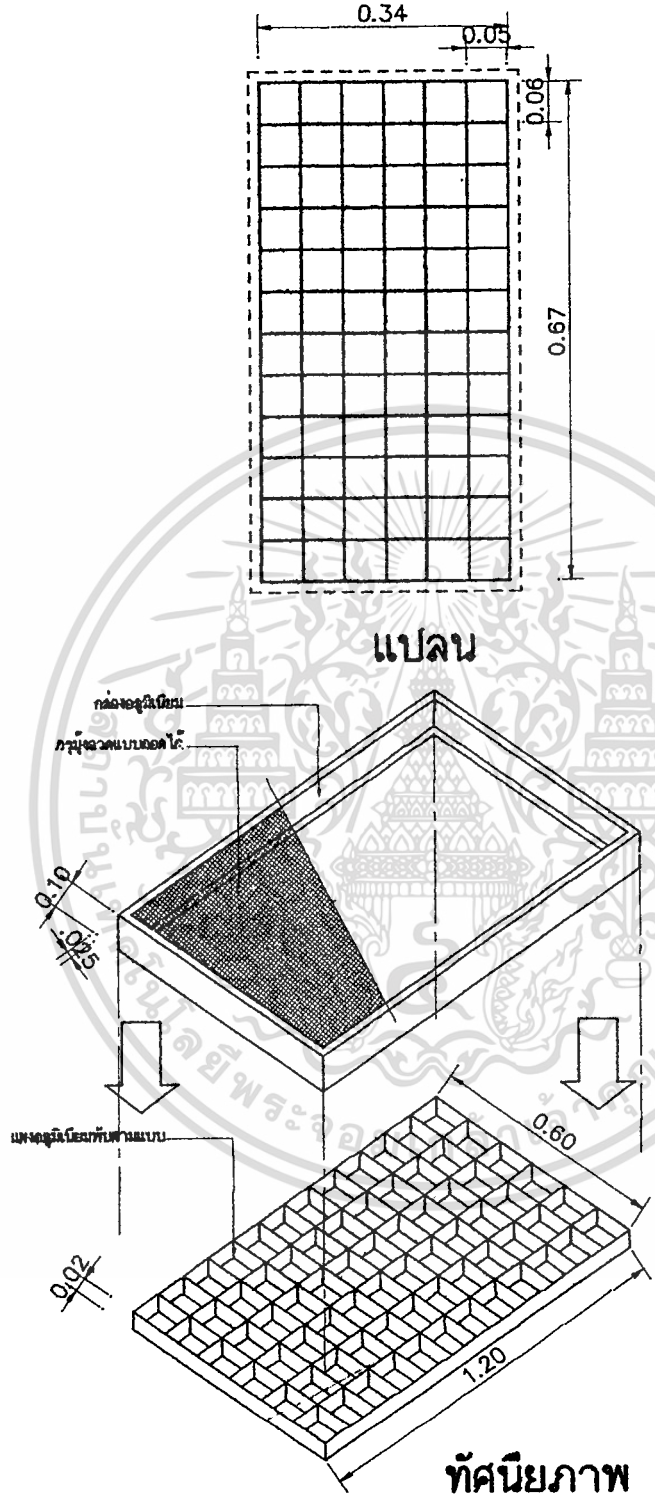
การติดตั้งช่องเปิดระบายอากาศสำเร็จรูปสำหรับอาคารรูปทรงหลังคาปั้นหยา มีจำนวนในการติดตั้ง 24 ช่อง การติดตั้งๆ ได้ทั้งรูปทรงหลังคาแบบปั้นหยามุม 35° แบบจั่วมุม 35° และ 60° สำหรับรูปทรงของหลังคาทรงแบบราบอาจจะติดตั้งได้เป็นกรณีไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงตำแหน่งการติดตั้งช่องเปิดแบบสำเร็จรูปเพื่อระบายอากาศใต้หลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 แบบขยายช่องเปิดสำเร็จรูปสำหรับระบายอากาศใต้หลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 การออกแบบและปรับปรุงการระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ โดยการพัดผ่านของกระแสลม

การพัดผ่านของกระแสลมช่วยแก้ปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะอากาศในเขตร้อนชื้น เป็นการแก้ปัญหาขั้นมูลฐานของสภาพบรรยากาศภายในอาคาร การเคลื่อนของลมทำให้เกิดความสดชื่น เป็นการเพิ่มการระเหยกลายเป็นไอซึ่งทำให้อุณหภูมิผิดหน้าลดลง

การเพิ่มขึ้นของความชื้นในอากาศสามารถช่วยให้ความเร็วลมสูงขึ้น แต่จะไม่ได้ผลเมื่อความชื้นสูงถึงระดับ 100% ซึ่งร่างกายไม่สามารถระเหยเหลือเป็นไอได้อีกต่อไป

การลดอุณหภูมิโดยวิธีการผ่านของลมจะบังเกิดฝน เมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิผิวร่างกาย (95-97 F°) เพราะถึงแม้ว่าลมจะเร่งให้เกิดการระเหยเป็นไอก็ไม่สามารถจะสมดุลกับความร้อนที่ได้รับจากอุณหภูมิสูงได้ ซึ่งเป็นอรรถธิบายได้ว่า บรรยากาศภายในอาคารจึงสามารถใช้ลมแก้ปัญหาในเขตร้อนชื้น ซึ่งตรงกับเขตร้อนแห้งที่จะต้องป้องกันไม่ให้ลมพัดผ่านเข้าไปในอาคารเวลากลางวัน ..

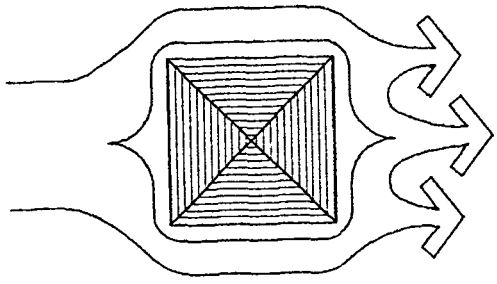
แรงที่ทำให้เกิดการพัดผ่านอาคารของกระแสลม มี 2 ชนิด

1) การเคลื่อนที่ของลม เนื่องจากความแตกต่างกันของความกดดันอากาศ
2) การเคลื่อนที่ของลม เนื่องจากความแตกต่างกันของอุณหภูมิ

แรงทั้งสองนี้ แรงใดแรงหนึ่งสามารถทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศได้ หรืออาจช่วยกันทำให้เกิดการพัดผ่าน หรืออาจขัดแย้งกันได้ ขึ้นอยู่กับสภาพบรรยากาศของท้องถิ่นและการออกแบบอาคาร

ตัวหลังคาที่กระแสลมพัดผ่านจะทำให้ความเร็วลมลดลง และทำให้การปะทะดั่งตัวของกระแสลมด้านปะทะลมทำให้เกิดบริเวณความกดสูง (ความดันอากาศสูง) และทำให้เกิดบริเวณกดต่ำ (ความดันอากาศต่ำ) ขึ้นทางด้านประชิดของด้านปะทะลม ในขณะเดียวกันทางด้านใต้ลมจะเกิดบริเวณความกดต่ำเนื่องจากลมไหลข้ามไป ซึ่งบริเวณความกดต่ำจะมีเนื้อที่ค่อยๆ น้อยลงตามระยะห่าง อันเกิดจากการที่อากาศค่อยๆ เข้ามาแทนที่ตามลำดับ สิ่งที่น่าสนใจก็คือว่า ระยะห่างของช่องความกดต่ำจนถึงบริเวณที่อากาศเข้ามาแทนที่จะใช้ระยะประมาณ 2 เท่าของความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงความกดของอากาศรอบอาคาร

ความกดดันอากาศที่ต่างกันทางด้านปะทะลมกับด้านใต้ลม เป็นแรงทำให้เกิดการไหลของอากาศภายในอากาศ การวางตำแหน่งของทางเปิดเข้าของอากาศจะได้ผลดีที่สุดที่ตำแหน่งความกดสูง และทางออกที่ตำแหน่งความกดอากาศต่ำ

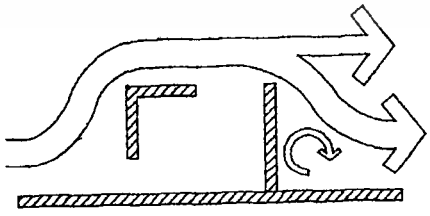
อัตราการไหลเข้าแทนที่ของอากาศขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความกดดันและประสิทธิภาพของการเปิดช่องให้อากาศเข้าออก

อัตราการไหลเข้าแทนที่ของอากาศ เมื่อความเร็วสม่ำเสมอและภาวะเข้าออกของอากาศเท่ากัน มีค่า $Q = 3150\ AV.$

ซึ่ง Q = อัตราการไหลของอากาศ ฟุต^3/ชั่วโมง (FL^3/hr.)

A = ขนาดของทางเปิดเข้า ฟุต^2 (FL^2)

V = ความเร็วของลม ฟุต /ชั่วโมง (FL/hr.)



รูปที่ 5.4 แสดงการเปิดทางเข้าอากาศทางด้านความกดดันสูงและทางออกของอากาศทางด้านความกดต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างทางลมเข้าและทางออก

พื้นที่หน้าตัดทางออก:พื้นที่หน้าตัดทางเข้า	ค่าของตัวแทนค่า	หมายเหตุ
1:1	3150	
2:1	4000	
3:1	4250	
4:1	4350	
5:1	4400	
3:4	2700	
1:2	2000	
1:4	1100	

ค่าของตัวเลข 3150 จะเปลี่ยนไปเมื่ออัตราส่วนระหว่างทางลมเข้าและทางออกมีขนาดต่างกัน

จากการอ่านค่าทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าสำหรับอัตราการไหลของอากาศช่องเปิดทางอากาศไหลออกสำคัญกว่าช่องเปิดให้อากาศไหลเข้า

ข. คุณสมบัติในการไหลผ่านภายในอาคารของกระแสลม

อาคารที่ไม่มีการเปิดทางออกจะไม่มีกระแสลมพัดผ่านเข้าไปเลย และในตรงกันข้ามถ้าช่องเปิดเข้าและออกวางไว้ตรงกันข้ามกันกว้างและตรงตำแหน่งความกดสูง และความกดอากาศต่ำจะให้ปริมาณอากาศไหลผ่านมากที่สุด

คุณสมบัติในการไหลของอากาศภายในอาคาร

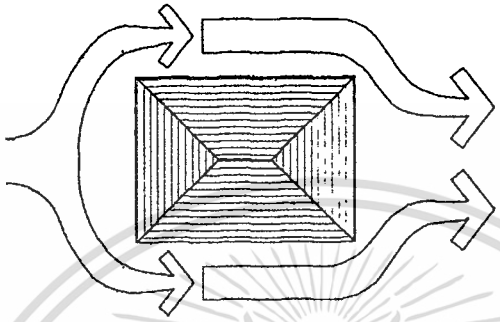
1. แรงเฉื่อยในการไหล (Inertra Effect)

ในกรณีที่ทางเปิดเข้าและทางออกวางไว้ตรงกันจะเกิดผลต่อแนวทางไหลของอากาศ เนื่องจากความดันที่เข้ากันทั้งภายนอกและภายใน

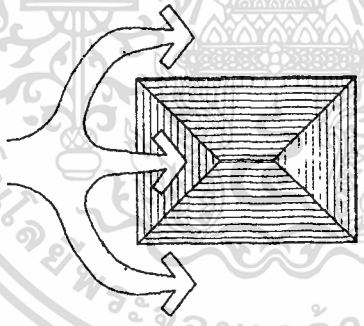
ร.ศ. สมสิทธิ์ นิตยะ "การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น" โครงการตำราคณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 119-121.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ช่องเปิดทางเข้าออกไม่ตรงกัน อากาศจะถูกบังคับให้ไหลหันเหทิศทาง แนวทางการไหลของอากาศในจะพยายามไหลตามทิศทางที่จะเป็นแนวการไหลเดิมโดยแรงเฉื่อย และเมื่อวกกลับแรงที่เกิดจากความแตกต่างของความดัน วิธีการไหลแบบนี้จะเกิดได้อีกเมื่อมีสิ่งอื่นมาประกอบทางเข้าออกของอากาศ

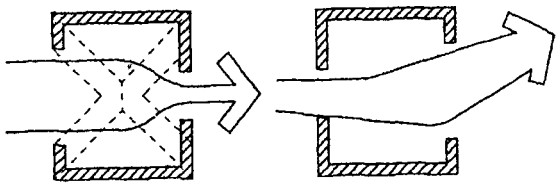


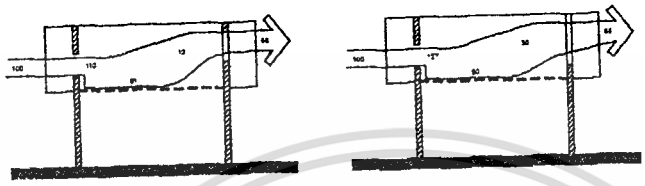
รูปที่ 5.5 กระแสลมปะทะอาคาร ทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูง



รูปที่ 5.6 กระแสลมเมื่อปะทะอากาศ จะเบนออกด้านข้างและกลับมาในแนวเดิม ทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศต่ำตลอดด้านข้างและด้านใต้ลมตลอดทั้งด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



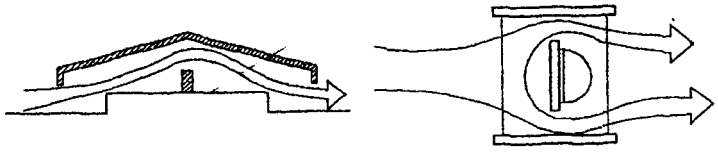


รูปที่ 5.7 ความเร็วลมเพิ่มเมื่อช่องเปิดทางออกกว้างกว่าทางเข้า ขนาดของช่องทางออกของอากาศเปรียบเทียบกันเป็นที่น่าสังเกตความเร็วลมภายนอกให้เท่ากับ 100 ค่าความเร็วลมภายในเป็นเปอร์เซ็นต์

2. การแบ่งเนื้อที่ภายใต้หลังคา

เปรียบเสมือนการแบ่งเนื้อที่ใช้สอยภายในอาคารภายใต้หลังคาอาคารบ้านพักอาศัยโดยส่วนใหญ่ มักจะไม่ได้ใช้ประโยชน์โดยตรงหรือบางอาคารอาจจะมีการออกแบบเฉพาะก่อนที่มีการใช้เนื้อที่ภายใต้หลังคา

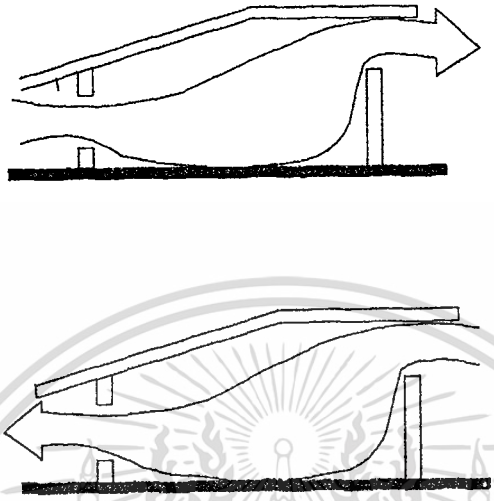
การจัดวางผนังหรืออุปกรณ์ต่างๆ ไว้นอกแนวการไหลของอากาศ จะเปรียบอัตราการไหลและแนวทางการไหลของอากาศ ทำให้มีอากาศระบายน้อยลงทั้งในห้องแรกที่อากาศไหลผ่านมาแล้วด้วย อาจทำให้เกิดการพัดผ่านระบายอากาศ (Cross Ventilation) ไม่เพียงพอ



รูปที่ 5.8 แสดงผนังวางฝ้าการไหลของอากาศ ทำให้เกิดบริเวณอับลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวางตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้า และช่องเปิดทางออกของอากาศ อัตราส่วนการเปิดกว้างของทางออกต่อทางเข้าสูง ทำให้เกิดความเร็วลมในการไหลสูง ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลงได้มาก การวางตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและออกของอากาศ มีผลโดยตรงต่อแนวการไหลของอากาศ ความเร็วลมจะลดลงไปบ้างด้วยการเปลี่ยนทิศทางการไหล



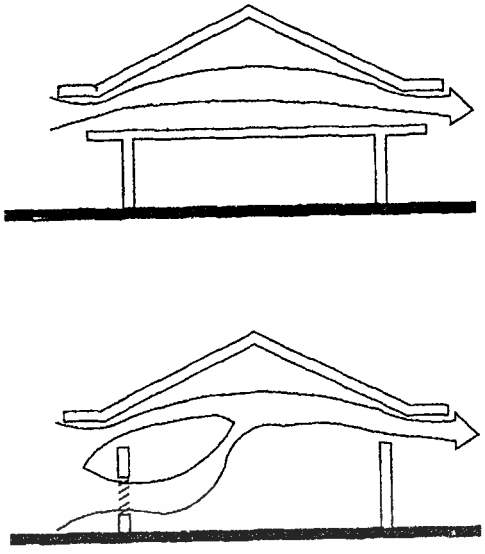
รูปที่ 5.9 แสดงแนวการไหลของอากาศสำหรับการเปิดช่องทางเข้าออก

4. การไหลเวียนเนื่องจากสิ่งประกอบช่องเปิดทางเข้า และช่องเปิดทางออกของอากาศ

ส่วนประกอบของช่องเปิดทางเข้าของอากาศนอกอาคารจะมีผลต่อแนวการไหลของอาคารภายในอาคารอย่างเห็นได้ชัด เช่น ชายคาที่ยื่น หรือชายคาที่ระดับฝ้าอาคารจะปะทะกระแสลม และเปลี่ยนแนวการไหลของกระแสลมเข้าสู่ช่องเปิดทางเข้าเพิ่มคุณสมบัติในการระบายอากาศ ในขณะที่ชายคาอันเดียวกันวางที่ระดับขอบบนของช่องทางเข้าของอากาศ ทำให้กระแสลมพุ่มขึ้นสูงสู่ฝ้าเพดานในอาคาร เนื่องจากการเปลี่ยนความกดภายนอกซึ่งเป็นแนวทางการไหลที่ไม่สมควรให้เกิดขึ้นภายในอาคารและชายคาอันเดียวกัน วางระดับบนขอบหน้าต่างแต่ดึงหหลุกออกเล็กน้อยเพื่อให้เป็นช่องปรับความดัน จะทำให้แนวการไหลของอากาศต่ำลงสู่ระดับที่เป็นประโยชน์ได้

สิ่งประกอบรูปแบบชนิดอื่นๆ เช่น แผงกันแดด เกร็ดติดตาย หรือเกร็ดหมุนจะช่วยปรับให้แนวการไหลเป็นไปในแบบที่เกิดจากความต้องการภายในอาคาร ซึ่งต้องวิเคราะห์อย่างเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



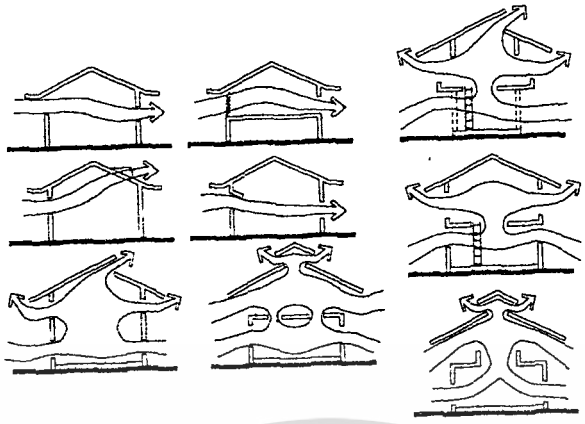
รูปที่ 5.10 แสดงการใช้ชายคาระดับช่องเปิดของอาคารและการใช้อุปกรณ์ช่องเปิด

5. การไหลระบายอากาศเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

เนื่องจากความแตกต่างกันของน้ำหนัก เนื่องจากความแตกต่างกันของอุณหภูมิของภายนอกและภายในอาคาร ทำให้อากาศภายในลอยตัวขึ้นและเกิดการแทนที่ ความแตกต่างกันยิ่งมีมากเท่าใดก็ก่อให้เกิดแรงทำให้เกิดแรงไหลมากขึ้นเท่านั้น

การไหลของอากาศเนื่องจากวิธีการนี้นำไปสู่การออกแบบที่อาคาร ที่มีฝ้าเพดานสูงๆ ในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนสูง ห้องโถง หรือห้องใต้บันได ควรมีการออกแบบในรูปบี T.S Rogers ได้กล่าวถึงการระบายอากาศในช่องหลังคาจั่ว (Gable Roof) ปั้นหยา (Hip Roof) หรือหลังคาแบน (Flat Roof) [สำหรับพื้นที่น้อยกว่า 5,000 ฟุต^2) ว่าควรเป็น 1:150 สำหรับการลดความร้อนใต้หลังคาในฤดูร้อนในเส้นซุ้งต่ำๆ เช่น กรุงเทพมหานครควรเป็น 1:100 หรือมากกว่าบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 แสดงลักษณะการไหลของอากาศ เนื่องจากการทรงลอยตัว (Booyancy Force) เนื่องจากการระบายอากาศแบบปล่อง (Stack Effect) ในขณะที่ไม่มีกระแสลมพัดผ่าน

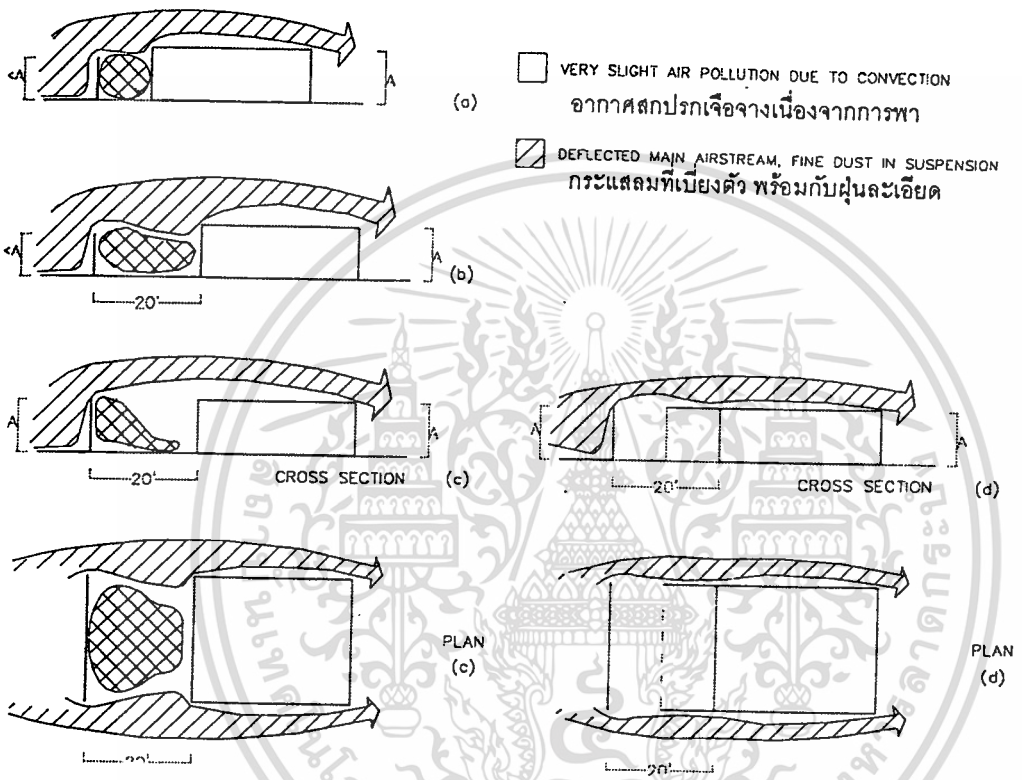
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ร.ศ. สมสิทธิ์ นิตยะ "การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น" โครงการตำราคณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน้า 129.

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.1 แนวความคิดในการออกแบบและป้องกันฝุ่นละออง เนื่องจากความสกปรกของอากาศ (Air Pollution)

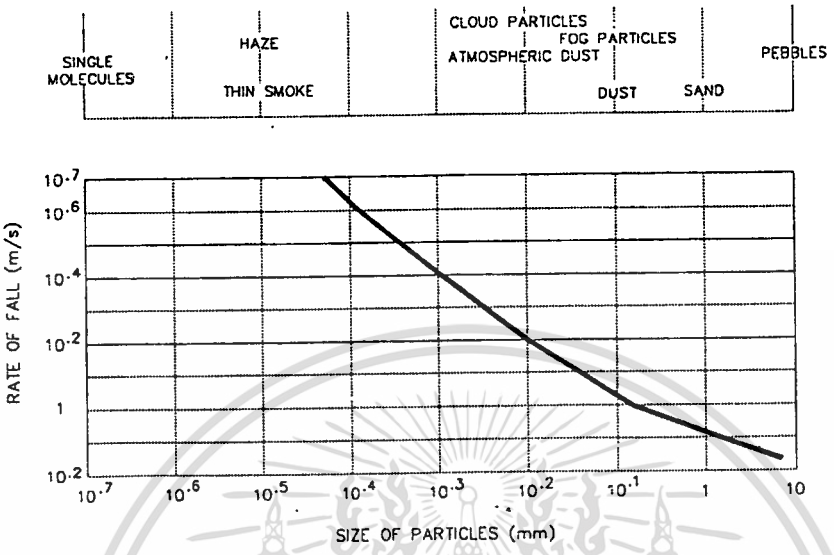
ลักษณะของช่องเปิด การวางทิศทางอาคาร รวมถึง แผงกำบังต่างๆ ความสามารถในการระบายอากาศของช่องเปิดหลังคา สัดส่วนอาคาร ระยะห่าง มีทั้งส่วนดีและเสียต่อการเบียงตัวหรือดักฝุ่นละอองความสกปรกของอากาศ เนื่องจากกระแสลมที่พัดผ่าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและขนาดของฝุ่นละอองที่แขวนตัวกับอากาศ ลักษณะของการพัดพาฝุ่นละอองเข้าสู่อาคาร



รูปที่ 5.12 แสดงลักษณะอาคารกับกำแพงระยะระดับที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการตกของฝุ่นละอองในอากาศชนิดต่างๆ



ที่มา : ร.ศ. สมสิทธิ์ นิตยะ "การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น โครงการตำรางคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย" หน้า 131, 132 ปีพ.ศ. 2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2.2 แนวทางในการป้องกันฝุ่นละอองเข้าสู่ช่องเปิดของหลังคา

จากการศึกษา พบว่าฝุ่นละอองเข้ามาพร้อมกับการพัดผ่านของกระแสลม ความต้องการของกระแสลมจึงมีโอกาสในการนำฝุ่นละอองเข้ามาสู่ช่องระบายอากาศภายในหลังคา จึงเป็นสาเหตุของการสะสมเชื้อโรค ความสกปรก และประสิทธิภาพในการระบายอากาศน้อยลง การแก้ไขอาจมีการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- การส่งเสริมสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร เช่น การปลูกต้นไม้ การกำหนดระยะของอาคารให้เกิดความเหมาะสม การลดลวดลายของรูปทรงอาคารเพื่อลดการสะสมของฝุ่นละออง

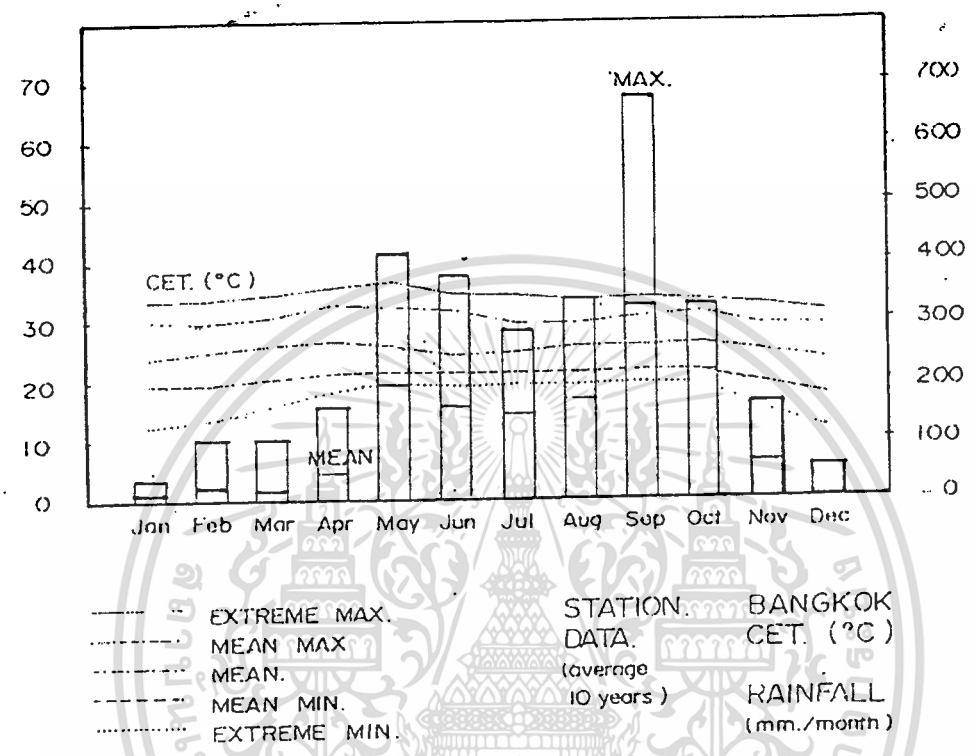
- การใช้แผงตะแกรงหรือตะข่ายเข้ามาลดฝุ่นละออง วิธีการนี้อาจเป็นวิธีการที่ลดฝุ่นละอองเข้าไปสะสมภายในหลังคาได้เป็นอย่างดี แต่ความสามารถในการระบายอากาศก็อาจจะลดลงตามขนาดหรือวัสดุที่นำมาใช้ การติดตั้งหรือนำไปใช้ควรเลือกวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซ่อมบำรุง และถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย

งานวิจัยด้านออกแบบนี้ ผู้วิจัยเลือกนำมุ้งลวดมาเป็นวัสดุส่วนหนึ่งในการป้องกันฝุ่นละอองและแมลงต่างๆ โดยติดตั้งบริเวณช่องเปิดหน้าต่างมุ้งลวดเป็นมุ้งลวดที่มีคุณสมบัติดี ความยืดหยุ่นและทนทานสูง สามารถเปลี่ยนแปลงและซ่อมแซมนำออกมาทำความสะอาดได้ง่าย โดยวิธีการนี้เป็นส่วนหนึ่งในการออกแบบ

5.3.2.3 แนวความคิดในการออกแบบป้องกันฝนเข้าสู่ช่องระบายอากาศภายในหลังคา

จากปริมาณของฝนตกเฉลี่ยในกรุงเทพมหานครต่อเดือน ในช่วง 10 ปี จากสถานีตรวจอากาศกรุงเทพมหานคร พบว่าในช่วงเดือนกันยายนมีปริมาณของฝนตกเฉลี่ยสูงที่สุดในรอบปี และทิศทางของฝนที่เข้าสู่อาคารให้พิจารณาจากส่วนของการพัดพาของลมในท้องถิ่นประจำเดือนเป็นหลัก เพื่อเป็นการพัฒนาการออกแบบลักษณะของมุมป้องกันการพัดพาฝนเข้าสู่ช่องระบายอากาศภายใต้หลังคา

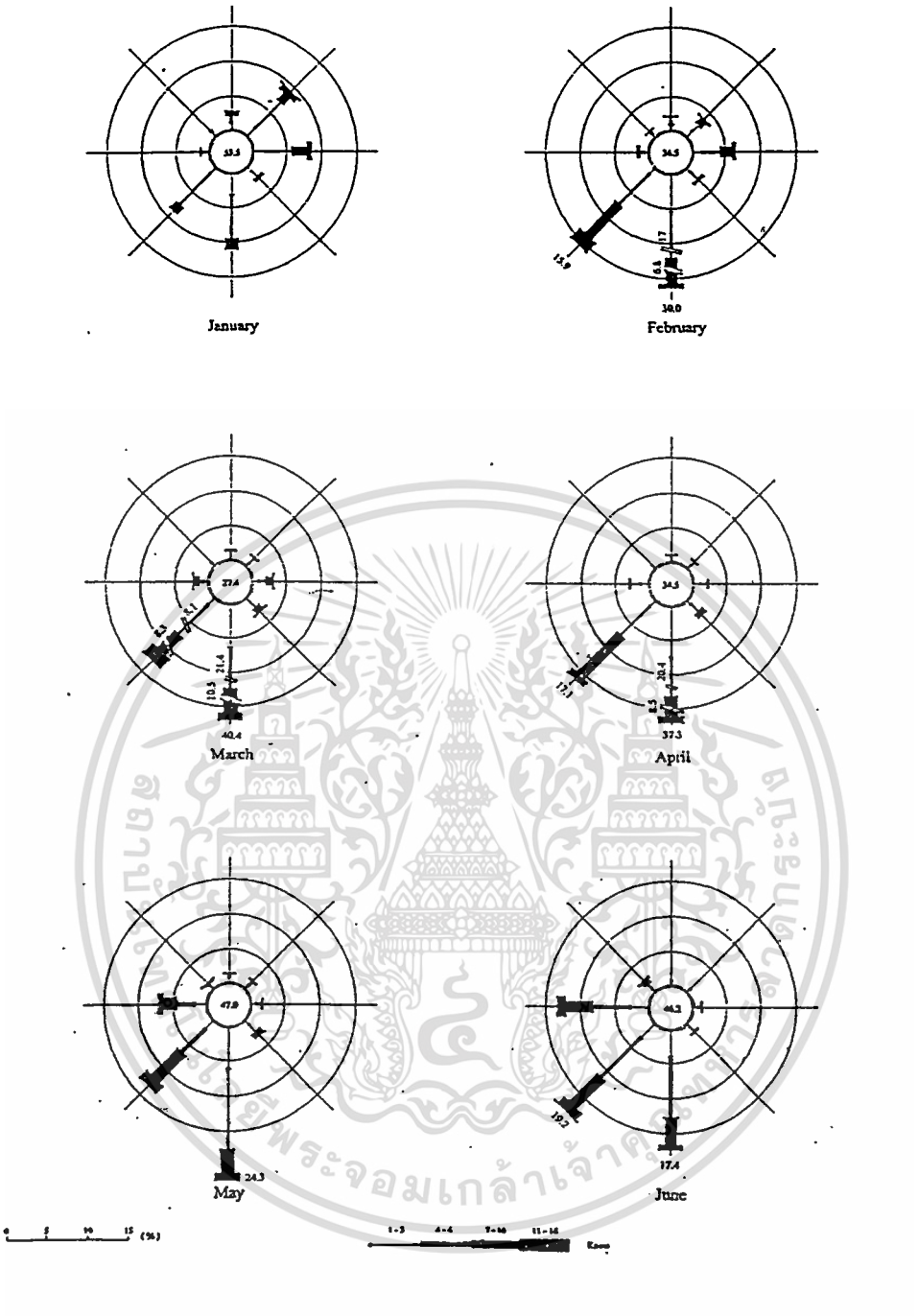
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 กราฟแสดงค่า CET (Corrected Effective Temperature) และปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อเดือนในช่วง 10 ปีของกรุงเทพมหานคร

ที่มา : ร.ศ. สมสิทธิ์ นิตยะ "โครงการตำราคณะสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย" หน้า ข-1 ภายผนวก ปี 2541.

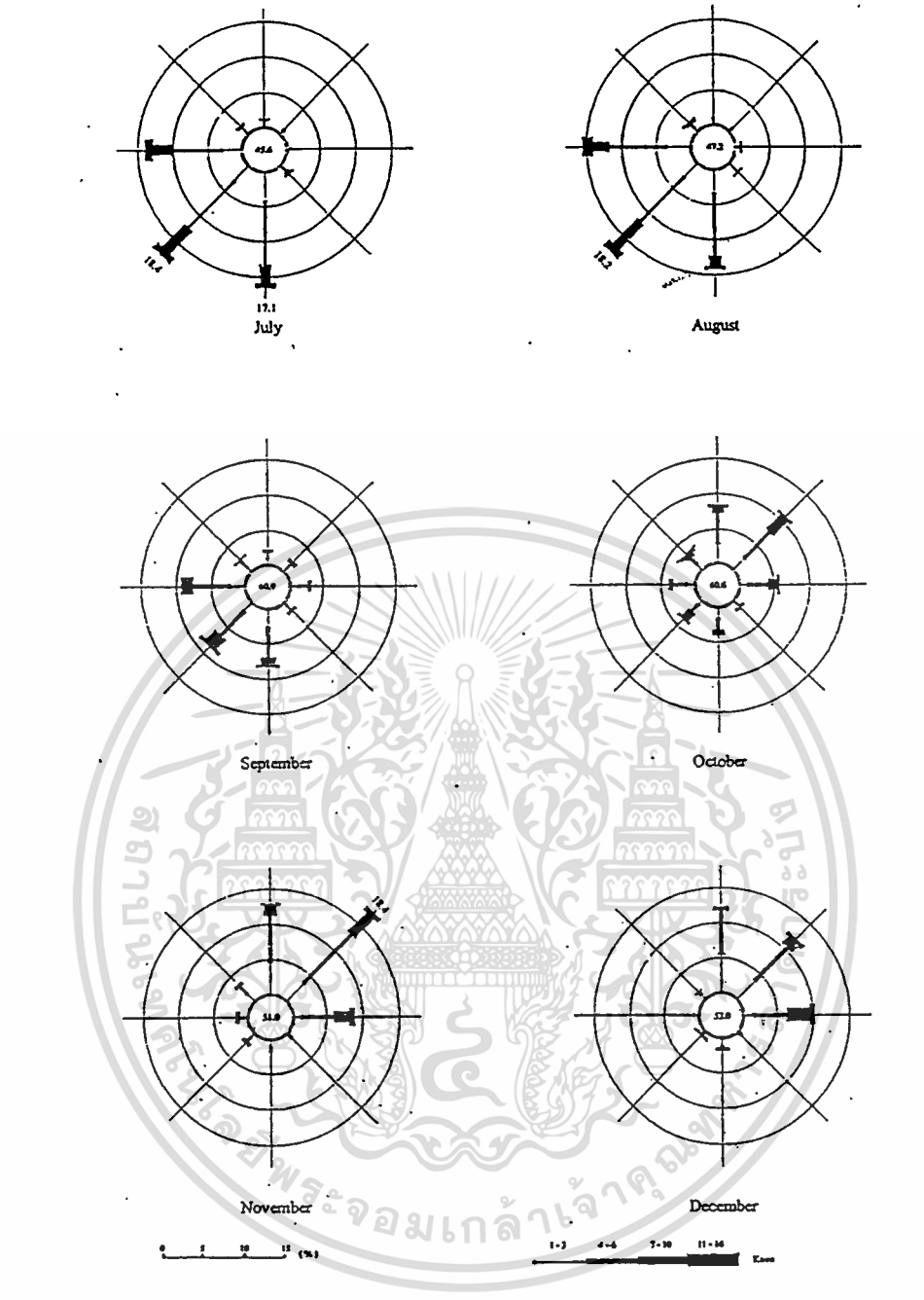
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 แสดงทิศทางความเร็ว ความถี่ของกระแสลมในเดือนมกราคม ถึงเดือนมิถุนายน ในเขตกรุงเทพมหานคร

ที่มา : สถานีตรวจอากาศกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 แสดงทิศทาง ความเร็ว ความถี่ของกระแสลมในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนธันวาคม ในเขตกรุงเทพมหานคร

ที่มา : สถานีตรวจอากาศกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่ากรณีที่ฝนสาดเข้ามาภายในอาคารหรือหลังคาได้นั้นเนื่องจากลมเป็นส่วนในการพัดพาปริมาณน้ำฝนที่ตกอยู่ภายนอกอาคาร ผู้วิจัยได้ศึกษาและกำหนดแนวทางของช่องเปิดเพื่อการป้องกันฝนไว้ดังนี้

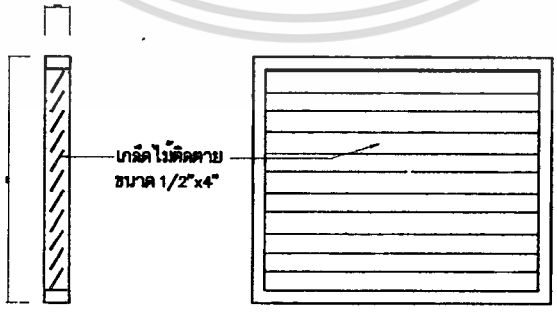
1. กำหนดให้เป็นช่องบานเกร็ดติดตาย เป็นลักษณะช่องเกร็ดที่ตีซ่อนกัน โดยกำหนดมุมของเกร็ดที่ซ่อนกันเป็น 60 เนื่องจากเกร็ด 60° อยู่ในลักษณะที่ลมพัดผ่านได้และการป้องกันน้ำฝนที่สาดเข้ามาภายในหลังคา น่าจะดูมีความเหมาะสมมากที่สุดเพราะว่า ถ้าเกร็ดที่มากเกินไป อาจจะป้องกันฝนได้ดี แต่จะไม่ทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดีในกรณีที่ฝนไม่ตก หรือช่องเกร็ดที่มุมของการช่องเกร็ดน้อยเกินไป ก็จะทำให้ฝนสาดเข้ามาง่าย

2. โครงสร้างจะต้องแข็งแรงและบำรุงรักษาง่าย ราคาไม่แพงมากเกินไป ติดตั้งง่ายโดยใช้ช่างทั่วไป

3. ในส่วนของช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศของหลังคานั้นนอกจากการใช้ช่องเกร็ดเป็นส่วนในการป้องกันน้ำฝนแล้วผู้ออกแบบได้กำหนดติดคิ้วกันน้ำโดยรอบของช่องเปิดอักชั้นหนึ่งเพื่อการป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝน (หรือจะติดเป็นที่บังกันน้ำก็ได้)

4. ในการออกแบบส่วนยื่นของชายคาผู้วิจัยได้พิจารณาการยืนและความยาวของชายคาเพื่อให้มีประสิทธิภาพในควบคุมปริมาณน้ำฝนที่จะสาดเข้ามาในบริเวณช่องเปิดอีกทางหนึ่ง

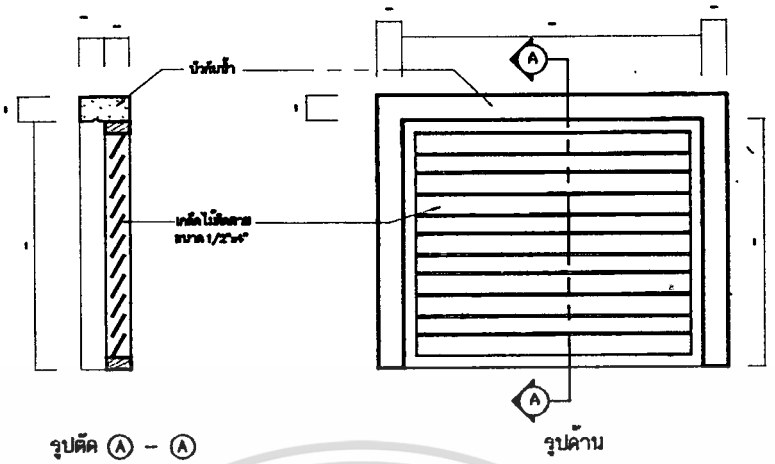
ในส่วนของการป้องกันน้ำฝนนั้น อาจจะพิจารณาจากสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคารประกอบกับปริมาณของน้ำฝนรวมถึงทิศทางของลมมาเป็นส่วนประกอบในการป้องกันการสาดของฝน หรืออาจจะพิจารณาถึงเทคนิคในการก่อสร้างเพื่อป้องกันน้ำฝนมาประกอบ เพราะในการออกแบบนั้น ถ้าพิจารณาเรื่องของการป้องกันน้ำฝนมากเกินไป ก็อาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการระบายอากาศนั้นน้อยลง



ช่องแสงติดตายชนิดเกล็ดไม้เอียง 60°

รูปที่ 5.16 แสดงลักษณะของช่องเกร็ดไม้มุม 60° ที่ซ้อนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 แสดงการติดตั้งบังกันน้ำฝนบริเวณช่องเกร็ดระบายอากาศ

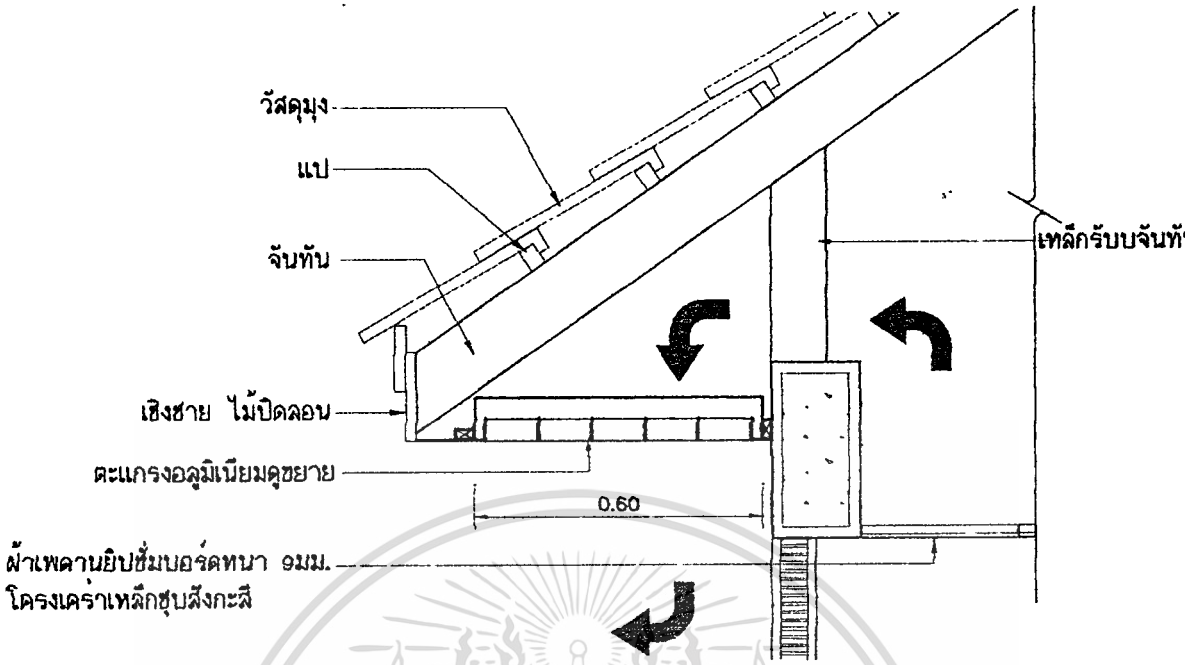
5.3.3 การออกแบบเพื่อประสิทธิภาพและขนาดการเจาะช่องเปิดของรูปทรงหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

วิธีการเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดในส่วนของหลังคานั้น เป็นวิธีการหนึ่งในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาการสะสมความร้อนอยู่ภายในโพรงหลังคาโดยอาศัยการพัดพาของกระแสลมจากภายนอกเข้าสู่ภายในโครงหลังคา โดยหลักการการไหลเวียนของอากาศซึ่งวิธีนี้จะส่งผลกระทบโดยตรงกับรูปแบบทางสถาปัตยกรรมและโครงสร้างของหลังคา การออกแบบและกำหนดตำแหน่งของช่องเปิดหลังคาจึงต้องพิจารณาให้เหมาะสมในแง่การระบายอากาศ รูปแบบทางสถาปัตยกรรม โครงสร้างภายใน ปริมาณของน้ำฝนที่จะพัดผ่านเข้าสู่ภายใน ฝุ่นละอองราคาก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นด้วย

5.3.4 การนำเสนอรูปแบบการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา

ผู้ออกแบบได้ศึกษาและนำเสนอวิธีการสำหรับการเพิ่มช่องเปิดของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา เพื่อเป็นแนวทางไว้ด้วยกัน 4 รูปแบบ โดยกำหนดให้ช่องเปิดสำหรับลมเข้าอยู่ด้านล่างบริเวณชายคาด้านนอกทั้งหมด โดยนำเอารูปแบบของกล่องสำเร็จรูปสำหรับการระบายอากาศมาติดตั้งชายคาด้านนอก แล้วนำเสนอช่องเปิดสำหรับการระบายอากาศโดยอาศัยหลักการให้ลมเข้าด้านชายคานอกแล้วให้พัดพาเอาความร้อนออกสู่ช่องเปิดด้านบนของหลังคา โดยมีลักษณะการเจาะช่องเปิดสำหรับการระบายอากาศด้านบน มีลักษณะแตกต่างกันโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 แสดงลักษณะการระบายอากาศช่องเปิดใต้ฝ้าเพดานสู่ด้านบนหลังคา

1. การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 1

เป็นการออกแบบโดยให้ช่องเปิดของการระบายอากาศอยู่ด้านบนของหลังคา จำนวน 8 ช่อง โดยแต่ละช่องเป็นลักษณะของการติดตั้งเกร็ดไม้เนื้อแข็งอยู่ด้านหน้า มีการป้องกันน้ำฝนโดยมีชายคายื่นออกมาคลุมเกร็ดไม้นั้น และมีขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝน มีมุมสำหรับเกร็ดไม้ที่ 60 องศา สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ภายในกรุมุ้งลวดอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันแมลงและฝุ่นละอองและบริเวณชายคาสำหรับช่องลมเข้าให้ติดตั้งแผงระบายอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

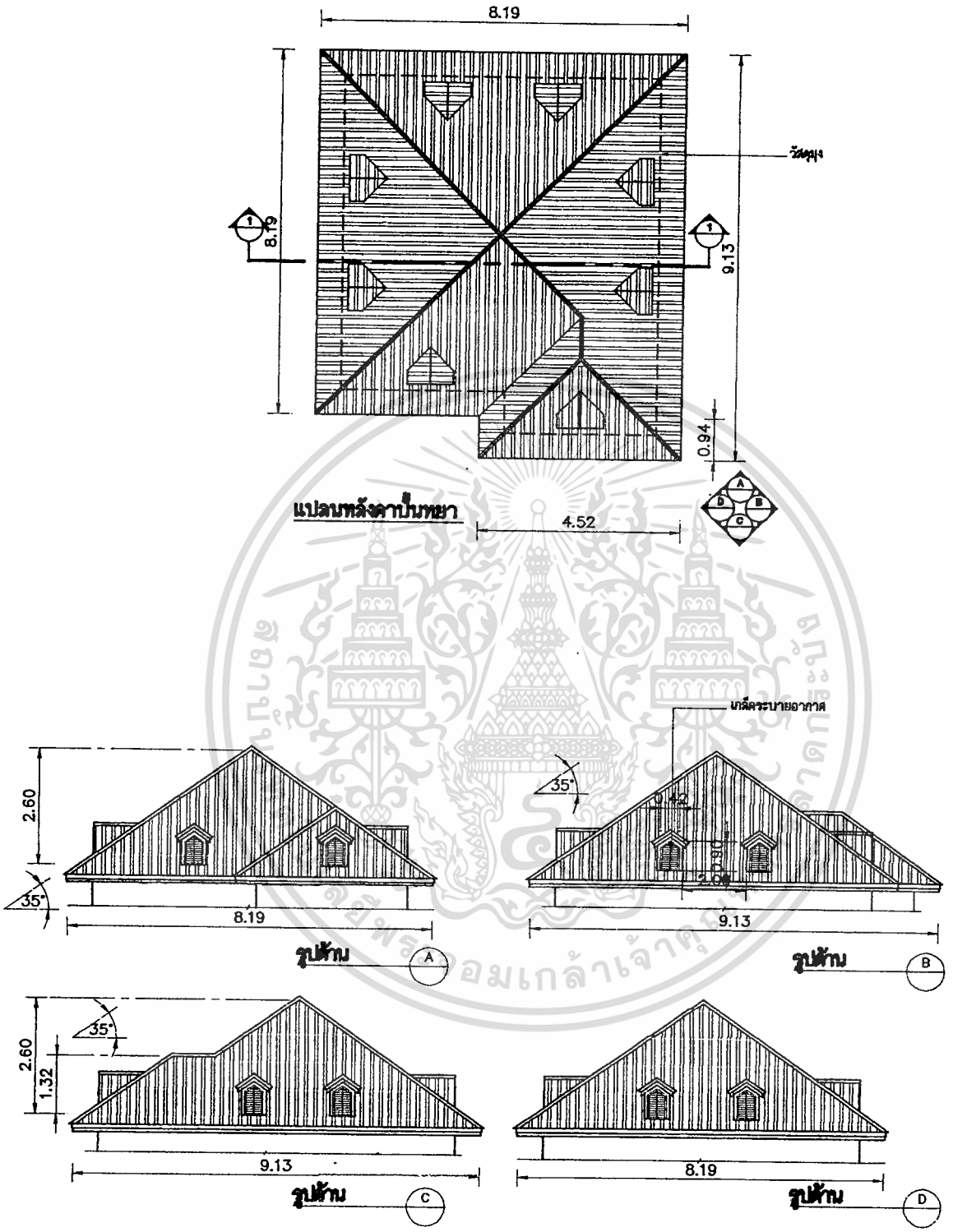
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 1

ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1	หลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 1 มีช่องระบายอากาศด้านบน สำหรับลมออก เป็นลักษณะของหลังคาดอรัมเมอร์มาติดตั้งด้านบน	17.2800	ช่องระบายอากาศบนสุดของหลังคาทั้ง 8 ด้าน 4.8384	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา - กรุมุ้งลวดภายในยื่นชายคามาเพื่อป้องกันฝน - มีขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำฝนไหลย้อน	- เป็นจั่วบนหลังคาทั้ง 4 ด้าน - ยกหลังคาด้านบนสุดเพื่อการระบายอากาศ มีลักษณะเป็นหลังคาครอบ - ติดตั้งรอยต่อของมุกระเบื้อง	ดูแบบประกอบรายการหน้า 153
2	บริเวณชายคาด้านนอกสำหรับลมเข้าติดตั้งแผงระบายอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว					

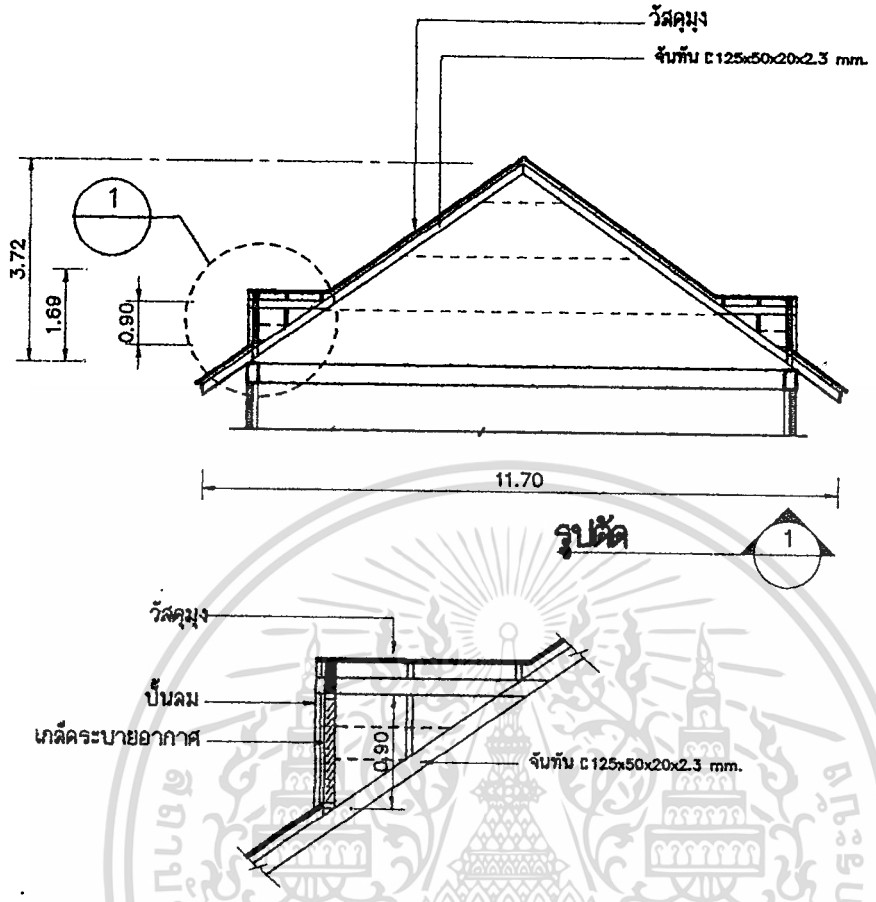
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคาปั้นหยา รูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.20 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
1	รูปแบบหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ I	กระเบื้องซีแพคโมเนียกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2438 2638 2189	1.2300	17.2800	4.3929	4.8384	2.7376

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการระบายอากาศในส่วนของรูปแบบหลงคาทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ 1 ยังมีอัตราการระบายอากาศมากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในหลังคาของวัสดุ 3 ชนิด จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสม

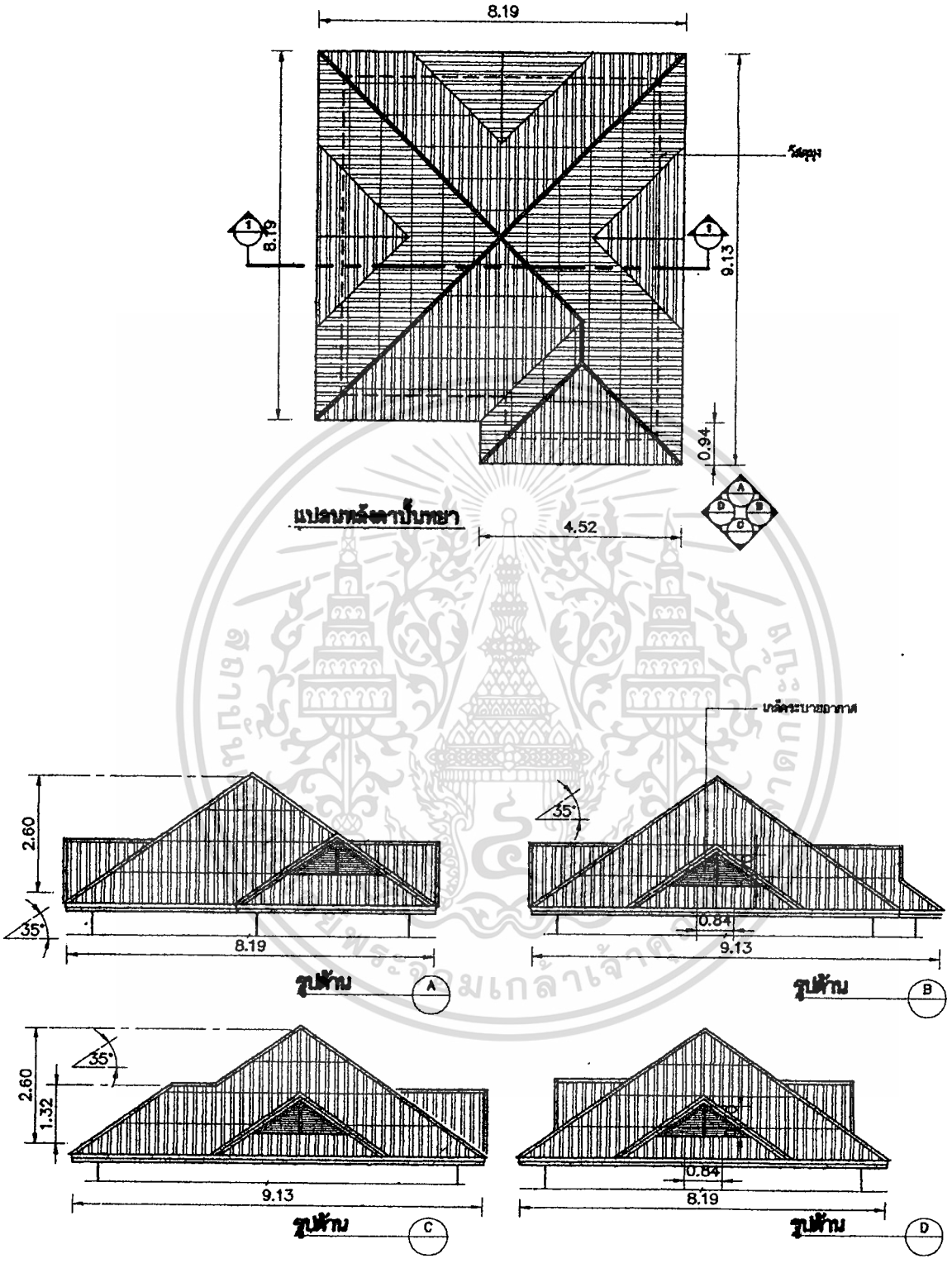
2. การนำเสนอรูปแบบการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 2

เป็นการออกแบบช่องเปิดของการระบายอากาศเป็นลักษณะของจั่วติดตั้งบนหลังทั้ง 4 ด้าน โดยมีช่องเปิดเป็นลักษณะของเกร็ดไม้เต็มพื้นที่ มีมุมของช่องเกร็ดที่ 60 องศา มีการยื่นของชายค่าออกมาเพื่อป้องกันฝนและยกขอบโดยรอบของบริเวณช่องเกร็ดนั้น เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝน โดยที่ช่องเกร็ดสามารถถอดออกล้างทำความสะอาดหรือเปลี่ยนแปลงได้ ภายในช่องเกร็ดกรุมุ้งลวดป้องกันแมลงอีกชั้นหนึ่ง บริเวณชายคาด้านนอกสำหรับลมเข้าติดตั้งแผงระบายอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

ตารางที่ 5.6 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 2

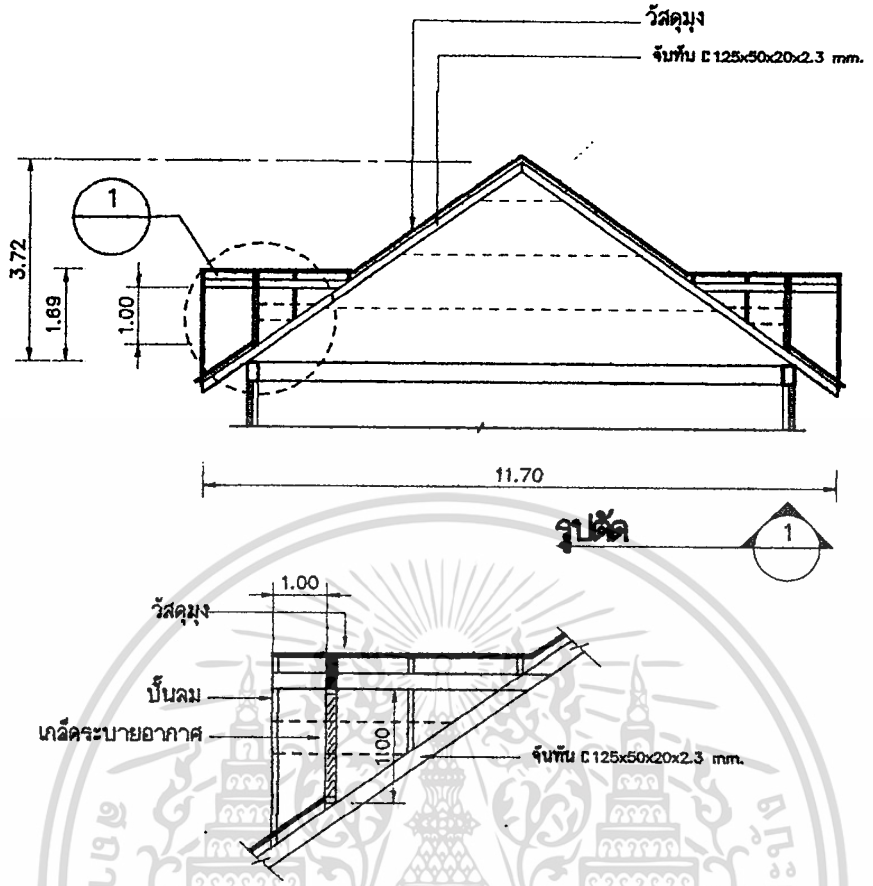
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1	หลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 1 มีช่องระบายอากาศด้านบนสำหรับลมออก เป็นลักษณะของหลังคาดอรัมเมอร์มาติดตั้งด้านบน		ช่องระบายอากาศบนสุดของหลังคาทั้ง 8 ด้าน 4.8384	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา - กรุมุ้งลวดภายในยื่นชายคามาเพื่อป้องกันฝน - มีขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำฝนไหลย้อน	- เป็นจั่วบนหลังคาทั้ง 4 ด้าน - ยกหลังคาด้านบนสุดเพื่อการระบายอากาศ มีลักษณะเป็นหลังคาครอบ - ติดตั้งรอยต่อของมุมกระเบื้อง	ดูแบบประกอบรายการหน้า 156
2	บริเวณชายคาด้านนอกสำหรับลมเข้าติดตั้งแผงระบายอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว	17.2800				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.21 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคา เพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงปั้นหยา รูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.22 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวิเคราะห์การอัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
2	รูปแบบหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ 2	กระเบื้องซีแพคโมเนีย กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2438 2638 2189	1.2300	17.2800	11.7143	1.8144	1.0266

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการระบายอากาศทางธรรมชาติของรูปแบบหลังคารูปทรงปั้นหยาแบบที่ 2 ประสิทธิภาพของการระบายอากาศของรูปทรงหลังคาปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศค่อนข้างต่ำกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่ไม่เหมาะสมในการระบายอากาศ

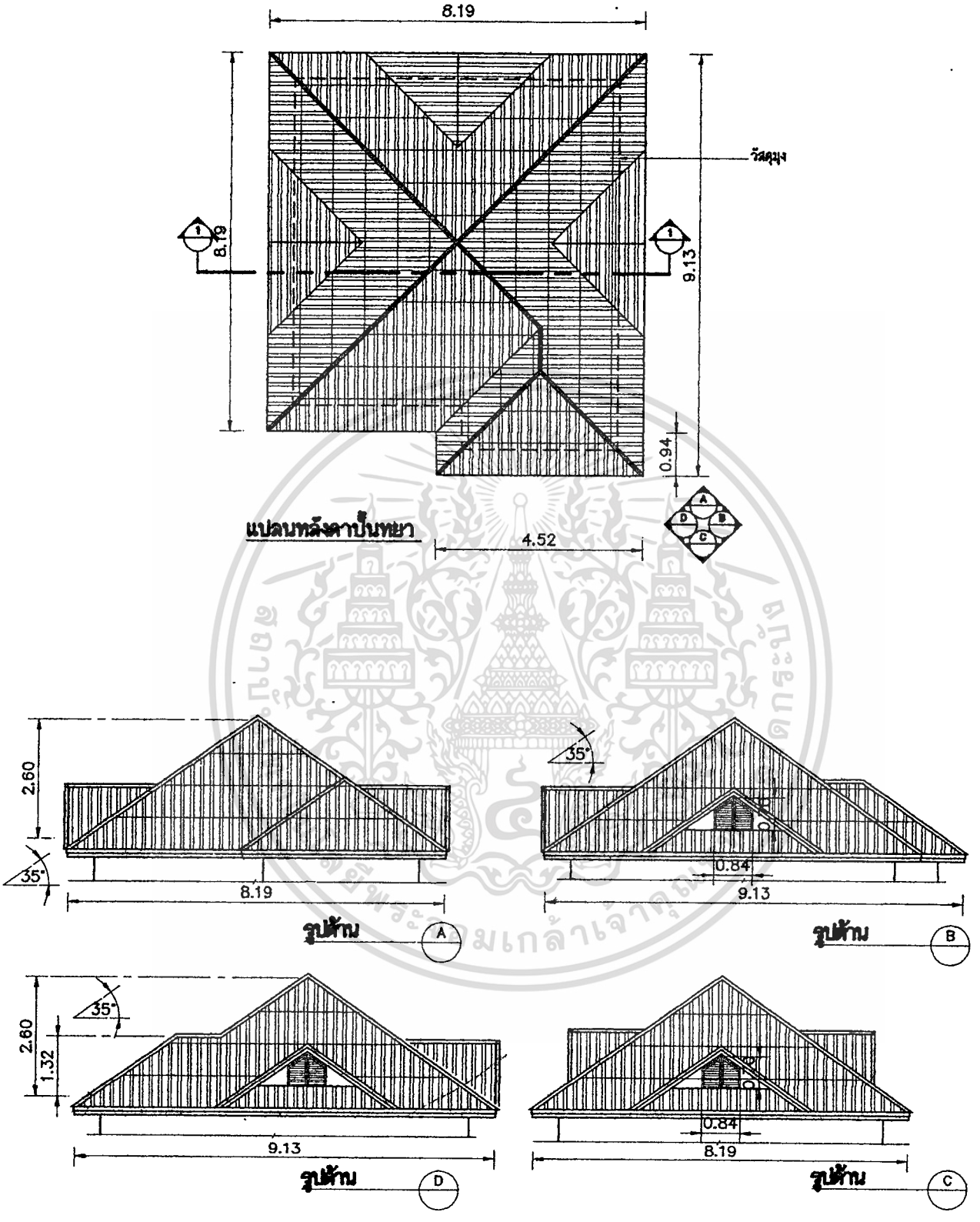
3. การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 3

ในส่วนของรูปแบบของการออกแบบช่องเปิดการระบายอากาศของรูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 3 เป็นลักษณะของการออกแบบเจาะช่องเปิดเป็นรูปทรงจั่วเข้าไปติดตั้งคือ ด้านหน้า และช่องเกร็ดสำหรับระบายอากาศก็จะเจาะไม่เต็มพื้นที่หน้าจั่ว เพื่อป้องกันฝนสาดเข้ามาภายในหลังคา โดยลักษณะช่องเปิดก็จะเป็นเกร็ดไม้เนื้อแข็ง มีมุมของช่องเกร็ด 60 องศา มีการยื่นชายคาออกมาเพื่อป้องกันฝนและยกขอบโดยรอบของเกร็ดไม้ป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝนภายในกรุมุ้งลวดสามารถถอดออกเพื่อทำความสะอาดได้ บริเวณชายคาด้านนอกสำหรับลมเข้าติดตั้งแผงระบายอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

ตารางที่ 5.8 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 3

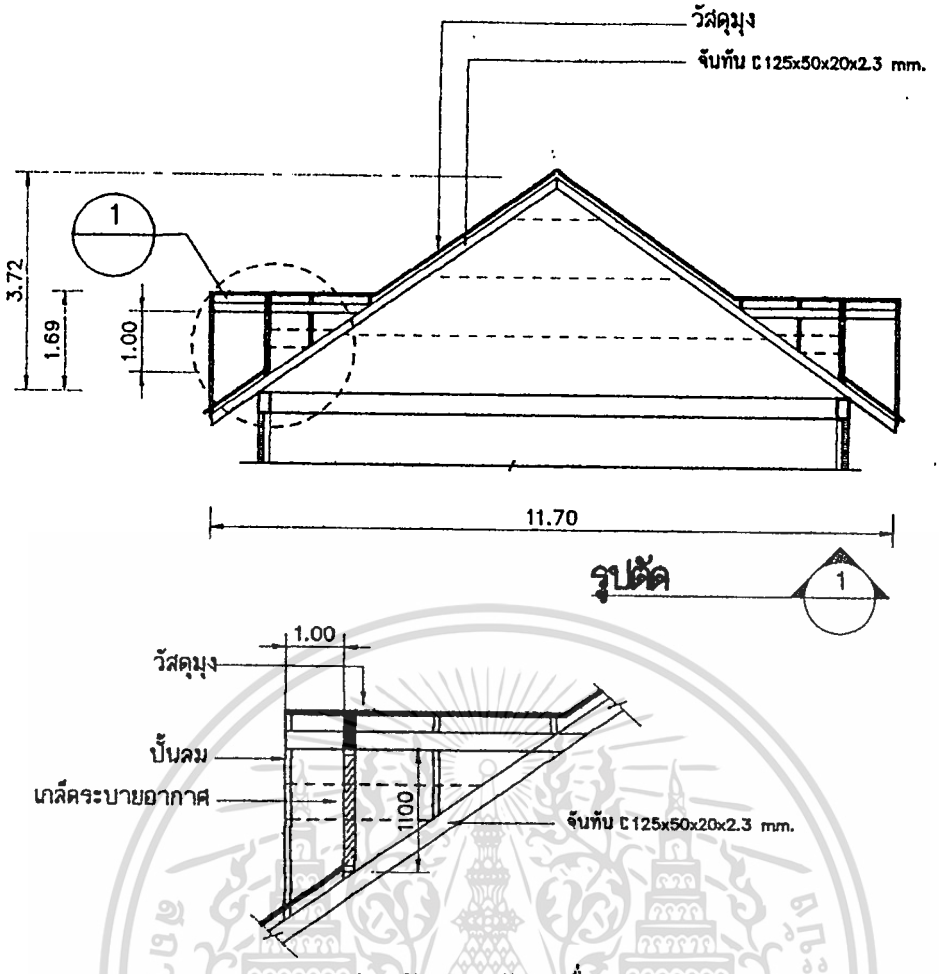
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1 2	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 3 ระบายอากาศด้านบนของหลังคาทั้ง3 ด้านเป็นลักษณะจั่วเปิด แต่ช่องระบายอากาศไม่เต็มพื้นที่ บริเวณชายคาด้านนอกสำหรับลมเข้าติดตั้งแผงระบายอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว	17:2800	ช่องระบายอากาศบนหลังคา ทั้ง 3 ด้าน = 1.8144	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา - กรุมุ้งลวดภายในยื่นชายคามาเพื่อป้องกันฝน - มีขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำฝนไหลย้อน	- เป็นจั่วบนหลังคาทั้ง 3 ด้าน ยกเว้นด้านหน้า - เป็นลักษณะของหลังคาจั่ว - ติดตั้งรอยต่อของมุมกระเบื้อง	ดูแบบประกอบรายการหน้า 159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิด สำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของ หลังคาปั้นหยา รูปแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.24 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
3	รูปแบบหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา รูปแบบที่ 3	กระเบื้องซีแพคโมเนียกระเบื้องซีเมนต์ไยหินกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2438 2638 2189	1..2300	17.2800	3.0943	6.8688	3.8864

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพของการระบายอากาศทางธรรมชาติของรูปแบบหลังคาทรงปั้นหยารูปแบบที่ 3 ประสิทธิภาพของการระบายอากาศมีอัตราการระบายอากาศมากกว่าปริมาณความถี่ที่สะสมอยู่ภายในหลังคาของวัสดุมุง 3 ชนิด จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสม

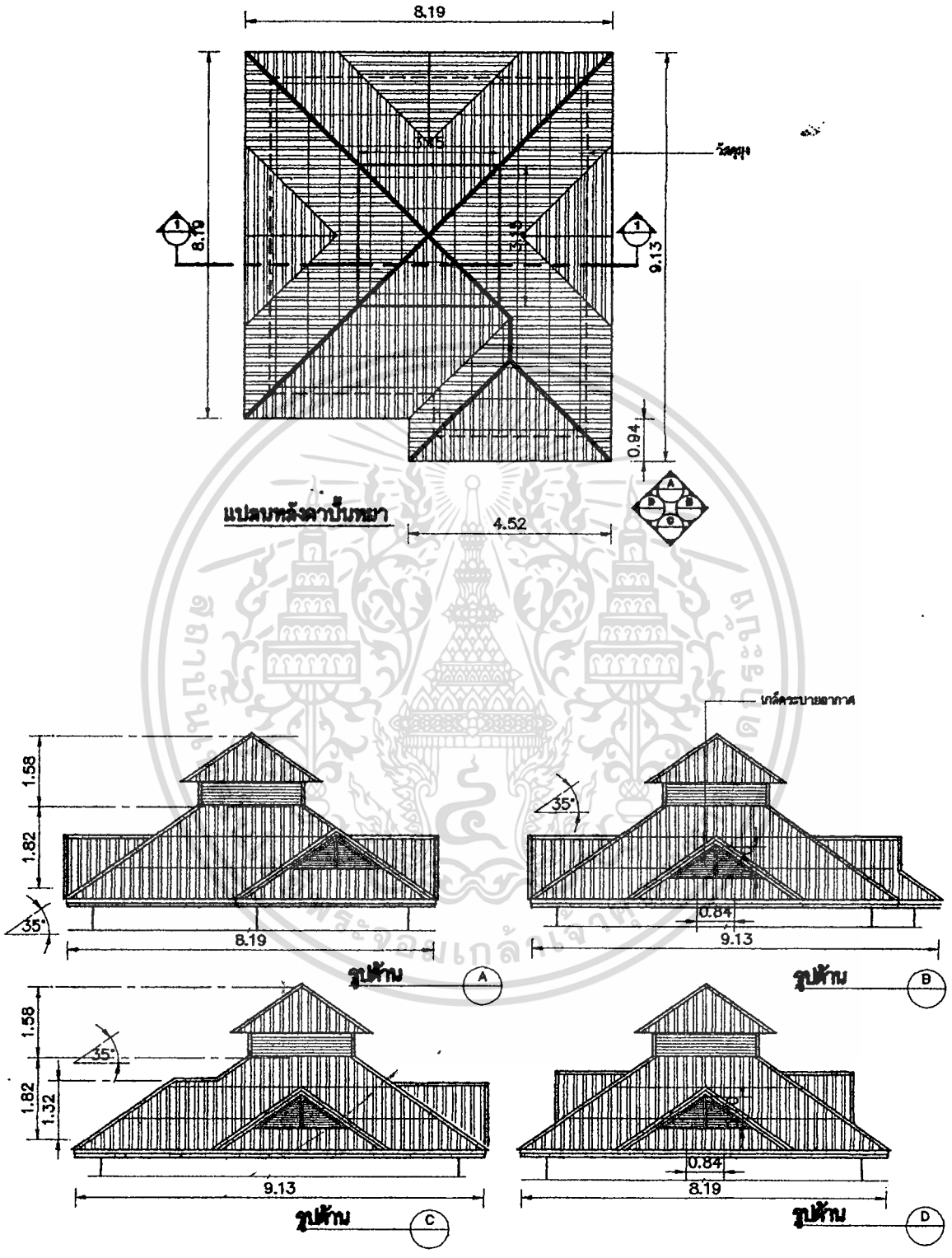
4. การนำเสนอรูปแบบการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 4

ลักษณะโดยทั่วไปของการเจาะช่องเปิดการระบายอากาศเป็นลักษณะของจั่วติดตั้งบนหลังทั้ง 4 ด้าน โดยมีช่องเปิดเป็นลักษณะของเกร็ดไม้เต็มพื้นที่ มีมุมของช่องเกร็ดที่ 60 องศา มีการยื่นของชายคาออกมาเพื่อป้องกันฝนและยกขอบโดยรอบของบริเวณช่องเกร็ดนั้น และตรงกลางของหลังคายกขึ้นเป็นส่วนระบายอากาศที่เพิ่มขึ้น เป็นลักษณะของเกร็ดระบายอากาศแบบไม้โดยรอบของส่วนของหลังคาที่ยกขึ้นโดยมีการยื่นของส่วนหลังคาโดยรอบที่เพิ่มขึ้น ส่วนของช่องเปิดเพื่อให้ลมเข้าเป็นลักษณะของช่องเปิดสำเร็จรูปบริเวณชายคาโดยรอบโดยการติดตั้งแผงระบายอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

ตารางที่ 5.10 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 4

ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิด	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2	ลมออก		
1	หลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 4 ระบายอากาศด้านบนสุดของหลังคา และมีการเปิดจั่วทั้ง 4 ด้านของหลังคา		ช่องระบายอากาศบนสุดของหลังคาทั้ง 4 ด้าน 9.8086	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา - กรุมุ้งลวดภายในยื่นชายคามาเพื่อป้องกันฝน - มีขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำฝนไหลย้อน	- เป็นจั่วบนหลังคาทั้ง 4 ด้าน - ยกหลังคาด้านบนสุดเพื่อการระบายอากาศ มีลักษณะเป็นหลังคาครอบ - ติดตั้งรอยต่อของมุมกระเบื้อง	ดูแบบประกอบรายการหน้า 162
2	บริเวณชายคาด้านนอกสำหรับลมเข้าติดตั้งแผงระบายอากาศที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว	17.2800				

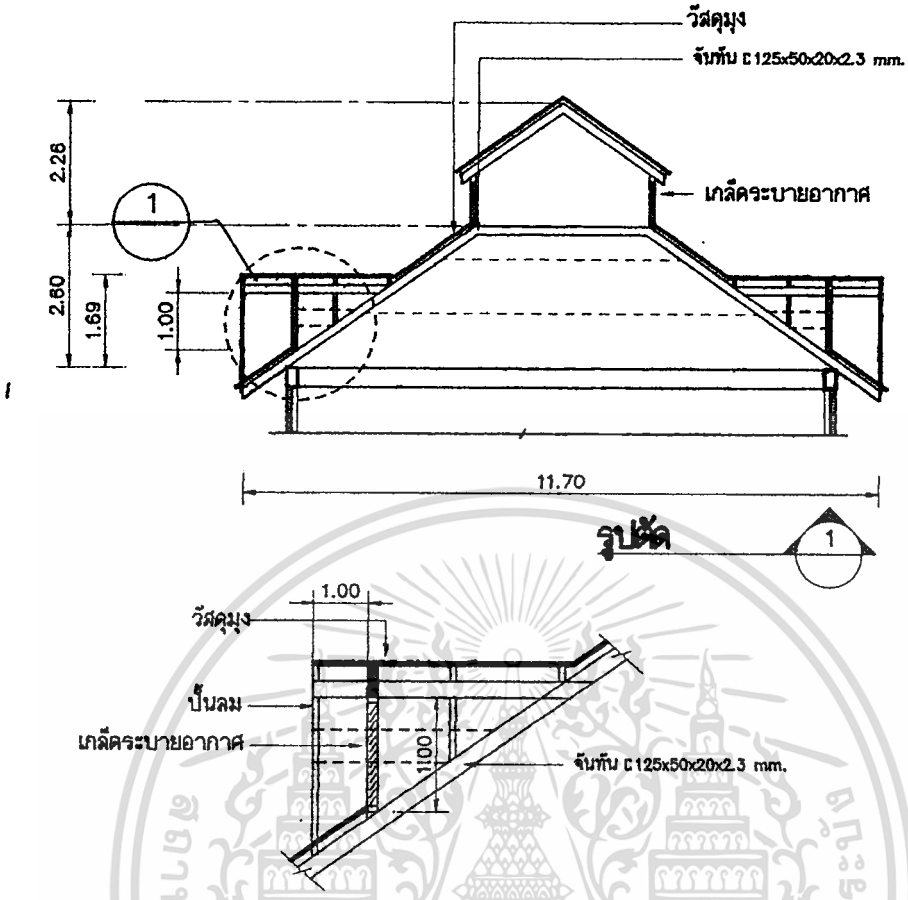
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.25 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังปั้นหยา

รูปแบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.26 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.11 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
4	รูปแบบหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ 4	กระเบื้องซีแพคโมเนีย กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2438 2638 2189	1.2300	17.2800	2.1669	9.8089	5.5497

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพของการระบายอากาศทางธรรมชาติของรูปแบบหลังคารูปทรงปั้นหยาแบบที่ 4 ยังมีประสิทธิภาพของอัตราการระบายอากาศมากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด และมีพื้นที่ในการระบายอากาศที่มากกว่าจึงถือว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการระบายอากาศ

5.3.5 ผลการวิเคราะห์การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ทั้ง 4 แบบ

จากผลการศึกษาการเจาะช่องเปิดของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ทั้ง 4 แบบ โดยกำหนดช่องทางลมเข้าจากภายใต้ฝ้าเพดานที่มีขนาดของช่องเปิดลมเข้าที่เท่ากันจะแตกต่างกันก็คือ การเปิดของช่องลมออกด้านบนหลังคาที่มีพื้นที่มาก จะมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่ดีกว่าและจะสามารถในการนำเอาความร้อนที่สะสมในโพรงหลังคาออกสู่ภายนอกอาคารได้ดีกว่า

ปัญหาที่พบเห็น

1. โครงสร้างของหลังคาที่มีการออกแบบให้เกิดการสลับซับซ้อน จะเกิดปัญหาตามรอยต่อของโครงสร้างหลังคานั้นๆ ในส่วนของการดำเนินการก่อสร้างจะต้องออกแบบและควบคุมการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการป้องกัน

2. การเปิดช่องเปิดบนหลังคาที่มีปริมาณมากเพื่อการระบายความร้อน อาจจะเป็นสาเหตุของการนำฝน ฝุ่นและแมลงเข้าสู่ภายในโพรงหลังคาในการป้องกันฝนผู้ออกแบบได้ใช้เกร็ดตีซ้อนกันในการป้องกันน้ำฝนไหลย้อนกลับเข้าสู่ภายในตัวอาคาร

3. การบำรุงรักษาและการเตรียมการบำรุงรักษาเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มประสิทธิภาพของการระบายอากาศด้านบนหลังคาเพื่อการถ่ายเทความร้อน

ตารางที่ 5.12 แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปแบบการเจาะช่องเปิดบนหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ทั้ง 4 รูปแบบ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
1	รูปแบบหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ 1	1.2300	17.2800	4.3929	4.8384	2.7376
2	รูปแบบหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ 2	1.2300	17.2800	11.7143	1.8144	1.0266

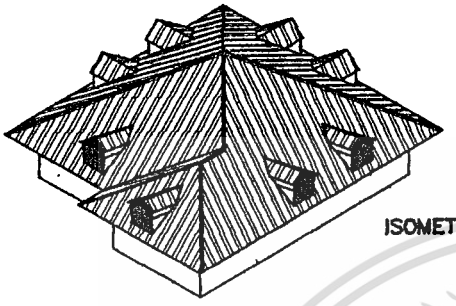
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.12 (ต่อ)

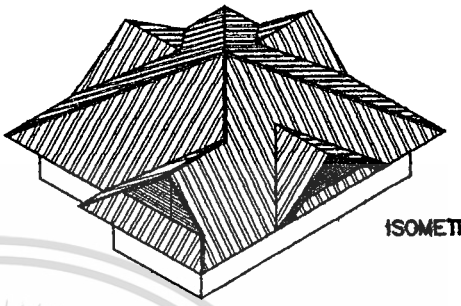
ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3 /S
3	รูปแบบหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ 3	1.2300	17.2800	3.0943	6.8688	3.8864
4	รูปแบบหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปแบบที่ 4	1.2300	17.2800	2.1669	9.8086	5.5497

รูปที่ 5.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของหลังคารูปทรงปั้นหยาทั้ง 4 แบบ

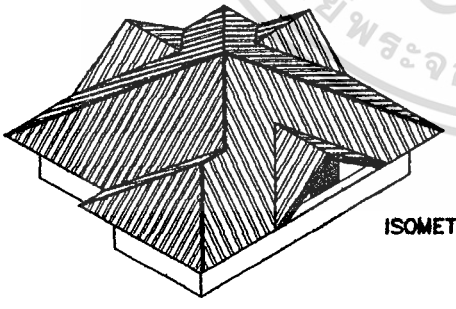
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



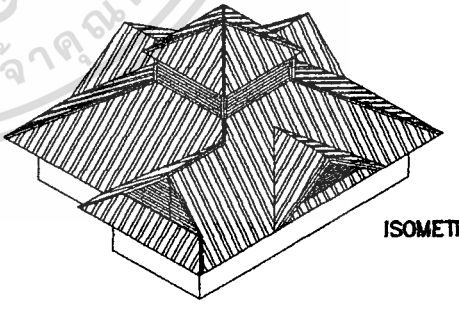
แบบขยายการระบายอากาศของหลังคาปั้นหยาแบบที่ 1



แบบขยายการระบายอากาศของหลังคาปั้นหยาแบบที่ 2



แบบขยายการระบายอากาศของหลังคาปั้นหยา แบบที่ 3



แบบขยายการระบายอากาศของหลังคาปั้นหยาแบบที่ 4

รูปที่ 5.28 แสดงรูปแบบการระบายอากาศของหลังคาทรงปั้นหยา ทั้ง 4 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.6 การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา

รูปแบบของหลังคารูปทรงจั่วเป็นลักษณะของหลังคาที่ได้รับความนิยมรูปแบบหนึ่งสำหรับบ้านพักอาศัย ขนาดกลางและเล็ก เนื่องจากลักษณะทางโครงสร้างที่ไม่ยุ่งยากนัก ค่าก่อสร้างของโครงสร้างหลังคาประเภทนี้จึงมีราคาไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างหลังคาในรูปแบบอื่น ทั้งลักษณะทางรูปทรงยังมีเอกลักษณ์ที่เป็นการแสดงออกทางท้องถิ่นและเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมของชาติได้อีกด้วย ในแง่ของการสะสมความร้อนของหลังคารูปแบบนี้ จากการศึกษาในเบื้องต้นพบว่ามุมขององศาหลังคาวัสดุมุงรวมถึงช่องเปิดเพื่อระบายอากาศมีผลต่อการสะสมความร้อนภายในตัวหลังคา

การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา จึงเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาการสะสมความร้อนภายในโพรงหลังคาและการนำเสนอรูปแบบเพื่อให้สอดคล้องกับรูปทรงของหลังคาทรงเดิมได้อีกด้วย

ผู้ออกแบบได้ศึกษาและนำเสนอวิธีการสำหรับการเพิ่มช่องเปิดของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา เพื่อเป็นแนวทางด้วยกัน 3 รูปแบบ โดยกำหนดให้ช่องเปิดสำหรับลมเข้าอยู่ด้านหน้าของจั่วโดยมีลักษณะของเกร็ดไม้ที่สามารถถอดล้างได้ และกรุมุ้งลวดภายในลักษณะของเกร็ดก็จะซ้อนกัน มุม 60 องศา โดยมีการทำบัวกันน้ำรอบเป็นขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำฝนและยื่นชายคาด้านบนเพื่อป้องกันไหลย้อนกลับของฝน ส่วนการเจาะช่องสำหรับลมออกด้านบนหลังคาก็จะมีลักษณะสำหรับการระบายอากาศด้านบนที่แตกต่างกันออกไปตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 1

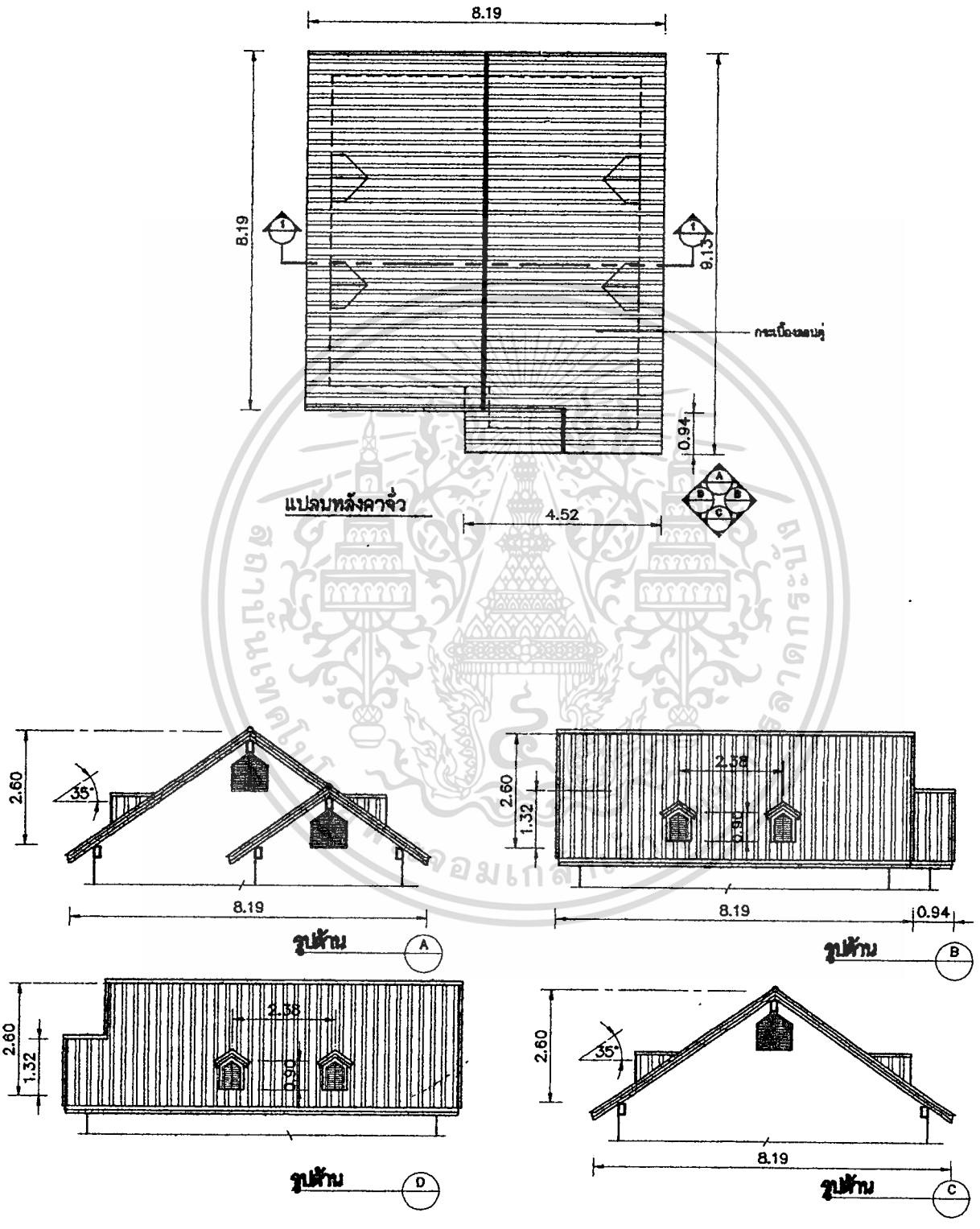
เป็นลักษณะของการออกแบบโดยให้ช่องเปิดของการระบายอากาศอยู่ด้านบนของหลังคา จำนวน 4 ช่อง โดยแบ่งเป็นครึ่งละ 2 ช่อง มีลักษณะของการระบายอากาศโดยเป็นเกร็ดไม้เนื้อแข้งอยู่ด้านหน้า มีการยื่นของหลังคาออกมาคลุมและมีขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝนมีมุมของเกร็ดไม้ที่ 60 องศา สามารถถอดล้างได้ ทำความสะอาดได้ภายในกรุมุ้งลวดอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันแมลงและฝุ่นละออง บริเวณช่องลมเข้าอยู่ด้านหน้าของหลังคาทรงจั่ว เป็นลักษณะของเกร็ดไม้เนื้อแข้งเข้ามุม 60 องศา โดยมีการติดตั้งจั่วระบายอากาศทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.13 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาทรงจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 1

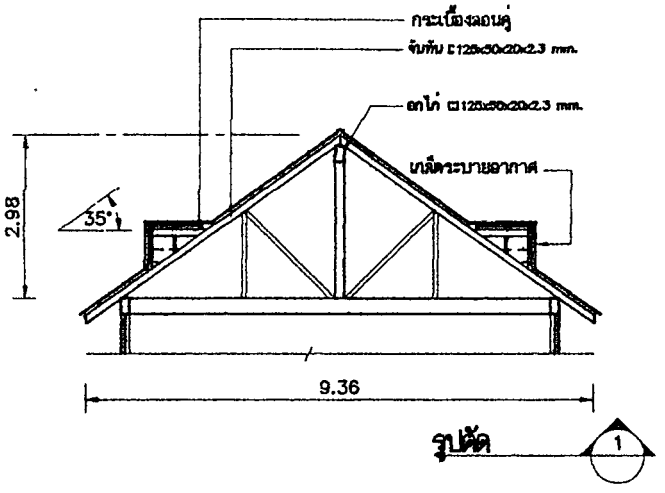
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1 2	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 1 ระบายอากาศด้านบนสุดของหลังคา เป็นจั่วเข้ามาติดตั้งบนหลังคาทั้ง 4 ช่อง บริเวณจั่วด้านหน้าเป็นลักษณะของลมเข้าและลมออกด้านหน้ากับด้านหลัง	1.2096	2.4192	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา - กรุมุ้งลวดภายในเพื่อป้องกันฝน - มีขอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำฝนไหลย้อน	- เป็นช่องเปิดแบบจั่วมาติดตั้งตรงหลังคาส่วนบนสุดเพื่อการระบายอากาศ	ดูแบบประกอบรายการหน้า 169

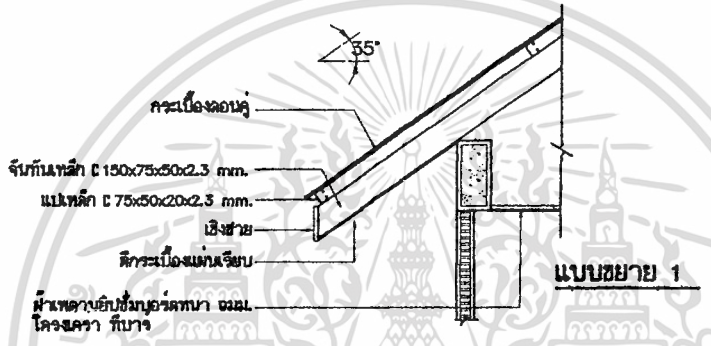
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.29 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่ว รูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 5.30 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.14 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3 /S
1	รูปแบบหลังคา รูปทรงจั่ว มุม 35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนียกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2441 2641 2192	1.2300	1.2096	0.6150	2.4192	1.3688

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาพบว่า รูปแบบของการเจาะช่องระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 1 มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่ต่ำกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุมทั้ง 3 ชนิด จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่ไม่เหมาะสมในการระบายอากาศของหลังคา

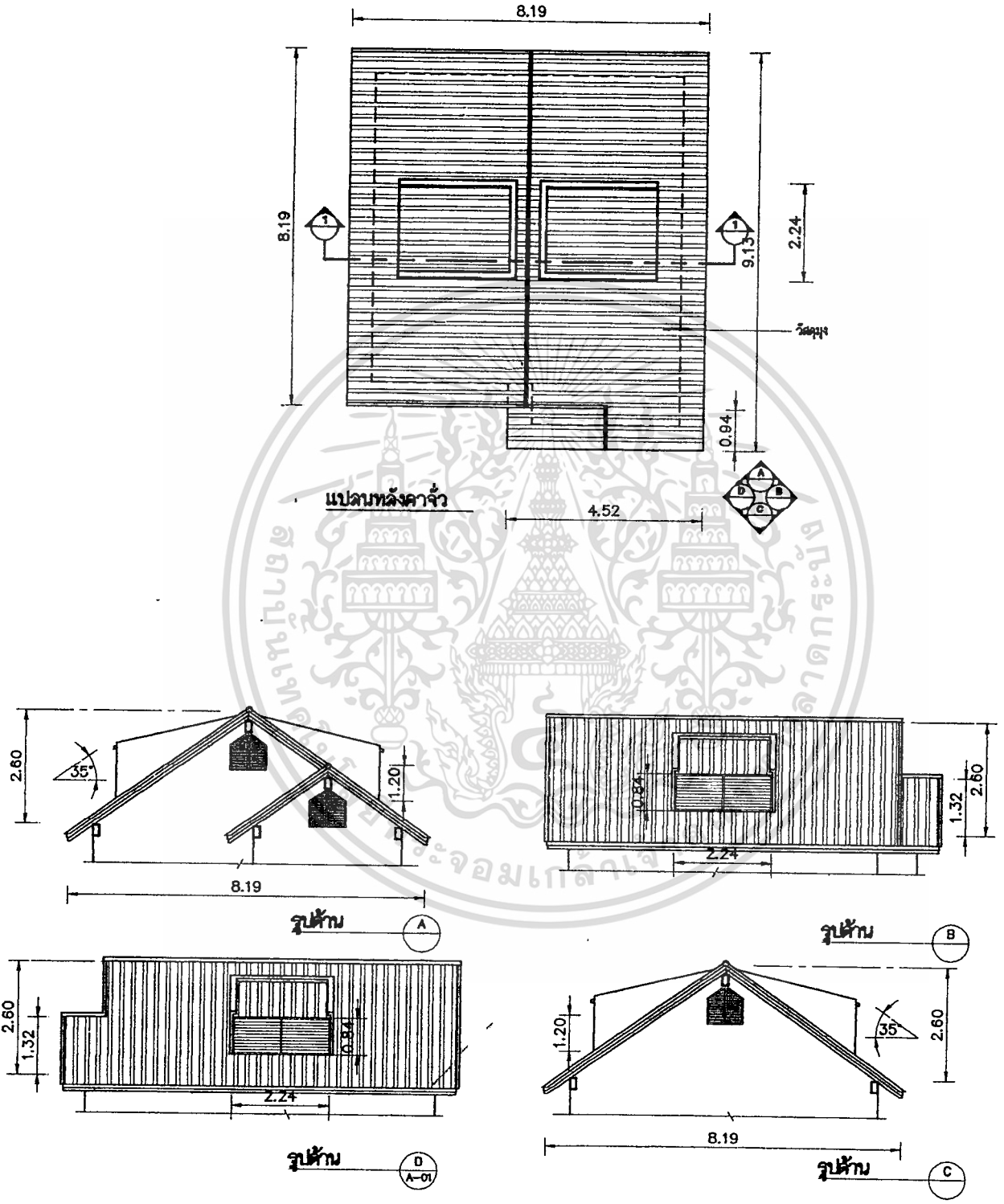
2. การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศาในรูปแบบที่ 2

เป็นลักษณะของการเปิดช่องระบายอากาศด้านบนของหลังทรงจั่ว จะมีการเจาะช่องระบายอากาศอยู่ตรงกลางของมุมความลาดเอียงของหลังคาทั้ง 2 ด้าน โดยมีลักษณะของหลังคาที่ลาดเอียงจากส่วนของรอยต่อกระเบื้องด้านบนยื่นมาปิดส่วนที่เป็นเกร็ดระบายอากาศ การระบายอากาศเป็นลักษณะของช่องเปิดแบบเกร็ดไม้เนื้อแข็งทำมุมที่ 60 องศา มีการกรุมุ้งลวดภายในและมีช่องเกร็ดสำหรับถอดล้างได้ มีการป้องกันฝนโดยยื่นหลังคามาคลุมส่วนที่ระบายอากาศ

ตารางที่ 5.15 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 2

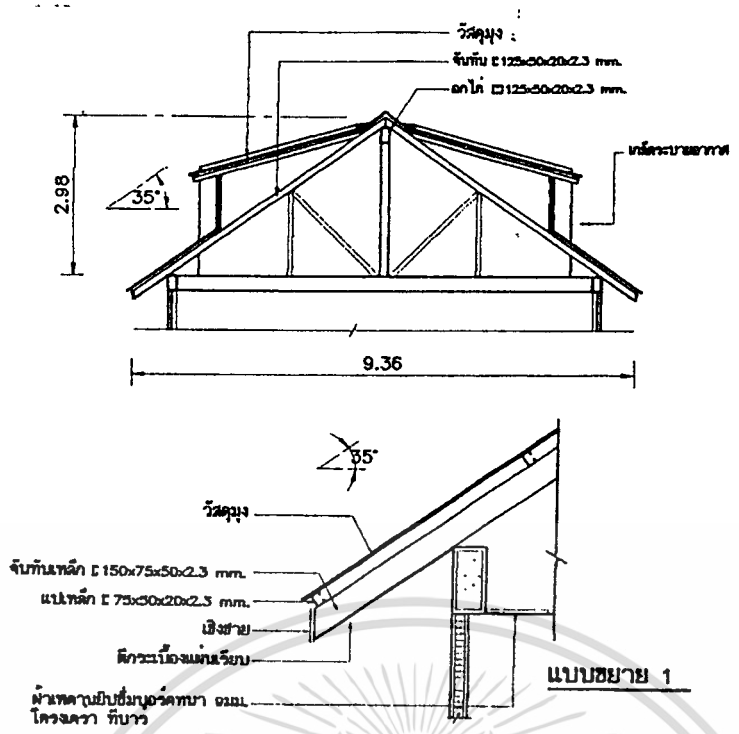
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1 2	หลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 2 ระบายอากาศด้านบนสุดของหลังคา เป็นลักษณะของช่องระบายอากาศเข้ามาติดตั้ง บริเวณจั่วด้านหน้าเป็นลักษณะของลมเข้าด้านหน้าและด้านหลัง	0.612	4.338	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 30 องศา - กรุมุ้งลวดภายในถอดล้างได้เพื่อป้องกันน้ำฝน - มีการยกขอบรอบเกร็ดไม้ ติดตั้งบริเวณจั่วด้านหน้าและด้านหลัง	เป็นโครงสร้างแบบโครงเหล็ก มีมุมหลังคาไม่ขนาดกับมุมหลังคาเดิมเข้ามาติดตั้งเพื่อการระบายอากาศ	ดูแบบประกอบรายการหน้า 172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.31 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคา
รูปทรงจั่ว รูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.32 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.16 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3 /S
2	รูปแบบหลังคา รูปทรงจั่ว มุม 35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2441 2641 2192	1.2300	0.612	0.1735	4.338	2.4544

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

จากการศึกษาพบว่า รูปแบบของการเจาะช่องระบายอากาศของรูปทรงหลังคาหน้าจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศมากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการระบายอากาศของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

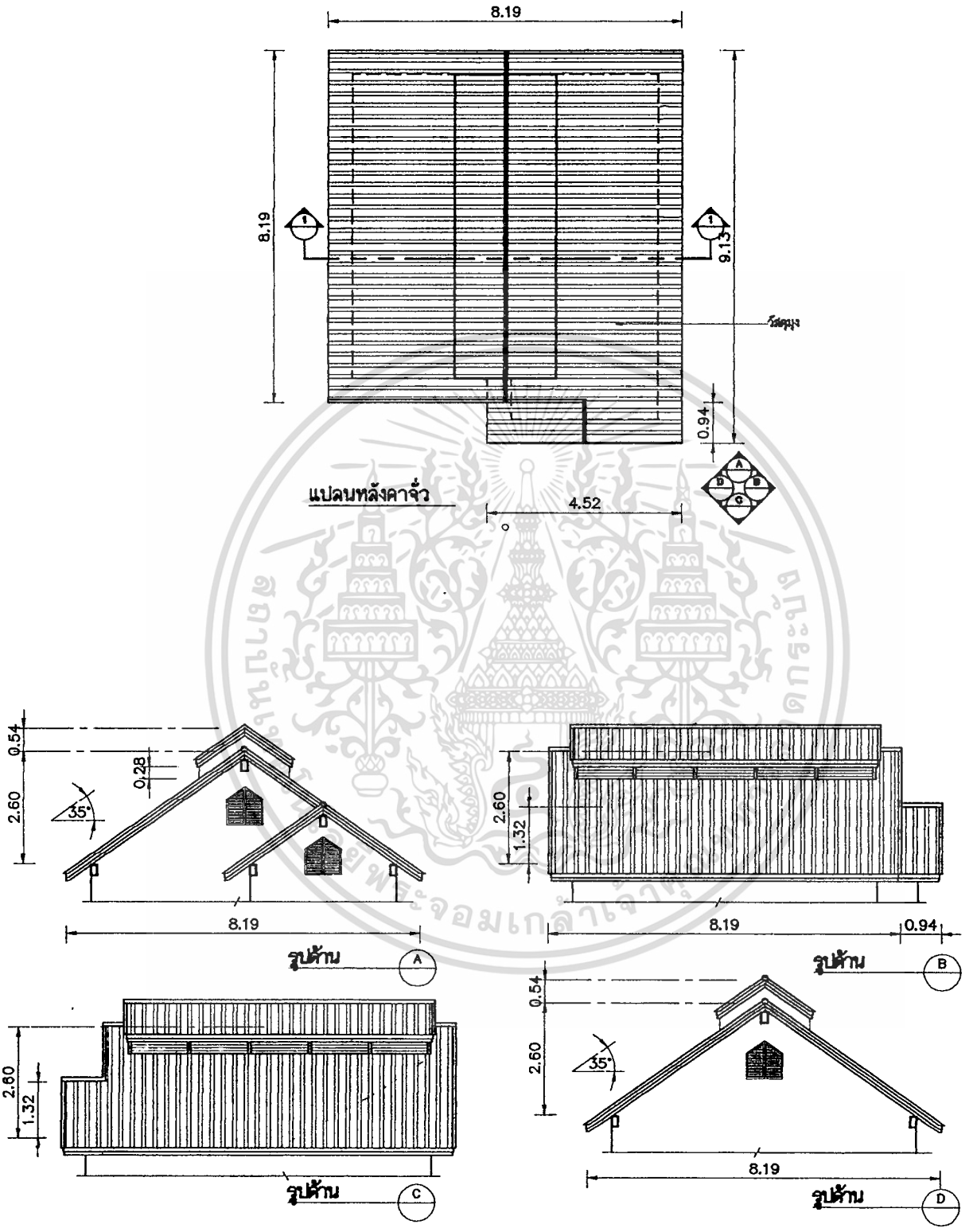
3. การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 3

เป็นลักษณะของการเจาะช่องระบายอากาศแบบยก 2 ชั้น ด้านบนสุดของหลังคาโดยการซ้อนหลังคารูปทรงเดียวกันยกไปไว้ด้านบนสุดของสันหลังคา โดยมีมุมที่เท่ากับโครงสร้างหลังคาตัวใหญ่และมีการยื่นชายคาของหลังคาตัวเล็กด้านบนมาเพื่อป้องกันน้ำฝนสาดเข้าบริเวณช่องเกร็ดไม้ระบายอากาศที่ติดตั้งบริเวณของความสูงที่ยกขึ้นไปเป็นลักษณะของโครงสร้างหลังคาที่ง่ายต่อการก่อสร้าง สำหรับหลังคารูปทรงจั่วแบบมุม 35 องศา การระบายอากาศก็มีการติดตั้งช่องเกร็ดระบายอากาศตลอดแนวทั้ง 2 ด้าน โดยที่มีวัสดุเป็นไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา กรุมุ้งลวดภายในถอดล้างได้ มีการยกขอบป้องกันน้ำฝนไหลย้อนกลับ การระบายอากาศสำหรับช่องลมเข้าจะเป็นเกร็ดไม้สำหรับติดตั้งบริเวณจั่วด้านหน้าและด้านหลังทั้ง 2 ด้าน เป็นลักษณะของเกร็ดไม้เนื้อแข็งกรุมุ้งลวดภายในถอดล้างได้

ตารางที่ 5.17 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 3

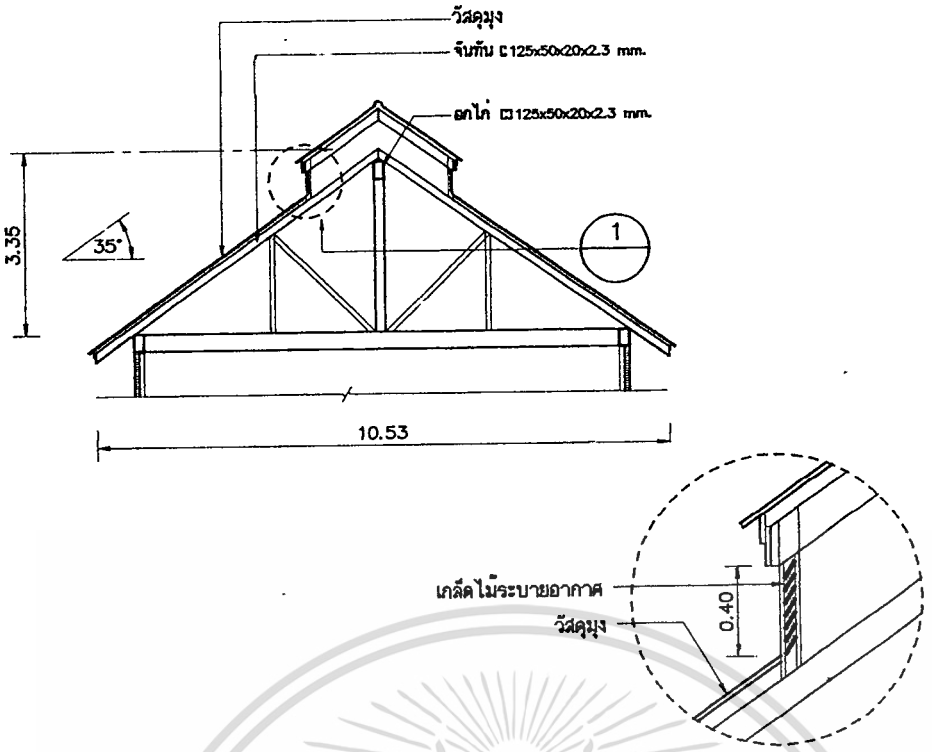
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1 2	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 3 ระบายอากาศด้านบนสุดของหลังคา โดยยกขึ้นเป็นหลังคาครอบอีกชั้นหนึ่ง บริเวณจั่วด้านหน้าเป็นลักษณะของลมเข้าและลมออกด้านหน้ากับด้านหลัง	1.2096	4.4268	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 30 องศา - กรุมุ้งลวดเพื่อป้องกันน้ำฝน - มีการยกขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำไหลย้อนกลับ	- เป็นโครงสร้างหลังคาที่ยกหลังคาขึ้นไปอีกชั้นหนึ่งบริเวณด้านบนสุดของหลังคา	ดูแบบประกอบรายการหน้า 175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.33 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิด สำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่ว 35 องศา รูปแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.34 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.18 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3 /S
3	รูปแบบหลังคา รูปทรงจั่ว มุม 35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2441 2641 2192	1.2300	1.2096	0.3361	4.4268	2.5047

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

จากการศึกษาพบว่า รูปแบบของการเจาะช่องระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงจั่ว มุม 35 องศา ในรูปแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่มากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการระบายอากาศของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.7 ผลการวิเคราะห์การนำเสนอรูปแบบอาการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ทั้ง 3 แบบ

จากผลการศึกษาและการออกแบบเจาะช่องเปิดของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ทั้ง 3 แบบ โดยกำหนดให้ลมเข้าอยู่ด้านหน้าของจั่วหลังคา

จากการศึกษาการออกแบบช่องเปิดของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา ทั้ง 3 แบบ โดยกำหนดลมเข้าจากด้านหน้าของจั่วส่วนหลังคาด้านหน้าและด้านหลังจะแตกต่างก็คือ ช่องลมออกด้านบนสุดของหลังคารูปแบบของการระบายอากาศที่มีช่องเปิดที่มีพื้นที่สำหรับการระบายอากาศออกที่มากกว่าก็จะมีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนที่สะสมในโพรงหลังคาออกสู่ภายนอกอาคารได้ดีกว่าและความเร็วลมด้านนอกอาคารก็จะมีผลต่อการประสิทธิภาพต่อการระบายอากาศได้โดยตรง

ปัญหาที่พบเห็น

1. รูปแบบของหลังคาทรงจั่ว มุม 35 องศา มีการออกแบบเจาะช่องเปิดของหลังคาเพื่อการระบายอากาศด้านบนหลังคาเท่านั้น เพราะการเลือกการเจาะช่องเปิดจะต้องศึกษาเพื่อการวางตำแหน่งทางโครงสร้างที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการรั่วซึมของรอยต่อหลังคา ซึ่งโครงสร้างของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา จะมีลักษณะทางโครงสร้างที่สลับซับซ้อนน้อยกว่ารูปแบบของหลังคาทรงปั้นหยามุม 35 องศา

2. ช่องเปิดต่าง ๆ ในการออกแบบเพื่อการระบายอากาศก็อาจนำมาถึงเรื่องของฝน ฝุ่นละอองและแมลงต่าง ๆ ซึ่งผู้ออกแบบได้นำเสนอแนวทางในการป้องกันไว้ในระดับหนึ่งเพื่อแก้ปัญหาสิ่งที่จะเกิดขึ้น

3. การบำรุงและรักษาช่องเปิดต่างๆ รวมทั้งการทำความสะอาดก็จะทำให้การระบายอากาศมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

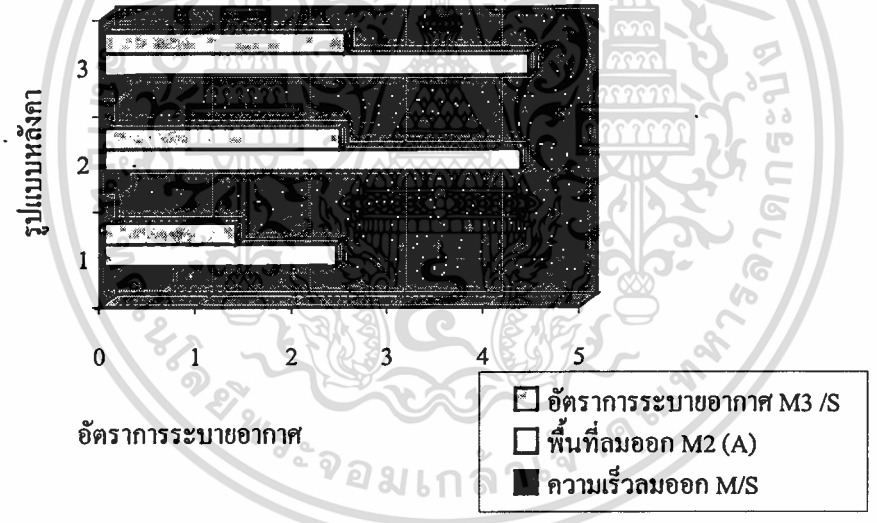
ตารางที่ 5.19 แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปแบบการเจาะช่องเปิดบนหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ทั้ง 3 รูปแบบ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
1	รูปแบบหลังคา รูปทรงจั่วมุม 35 องศา (ลมระบายทางด้านบน)	1.2300	1.2096	0.6150	2.4192	1.3688

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

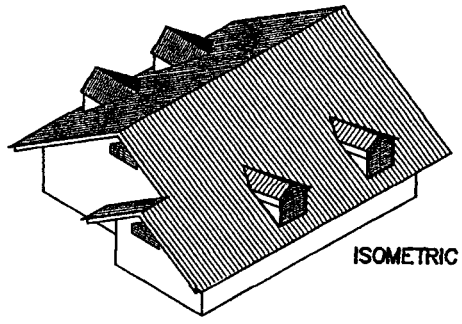
ตารางที่ 5.19 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3 /S
2	รูปแบบหลังคา รูปทรงจั่ว มุม 35 องศา แบบมีเกร็ดระบายอากาศ (ลมระบายทางด้านบน)	1.2300	0.612	0.1735	4.338	2.4544
3	รูปแบบหลังคา รูปทรงจั่วมุม 35 องศา 2 ชั้น ลมระบายทางด้านบน)	1.2300	1.2096	0.1366	4.4268	2.5047

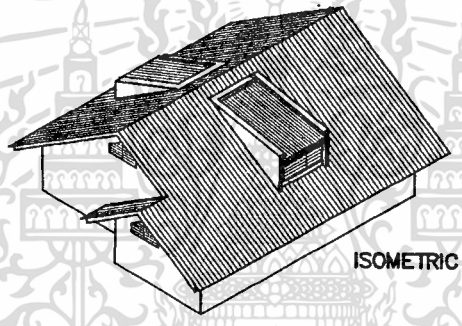


รูปที่ 5.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ทั้ง 3 แบบ

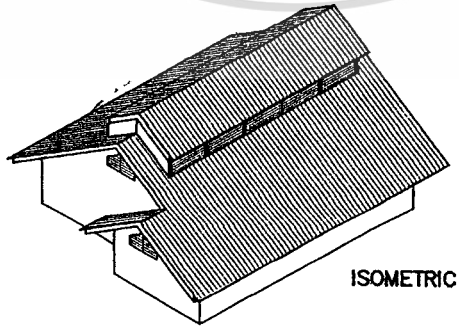
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแบบการระบายอากาศของหลังคาจั่ว 35° รูปแบบที่ 1



รูปแบบการระบายอากาศของหลังคาจั่ว 35° รูปแบบที่ 2



รูปแบบการระบายอากาศของหลังคาจั่ว 35° รูปแบบที่ 3

รูปที่ 5.36 แสดงรูปแบบการระบายอากาศของหลังคาทรงจั่ว มุม 35 องศา ทั้ง 3 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.8 การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา

รูปแบบของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา เป็นลักษณะโครงสร้างหลังคาที่มีมุมที่ค่อนข้างจะสูงขึ้น มีพื้นที่ภายในโครงหลังคาที่มากกว่าพื้นที่รูปทรงอื่น ไม่ค่อยจะเป็นที่นิยมนักสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยขนาดเล็กเนื่องจากโครงสร้างของหลังคาจะมีราคาที่แพงกว่าโครงสร้างของรูปทรงอื่นโดยทั่วไป ในเรื่องของสัดส่วนและความสวยงามอาจจะดูไม่เหมาะสมนักสำหรับบ้านพักอาศัยขนาดเล็กมีพื้นที่ของขนาดตัวบ้านไม่มากนัก รูปทรงหลังคามุม 60 องศา ลักษณะคล้ายกับหลังคาบ้านทรงไทยในอดีต มีการป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝนได้เป็นอย่างดี ในแง่ของการสะสมความร้อนของหลังคารูปแบบนี้ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่ามุมขององศาหลังคา วัสดุมุง พื้นที่ของตัวหลังคา ความสูงของตัวหลังคาจะมีผลต่อการสะสมความร้อนที่อยู่ภายในหลังคา

การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา จึงเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาการสะสมความร้อนภายในโพรงหลังคา และการนำเสนอรูปแบบเพื่อให้สอดคล้องกับรูปทรงหลังคาแบบเดิมอีกด้วย

ผู้ออกแบบได้ศึกษาและนำเสนอวิธีการเพิ่มช่องเปิดของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา เพื่อเป็นแนวทางด้วยกัน 3 รูปแบบ โดยมีลักษณะของการเจาะช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศแบบเดียวกับรูปทรงจั่วมุม 35 องศา โดยกำหนดช่องเปิดลมเข้าอยู่ด้านหน้าของตัวจั่วหลังคา มีลักษณะเป็นเกร็ดได้ที่สามารถถอดล้างได้และกรุมุ้งลวดอยู่ภายใน ลักษณะของเกร็ดจะซ้อนกันมุม 60 องศา โดยมีการทำปูนเป็นขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำฝนไหลย้อนกลับขนาดของช่องเกร็ดสำหรับลมเข้าจะมีขนาดที่มากกว่าเกร็ดลมเข้าของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา มีการยื่นชายคาด้านบนเพื่อป้องกันฝนสาดเข้ามาภายในโพรงหลัง สำหรับช่องเปิดเพื่อระบายลมออกด้านบนมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 1

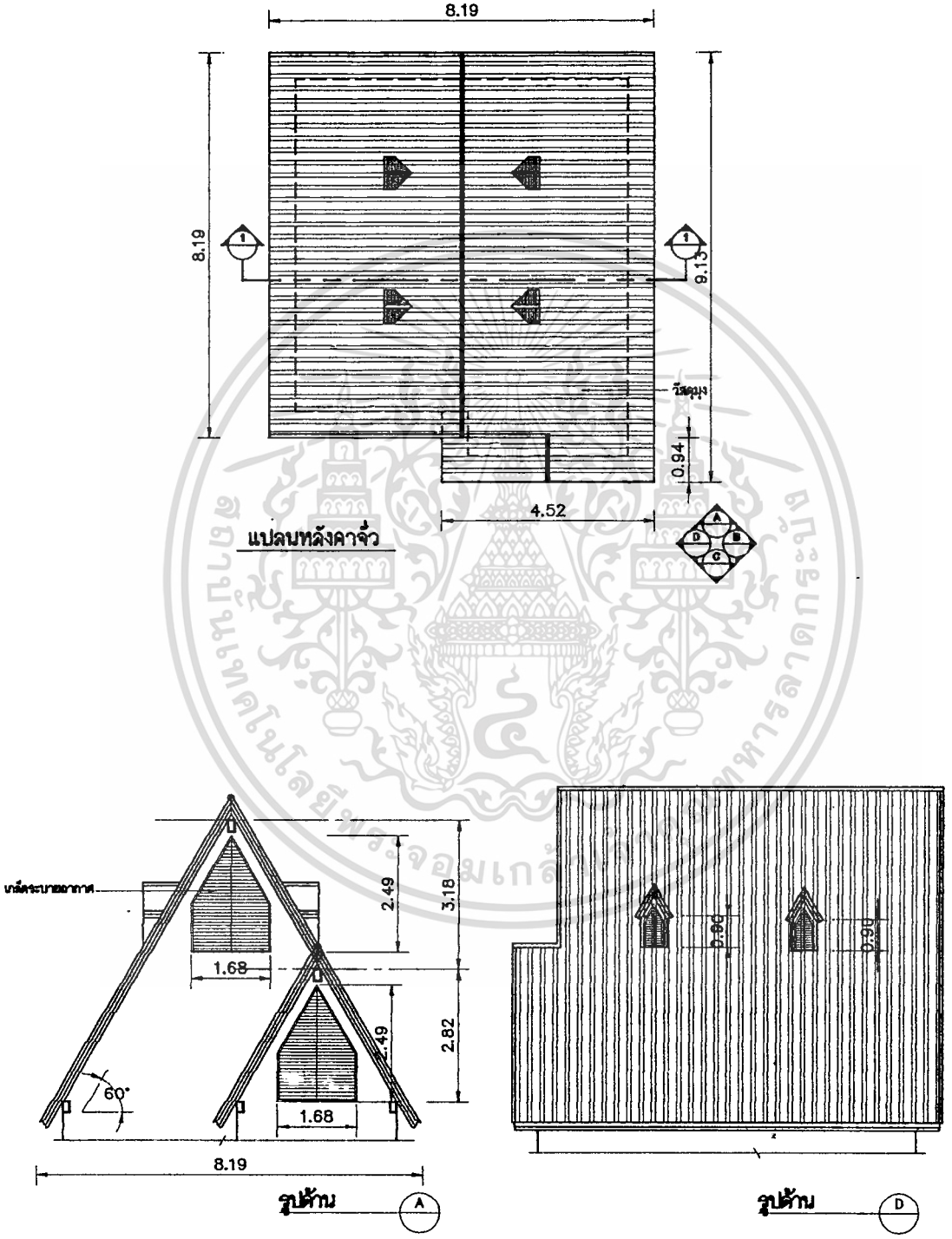
เป็นลักษณะของการออกแบบโดยให้ช่องเปิดของการระบายอากาศอยู่ด้านบนของหลังคา จำนวน 4 ช่อง โดยแบ่งเป็นครึ่งละ 2 ช่อง มีลักษณะของการระบายอากาศโดยเป็นเกร็ดไม้เนื้อแข็งอยู่ด้านหน้า มีการยื่นของหลังคาออกมาคลุมและมีขอบบัวกันน้ำรอบเกร็ดไม้ เพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำฝน มีมุมของเกร็ดไม้ที่ 60 องศา สามารถถอดล้างได้ ทำความสะอาดได้ภายในกรุมุ้งลวดอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันแมลงและฝุ่นละออง บริเวณช่องลมเข้าอยู่ด้านหน้าของหลังคาทรงจั่ว เป็นลักษณะของเกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา โดยมีการติดตั้งจั่วระบายอากาศทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.20 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 1

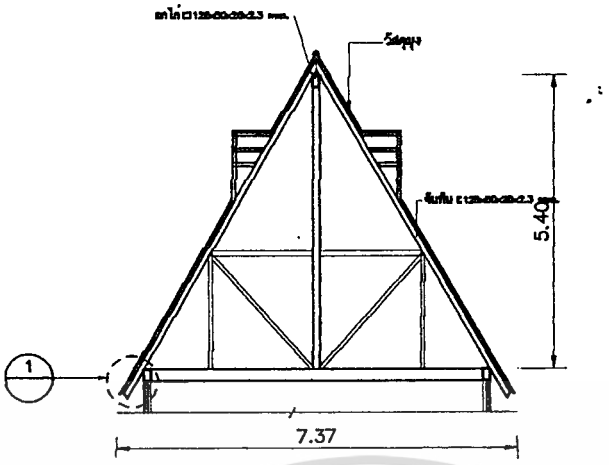
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1 2	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 1 ระบายอากาศด้านบนสุดของหลังคา เป็นจั่วเข้ามาติดตั้งบนหลังคาทั้ง 4 ช่อง บริเวณจั่วด้านหน้าเป็นลักษณะของลมเข้าและลมออกด้านหน้ากับด้านหลัง	7.776	6.3072	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา - กรุมุ้งลวดภายใน เพื่อป้องกันน้ำฝน - มีขอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำไหลย้อนกลับ	- เป็นช่องเปิดแบบจั่ว มาติดตั้งตรงหลังคาส่วนบนสุด เพื่อการระบายอากาศ	ดูแบบประกอบรายการหน้า 182

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.37 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคา
รูปทรงจั่ว มุม 60 องศา รูปแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.38 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.21 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
1	รูปแบบหลังคา รูปทรงจั่ว มุม 60 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	3203 3442 2977	1.2300	7.776	7.5164	6.3072	3.5686

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

จากการศึกษาพบว่า รูปแบบของการเจาะช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 1 มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่มากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการระบายอากาศของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

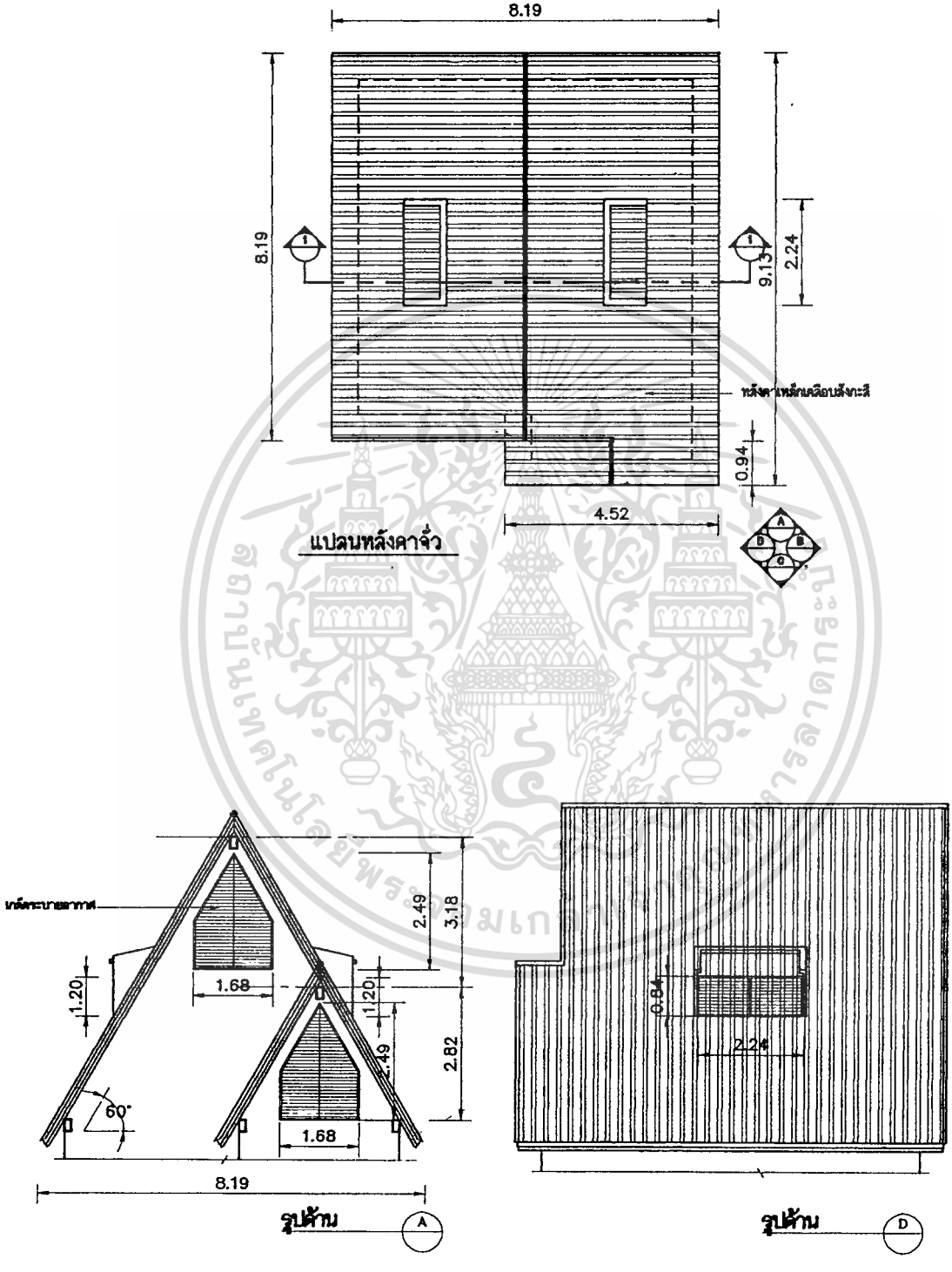
2. การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 2

เป็นลักษณะของการเปิดช่องระบายอากาศด้านบนของหลังคาทรงจั่ว จะมีการเจาะช่องระบายอากาศอยู่ตรงกลางของมุมความลาดเอียงของหลังคาทั้ง 2 ด้าน โดยมีลักษณะของหลังคาที่ลาดเอียงจากส่วนของรอยต่อกระเบื้องด้านบนขึ้นมาปิดส่วนที่เป็นเกร็ดระบายอากาศ การระบายอากาศเป็นลักษณะของช่องเปิดแบบเกร็ดไม้เนื้อแข็งทำมุมที่ 60 องศา มีการกรุมุ้งลวดภายในและมีช่องเกร็ดสำหรับสอดคล้องได้ มีการป้องกันฝนโดยยื่นหลังคามาคลุมส่วนที่ระบายอากาศ

ตารางที่ 5.22 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 2

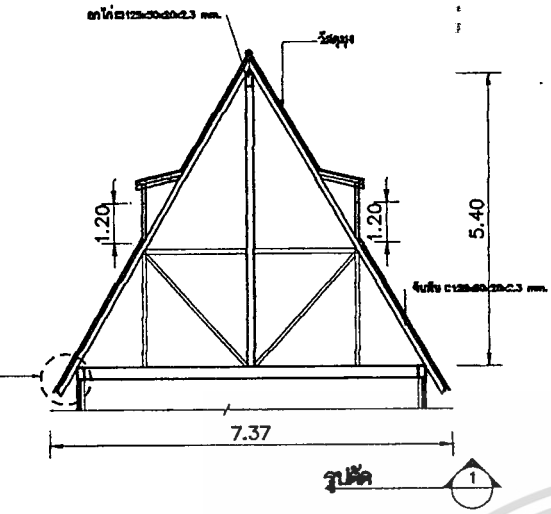
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1 2	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 2 ระบายอากาศด้านบนสุดของหลังคา เป็นลักษณะของช่องระบายอากาศเข้ามาติดตั้ง บริเวณจั่วด้านหน้า เป็นลักษณะของลมเข้าด้านหน้าและด้านหลัง	7.776	73.296	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา - กรุมุ้งลวดภายในถอดล้างได้ เพื่อป้องกันน้ำฝน - มีการยกขอบรอบเกร็ดไม้ติดตั้งบริเวณจั่วด้านหน้าและด้านหลัง	- เป็นโครงสร้างแบบโครงหลังคา มีมุมหลังคาไม่ขนาดกับมุมหลังคาเดิมเข้ามาติดตั้ง เพื่อการระบายอากาศ	ดูแบบประกอบรายการหน้า 185

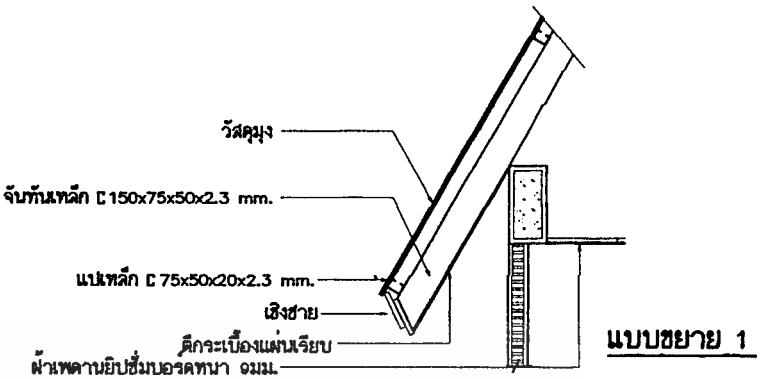
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.39 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา รูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 5.40 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.23 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2(A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2(A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
2	รูปแบบหลังคา รูปทรงจั่ว มุม 60 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	3203 3442 2977	1.2300	7.776	0.7194	13.296	7.5229

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

จากการศึกษาพบว่า รูปแบบของการเจาะช่องระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศมากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด และยังมีอัตราการระบายอากาศมากที่สุดของรูปแบบหลังคาทรงจั่ว มุม 60 องศา ทั้ง 3 รูปแบบ จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการระบายอากาศของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

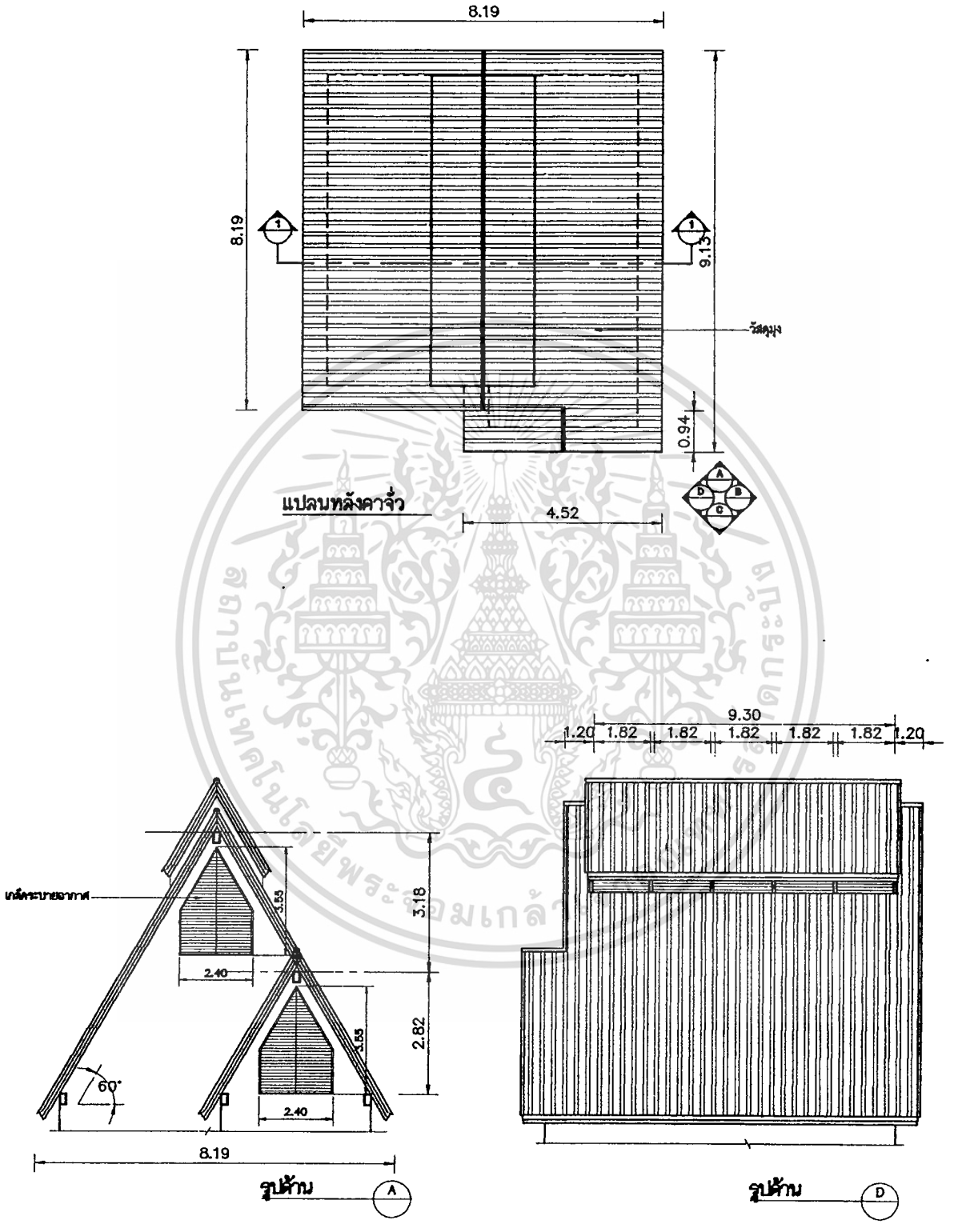
3. การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 3

เป็นลักษณะของการเจาะช่องระบายอากาศแบบยก 2 ชั้น ด้านบนสุดของหลังคาโดยการซ้อนหลังคารูปทรงเดียวกันยกไปไว้ด้านบนสุดของสันหลังคา โดยมีมุมที่เท่ากับโครงสร้างหลังคาตัวใหญ่และมีการยื่นชายคาของหลังคาตัวเล็กด้านบนมาเพื่อป้องกันน้ำฝนสาดเข้าบริเวณช่องเกร็ดไม้ระบายอากาศที่ติดตั้งบริเวณของความสูงที่ยกขึ้นไปเป็นลักษณะโครงสร้างหลังคาที่ง่ายต่อการก่อสร้าง สำหรับหลังคารูปทรงจั่วแบบมุม 35 องศา การระบายอากาศก็มีการติดตั้งช่องเกร็ดระบายอากาศตลอดแนวทั้ง 2 ด้าน โดยที่มีวัสดุเป็นไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา กรุมุ้งลวดภายในถอดล้างได้ มีการยกขอบป้องกันน้ำฝนไหลย้อนกลับ การระบายอากาศสำหรับช่องลมเข้าจะเป็นเกร็ดไม้สำหรับติดตั้งบริเวณจั่วด้านหน้าและด้านหลังทั้ง 2 ด้าน เป็นลักษณะของเกร็ดไม้เนื้อแข็งกรุมุ้งลวดภายในถอดล้างได้

ตารางที่ 5.24 แสดงรายละเอียดของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 3

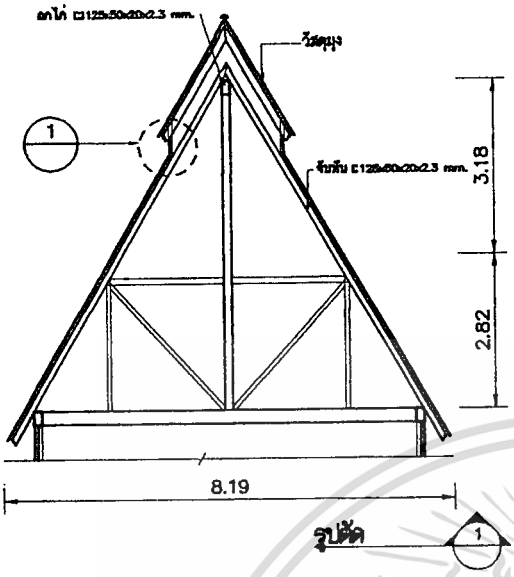
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ช่องเปิด		วัสดุช่องเปิดลมออก	ลักษณะทางโครงสร้าง	หมายเหตุ
		ช่องลมเข้า M^2	ช่องลมออก M^2			
1 2	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 3 ระบายอากาศด้านบนสุดของหลังคา โดยยกขึ้นเป็นหลังคาครอบอีกชั้นหนึ่ง บริเวณจั่วด้านหน้าเป็นลักษณะของลมเข้าและลมออกด้านหน้ากับด้านหลัง	7.776	7.71	- เกร็ดไม้เนื้อแข็ง มุม 60 องศา - กรุมุ้งลวดภายใน เพื่อป้องกันน้ำฝน - มีการยกขอบรอบเกร็ดไม้เพื่อป้องกันน้ำไหลย้อนกลับ	- เป็นโครงสร้างหลังคาที่ยกหลังคาขึ้นไปอีกชั้นหนึ่งบริเวณด้านบนสุดของหลังคา	ดูแบบประกอบรายการหน้า 188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.41 แสดงรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคาเพื่อการระบายอากาศของหลังคา รูปทรงจั่ว มุม 60 องศา รูปแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.42 แสดงลักษณะและขนาดช่องเปิดบนหลังคาเพื่อการระบายอากาศ

ตารางที่ 5.25 แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการระบายอากาศ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อน WATT	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3/S
1	รูปแบบหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนียกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	3203 3442 2977	1.2300	7.776	1.2405	7.71	4.3623

โดยกำหนดความเร็วลมเข้าที่ต่ำสุดในรอบปีในเดือนตุลาคม จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ

จากการศึกษาพบว่า รูปแบบของการเจาะช่องระบายอากาศของรูปทรงหลังคาทรงจั่ว มุม 60 องศา ในรูปแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศมากกว่าปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด จึงถือว่าเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการระบายอากาศของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.8 ผลการวิเคราะห์การนำเสนอรูปแบบของการเจาะช่องเปิดสำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ทั้ง 3 แบบ

จากผลการศึกษาการเจาะช่องเปิดของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ทั้ง 3 แบบ โดยกำหนดช่องลมเข้าจากจั่วด้านหน้าและด้านหลังของตัวหลังคาทั้งหมดโดยรูปแบบของการเจาะจะมีลักษณะการเจาะและการออกแบบเหมือนกับรูปแบบของการเจาะช่องเปิดของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ทั้ง 3 รูปแบบ จะแตกต่างตรงพื้นที่ช่องลมเข้าด้านหน้าจั่วและมุมองศาของหลังคา ก็พบว่า พื้นที่ช่องลมเข้าที่มากและช่องลมออกที่มากก็จะมีประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ดี ถึงแม้พื้นที่ในการสะสมความร้อนที่โพรงของหลังคามากตามปริมาณของพื้นที่หลังคา

ปัญหาที่พบเห็น

1. โครงสร้างของหลังคาในการเจาะช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศก็คงจะมีการออกแบบและพิจารณาเช่นเดียวกับโครงสร้างของหลังคาและการเจาะช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศของหลังคามุม 35 องศา ทั้ง 3 รูปแบบ

2. ปริมาณพื้นที่ของหลังคาก็จะมากตามมุมของหลังคาที่สูงชันขึ้นก็จะมีปริมาณในการสะสมความร้อนที่เพิ่มขึ้นตามพื้นที่ของหลังคา

3. ราคาค่าก่อสร้างสำหรับหลังคารูปทรงนี้จะมีราคาที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับหลังคารูปทรงเดียวกันแต่มีองศาของหลังคาที่น้อยกว่า

4. การบำรุงรักษาอาจจะมีความยุ่งยากกว่าเนื่องจากความสูงของหลังคาที่มากกว่า

5. ช่องเปิดด้านลมเข้าที่มีปริมาณมากกว่าช่องเปิดลมเข้าของมุม 35 องศา ลักษณะและประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำฝน แมลงและฝุ่นละอองก็จะน้อยกว่าหลังคา มุม 35 องศา

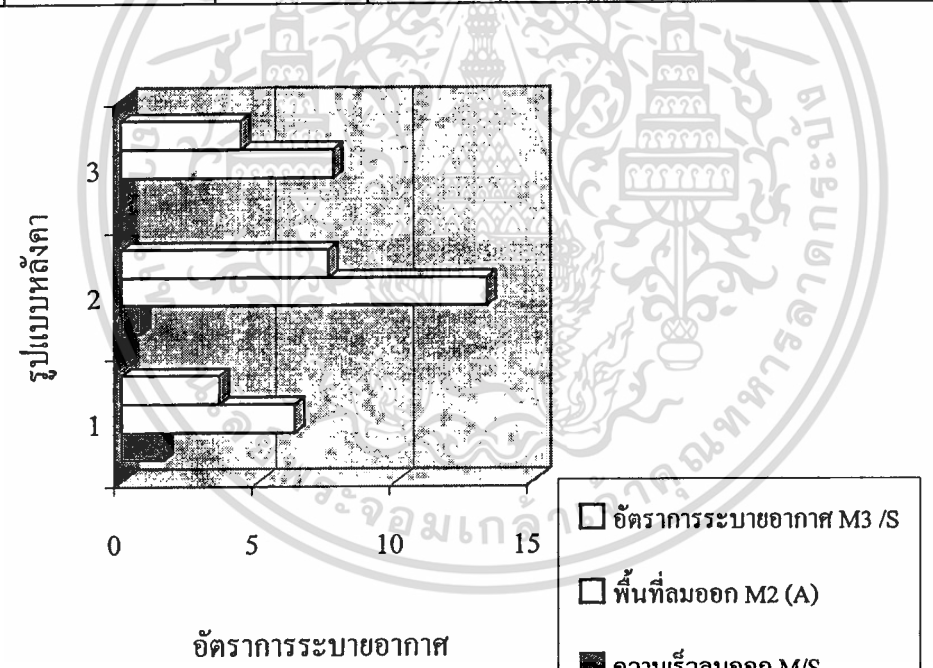
ตารางที่ 5.26 แสดงผลการวิเคราะห์การระบายอากาศของรูปแบบการเจาะช่องเปิดบนหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา ทั้ง 3 รูปแบบ

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3 /S
1	รูปแบบหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา แบบมีช่องระบายอากาศ (ลมระบายทางด้านบน)	1.2300	7.776	1.5164	6.3072	3.5686

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

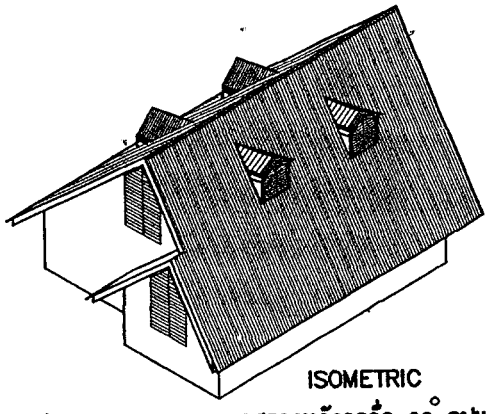
ตารางที่ 5.26 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดรูปทรง	ความเร็วลมเข้า M/S (V)	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมออก M/S	พื้นที่ลมออก M^2 (A)	อัตราการระบายอากาศ M^3 /S
2	รูปแบบหลังคารูปทรงจั่ว มุม 30 องศา แบบมีเกร็ดระบายอากาศ (ลมระบายทางด้านบน)	1.2300	7.776	0.7194	13.296	7.5229
3	รูปแบบหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา 2 ชั้น (ลมระบายทางด้านบน)	1.2300	7.776	0.1366	7.71	4.3623

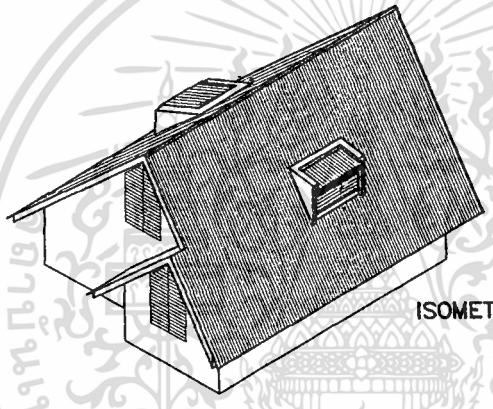


รูปที่ 5.43 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศของรูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ทั้ง 3 แบบ

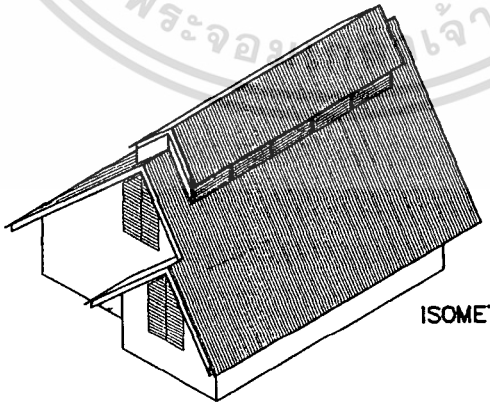
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแบบการระบายอากาศของหลังคาจั่ว 60° รูปแบบที่ 1



รูปแบบการระบายอากาศของหลังคาจั่ว 60° รูปแบบที่ 2



รูปแบบการระบายอากาศของหลังคาจั่ว 60° รูปแบบที่ 3

รูปที่ 5.44 แสดงรูปแบบของการระบายอากาศของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศาทั้ง 3 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของหลังคาโดยวิธีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา (Turbine Ventilator) โดยวิธีทางธรรมชาติ

การลดการสะสมความร้อนที่อยู่ภายในโพรงหลังคา และวิธีการทางธรรมชาติ และวิธีการเจาะช่องเปิดเพื่อระบายอากาศนั้น อาจจะมีประสิทธิภาพต่ำหรือไม่มีประสิทธิมากนัก เนื่องจากการถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมภายนอกหรือจากตัวอาคารที่ตั้งอยู่ในทิศทางที่อับลมและการอากาศอยู่ในสภาวะที่ไม่เคลื่อนไหวนัก และบางกรณีที่การออกแบบของช่องเปิดหลังคาที่ไม่สามารถจะออกแบบเจาะช่องระบายอากาศได้นั้น การออกแบบและติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่หลังคาด้วยพลังงานทางธรรมชาตินั้น ก็เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบวิธีหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนของอากาศภายในโพรงหลังคาให้ความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาระบายออกสู่ภายนอกอาคาร เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในตัวอาคารและฝ้าเพดานให้อยู่ในระดับที่ปกติ จึงเป็นการป้องกันการแผ่รังสีความร้อนจากส่วนของหลังคาลงสู่ภายในอาคารอย่างได้ผล

5.4.1 การติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติ (Turbine Ventilator)

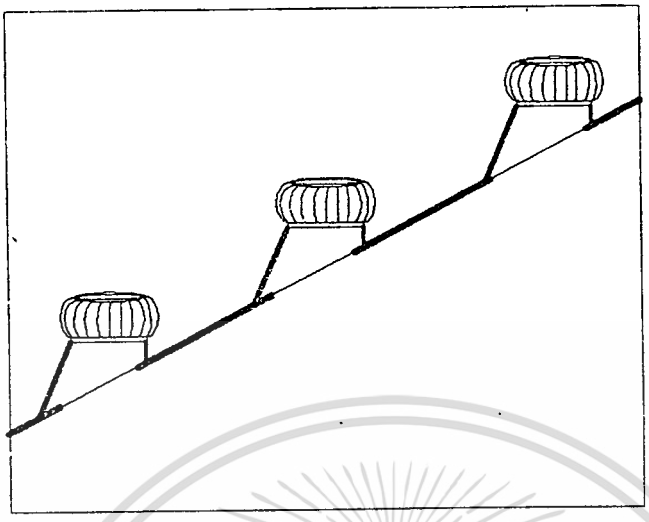
โดยธรรมชาติ ความร้อนและความชื้นจะลอยตัวขึ้นสูงและอากาศที่เย็นกว่าจะเข้ามาแทนที่ ดังนั้นถ้าจุดสูงสุดหรือจุดใกล้เคียงสูงสุดของหลังคาเปิดช่องไว้เพื่อให้ลมร้อนและความชื้นระบายออกได้ และระดับที่ต่ำกว่าของหลังคาหรืออาคารเราเปิดช่องให้ลมเข้า ก็จะทำให้กิจการการถ่ายเทอากาศและระบายความร้อนออกจากหลังคาและยังมีความจริงตามธรรมชาติอีกข้อหนึ่งที่ว่า ยิ่งระดับของช่องระบายอากาศและช่องลมเข้าต่างกันมากเท่าไรอัตราการถ่ายเทก็ยิ่งเพิ่มขึ้น ปรากฏการณ์อย่างนี้ทางเทคนิคเขาเรียกว่า "Stack Effect" การติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาก็คือการเพิ่มประสิทธิภาพแรงดูดอากาศภายในโพรงหลังคาออกสู่ภายนอกอาคารก็จะทำให้ช่องลมเข้าเกิดแรงดูดของลมในช่องลมเข้ามาก ทำให้เกิดความไหลเวียนของอากาศจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในโพรงหลังคาและพัดพาเอาความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาออกสู่ภายนอกอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในกรณีที่ Stack Weight มาก ก็จะเกิดแรงดูดของลมเข้ามาทางช่องลมเข้ามากและอาจทำให้ฝุ่นสาดเข้ามาภายในหลังคาได้ ฉะนั้นจึงควรออกแบบช่องลมเข้าใช้เกร็ดที่ดีป้องกันการไหลย้อนของน้ำฝนหรือทำลาดเอียงที่พื้นที่ในบริเวณใกล้เคียงกับช่องลมเข้า เพื่อให้น้ำฝนไหลย้อนออกนอกตัวหลังคาภายในในกรณีที่ฝนสาดเข้ามาได้

ข้อพิจารณาในการเลือกพัดลมระบายอากาศติดตั้งบนหลังคา

1. ควรจะเป็นโครงสร้างทำจากวัสดุปลอดสนิมโดยสิ้นเชิงเช่น อลูมิเนียม
2. ควรมีน้ำหนักเบาที่สุด เพื่อป้องกันการทรุดตัวของหลังคาเพราะการรับน้ำหนัก
3. ควรทำงานโดยพลังงานจากธรรมชาติจากกระแสลมภายนอกอาคาร
4. ไม่มีเสียงรบกวนจากการทำงานของพัดลมดูดอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. มีการป้องกันการไหลกลับของน้ำฝน
6. ทนต่อสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น และบำรุงรักษาได้



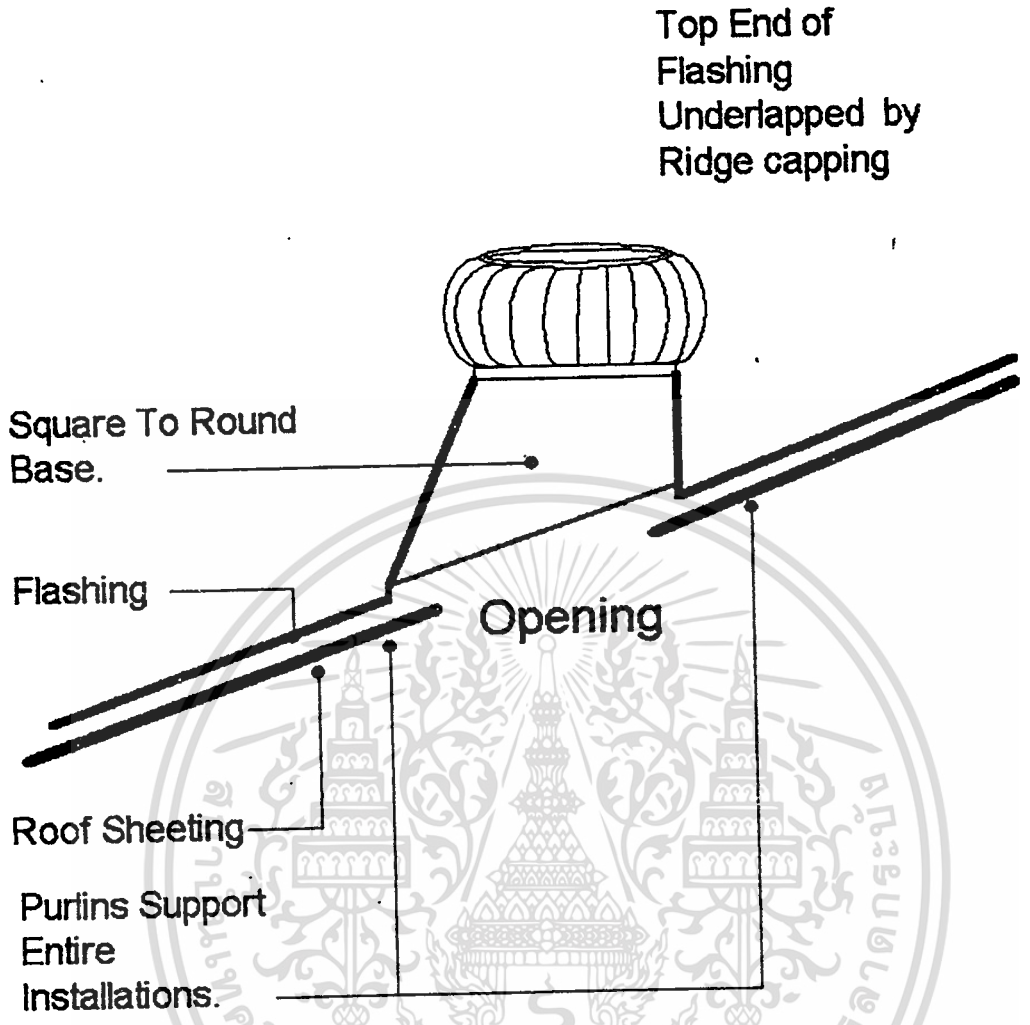
รูปที่ 5.45 แสดงการทำงานของพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติ

ตารางที่ 5.27 แสดงรายละเอียดของพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติ

ลำดับที่	รายละเอียด	วัสดุ	ขนาด	การติดตั้ง	หมายเหตุ
1 2 3	ใบพัดลมสำหรับดูดอากาศและตัวพัดลม การหมุนของตัวพัดลม น้ำหนักตัวพัดลม	อลูมิเนียมปลอดสนิม ระบบลูกปืน คุณภาพสูง 1.2 กก.	14 นิ้ว สำหรับอาคารบ้านพักอาศัย เพราะเป็นขนาดที่เล็กที่สุด ถ้าใหญ่กว่าก็จะเหมาะกับอาคารโรงงาน	ติดตั้งบริเวณด้านบนสุดของตัวหลังคาบริเวณที่เป็นทิศทางการเคลื่อนไหวของกระแสลม ติดตั้งตามรายละเอียดและมุมของหลังคาและวัสดุมุงนั้นๆ	ราคาขึ้นอยู่กับขนาดของตัวพัดลมและการติดตั้งตามลักษณะของวัสดุมุงนั้นๆ

ที่มา : บริษัท เนเจอร์ สปริ้นท์ จำกัด ผู้จัดจำหน่าย พัดลมระบายอากาศติดตั้งบนหลังคาโดยพลังงานทางธรรมชาติของ Lomanco Turbine Ventilator อเมริกา เลขที่ 120 ชั้น 9 อาคารเกษมกิจ ถนนสีลม กรุงเทพฯ 10500 ประเทศไทย โทรศัพท์ 233-0137-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.46 แสดงลักษณะและการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา

5.4.2 อัตราการระบายอากาศของพัดลม ระบายอากาศบนหลังคา

การติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยอาศัยพลังงานทางธรรมชาตินั้น การที่ต้องการที่จะทำให้พัดลมมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการระบายความร้อนที่สะสมอยู่ในโพรงของหลังคานั้น ต้องอาศัยหลักการที่เรียกว่า Stack Effect คืออาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิ ความสูงของหลังคาและกระแสลมที่พัดผ่าน เพราะฉะนั้นในการออกแบบและติดตั้งจึงควรพิจารณาแนวความคิดที่กล่าวมาเพื่อสนับสนุนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการใช้พัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้หลังงานธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

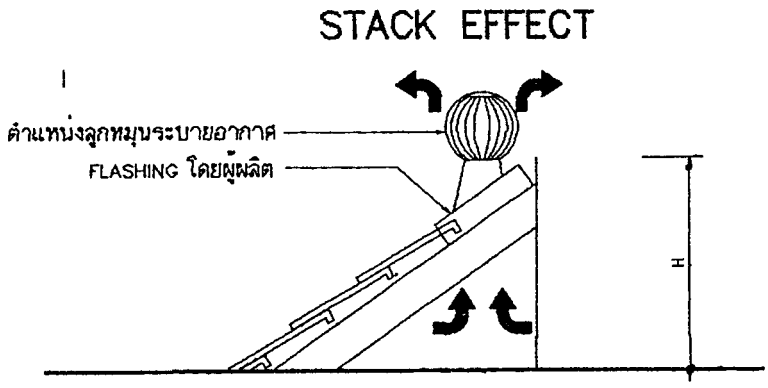
ตารางที่ 5.28 แสดงสัมประสิทธิ์ในการระบายความร้อนของพัดลมระบายอากาศ ขนาด 14 นิ้ว กระแสลมภายนอกของความเร็วลมที่ 18 MPH = $\frac{18\text{MPH}}{360\text{ HPS}}$ = 0.005 MPS มีหน่วยเป็น WATT

ความสูงของหลังคา (H) M	ความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า °C (Tdeq)										
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	300
4.5	1905	1908	1910	1913	1916	1919	1922	1924	1927	1930	2118
6	1906	1910	1914	1918	1922	1925	1929	1933	1936	1940	2186
7.5	1908	1913	1917	1922	1927	1932	1936	1941	1945	1949	2252
9	1909	1915	1921	1927	1932	1938	1943	1949	1954	1959	2316
10.5	1911	1917	1924	1931	1938	1944	1950	1957	1963	1969	2378
12	1912	1920	1928	1935	1943	1950	1957	1965	1972	1979	2439
15	1915	1925	1935	1944	1953	1963	1972	1980	1989	1998	2556
18	1918	1930	1941	1953	1964	1975	1986	1996	2007	2017	2668
24	1924	1940	1955	1970	1985	1999	2013	2027	2041	2054	2879
30	1930	1950	1969	1987	2005	2023	2041	2058	2075	2091	3075

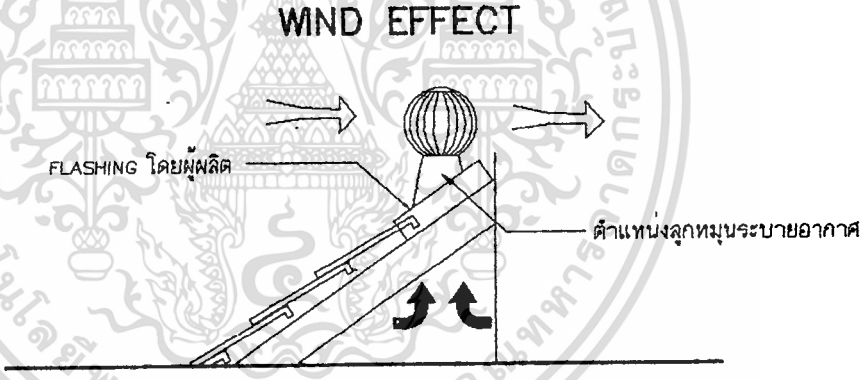
ที่มา : บริษัท เนเจอร์ สปริ้นท์ จำกัด ผู้จัดจำหน่าย พัดลมระบายอากาศติดตั้งบนหลังคาโดยพลังงานทางธรรมชาติของ Lomanco Turbine Ventilator อเมริกา เลขที่ 120 ชั้น 9 อาคารเกษมกิจ ถนนสีลม กรุงเทพฯ 10500 ประเทศไทย โทรศัพท์ 233-0137-9

จากตารางที่ 5.28 เป็นค่าการทดสอบที่ได้จากการวัดและการทดลองติดตั้งพัดลมระบายอากาศของ Lomanco Turbine Ventilator ที่ประเทศมาเลเซีย ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีการทดสอบจริง โดยผู้ออกแบบได้นำค่าจากการทดสอบในประเทศมาเลเซียมาเป็นค่าที่ใช้ในการทดสอบของอาคารตัวอย่างในงานวิจัยฉบับนี้ (จากตารางจะพบว่าความเร็วลมภายนอกจากการทดสอบไม่มีผลต่อการระบายความร้อนเลยในส่วนที่มีผลคือความสูงของหลังคา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.47 แสดงการหมุนของตัวพัดลมดูดอากาศ เพื่อการระบายอากาศในลักษณะของ STACK EFFECT



รูปที่ 5.48 แสดงการหมุนของตัวพัดลมดูดอากาศ เพื่อการระบายอากาศในลักษณะของความเร็วจากภายนอกอาคาร (WIND EFFECT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3 การออกแบบและติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา โดยใช้พลังงานทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา

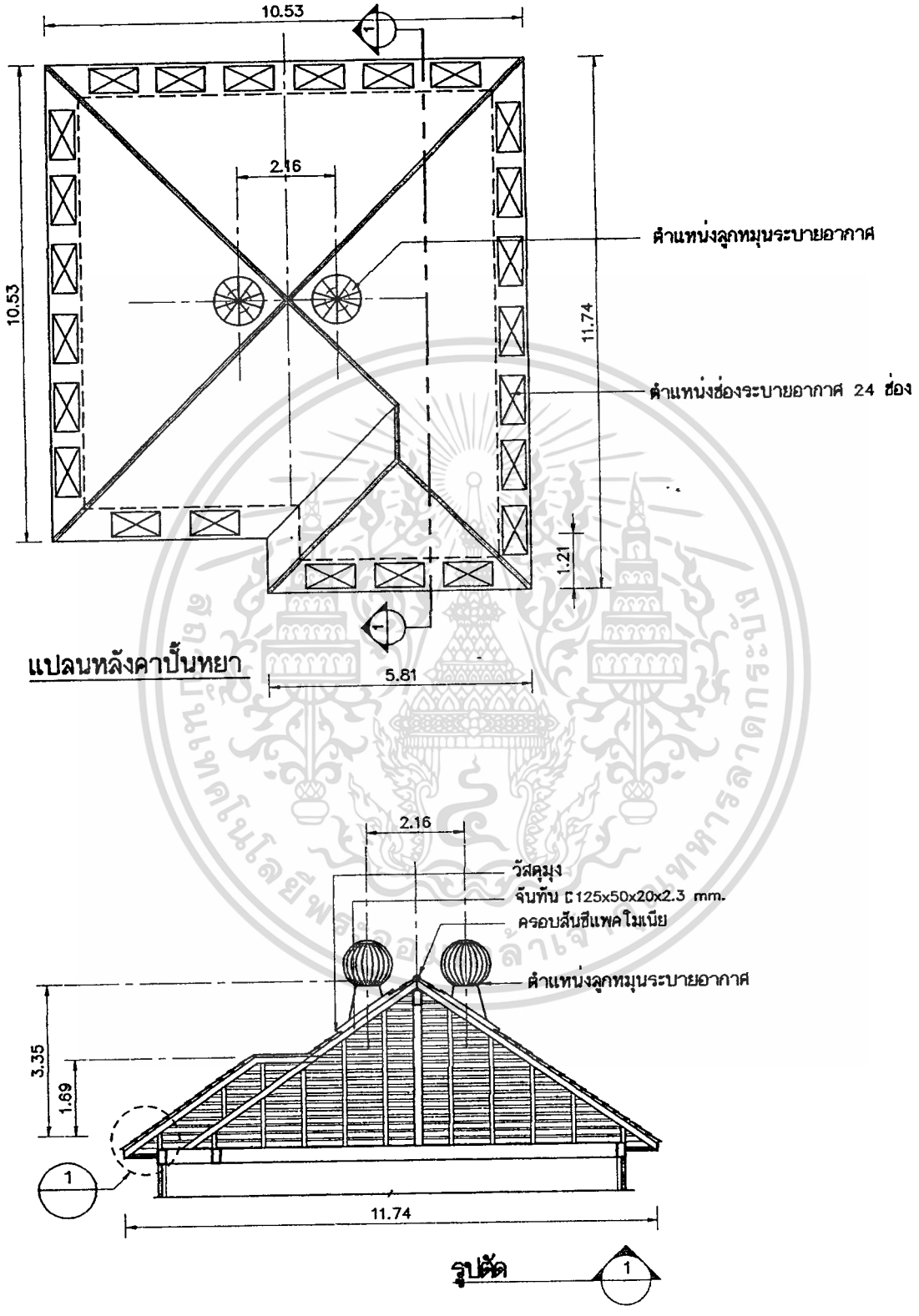
การออกแบบและติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา โดยใช้พลังงานทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงปั้นหยานั้น ผู้วิจัยได้กำหนดรูปทรงของหลังคาทรงปั้นหยาให้มีลักษณะรูปแบบเดิมทั้งหมด เพื่อมาวิเคราะห์ตำแหน่งของการติดตั้งให้ถูกต้อง โดยกำหนดให้มีช่องลมเข้าอยู่ภายใต้ฝ้าเพดานบริเวณชายคาด้านนอก เป็นลักษณะของช่องเกร็ดที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว โดยกำหนดตำแหน่งของการติดตั้งในบริเวณที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการรับความเร็วลม และสามารถติดตั้งให้เหมาะสมสำหรับโครงสร้างทางหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา

ตารางที่ 5.29 แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนของพัดลมและประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในโพรงหลังคาของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา ของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด

ลำดับที่	ลักษณะหลังคา	วัสดุมุง	ΔT oC	ความสูง (M) หลังคา STACK EFFECT	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย MPH	ขนาดของพัดลม (นิ้ว)	ปริมาณความร้อนสะสม (WATT)	อัตราการดูดอากาศ/1 ตัว (WATT)
1	หลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	28	3.72				2441	1932.13
		กระเบื้องซีเมนต์ไยหิน	30		1.2096	18	14	2641	1932.13
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	20					2192	1932.13

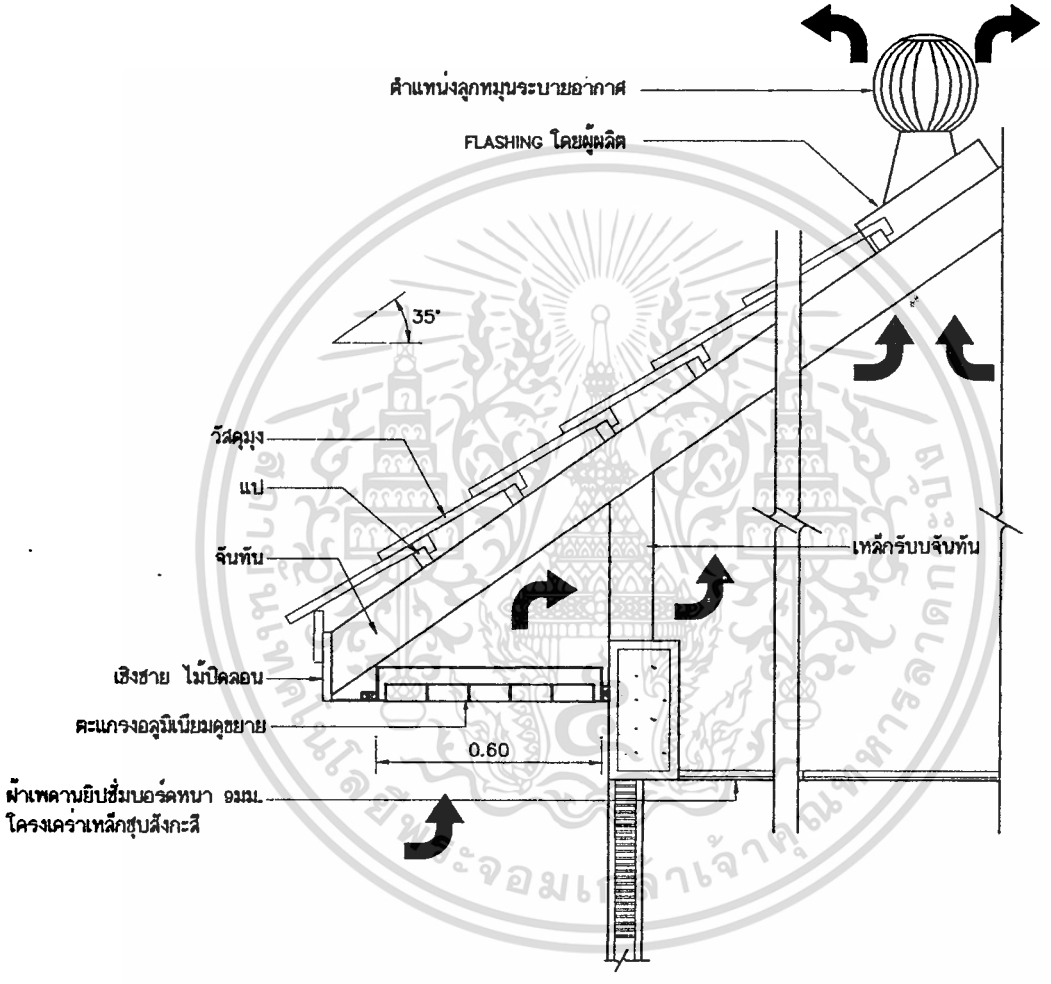
จากตารางข้างบนสรุปว่า หลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา จะต้องติดพัดลมดูดอากาศขนาด 14 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ในความเร็วลมเฉลี่ยที่ 18 MPH จึงจะมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการดูดอากาศภายในเพื่อลดปริมาณการสะสมความร้อนภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



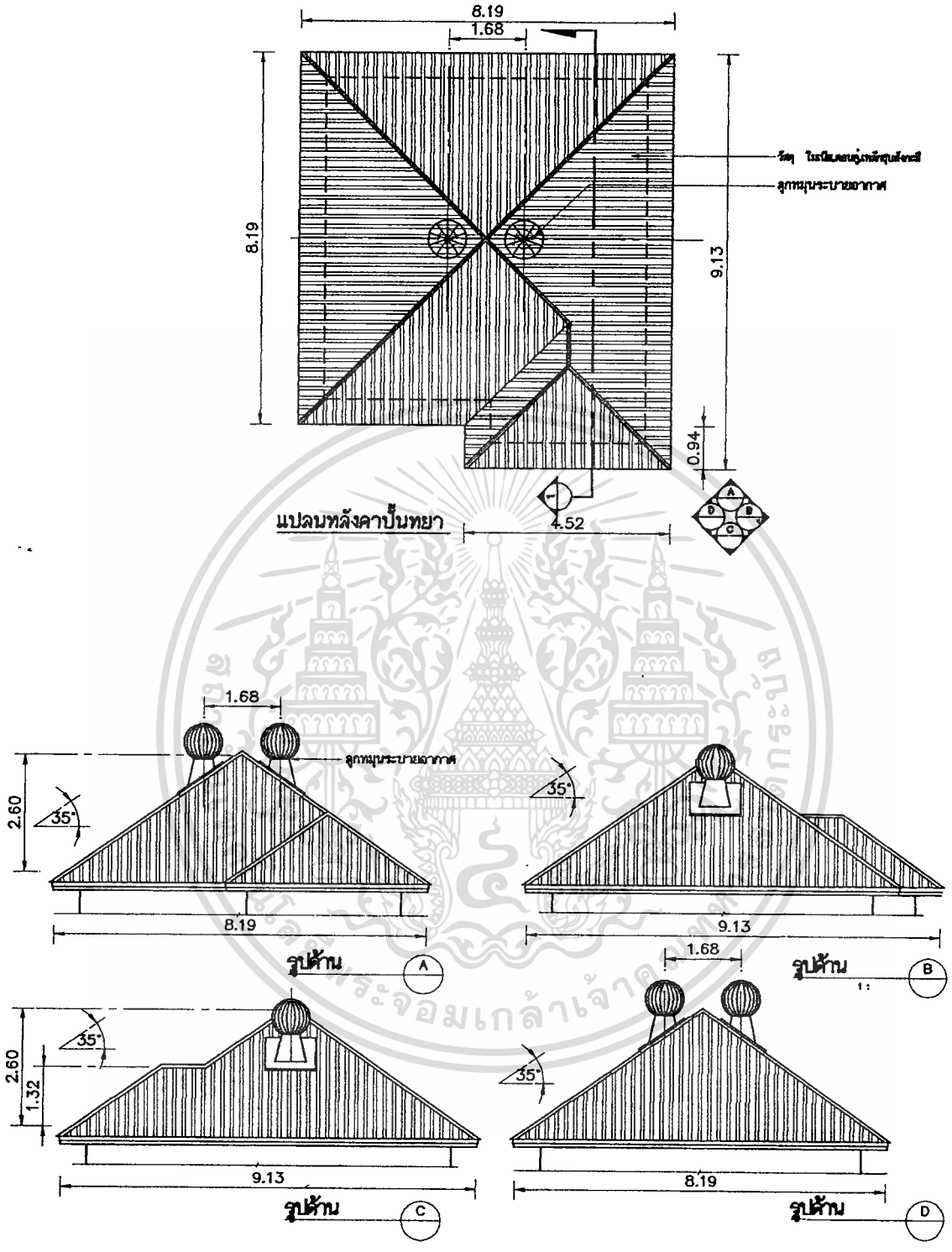
รูปที่ 5.49 แสดงแบบขยายการติดตั้งพัดลมระบายอากาศโดยวิธีการธรรมชาติของหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



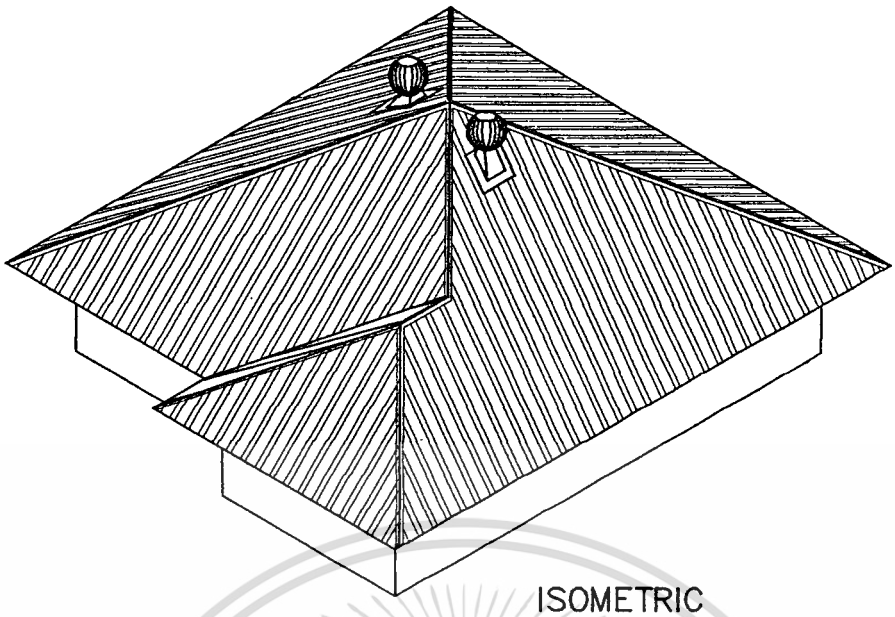
รูปที่ 5.49 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

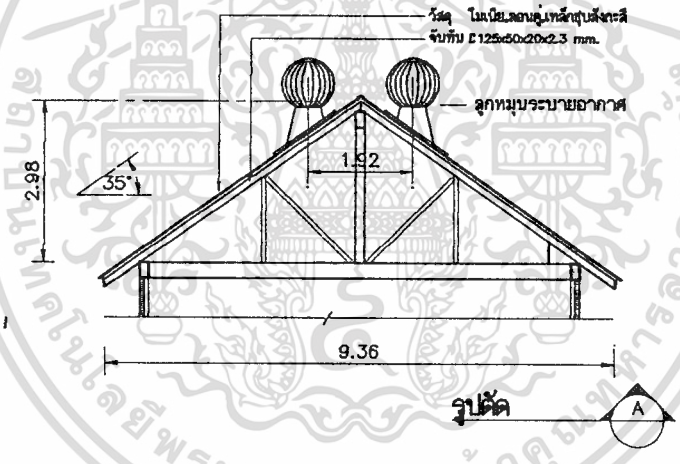


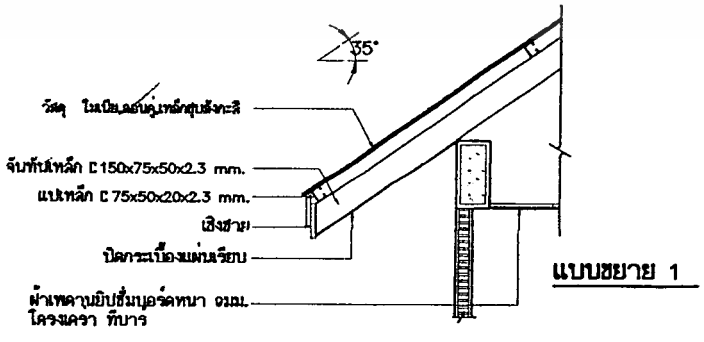
รูปที่ 5.50 แบบแสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC





รูปที่ 5.50 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4 การออกแบบและติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา

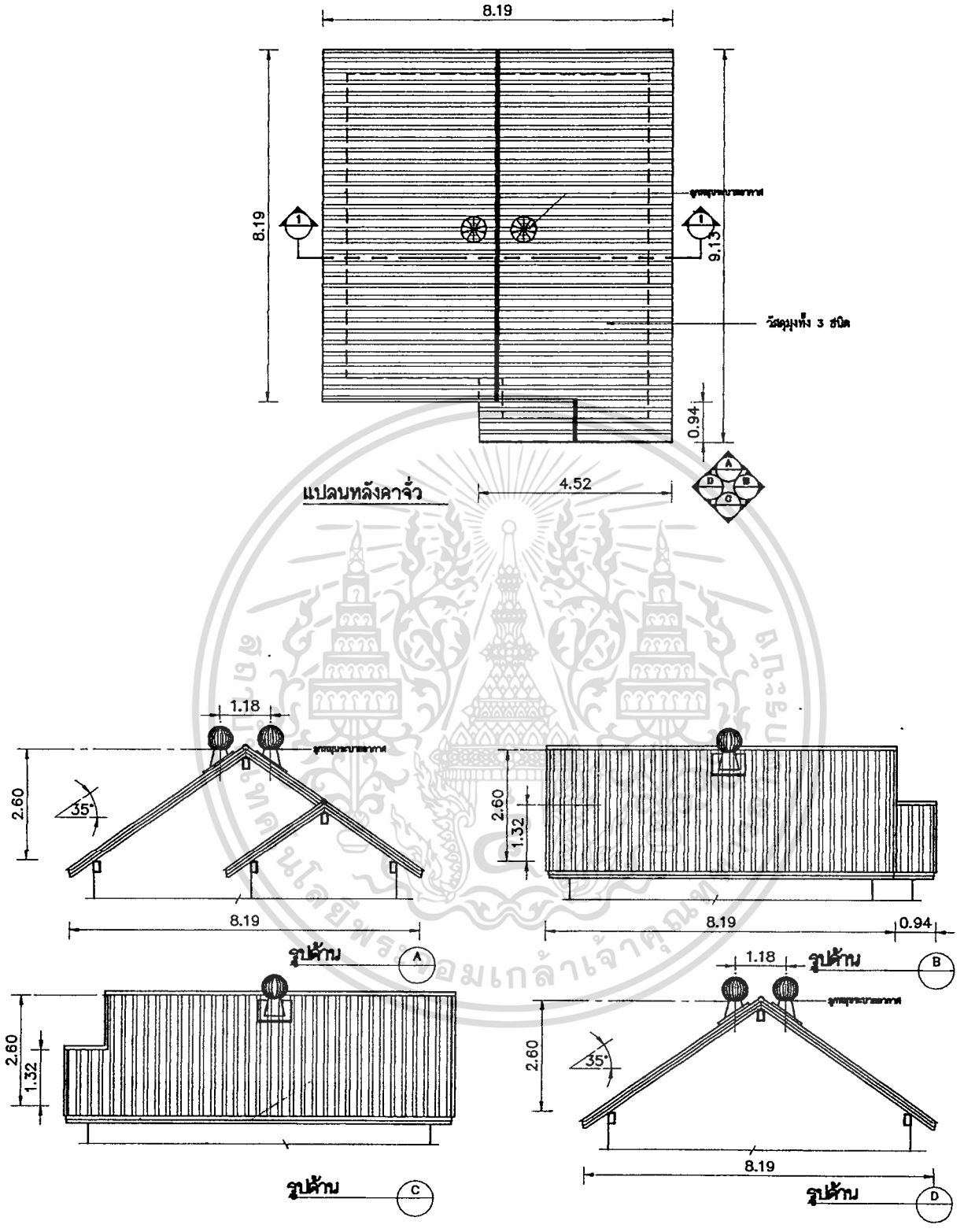
การออกแบบติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา โดยใช้พลังงานทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศานั้น รูปแบบของหลังคาเป็นแบบของหลังคาทรงเดิมทั้งหมด เพื่อนำมาวิเคราะห์ตำแหน่งของการติดตั้งและจำนวนการติดตั้งให้ถูกต้องในส่วนของช่องลมเข้า กำหนดให้เป็นด้านจั่วด้านหน้าของหลังคาเป็นเกร็ดไม้ภายในมุม 60 องศา มีชายคาด้านบนของหลังคายื่นมาเพื่อป้องกันน้ำฝนและมีขอบปูนโดยรอบเกร็ดไม้กรุมุ้งลวดภายในสามารถถอดล้างและเปลี่ยนได้ ตำแหน่งและขนาดของการติดตั้งอยู่ในตำแหน่งของรูปแบบเดิมทั้งหมด

ตารางที่ 5.30 แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนของพัดลมและประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในโพรงหลังคาของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา ของวัสดุทั้ง 3 ชนิด

ลำดับที่	ลักษณะหลังคา	วัสดุมุง	ΔT oC	ความสูง (M) หลังคา STACK EFFECT	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย MPH	ขนาดของพัดลม (นิ้ว)	ปริมาณความร้อนสะสม (WATT)	อัตราการดูดอากาศ/1 ตัว (WATT)
1	หลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา	กระเบื้องซีเมนต์ไฟเบอร์	28	3.72	17.280	18	14	2438	1932.13
		กระเบื้องซีเมนต์ไยหิน	30					2638	1942.8
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	20					2189	1923.6

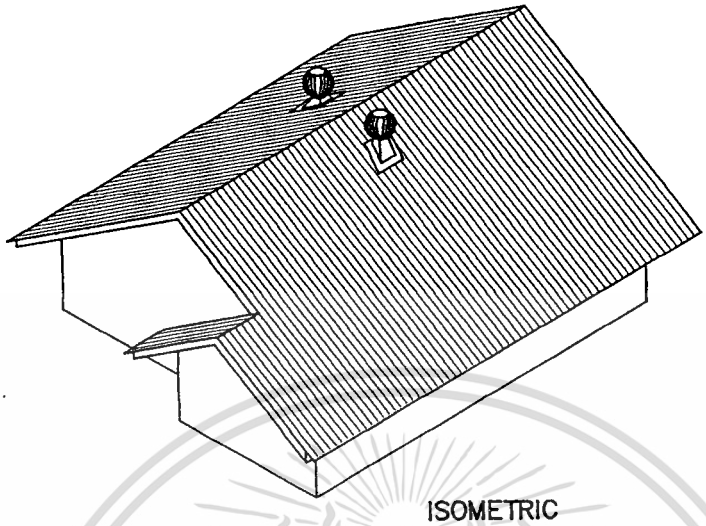
จากตารางข้างบนสรุปว่า หลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา จะต้องติดตั้งพัดลมดูดอากาศขนาด 14 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ในความเร็วลมเฉลี่ยที่ 18 MPH จึงจะมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการดูดอากาศภายในเพื่อลดปริมาณการสะสมความร้อนภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

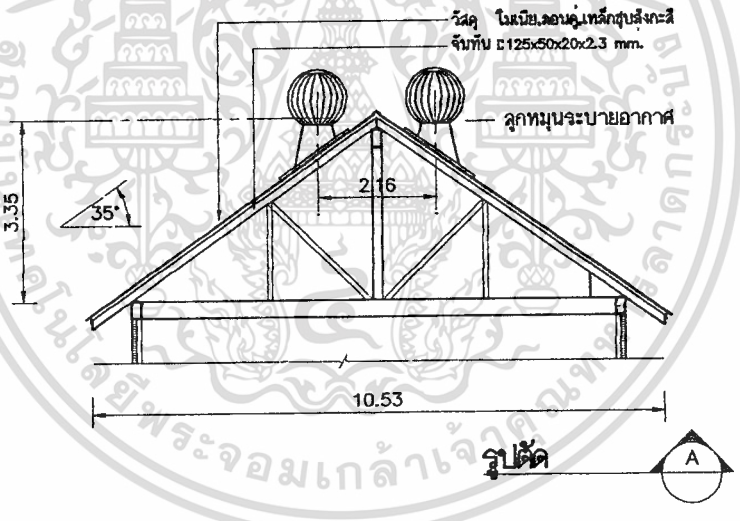


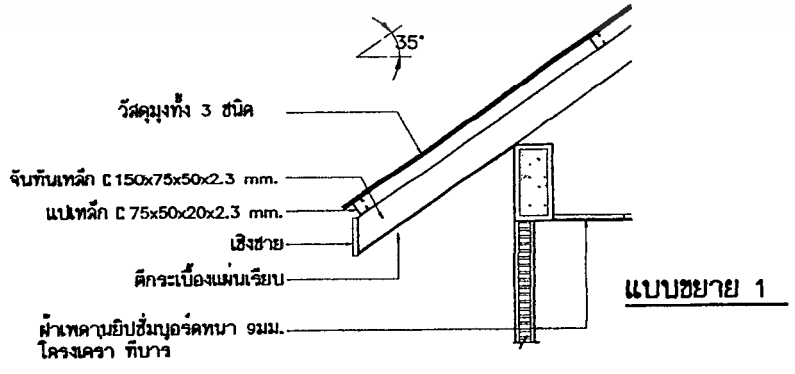
รูปที่ 5.51 แบบแสดงลักษณะการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทางธรรมชาติชนิดหลังคาทรงจั่ว มุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC





รูปที่ 5.51 (ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.5 การออกแบบและติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา

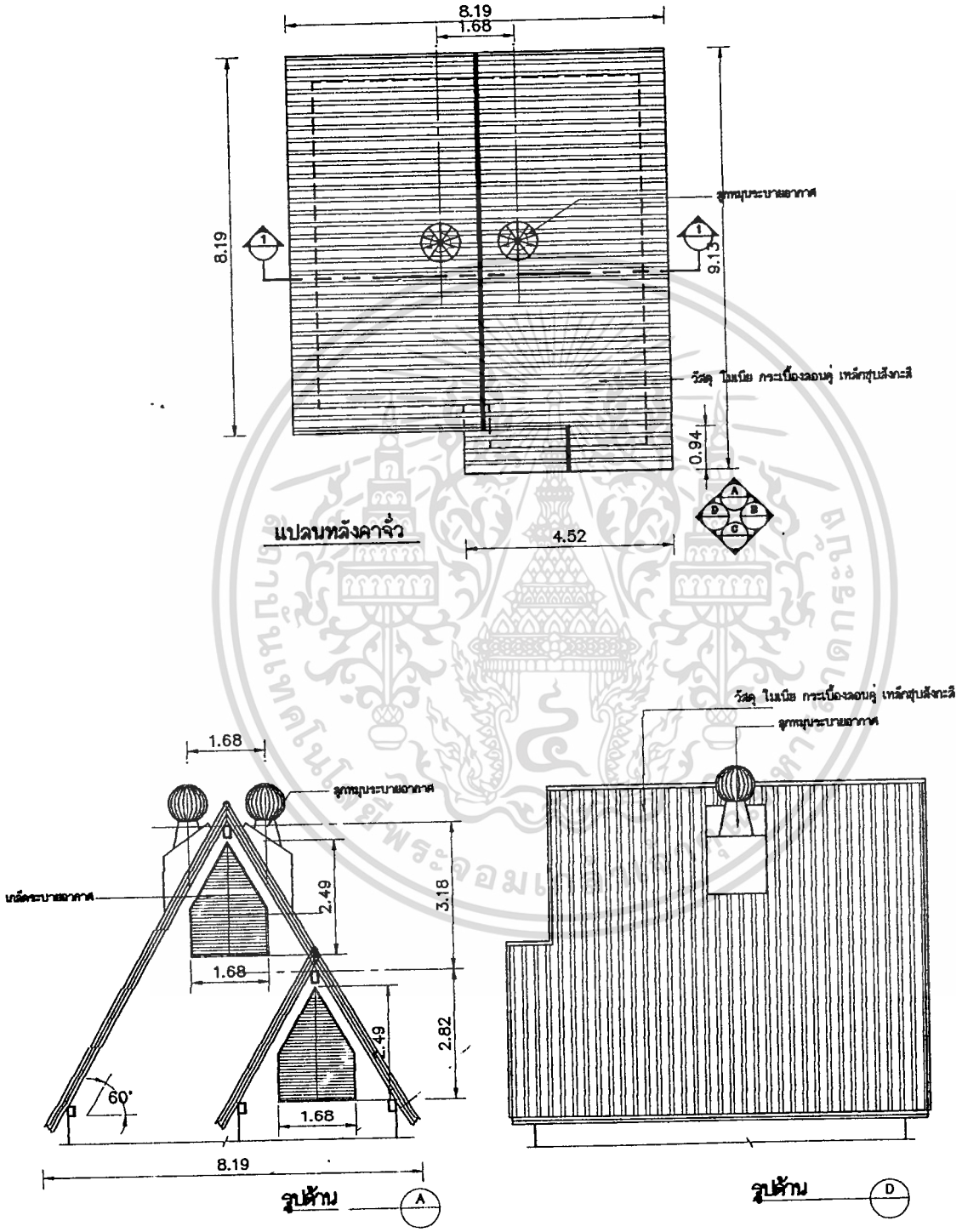
การออกแบบติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา โดยใช้พลังงานทางธรรมชาติของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศานั้น รูปแบบของหลังคาเป็นแบบของหลังคาทรงเดิมทั้งหมด เพื่อนำมาวิเคราะห์ตำแหน่งของการติดตั้งและจำนวนการติดตั้งให้ถูกต้องในส่วนของช่องลมเข้า กำหนดให้ติดตั้งอยู่ในส่วนของด้านหน้าและด้านหลังของจั่ว ในส่วนของหลังคาโดยเป็นช่องเกร็ดไม้ภายในมุม 60 องศา มีชายคาด้านบนของหลังคายื่นมาเพื่อป้องกันน้ำฝนและมีขอบปูนโดยรอบช่องเกร็ดและมีมุ้งลวดภายในสามารถถอดล้างและเปลี่ยนได้ ตำแหน่งและขนาดของการติดตั้งอยู่ในตำแหน่งของรูปแบบเดิมทั้งหมด

ตารางที่ 5.31 แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนของพัดลมและประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในโพรงหลังคาของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา ของวัสดุทั้ง 3 ชนิด

ลำดับที่	ลักษณะหลังคา	วัสดุมุง	ΔT oC	ความสูง (M) หลังคา STACK EFFECT	พื้นที่ลมเข้า M^2 (A)	ความเร็วลมเฉลี่ย MPH	ขนาดของพัดลม (นิ้ว)	ปริมาณความร้อนสะสม (WATT)	อัตราการดูดอากาศ/1 ตัว (WATT)
1	หลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	28	875	7.776	18	14	3203	1985.054
		กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	30					3442	1999.67
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	20					2977	1953

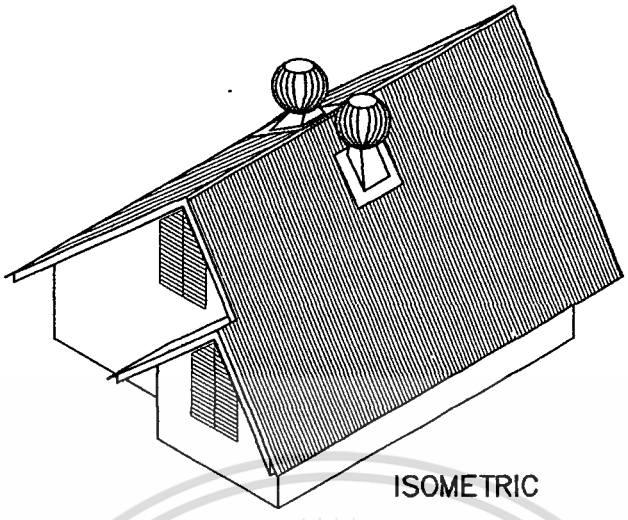
จากตารางข้างบนสรุปว่า หลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา จะต้องติดตั้งพัดลมดูดอากาศขนาด 14 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ในความเร็วลมเฉลี่ยที่ 18 MPH จึงจะมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการดูดอากาศภายในเพื่อลดปริมาณการสะสมความร้อนภายในโพรงหลังคาของวัสดุมุงทั้ง 3 ชนิด

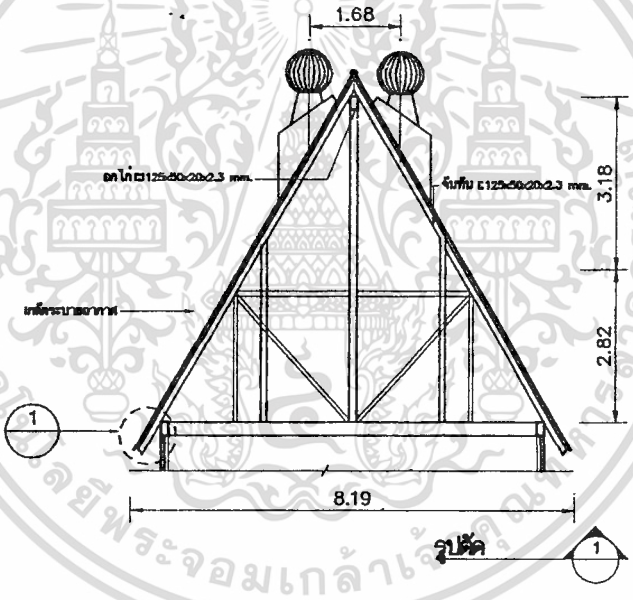
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

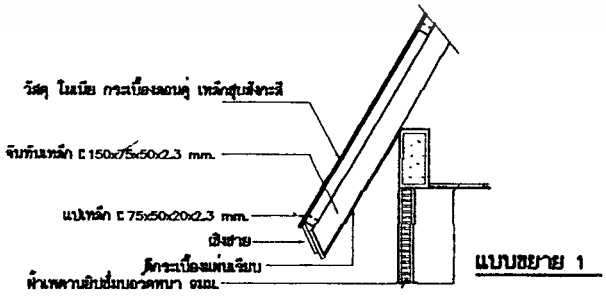


รูปที่ 5.52 **แบบแสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทางธรรมชาติของหลังคาทรงจั่ว มุม 60 องศา**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







รูปที่ 5.52 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.6 ผลการวิเคราะห์การออกแบบและติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติของรูปทรงหลังคา ทั้ง 3 รูปแบบ

จากผลการทดลองการออกแบบและติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติ ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า

1. ใช้พัดลมขนาด 14 นิ้ว จำนวน 2 ตัว ในการระบายอากาศจากภายในโพรงหลังคาสู่ภายนอกอาคารของอาคารตัวอย่างทั้ง 3 รูปแบบหลังคา

2. การติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาโดยใช้พลังงานทางธรรมชาติให้เหมาะสมสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยขนาดกลางนั้นจะต้องเลือกขนาดของพัดลมให้เหมาะสมกับประสิทธิภาพในการระบายความร้อนที่สะสมอยู่

3. เมื่อได้ขนาดพัดลมตามต้องการแล้วก็นำมาคำนวณอัตราการระบายอากาศ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตารางการทดสอบการระบายความร้อนของบริษัทผู้ผลิต

4. เมื่อได้อัตราการระบายของพัดลมดูดอากาศต่อจำนวน 1 ตัวนั้น ก็นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคาแต่ละรูปแบบเพื่อหาจำนวนของพัดลมดูดอากาศ

5. ความสูงของรูปทรงหลังคาแต่ละรูปแบบเป็นผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการระบายอากาศภายในโพรงหลังคา

6. ความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในมีผลต่อการดูดอากาศของพัดลมระบายอากาศ

7. ความเร็วลมจากภายนอกอาคารเป็นส่วนหนึ่งของประสิทธิภาพในการระบายอากาศ

8. การติดตั้งควรอยู่ในตำแหน่งที่สูงและไม่ถูกบดบังจากสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารที่เป็นอุปสรรคในการระบายอากาศ

9. การบำรุงรักษาควรมีการตรวจสภาพของตัวพัดลมอย่างสม่ำเสมอเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน

10. ราคาของอุปกรณ์พัดลมขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตวัสดุในการผลิตรวมถึงขั้นตอนการติดตั้งที่มีผลมาจากวัสดุมุงหลังคา

ในการออกแบบและติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาสำหรับหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ จากผลการวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดความเร็วลมจากตารางจากการทดลองการติดตั้งจริงของบริษัท "LOMANCO" ซึ่งความเร็วลมของตารางนั้นมีค่าความเร็วลมที่ค่อนข้างน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานคร จากสถานีตรวจอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ ในรอบปี แต่การวัดจากการติดตั้งและการทดลองจริงของสภาพความเร็วลมเฉลี่ยของเมืองไทยยังไม่มีการทดลองจริง ผู้วิจัยจึงต้องอาศัยจากการทดลองที่ใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศของหลังคา โดยวิธีการติดตั้งพัดลมระบาย

ในช่วงที่อากาศภายนอกร้อนอบอ้าวมาก หากการออกแบบในขั้นตอนข้างต้นยังไม่ได้ผลในการทำความเย็นให้แก่หลังคา อีกวิธีที่ค่อนข้างจะยุ่งยากและมีราคาแพงขึ้นอีกเล็กน้อยแต่จะคุ้มค่ากว่าการแก้ปัญหาด้วยการใช้เครื่องปรับอากาศให้กับอาคาร อันได้แก่ การติดตั้งพัดลมระบายอากาศให้กับโพรงหลังคาโดยใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อดูดอากาศที่เย็นกว่าเข้าไปแทนที่อากาศที่ร้อนใต้หลังคา เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในโพรงหลังคา

พัดลมโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะคือ

1. พัดลมตามแนวรัศมี (RADIAL FLOW) ลักษณะของลมจะวิ่งตามแนวรัศมี ได้แก่ พัดลม หอยโข่ง

2. พัดตามแนวแกน (AXIAL FLOW) ลักษณะของลมจะวิ่งตามแนวแกนของใบพัด

3. พัดตามแนวผสม (MIXEO FLOW) ลักษณะของลมจะวิ่งในลักษณะกิ่ง แนวแกนกิ่งแนวรัศมี

ในหลักการของการระบายอากาศโดยใช้พัดลม สามารถนำมาศึกษาเพื่อการระบายอากาศโดยทั่วไปมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี หลัก ๆ คือ

1. การระบายอากาศโดยการดูดออก (EXTRACITON)
2. การระบายอากาศโดยการเป่าเข้าไป (SUPPLY)
3. การระบายอากาศโดยใช้วิธีผสมทั้งดูดและและเป่า

1. การระบายอากาศโดยการดูดออก (EXTRACITION)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด การระบายอากาศอาศัยการดูดเอาอากาศเดิมออก ทำให้ความดันบริเวณนั้นต่ำกว่าภายนอกและอากาศใหม่ที่ดีกว่าก็จะแทรกซึมเข้ามาตามช่อง

2. การระบายอากาศโดยการเป่าเข้าไป (SUPPLY)

วิธีนี้เป็นวิธีที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับวิธีแรก อากาศจะถูกเป่าเข้าไปทำให้ความดันภายในหลังคาสูงกว่าภายนอก แล้วอากาศร้อนที่ถูกสะสมอยู่ภายในก็จะถูกดันให้ออกไปตามช่องระบายอากาศ

3. การระบายอากาศโดยใช้วิธีผสมทั้งดูดและและเป่า

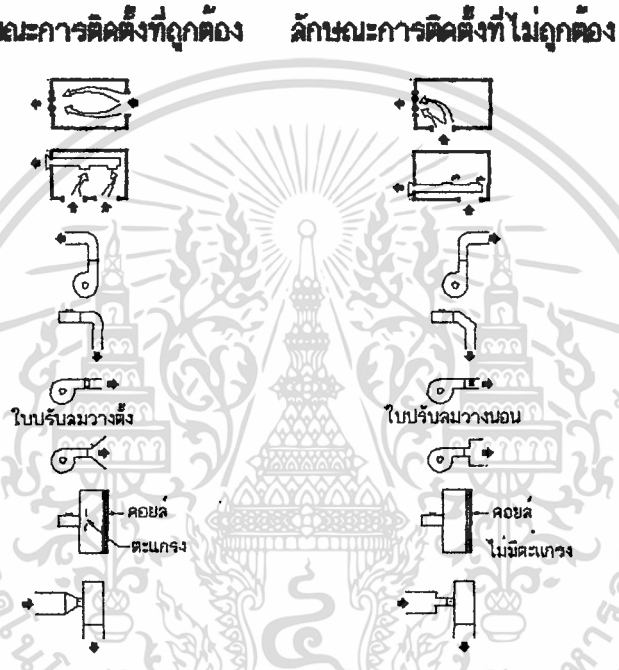
การระบายอากาศทั้ง 2 วิธีข้างต้นต่างก็มีทั้งส่วนดีและส่วนเสีย การดูดออกสามารถทำให้ส่วนที่เป็นอากาศร้อนภายในโพรงหลังคาออกได้รวดเร็วกว่า แต่ก็อาจจะเกิดปัญหาการลัดทางเดิน (ในกรณีที่มีช่องด้านข้างให้อากาศเข้าได้อีก) จะทำให้การกระจายลมภายในหลังคาไม่สม่ำเสมอ การเป่าเข้าไปสามารถทำให้การควบคุมอากาศและการกระจายลมดีกว่า แต่การระบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศร้อนก็อาจทำให้ได้ไม่รวดเร็วพอ บางทีอาจจะต้องมีการผสมกันระหว่างการดูดและการเป่าเพื่อให้ได้ผลตามความต้องการ

5.5.1 การติดตั้งพัดลมระบายอากาศและการป้องกันฝน

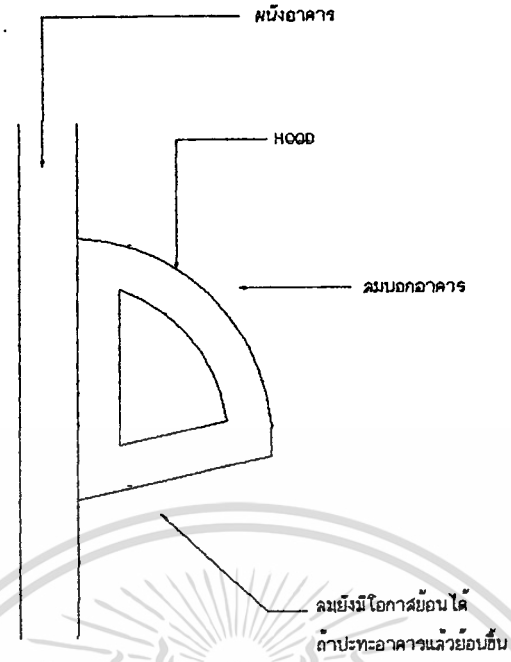
ในเรื่องของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ จะต้องทราบขนาดและมิติของพัดลม เพื่อที่จะจัดเตรียมพื้นที่ติดตั้งให้เพียงพอ รวมทั้งสามารถซ่อมแซมเปลี่ยนมอเตอร์ แบริงและสายพานหากติดตั้งพัดลมอย่างถูกต้องแล้วพัดลมจะมีประสิทธิภาพยอดเยี่ยมที่สุดในการระบายอากาศ



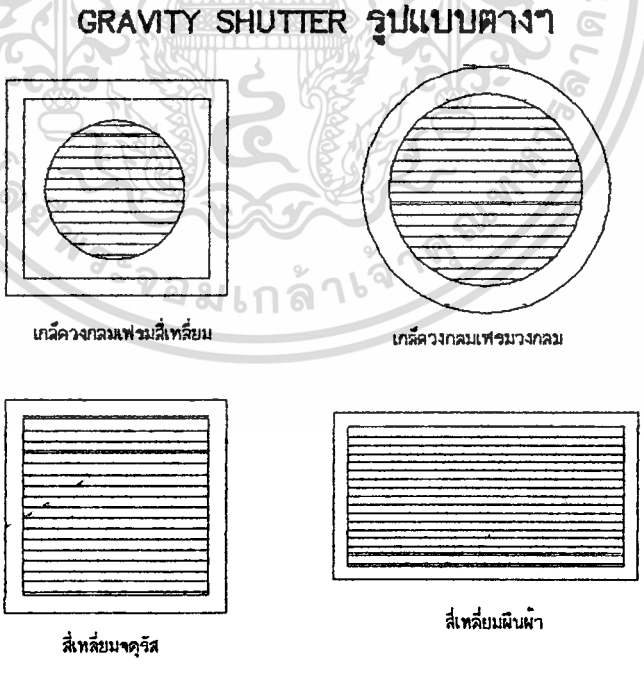
รูปที่ 5.53 แสดงลักษณะของการติดตั้งพัดลมดูดอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

ปัญหาที่มักจะพบบ่อย ๆ ในการระบายอากาศโดยพัดลม คือการที่พัดลมระบายอากาศไม่ค่อยออก แถมยังโดยลมอัดกลับเข้ามาเสียอีก ถ้าฝนตกหนักก็อาจจะมีฝนแถมเข้ามาด้วย การทำ Hood เพื่อกันลมด้านนอก จะได้ผลดีในการป้องกันฝนไหลย้อนเข้ามาภายในอาคารหรือการเลือกการออกแบบและติดตั้ง Gravity Shutter แบบต่าง ๆ หรือการติดตั้งแบบ Rain Hood แต่ก็ต้องระวังในบางกรณีที่ผนังอาคารเรียบและรับลมโดยตรงก็ยังมีปัญหาอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.54 แสดงแบบการติดตั้ง RAIN HOOD



รูปที่ 5.55 รูปแบบการติดตั้ง GRAVITY SHUTTER แบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.2 ลักษณะของพัดลมที่นำมาใช้ในการระบายอากาศของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ

พัดลมเป็นอุปกรณ์พื้นฐานอย่างหนึ่งสำหรับงานอุตสาหกรรม และเครื่องไฟฟ้าประจำครอบครัวมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ แต่อาจจะเป็นเพราะว่าพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ค่อนข้างง่ายนี้เองจึงทำให้มักจะถูกมองข้ามอยู่เสมอ และในบางครั้งถูกนำไปใช้อย่างไม่ถูกวิธี ทำให้ผลลัพธ์ต่ำกว่าที่ควรเป็นทั้งที่มีการเลือกชนิดพัดลมที่ถูกต้องและติดตั้งพัดลมที่ถูกต้อง ถ้ามองไปรอบ ๆ ตัวท่านจะเห็นพัดลมอยู่เสมอในอุตสาหกรรมพัดลมถูกใช้ในการระบายอากาศ การปรับอากาศ เครื่องฟอกอากาศ คูลลิ่งเทาเวอร์ หม้อไอน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องทำความเย็น เป็นต้น และยังมีอย่างอื่นอีกมากมาย

พัดลมในส่วนของการระบายอากาศ การพิจารณาเลือกจากความเหมาะสมของพัดลมที่นำมาใช้อย่างถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์การใช้ในการระบายอากาศจากความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคานั้น ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการระบายอากาศโดยการดูดอากาศเดิมที่สะสมความร้อนอยู่ออก แล้วให้อากาศใหม่จากภายนอกเข้าไปแทนที่โดยศึกษาชนิดของพัดลมในการระบายอากาศที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไป มีด้วยกัน 3 ประเภท

1. ชนิด PROPELLOR เหมาะสำหรับการติดตั้งแบบ FREE BLOW ไม่ต้องต่อกับท่อมีราคาถูก บำรุงรักษาง่ายแต่อาจจะมีเสียงดัง

2. ชนิด CENTRIFUGAL เหมาะสำหรับการติดตั้งในระบบที่ต้องใช้ความดันลมสแตติว 0.5 นิ้ว นำขึ้นไป สามารถแบ่งชนิดได้ตามลักษณะของใบพัด เหมาะสำหรับการระบายอากาศที่มีการปล่องหุ้นแบบมีท่อหรือระบายอากาศในระบบปรับอากาศราคาค่อนข้างแพง

3. ชนิด AXIAL FLOW เป็นพัดลมราคาถูก ขนาดเล็กกว่าแบบ CENTRIFUGAG แต่จะมีเสียงที่ดังกว่า มีรอบในการทำงานที่สูงกว่า สามารถแบ่งชนิดได้

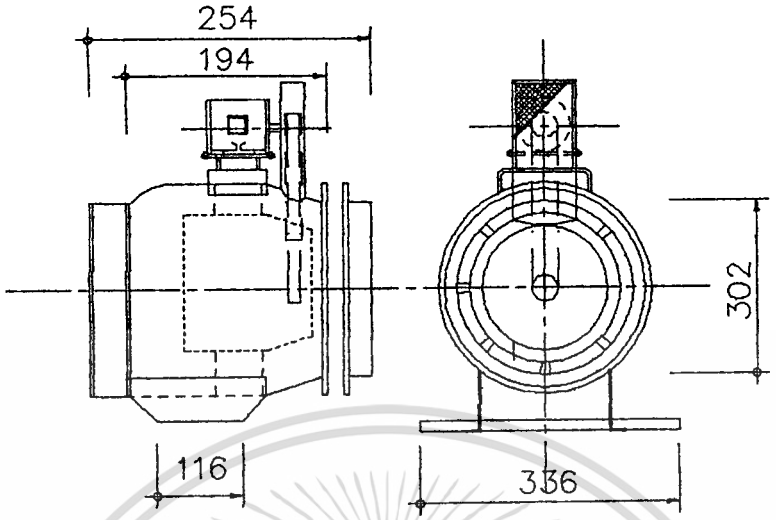
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.32 แสดงรายละเอียดของพัดลมที่นำมาใช้ในการติดตั้งในส่วนของหลังคา เพื่อการระบายอากาศของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ

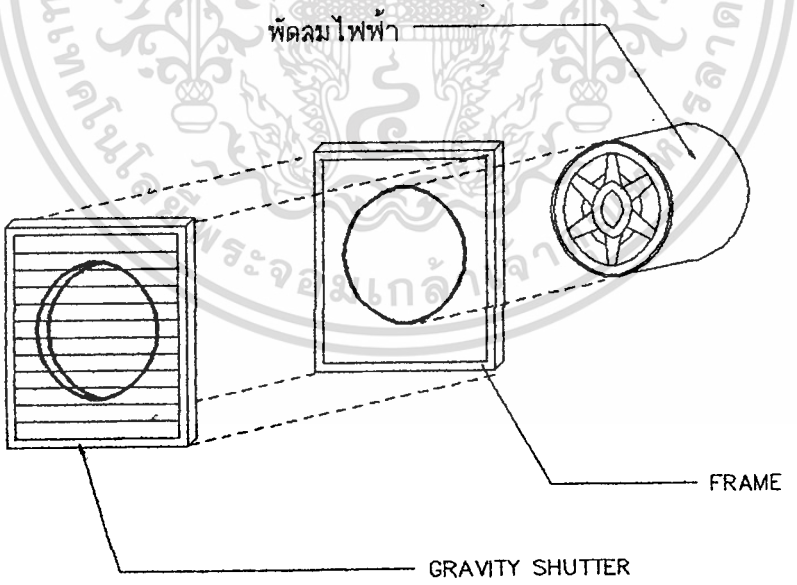
ลำดับที่	รายการ	รายละเอียด	หมายเหตุ
1.	รหัสของพัดลม	Model UF-3IOH	เครื่องหมายการค้า "Jouning"
2.	ชนิดของพัดลม	Axial Flow	จากบริษัทผู้แทนจำหน่าย
3.	ลักษณะการใช้งาน	เป่าเข้าและดูดออก	
4.	ปริมาณลม (ลบ.ฟุต/นาที)	0.5833	
5.	ระดับเสียง (dBA)	69	จากบริษัทผู้แทนจำหน่าย
6.	อุณหภูมิการใช้งาน (F)		
7.	รายละเอียดของมอเตอร์		จากบริษัทผู้แทนจำหน่าย
	■ ชนิดมอเตอร์	Induction Motor Single Phase	
		Induction Motor Single Phase	
		2-Pole	2-POLE
	■ ชนิดของสตาร์ตเตอร์	ต่อตรง	
	■ ระบบขับเคลื่อน	2100 RPM	
	■ ระบบความเร็วรอบ	อยู่ในแนวลม	
	■ ตำแหน่งติดตั้ง	ติดบริเวณหลังคา	(ดูแบบประกอบรายการหน้า)
8.	ลักษณะการติดตั้ง	ติดตั้งกับวงกบและยึดเข้ากับโครงสร้างอาคาร	
9.	อุปกรณ์ประกอบพิเศษ	Gravity Shutter	(ดูแบบประกอบรายการหน้า)
10.	ตำแหน่งติดตั้งสวิตซ์ปิด-เปิด	ง่ายต่อการใช้งาน (ภายในบ้าน)	
11.	อุปกรณ์การลดการสั่นสะเทือน	เคลือบสี	(ดูแบบประกอบรายการหน้า)
12.	วิธีการติดตั้ง	ยึดกับโครงสร้างอาคาร	
13.	อายุของแบริงโดยเฉลี่ย	200,000 ชั่วโมง	
14.	ข้อกำหนดพิเศษอื่น ๆ	ลักษณะใบพัดแบบเหล็กแผ่น	
15.	พัดลมที่ใช้ในการติดตั้ง	1 ตัว	จากบริษัทผู้แทนจำหน่าย
16.	ระบบไฟฟ้าที่ใช้	220 V	จากบริษัทผู้แทนจำหน่าย
17.	ขนาด (Diamension)	35 M^3/MIN	
18.	การบริโภคพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	0.47 KEN/ชั่วโมง	

ข้อมูล : เครื่องหมายการค้า "JOUNING" ผู้แทนจำหน่าย บริษัท สยามเทรดอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด 101/7 หมู่ที่ 2 ถนนศรีนครินทร์ สวนหลวง กรุงเทพฯ 10250 โทรศัพท์ 3200244 , 321277 โทรสาร 3200734

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.56 แสดงลักษณะและรายละเอียดขนาดของพัดลม



รูปที่ 5.57 แสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเข้ากับโครงสร้างส่วนหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามขนาดของใบพัดเช่นเดียวกับพัดลมชนิดที่ 2

แนวความคิดในการเลือกพัดลมในการระบายอากาศของหลังคา

จากการศึกษาคุณสมบัติของพัดลม พบว่าชนิดของพัดลมจะมีความแตกต่างกันของคุณสมบัติของพัดลมค่อนข้างมาก เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและเป็นตัวอย่างในการเลือกใช้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดแนวความคิดในการเลือกใช้ให้เหมาะสมดังนี้

1. กำหนดคุณสมบัติของพัดลมที่มีลักษณะของการดูดเข้าและเป่าออก

2. เนื่องจากลักษณะของโพรงหลังคาภายในเป็นระบบปิด โดยการเจาะช่องเปิดเพื่อให้ลมเข้าจากทิศทางเดียวของลักษณะหลังคาแต่ละแบบ

2.1 หลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา กำหนดช่องลมเข้าอยู่ภายใต้ฝ้าเพดานด้านนอกของชายคา

2.2 หลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา กำหนดช่องลมเข้าอยู่ด้านหน้าจั่วของหลังคา มีขนาดเท่ากับช่องลมเข้าเดิม

2.3 หลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา กำหนดช่องลมเข้าอยู่ด้านหน้าจั่วของหลังคา มีขนาดเท่ากับช่องลมเข้าเดิม

4. ราคาของพัดลม มีราคาไม่แพงมากนัก บำรุงรักษา และทำความสะอาดง่าย

5. ระบบเสียง เนื่องจากจุดประสงค์การติดตั้งพัดลมเพื่อการระบายอากาศจากความร้อนที่สะสมอยู่ภายในโพรงหลังคา เพราะฉะนั้นตัวพัดจึงต้องถูกติดตั้งในส่วนของหลังคา ความดังของเสียงพัดลมอาจจะมีความสำคัญที่น้อยลงไปแต่ก็ไม่ควรมีระดับเสียงของพัดลมที่ดังมาก จนกระทั่งผู้อยู่ภายในอาคารได้ยิน

6. การเลือกพัดลมและความเร็วลมรวมไปถึงรุ่นพัดลม ควรพิจารณาถึงการบริโภคพลังงานของพัดลมชนิดนั้น ๆ เพื่อตรงตามจุดประสงค์ของการประหยัดพลังงาน

จากแนวความคิดเบื้องต้น ผู้วิจัยได้กำหนดและเลือกพัดลมเพื่อนำมาติดตั้ง เพื่อให้เกิดการเหมาะสมในการระบายอากาศในส่วนของหลังคาตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.5.3 แสดงรูปแบบการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา

จากรูปทรงของหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ซึ่งเป็นรูปทรงของหลังคาเดิม จะเห็นว่ารูปของหลังคานั้นจะมีลักษณะของการติดตั้งพัดลมในตำแหน่งที่ค่อนข้างยาว เนื่องจากมุมของหลังคาที่ลาดเอียงลงทั้ง 4 ด้าน ซึ่งอาจจะขัดแย้งในเรื่องของโครงสร้างในการติดตั้ง ผู้ออกแบบจึงได้กำหนดการติดตั้งอยู่ด้านข้างของหลังคาโดยการออกแบบรูปร่างของตำแหน่งที่ติดตั้งให้เป็นลักษณะของหลังคาทรงจั่วที่มีขนาดเล็กนำเข้าไปติดตั้งบริเวณด้านข้างของหลังคาทรงปั้นหยา 2 ข้าง โดยติดตั้งรวมรอยต่อของกระเบื้องให้ลงในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างเดิมโดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 1 ตัว ในส่วนของจั่วหลังคาใหม่เพียงด้านเดียว ส่วนอีกข้างหนึ่งให้ทำเป็นช่องเกล็ดเพื่อการระบายอากาศแบบธรรมดา เพื่อให้รูปทรงของหลังคาดูไม่เอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง

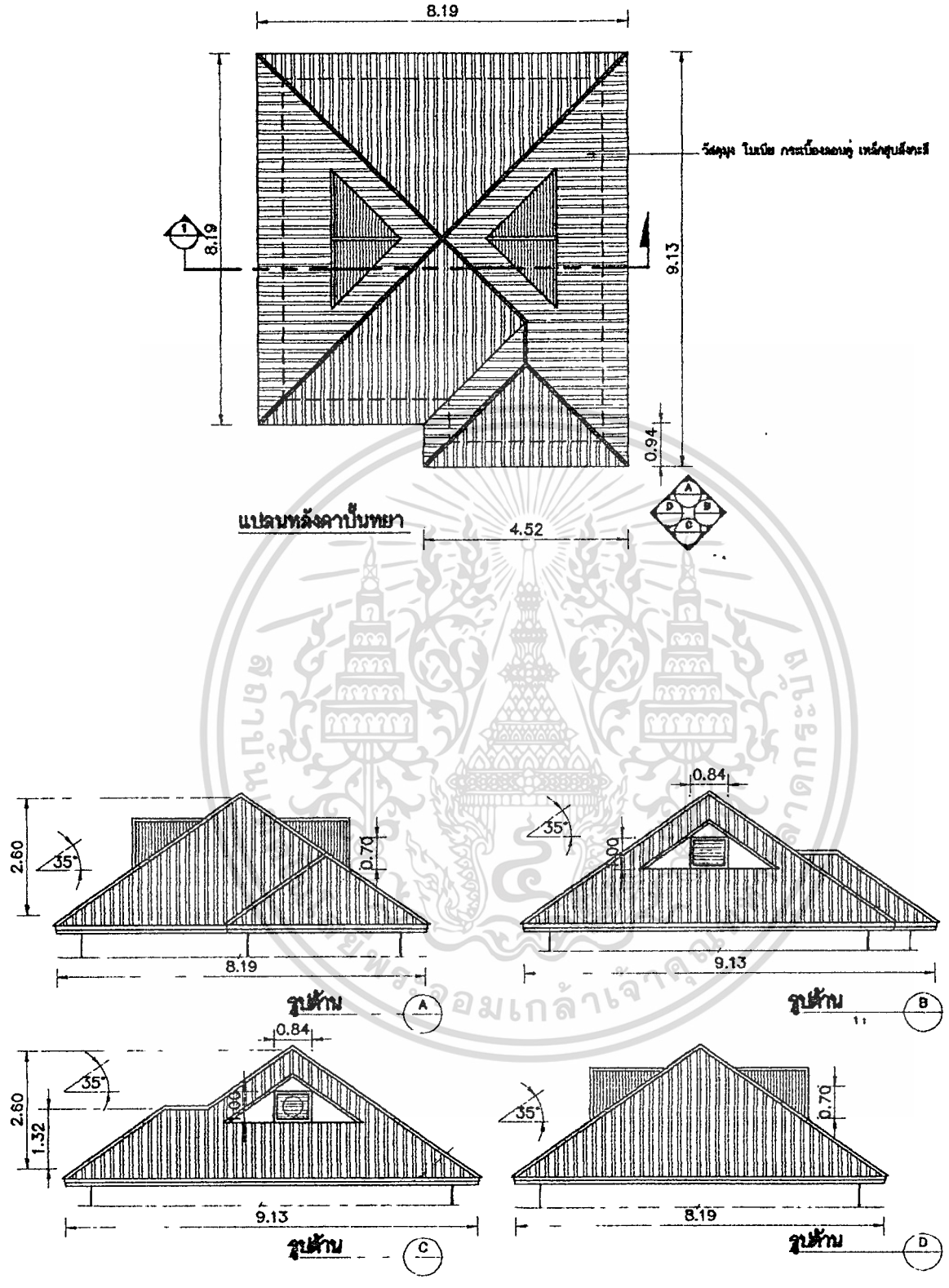
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีช่องระบายอากาศเข้าจากบริเวณชายคาด้านนอกหลังคา โดยติดตั้งเป็นช่องระบายอากาศที่ปรับปรุงแล้วโดยรอบชายคาและในการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาบริเวณจั่วขนาดเล็กของหลังคานั้นด้านหน้าให้มีการติดตั้ง GRAVITY SHUTTER แบบอลูมิเนียมเพื่อป้องกันฝนสาด รวมทั้งฝุ่น แมลง และสัตว์ปีกต่าง ๆ โดยมีการติดตั้งสวิตซ์ปิด-เปิด มาไว้ภายในบ้านในตำแหน่งที่เหมาะสมในการควบคุม

ตารางที่ 5.33 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา สำหรับหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา

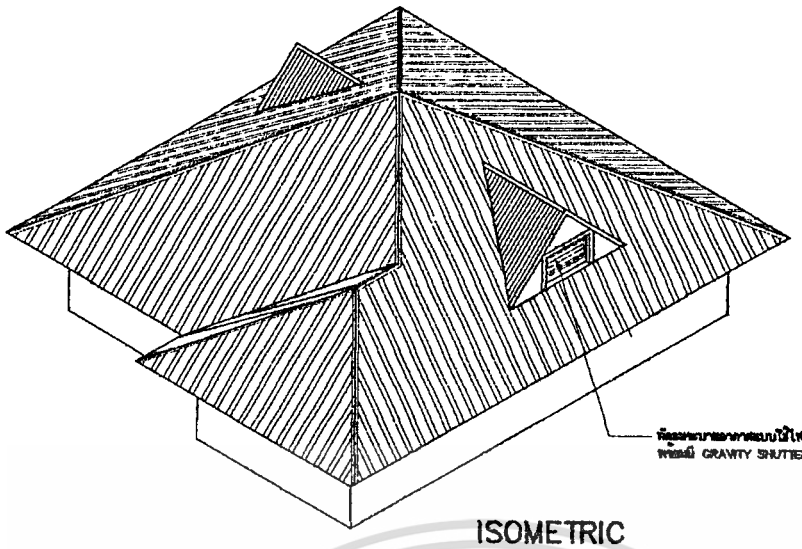
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ลมเข้าและพัดลม		ตำแหน่งที่ติดตั้งพัดลม	ลักษณะของโครงสร้าง	หมายเหตุ
		พื้นที่ลมเข้า M^2(A)	ลักษณะพัดลม			
1.	หลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา	1,2096	AXIAL FLOW ดูดเข้าและเป่าออก	ติดตั้งบนหลังคาด้านติดตั้งวงกบไม้โครงสร้างยึดกับตัวพัดลม	เป็นลักษณะของหลังคาจั่วขนาดเล็กเข้าไปติดตั้งบนหลังคาปั้นหยาด้านหน้าติดตั้ง GRAVITY SHUTTER อลูมิเนียมป้องกันฝน	ดูแบบประกอบรายการหน้า

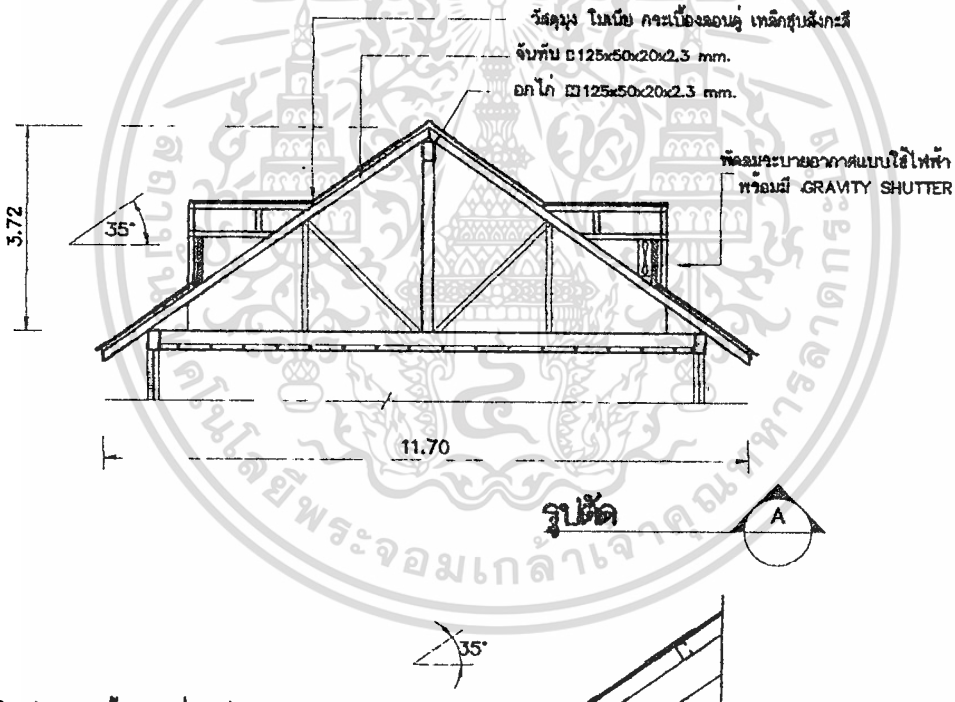
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

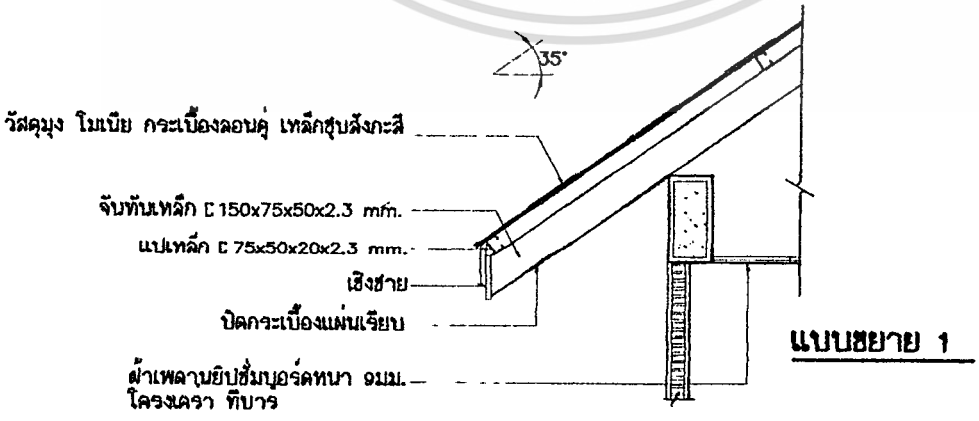


รูปที่ 5.58 แบบแสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ แบบใช้พลังงานไฟฟ้าของหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







รูปที่ 5.58 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

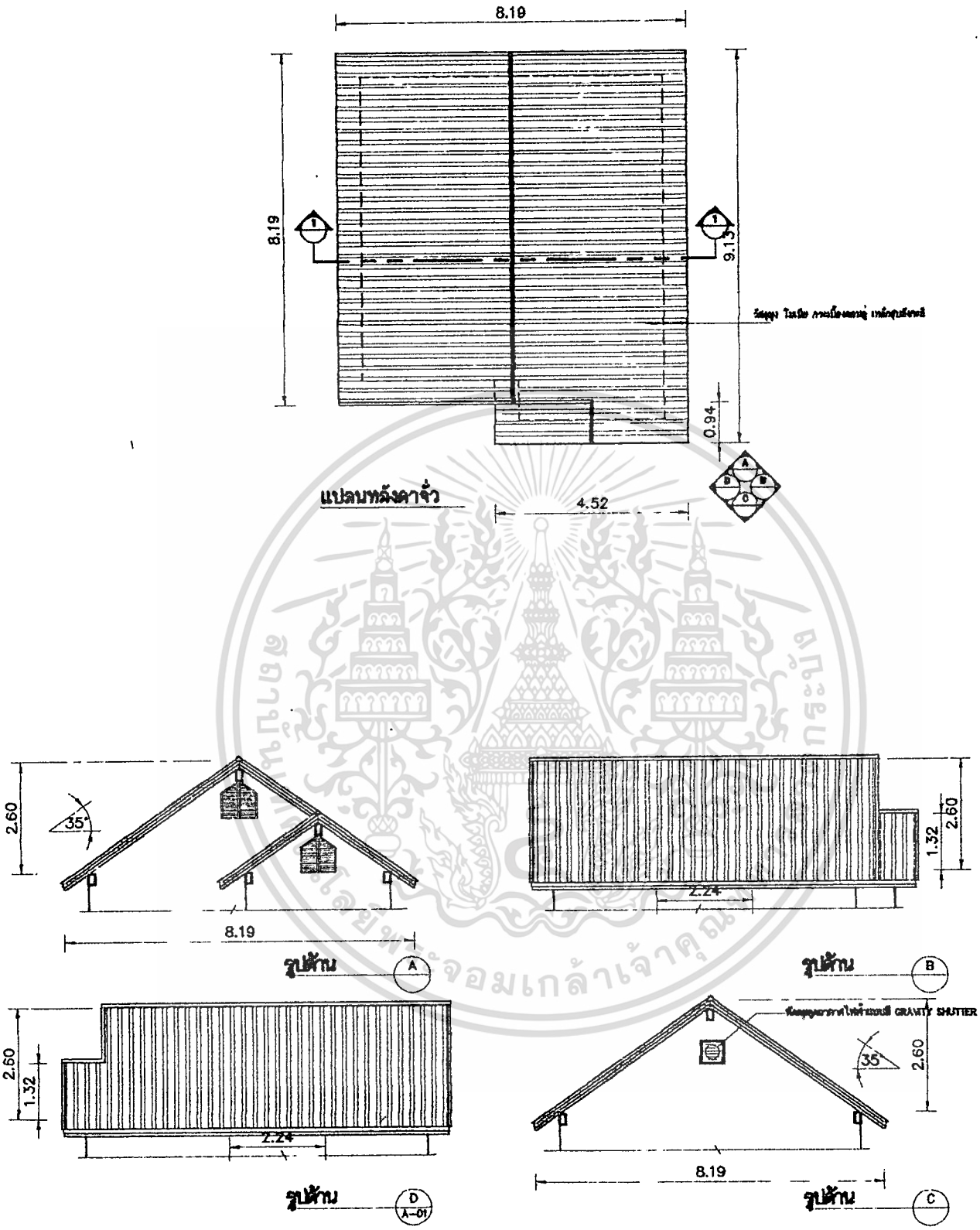
5.5.4 แสดงรูปแบบการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา

ในลักษณะของการติดตั้งตำแหน่งขอบพัดลมระบายอากาศจากหลังคารูปทรงจั่วเดิมนั้นผู้ออกแบบได้กำหนดการติดตั้งพัดลมในตำแหน่งของจั่วด้านหลังของหลังคา ซึ่งมีลักษณะของการติดตั้งที่ค่อนข้างง่ายโดยการยึดตัวพัดลมเข้าไปในส่วนของวงกบสำเร็จรูป แล้วนำไปติดตั้งไว้บนส่วนของหลังคาด้านที่เป็นจั่วด้านหลัง แล้วติดตั้งอุปกรณ์พิเศษคือ GRAVITY SHUTTER แบบอลูมิเนียมปิดทับพัดลมอีกครั้งหนึ่งเพื่อป้องกันการสาดของฝน รวมทั้งฝุ่น แมลง และสัตว์ปีกต่าง ๆ โดยมีการติดตั้งสวิตซ์ปิด-เปิดมาไว้ภายในบ้านในตำแหน่งที่เหมาะสมในการควบคุมและช่องลมเข้าจะอยู่ด้านหน้าของจั่วหลังคา

ตารางที่ 5.34 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา สำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา

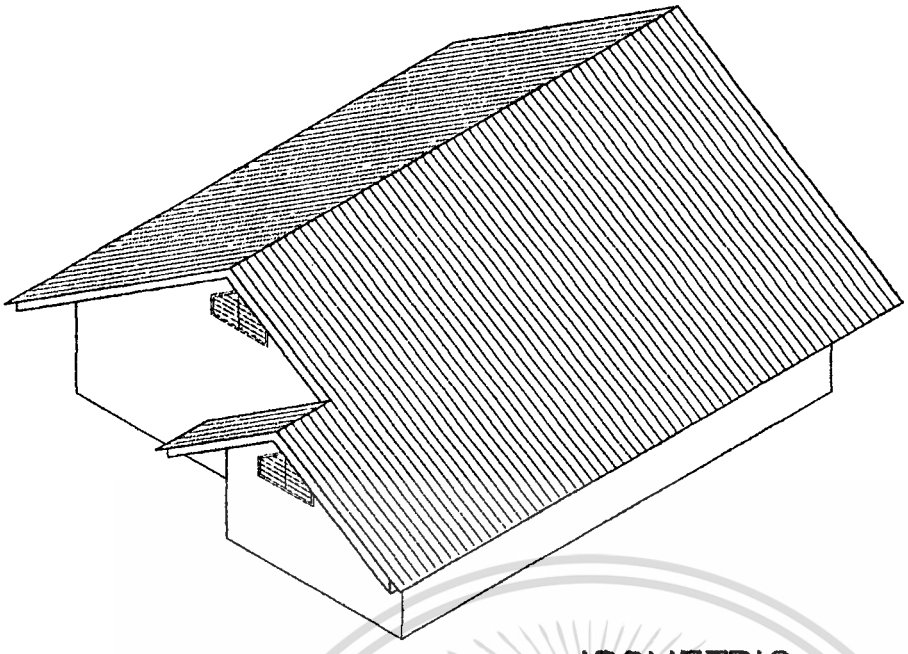
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ลมเข้าและพัดลม		ตำแหน่งที่ติดตั้งพัดลม	ลักษณะของโครงสร้าง	หมายเหตุ
		พื้นที่ลมเข้า M^2(A)	ลักษณะพัดลม			
1.	หลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา	17,2800	AXIAL FLOW ดูดเข้าและเป่าออก	ติดตั้งบนหลังคาด้านติดตั้งวงกบไม้โครงสร้างยึดกับตัวพัดลม	เป็นลักษณะของหลังคาจั่วขนาดเล็กเข้าไปติดตั้งบนหลังคาปั้นหยาด้านหน้า ติดตั้ง GRAVITY SHUTTER อลูมิเนียมป้องกันฝน	ดูแบบประกอบรายการหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

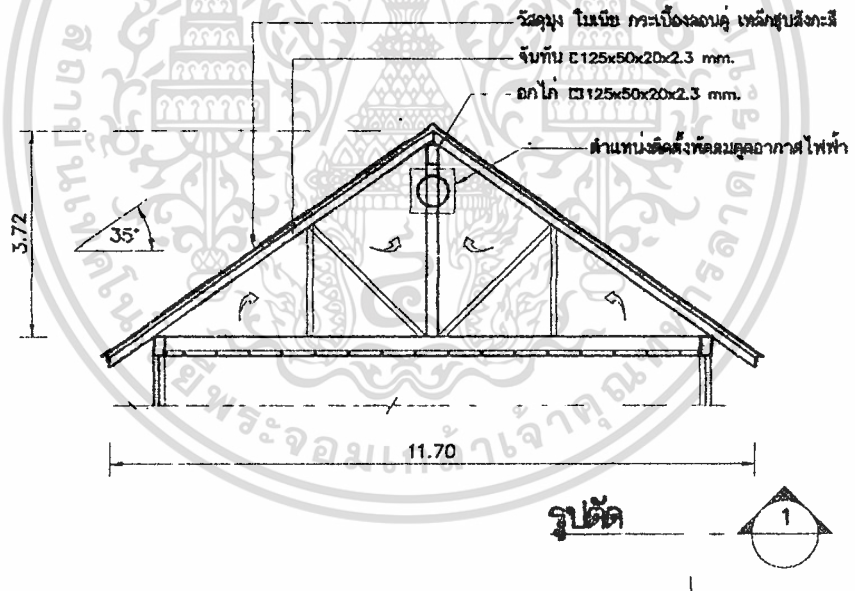


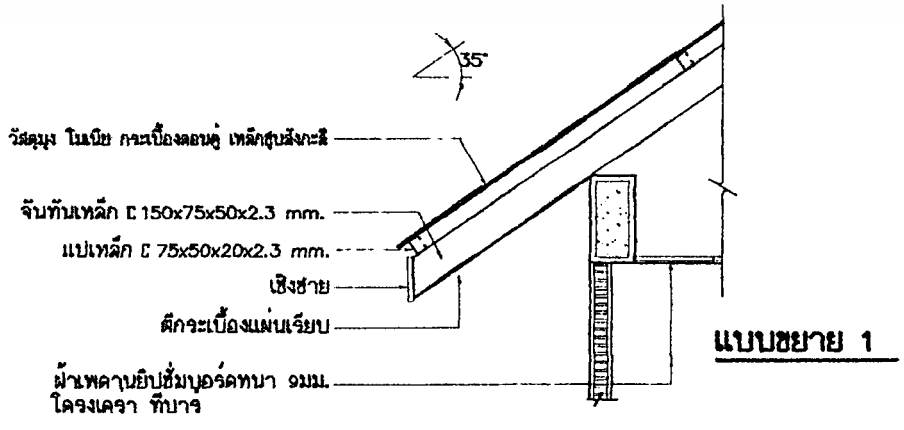
รูปที่ 5.59 แบบแสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ แบบใช้พลังงานไฟฟ้าของหลังคาทรงจั่ว มุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC





รูปที่ 5.59 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

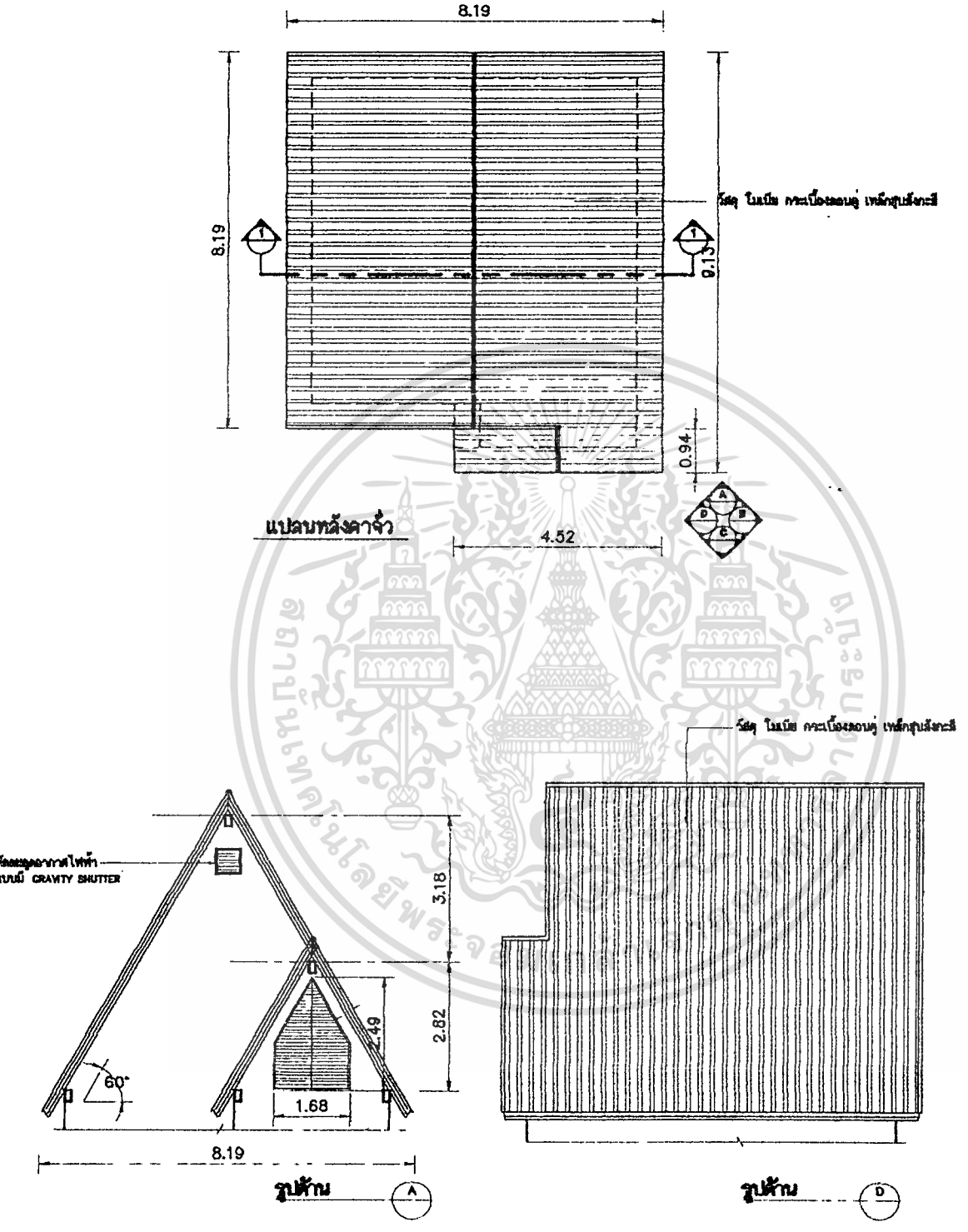
5.5.5 แสดงรูปแบบของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา

สำหรับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา นั้นจะมีลักษณะของการติดตั้งคล้ายกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาของรูปทรงจั่ว มุม 35 องศา จะแตกต่างกันก็ตรงในส่วนของความสูงของหลังคาจั่วมุม 60 องศา จะมีความสูงของหลังคาที่มากกว่าตำแหน่งของการติดตั้งพัดลมจึงอยู่ในส่วนของความสูงในส่วนของจั่วด้านบนซึ่งอาจจะมีความยุ่งยากในการติดตั้งและการบำรุงรักษาที่ยาวกว่า ในการเจาะช่องเปิดสำหรับลมเข้าจะมีลักษณะเป็นเกร็ดระบายลมติดอยู่ในส่วนจั่วด้านหน้าหลังคาและส่วนของตัวพัดลมระบายอากาศจะมีอุปกรณ์พิเศษคือ GRAVITY SHUTTER อลูมิเนียมปิดทับพัดลมอีกครั้งหนึ่งเพื่อป้องกันการสาดของฝน รวมทั้งฝุ่นและแมลง

ตารางที่ 5.35 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคา สำหรับหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา

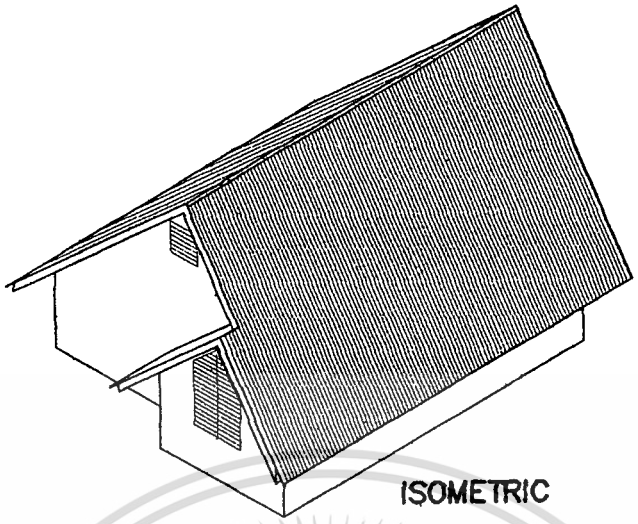
ลำดับที่	แสดงรายละเอียด	ขนาดพื้นที่ลมเข้าและพัดลม		ตำแหน่งที่ติดตั้งพัดลม	ลักษณะของโครงสร้าง	หมายเหตุ
		พื้นที่ลมเข้า M^2(A)	ลักษณะพัดลม			
1.	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา	7,776	AXIAL FLOW ดูดเข้าและเป่าออก	ติดตั้งบริเวณจั่วด้านหลังของส่วนหลังคา	ยึดตัวพัดลมเข้ากับวงกบไม้และยึดตัววงกบไม้เข้ากับผนังด้านหลังของจั่ว ติดตั้ง GRAVITY SHUTTER อลูมิเนียมป้องกันฝน	ดูแบบประกอบรายการหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

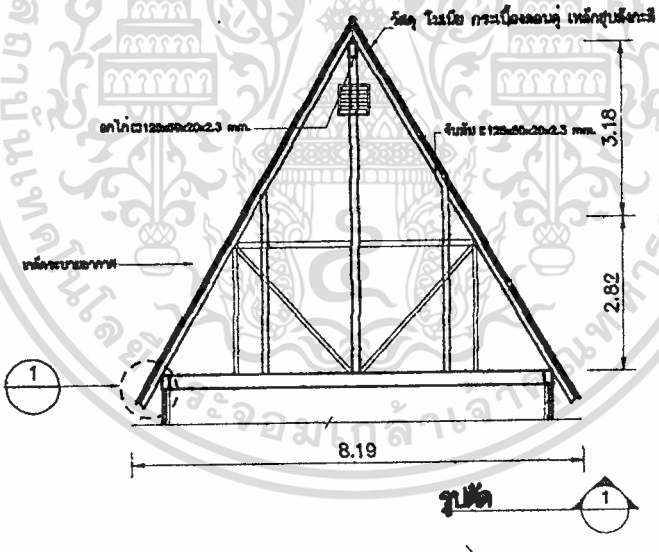


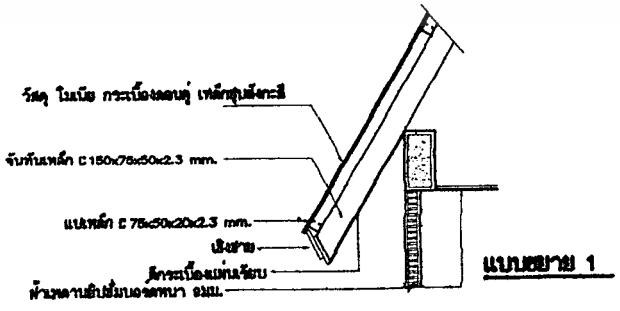
รูปที่ 5.60 แบบแสดงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ แบบใช้พลังงานไฟฟ้าของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISOMETRIC





รูปที่ 5.60 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.6 ผลการวิเคราะห์การนำเสนอรูปแบบการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ

จากผลการศึกษาการติดตั้งพัดลมระบายอากาศบนหลังคาของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ โดยกำหนดขนาดของพัดลมชนิดเดียวกันเป็นตัวอย่างในการศึกษา มีลักษณะการติดตั้งพัดลมบนหลังที่ตำแหน่งต่างกันของหลังคารูปทรงจั่วและปั้นหยา การเลือกพัดลมควรเลือกจากลักษณะของการระบายอากาศของพัดลมชนิดนั้น ข้อมูลในการแสดงประสิทธิภาพของการทำงานของพัดลมที่ชัดเจน ราคาของพัดลม รวมถึงระบบการติดตั้งและการบำรุงรักษาโดยการศึกษากำหนดให้ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพียง 1 ตัวกับหลังคาแต่ละรูปแบบ

ตารางที่ 5.36 แสดงผลการวิเคราะห์การนำเสนอรูปแบบการติดตั้งพัดลมระบายอากาศของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ

ลำดับที่	รายละเอียดของหลังคา	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อนที่สะสม (WATT)	ปริมาตรอากาศภายใต้หลังคา (ลบ.ม.)	เวลาในการระบายอากาศจากปริมาตรอากาศ (วินาที)	อัตราการระบายระบายอากาศของพัดลม (Q)	เวลาในการเปิดพัดลม	การบริโภคพลังงาน (KW/ชม.)
1	รูปแบบหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	2438	177.93	5.08	0.5833		0.47
		กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	2638					
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2189					
2	รูปแบบหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	2441	256.33	7.58	0.5833		0.47
		กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	2641					
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2192					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.36 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดของหลังคา	วัสดุมุงหลังคา	ปริมาณความร้อนที่สะสม (WATT)	ปริมาตรอากาศภายใต้หลังคา (ลบ.ม.)	เวลาในการระบายอากาศจากปริมาตรอากาศ (วินาที)	อัตราการระบายระบายอากาศของพัดลม (Q)	เวลาในการเปิดพัดลม	การบริโภคพลังงาน (KW/ชม.)
3	รูปแบบหลังคาทรงปั้นหยา มุม 60 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	3203	177.93	17.261	0.5833		0.47
		กระเบื้องซีเมนต์ไยหิน	3442					
		กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	2977					

หมายเหตุ เวลาในการเปิดพัดลมพิจารณาจากช่วงเวลาที่ต้องการปรับอุณหภูมิด้วยกระแสลมของค่ามาตราฐานความสบาย

จากตารางข้างบนสรุปผลการศึกษาและดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาในการเปิดพัดลมเพื่อการระบายอากาศ ได้กำหนดเวลาโดยพิจารณาจากช่วงเวลาที่ต้องการปรับอุณหภูมิด้วยกระแสลมและการระบายอากาศ จากตารางที่ 2.4 แสดงค่ามาตราฐานความสบายของอุณหภูมิ (E.T) ของกรุงเทพมหานคร คือ 13 ช.ม. เฉลี่ยตั้งแต่ 8.00 น. – 20.00 น.

2. การบริโภคพลังงานไฟฟ้าของพัดลมที่นำมาติดตั้งเพื่อการระบายอากาศ = 0.47 KW ต่อ ช.ม. เพื่อความต้องการในการระบายอากาศต่อวัน = 13 ช.ม. เพราะฉะนั้นการบริโภคพลังงานในช่วงเวลาของการระบายอากาศ จึงเท่ากับ 0.47 x 13 = 6.11 KWต่อช.ม.

3. ในการบริโภคพลังงานเฉลี่ยสำหรับพัดลมดูดอากาศ 1 ตัวต่อ 13 ชั่วโมง ในการทำงานเฉลี่ยมีค่าในการบริโภคพลังงาน = 6.11 KW/ 13 ชั่วโมง ฉะนั้นค่าไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณต่อ 13 ชั่วโมง = 18.33 บาท คิดไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วยยูนิต ถ้าคิดเฉลี่ยต่อปี =18.33 บาท x 365 วัน = 6690.45 บาท

รวมทั้งค่าบำรุงรักษาและเสื่อมสภาพ 15% ต่อปี = $\frac{6690.45 \times 15}{100} = 1003.5$

เพราะฉะนั้นจะเท่ากับเฉลี่ยค่าใช้จ่ายปีละ = 6690.45 + 1003.5 = 7694 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รูปทรงของหลังคามีผลต่อการสะสมมวลอากาศภายใต้หลังคา เมื่อรูปทรงที่มีปริมาตรของมวลอากาศมากกว่าก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการระบายอากาศของพัดลมนั้นใช้เวลาในการระบายอากาศที่มากกว่ารูปทรงที่มีการสะสมของมวลอากาศภายใต้หลังคาน้อยกว่า

5. การบำรุงรักษาตัวพัดลมรวมถึงการทำความสะอาดและตรวจสอบคุณภาพควรตรวจสอบปีละ 1 ครั้งเป็นอย่างน้อย

6. ในการเลือกพัดลมมาใช้ในการระบายอากาศและติดตั้งนั้น ควรศึกษาคุณสมบัติที่แท้จริงของพัดลมนั้นและมีรายละเอียดของตัวพัดที่ค่อนข้างชัดเจนเพื่อนำมาพิจารณาในการเลือกใช้

7. การระบายอากาศด้วยพัดลม มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่ดีกว่าการระบายอากาศ โดยวิธีการเพิ่มช่องเปิดและการระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ เพราะการระบายอากาศด้วยพัดลมนั้นไม่ต้องอาศัยหลักการจากความเร็วลมภายนอก จากสภาพแวดล้อม แต่การระบายอากาศด้วยพัดลมนั้นสามารถดำเนินการได้ทุกกรณีไป อาจจะมีข้อเสียในเรื่องของการบริโภคพลังงานการติดตั้ง รวมถึงการบำรุงรักษา

8. รูปแบบของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศนั้น ก็มักจะไม่มีผลโดยตรงต่อโครงสร้างหลังคาและรูปทรงทางสถาปัตยกรรม

5.6 การออกแบบโดยวิธีป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารโดยวิธีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน

ในส่วนของการออกแบบโดยวิธีการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารนั้น คือการป้องกันความร้อน ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่งผ่านมากระทบกับพื้นที่ผิวหลังคาและส่งผ่านพลังงานความร้อนลงมาสู่ด้านล่างโดยวิธีการแผ่รังสีความร้อน ในระบบของหลังคาจะมีช่องว่างอากาศระหว่างหลังคาและฝ้าเพดาน ดังนั้นแทบจะไม่มีความร้อน โดยวิธีการนำ ความร้อน (Conduction) และการถ่ายเทความร้อนลงมาสู่ด้านล่างซึ่งเป็นฝ้าเพดานโดยการพาความร้อน (Convection) ก็จะไม่มีทั้งนี้เนื่องจากอากาศร้อนจะลอยตัวสู่ข้างบน ดังนั้นการติดตั้งฉนวนในการป้องกันความร้อนนั้นก็จะสกัดกั้นรังสีความร้อนในช่องว่างอากาศระหว่างหลังคาที่ร้อนและฝ้าเพดานที่เย็นกว่าก็สามารถที่จะขจัดการแผ่รังสีความร้อนนั้นได้

5.6.1 แนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ฉนวนในการป้องกันความร้อน

เนื่องจากฉนวนที่ใช้ในการป้องกันความร้อนในปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด ผู้วิจัยจึงได้กำหนดแนวทางในการเลือกใช้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยโดยมีแนวทางดังต่อไปนี้

1. เป็นฉนวนป้องกันความร้อนโดยการสะท้อนรังสี (Refflecttivity) ที่มีค่าสะท้อนรังสีที่สูงเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สามารถติดตั้งและขนย้ายง่ายเหมาะสมกับอาคารบ้านพักอาศัยโดยตรง
3. มีความสามารถในการทนไฟ
4. ราคาที่เหมาะสมกับการลงทุน
5. ไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อสภาพแวดล้อมทั้งภายนอกและภายในอาคาร
6. บำรุงรักษาง่ายเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ
7. มีความแข็งแรงของวัสดุ วัสดุไม่ควรฉีกขาดง่าย
8. ขนาดของวัสดุมีความกว้างพอเหมาะสมแก่การติดตั้ง

5.6.2 คุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อน

เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการผลิตฉนวนป้องกันความร้อนในรูปแบบต่างๆ ขึ้น เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานประเภทต่างๆ เป็นจำนวนมาก การจำแนกชนิด Thermal Insulation ที่จัดทำขึ้นโดย ASTM เป็นการให้ Identification Number กับฉนวนป้องกันความร้อนแต่ละชนิด เฉพาะที่ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานของ ASTM มีจำนวนถึง 113 ชนิด ในที่นี้จะกล่าวถึงฉนวนป้องกันความร้อนบางชนิดที่สำคัญๆ ดังนี้

1. CALCIUM SILICATE (แคลเซียมซิลิเกต)
2. CETLULOSE (ใยเซลลูโลส)
3. ELASTOMERIC FOAM (โฟมชนิดสารยืดหยุ่น)
4. GLASS FIBER (ใยแก้ว)
5. MINERAL FIBER (ใยแร่)
6. POLYSTYRENE FOAM (โพลีสไตรีนโฟม)
7. POLYURETHANE / POLYISOCYANURATE FOAM (โพลียูรีเทน / โพลีไอโซไซยานูเรตโฟม)
8. VERNICULITE (เวอรนิคูไลท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALCIUM SILICATE (แคลเซียมซิลิเกต)[1]

เป็นฉนวนป้องกันความร้อนแบบ Granular ประกอบด้วยไฮดรัสแคลเซียมซิลิเกต โดยระหว่างกรรมวิธีการผลิต ไอน้ำจะเปลี่ยนรูปหินปูนและซิลิกาไปเป็นไฮดรัสแคลเซียมซิลิเกต นิยมนำไปใช้ในการหุ้มท่อและภาชนะในกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูง และจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความทนแรงอัดสูง

CELLULOSE (ใยเซลลูโลส)[2]

เป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ผลิตขึ้นจากการนำไม้ หรือกระดาษที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง (Recycle) โดยการแผ่และดึงให้กระจายออก ทำการย่อยจนละเอียด จากนั้นทำการประสานเข้าด้วยกันด้วยกรดบอแร็กซ์ ส่วนผสมทั้งสองนี้จะช่วยให้มีสภาพด้านทานการลุกไหม้ และการดูดซับความชื้น การประยุกต์ใช้งานอาจใช้ในลักษณะของ Loose Fill ในช่องผนังหรือเพดานของอาคาร ใช้ในลักษณะของ Batts, Blankers หรือเป็นโฟมฉีด สำหรับเป็นฉนวนป้องกันความร้อนใต้ดาดฟ้าหรือหลังคา

ข้อจำกัดของฉนวนป้องกันความร้อนแบบนี้ในการใช้งานก็คือ ถ้าไม่สามารถควบคุมให้มีความหนาแน่นตามมาตรฐานที่กำหนด (41.65 - 48.06 kg/m^3) เช่นมีอากาศพ่นเข้าไปในเครื่องจักรผลิตฉนวนมากเกินไป ทำให้มีความหนาแน่นต่ำกว่ามาตรฐาน ฉนวนนั้นจะยุบตัวลงทีละน้อยทั้งจากผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง การสั่นสะเทือน หรือความชื้น เป็นสาเหตุทำให้สภาพการต้านทานความร้อน และความหนาลดลง และเนื่องจากวัสดุที่ใช้ผลิตเป็นเส้นใยธรรมชาติ (Organic Fibrous) ซึ่งติดไฟได้ ดังนั้นจะต้องมีการผสมสารที่หน่วงไฟไหม้ในอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วย

ELASTOMERIC FOAM (โฟมชนิดสารยืดหยุ่น)[3]

หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Expanded Rubber Foam (โฟมยางแบบขยาย) เป็นฉนวนที่ยืดหยุ่นได้ด้วยการพ่นให้ขยายตัวในแบบ (Mold) มีความจุของเซลล์ที่ชิดกันมาก ทำให้สามารถต้านทานการแทรกซึมของไอน้ำได้ดี จึงเหมาะกับการใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่นในระบบท่อส่งความเย็น

---

[1] "ร.ศ ดร.สุนทร บุญญาธิการ. โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบอาคาร เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน" หน้า 7

[2] เรื่องเดียวกัน

[3] เรื่องเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GIASS FIBER (ใยแก้ว)[4]

ผลิตจากการนำก้อนแก้ว (Glass) มาฟันและปั่นจนเป็นเส้นเกลียวบาง แล้วจึงนำมาทำเป็นฉนวนป้องกันความร้อนในลักษณะของ Loose Fill แบบแผ่นอัด (Boards) และแบบคลุมหรือห่ม (Blankets) ข้อจำกัดในการใช้งานฉนวนป้องกันความร้อนประเภทนี้คือ การติดไฟของวัสดุที่ใช้เป็นตัวประสาน (Binder) ซึ่งสามารถลุกไหม้ได้ และผิวหน้าซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยกระดาษเคลือบแอสฟัลต์ หรือกระดาษแผ่นบางๆ ซ้อนทับกัน ดังนั้นถึงแม้ว่าตัววัสดุพื้นฐานที่ใช้ทำฉนวนจะเป็นวัสดุที่ไม่ลุกไหม้ (เนื่องจากเป็นสารอนินทรีย์) ก็ตาม แต่ในการใช้งานจึงไม่สามารถนำมาใช้โดยหันผิวหน้าของวัสดุเข้าหาเปลวไฟ หรือพื้นที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียสได้ เพราะอาจเกิดการลุกไหม้ของผิวหน้าหรือเกิดควันที่เป็นอันตรายได้

MINERAL FIBER (ใยแร่)[5]

หรืออาจเรียกว่า Mineral Rock (หินแร่) หรือ Slag Wool (ฝอยขี้โลหะ) หรือ Rock Wool มีกรรมวิธีการผลิตคล้ายคลึงกับฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว โดยการนำวัสดุประเภทแร่ เช่น ขี้โลหะจากการผลิตเหล็กกล้า ทองแดง หรือตะกั่ว มาใช้เป็นวัสดุหลักแทน ฉนวนใยแร่นี้จะมีรูปแบบและข้อจำกัดในการใช้งานทั่วไปเหมือนกับฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว เช่น ปัญหาการติดไฟของตัวประสาน (Binder) และการลุกไหม้ของผิวหน้า

POLYSTYRENE FOAM (โพลีสไตรีนโฟม)[6]

ฉนวนป้องกันความร้อนประเภทนี้ มีการผลิตขึ้นมาใช้งาน 2 รูปแบบ คือ แบบโฟมอัดรีด (Extruded) และแบบโฟมหล่อ (Molded) แต่เนื่องจาก Polystyrene เป็นวัสดุประเภท Organic Cellular Material ซึ่งสามารถติดไฟและลุกไหม้ได้ ดังนั้นในการนำมาใช้งาน จึงต้องมีเปลือกที่ต้านทานเปลวไฟได้หุ้มอยู่ เช่น ยิบซั่มบอร์ด นอกจากนี้แล้วยังต้องป้องกันไม่ให้วัสดุกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง เพราะจะทำให้เปลี่ยนเป็นสีเหลือง และเสื่อมสภาพได้ อุณหภูมิใช้งานสูงสุดเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส ถ้ามีการใช้งานในอุณหภูมิสูงกว่านี้อาจเป็นสาเหตุทำให้วัสดุอ่อนตัวลงได้

POLYURETHANE / POLYISOCYANURATE FOAM (โพลียูรีเทน / โพลีไอโซไซยานูเรตโฟม)[7]

เป็นวัสดุฟลูออโรคาร์บอนที่พ่นให้เป็นโฟม มีทั้งการหล่อเป็นรูปแบบฐานแผ่นแข็งล่วงหน้าที่อาจจะมีพื้นผิวอัดเป็นแผ่น หรือเป็นแบบฉนวนที่ใช้ฉีดเป็นฟอง หรือสเปรในชิ้นงาน ความแข็งแรงของวัสดุขึ้นอยู่กับการบ่ม สภาพนำความร้อน (k) ของวัสดุชนิดนี้จะต่ำมาก เนื่องจากภายในเซลล์เป็นก๊าซฟลูออโรคาร์บอน (ฟรีออน - 11) ซึ่งมีสภาพนำความร้อนต่ำกว่าอากาศ ในการผลิตเป็นฉนวนป้องกันความร้อนเพื่อการใช้งานโดยมาก ต้องมีการหุ้มด้วยวัสดุที่หน่วงไฟไหม้ เพราะ Polyurethane และ Polyisocyanurate Foam จัดเป็นวัสดุประเภท Organic Cellular Material ที่สามารถลุกไหม้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟมทั้งสองชนิดเมื่อถูกเผาไหม้จะให้ควันมาก และเกิดก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่เป็นอันตรายถึงชีวิต

VERMICULITE (เวอร์มิคูไลท์) [8]

ทำจากแร่ไมกาซึ่งมีลักษณะเป็นเกล็ดๆ คล้ายกระจกโดยมีน้ำเป็นส่วนประกอบ ในกระบวนการผลิตอนุภาคจะได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วจนเกิดการล่อนเป็นเกล็ดของชั้นไมกา การใช้งานจะเป็นลักษณะของฉนวนป้องกันความร้อนแบบเทบรรจุเข้าไปในบล็อค หรือโพรงผนัง หรือถ้านำไปผสมกับปูนซีเมนต์หรือทราย จะได้เป็นคอนกรีตเวอร์มิคูไลท์ที่มีสภาพนำความร้อนต่ำกว่าคอนกรีตปกติถึง 10 เท่า

ตารางที่ 5.37 สรุปการเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของฉนวนกับความร้อน

ชนิดของฉนวน	ข้อดี	ข้อจำกัด
CALCIUM SILICATE (แคลเซียมซิลิเกต)	• ไม่ติดไฟ • Temperature Limits สูง (650 องศาเซลเซียส) • คุณภาพทางกายภาพ และความร้อนไม่เปลี่ยน	• สภาพนำความร้อนปานกลาง • การซึมผ่านของไอน้ำสูง • การดูดซึมน้ำสูง • ราคาแพง
CELLULOSE (ใยเซลลูโลส)	• สภาพนำความร้อนต่ำ • ราคาถูก • ไม่เป็นพิษ	• ติดไฟได้ • การดูดซึมน้ำสูง • อาจมีการยุบตัวตามอายุการใช้งาน
ELASTOMERIC FOAM (โฟมชนิดสารยืดหยุ่น)	• สภาพนำความร้อนต่ำ • ติดตั้งง่าย / ราคาถูก • ไม่เป็นพิษ	• ติดไฟได้และเกิดควันสูง • ไวตอแสงอุลตร้าไวโอเลต • Temperature Limits ต่ำ (105 องศาเซลเซียส)
FIBER GLASS (ใยแก้ว)	• สภาพนำความร้อนต่ำ • ราคาถูก • ไม่เป็นพิษ • การดูดซึมน้ำต่ำ	• ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้ • สภาพการซึมผ่านของไอน้ำสูง • Temperature Limits ปานกลาง (700 องศาเซลเซียส)
MINERAL FIBER หรือ ROCK WOOL (ใยแร่)	• สภาพนำความร้อนต่ำ • ราคาถูก • ไม่ติดไฟ • ไม่เป็นพิษ	• ตัวประสาน (Binder) ลุกไหม้ได้ • สภาพการซึมผ่านของไอน้ำสูง • Temperature Limits ปานกลาง (700 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.37 (ต่อ)

ชนิดของฉนวน	ข้อดี	ข้อจำกัด
PERLITE OR EXPANDED SILICA (เพอร์ไลท์หรือซิลิกาโฟม)	• สภาพนำความร้อนต่ำ • ไม่ติดไฟ • ไม่เป็นพิษ	• การซึมของไอน้ำ และการดูดซึมน้ำสูง • ต้องมีเปลือกหุ้มกั้นไอน้ำ
POLYSTYRENE FOAM (โพลีสไตรีนโฟม)	• สภาพนำความร้อนต่ำ • ใช้เป็นตัวผนึก หรือกันซึมได้ • สภาพการซึมเข้าของน้ำและการดูดซึมน้ำต่ำ • ไม่เป็นพิษ	• ติดไฟได้ • Temperature Limits ต่ำ (82 องศาเซลเซียส) • ราคาปานกลาง
POLYURETHANE / POLYISOCYANURATE FOAM (โพลียูรีเทน / โพลีไอโซไซยานูเรตโฟม)	• สภาพนำความร้อนต่ำที่สุด • ใช้เป็นตัวผนึก หรือกันซึมได้ • สภาพการซึมเข้าของน้ำและการดูดซึมน้ำต่ำ	• ติดไฟได้ • เกิดควันที่เป็นพิษ ขณะลุกไหม้ แก้ไขโดยใส่สารกันไฟลาม • ราคาปานกลางถึงสูง
VERMICULITE (เวอร์มิคูไลท์)	• TEMPERATURE LIMITS สูง (405 องศาเซลเซียส) • ไม่ติดไฟ • ไม่เป็นพิษ	• สภาพนำความร้อนสูง • การดูดซึมน้ำสูง • ราคาปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.38 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุฉนวน

ชนิดของฉนวน (INSULATION)	ราคา (PRICE)	ช่วงอุณหภูมิใช้งาน (TEMPERATURE RANGE)	ค่าการนำความร้อน (THERMAL CONDUCTIVITY)	คุณสมบัติด้านเสียง (ACOUSIC PERFORMANCE)	การป้องกันไฟ (FIRE PROTECTION)	การดูดซับความชื้น (MOISTURE ABSORBSION)	ความเป็นพิษ (TOXIC)	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ENVIRONMENT EFFECTED)
ROCKWOOL	++	+++	+	+++	+++	+	+	+
GLASSWOOL	++	+	+	++	0	+	+	+
POLYURETHENE	-	-	+	0	--	+	-	-
POLYSTYRENE	0	-	0	0	--	+	-	-
POLYETHYLENE	-	-	0	0	---	+	-	-
CELLULOSIC FIBER	-	0	0	0	0	--	+	0
CALCIUM SILICATE	-	-	+	0	++	0	0	-

+++ ดีที่สุด ++ ดีมาก + ดี 0 ปานกลาง - พอใช้ -- ไม่ดี --- แย่

5.6.3 คุณสมบัติของฉนวนบางประเภทที่ใช้ในปัจจุบัน

ฟลอยด์

ในการเลือกใช้ฉนวนประเภทต่างๆ จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการกันความร้อนให้กับอาคาร จากการศึกษาพบว่า การใช้ฟลอยด์เพียงชั้นเดียว ไม่เพียงพอสำหรับกันความร้อนจากหลังคา ต้องมีฟลอยด์ไม่น้อยกว่า 3-4 ชั้น โดยแต่ละชั้นมีช่องว่างอากาศ (Air gap) ไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว และต้องป้องกันการรั่วซึมได้ดีด้วย แต่มีข้อแม้ว่า ผิวของแผ่นฟลอยด์จะต้องมีลักษณะ "มันเงา" อยู่ตลอดเวลา ไม่เช่นนั้นแล้วจะทำให้ฟลอยด์สูญเสียคุณสมบัติในการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ไปโดยสิ้นเชิง ทำให้ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนได้อีกต่อไป

โฟม

ฉนวนประเภทโฟมทั้งหลาย มีความจำเป็นต้องห่อหุ้มหรือปกป้องจากการทำลายของรังสีอุลตร้า-ไวโอเล็ต (UV) จากดวงอาทิตย์ โฟมส่วนใหญ่มีข้อดี คือ สามารถคงสภาพเดิมได้แม้จะโดนความเปียกชื้น (ทนน้ำ) แต่เนื่องจากโฟมมีจุดหลอมเหลวต่ำ (โดยทั่วไปจะต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส) ทำให้เมื่อโดนความร้อนสูงเป็นเวลานานๆ โฟมก็จะเปลี่ยนรูป เช่น บิด-งอ บุบสลายหรือไหม้ไปในที่สุด แต่ในบ้านทั่วๆ ไปมักจะไม่มีอุณหภูมิสูงถึงระดับนั้น ยกเว้นกรณีที่มีการนำโฟมไปใช้บุหลังกระจกโดยตรง จะทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ซึ่งโฟมไม่สามารถคงสภาพเดิมเอาไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟเบอร์กลาส

ในปัจจุบันยังพิสูจน์ไม่ได้ว่าไฟเบอร์กลาสเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จึงยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปในประเทศไทยจะรู้จักกันภายใต้ชื่อของ ไมโครไฟเบอร์ ฯลฯ (ตามชื่อของผู้ผลิต) ฉนวนประเภทนี้นอกจากจะสามารถกันความร้อนแล้ว ยังกันเสียงได้ด้วย และมีค่าการกันไฟได้สูงถึงประมาณ 300 องศาเซลเซียส แต่ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น การกลั่นตัวของหยดน้ำจะทำให้สูญเสียคุณสมบัติในการกันความร้อนไปเมื่อเปียกชื้น

ร็อควูล (ROCK WOOL)

ฉนวนประเภทร็อควูล จัดเป็น Mineral Fiber ที่ไม่มีสารประกอบของแอสเบสทอส (Asbestos) ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ มีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้เทียบเท่ากับฉนวนประเภทไฟเบอร์กลาส แต่สามารถทนไฟได้ดีกว่า จึงนำมาใช้เป็นฉนวนที่สามารถกันไฟได้ด้วย (ทนความร้อนได้สูงถึง 800 องศาเซลเซียส) คุณสมบัติพิเศษอีกประการหนึ่งคือ มีความสามารถในการดูดซับเสียง โดยปกติในการใช้งานจะใช้ร็อควูลที่มีความหนาแน่น (Density) สูง และตกแต่งด้วยผ้าเพื่อความสวยงาม แต่มีข้อจำกัดคือไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น

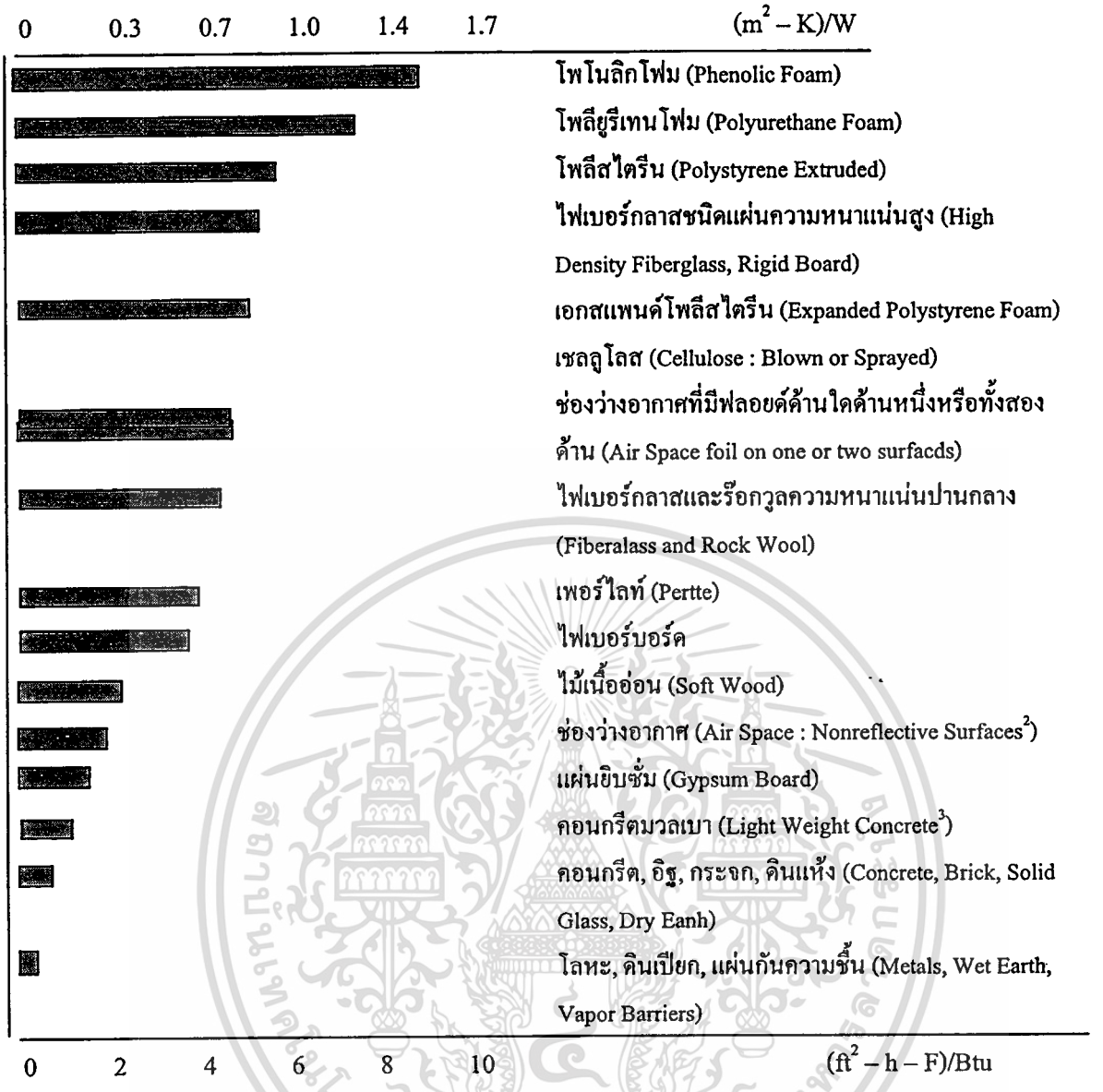
เซลลูโลส

โดยทั่วไปแล้วฉนวนประเภทนี้ มักทำขึ้นจาก เยื่อกระดาษที่ใส่สารกันไฟลาม ทำให้สามารถป้องกันไฟไหม้ได้ระดับหนึ่ง เมื่อโดยไฟไหม้จะมีควันคล้ายควันธูปและดับไปเองในที่สุด ถ้าเยื่อกระดาษนี้มีการสารเคมีที่ผสมอย่างถูกต้อง ก็สามารถใช้เป็นวัสดุกันไฟได้ สำหรับคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน จะมีค่าใกล้เคียงกันกับร็อควูลและไฟเบอร์กลาส

ยิบซั่ม

"ยิบซั่ม" ไม่จัดว่าเป็นวัสดุประเภทฉนวนกันความร้อน อย่างไรก็ตามยิบซั่มชนิดกันไฟ (ไม่ใช่แผ่นยิบซั่มที่ใช้กันอยู่ทั่วไป) จะสามารถป้องกันไฟได้ดี เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในการป้องกันไฟไหม้ให้กับโครงสร้างอาคาร สำหรับค่าความเป็นฉนวนของยิบซั่ม จะมีเพียง 1 ใน 4 ของวัสดุฉนวนอื่นๆ ข้างต้น ดังนั้นยิบซั่มจึงไม่เป็นฉนวนแต่กันไฟได้ การใช้ยิบซั่มในอาคารส่วนใหญ่เป็นไปเพื่อความสะดวกในการตกแต่ง และเมื่อใช้ประกอบกับไฟเบอร์กลาสหรือร็อควูลแล้ว จะสามารถใช้ในการกันเสียงได้ดีหากมีการติดตั้งที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.61 แสดงแผนภูมิ 2 แผนการเปรียบเทียบค่าความต้านทานความร้อน (ค่า R) ของวัสดุต่างๆ ที่ความหนา 1 นิ้ว

[1] ช่องว่างอากาศที่มีฟลอยด์ด้านเดียวหรือสองด้านมีค่าความต้านทานความร้อนไม่แตกต่างกันมาก แต่ค่าความต้านทานความร้อนจะมากน้อยขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของความร้อน ในตารางเป็นการถ่ายเทความร้อนในแนวนอน

[2] ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศไม่ได้แปรผันโดยตรงกับความหนาของช่องว่างอากาศ

[3] ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ค่าความต้านทานความร้อนของคอนกรีตมวลเบาอาจแปรผันได้ตั้งแต่ 0.03 ไปจนถึง 0.3 m^2.K/W

"ร.ศ ดร.สุนทร บุญญาธิการ. โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน" หน้า 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงกำหนดการพิจารณาเลือกฉนวนที่นำมาใช้ในการติดตั้งเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารทั้งหมด 3 ชนิด ด้วยกันเพื่อให้เกิดความเหมาะสมสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยและรูปทรงของหลังคาที่นำมาวิจัยทั้ง 3 รูปแบบ

1. ฉนวนกันความร้อนชนิดยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร
2. ฉนวนกันความร้อนชนิดเซลลูโลสที่มีความหนาในการพ่น 1 นิ้ว (เลือกของหรือที่ Cellumax)
3. ฉนวนกันความร้อนชนิดไฟเบอร์กลาส (ฉนวนใยแก้ว) ที่มีความหนา 1 นิ้ว

ในการติดตั้งผู้วิจัยได้กำหนดให้มีความหนาที่ใกล้เคียงกันทั้งหมดเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการวิจัยโดยกำหนดให้มีการติดตั้งในตำแหน่งเดียวกันทั้งหมด คือใต้แปรและบริเวณฝ้าเพดาน โดยกำหนดให้เป็นระบบปิดทั้งหมดไม่มีระบบระบายอากาศเข้ามาเกี่ยวข้องในการทดสอบและกำหนดแผนการวิเคราะห์ตามตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.39 แสดงแผนการออกแบบติดตั้งการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารโดยการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน

ลำดับที่	รูปทรงหลังคา	มุมหลังคา	วัสดุมุงหลังคา	ฉนวนที่ใช้	ลักษณะการติดตั้ง	หมายเหตุ
1	รูปแบบหลังคาทรงปั้นหยา	35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เซลลูโล 1 นิ้ว	• ติดตั้งใต้แปร • เหนือฝ้าเพดาน	ดูแบบประกอบการหน้า
			กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เซลลูโล 1 นิ้ว		
			กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เซลลูโล 1 นิ้ว		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

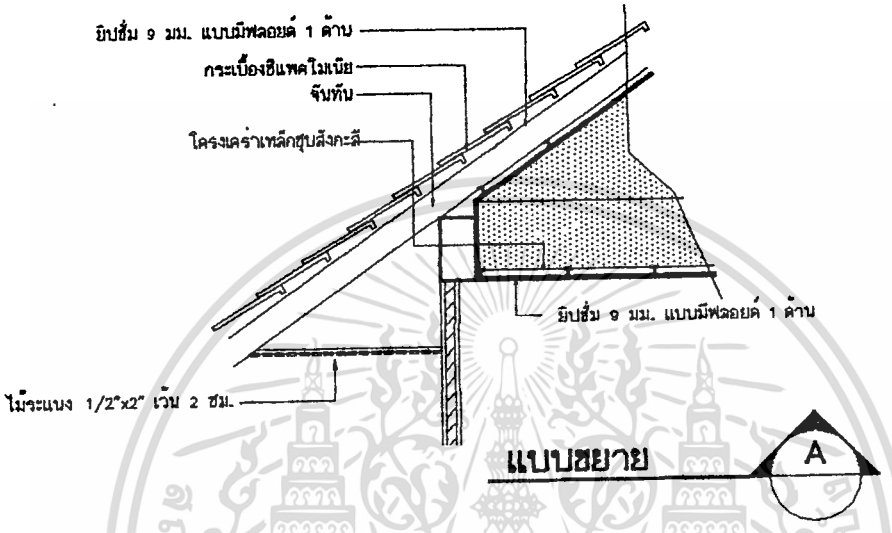
ตารางที่ 5.39 (ต่อ)

ลำดับที่	รูปทรงหลังคา	มุมหลังคา	วัสดุมุงหลังคา	ฉนวนที่ใช้	ลักษณะการติดตั้ง	หมายเหตุ
2	รูปแบบหลังคาทรงจั่ว	35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เชลลูโล 1 นิ้ว	• ติดตั้งใต้แปร • เหนือฝ้าเพดาน	ดูแบบประกอบการหน้า
			กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เชลลูโล 1 นิ้ว		
			กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เชลลูโล 1 นิ้ว		
3	รูปแบบหลังคาทรงจั่ว	60 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เชลลูโล 1 นิ้ว	• ติดตั้งใต้แปร • เหนือฝ้าเพดาน	ดูแบบประกอบการหน้า
			กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เชลลูโล 1 นิ้ว		
			กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	• ยิบซั่ม หนา 9 มิลลิเมตร • ใยแก้ว หนา 1 นิ้ว • เชลลูโล 1 นิ้ว		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา วัสดุมุง	ปั้นหยา กระเบื้องซีแพคโมเนีย	มุมของหลังคา ฉนวน	35 องศา แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.62 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.40 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.40 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			2.0144	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.496425735

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 28

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

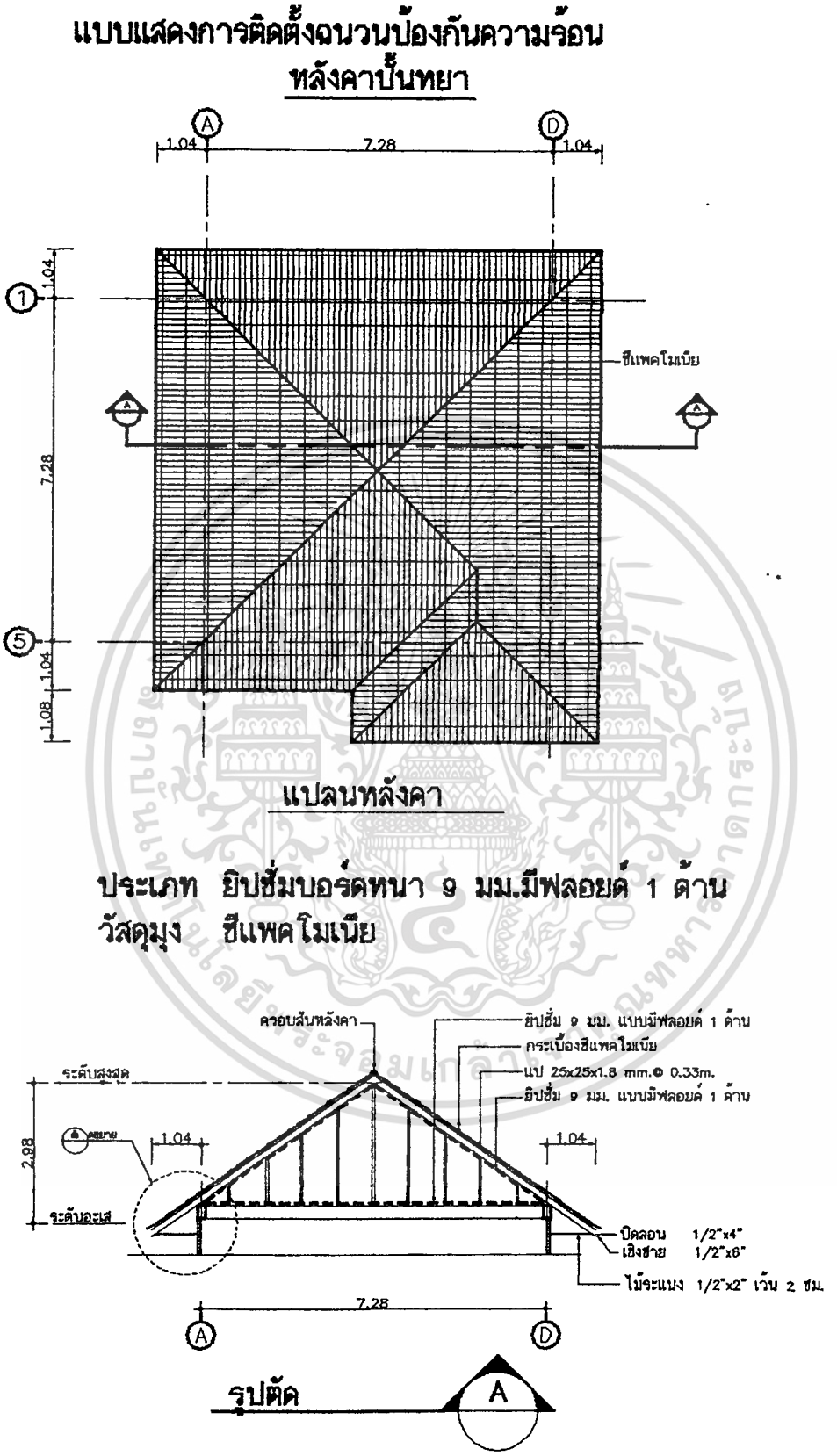
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.4965	28	-	-	-	-	2437.601

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2437.60121 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

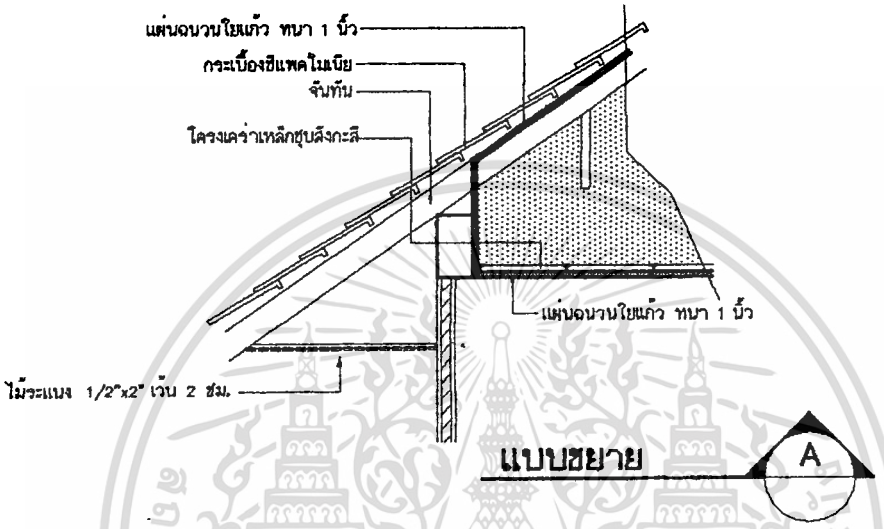


รูปที่ 5.63 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	แผ่นฉนวนใยแก้ว



รูปที่ 5.64 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ใช้ฉนวนใยแก้ว)

ตารางที่ 5.41 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ใช้ฉนวนใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.41 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นฉนวนใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			3.3906	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.29493305

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 28

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

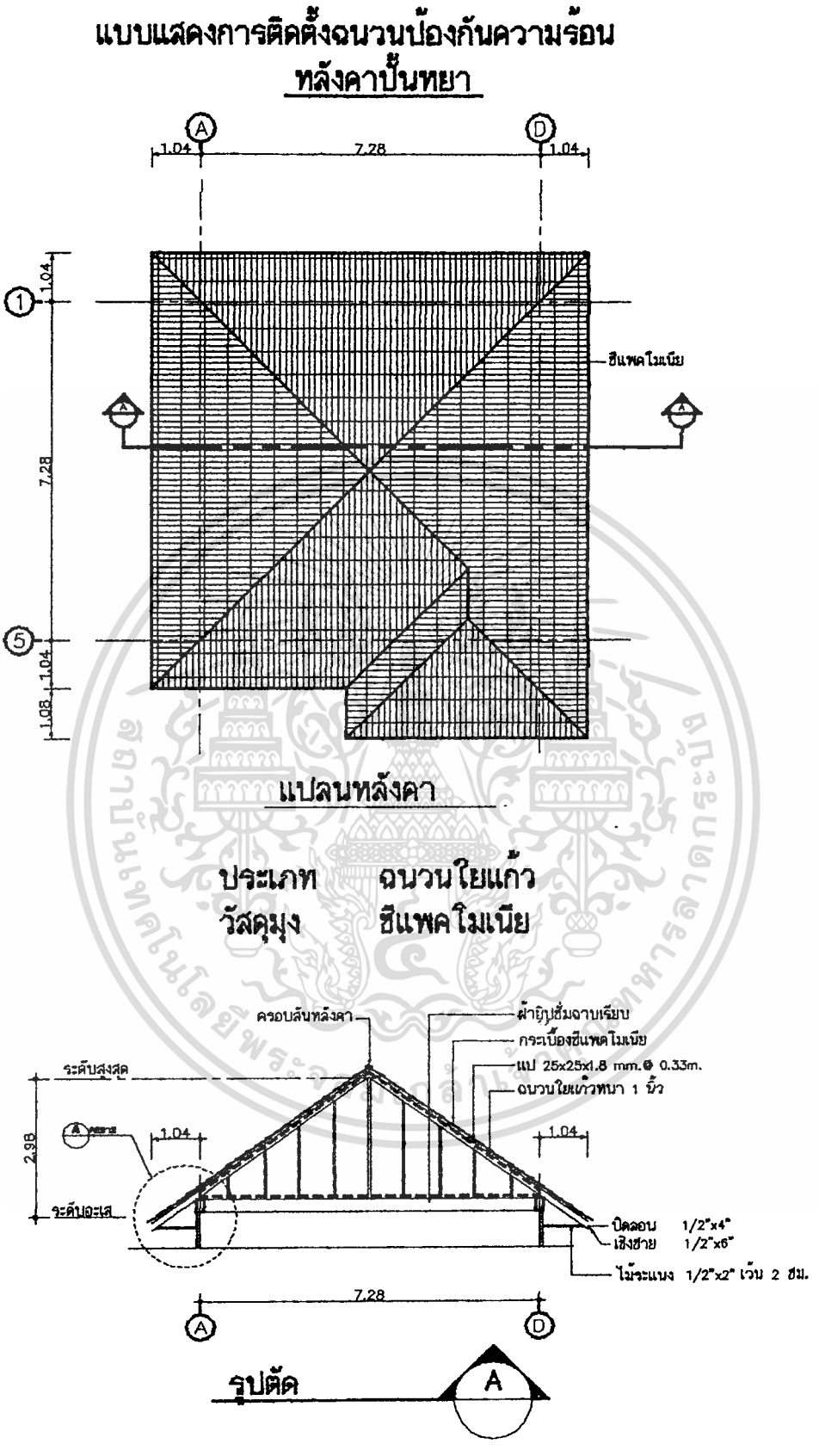
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.2949	28	-	-	-	-	1448.211

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1448.21094 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

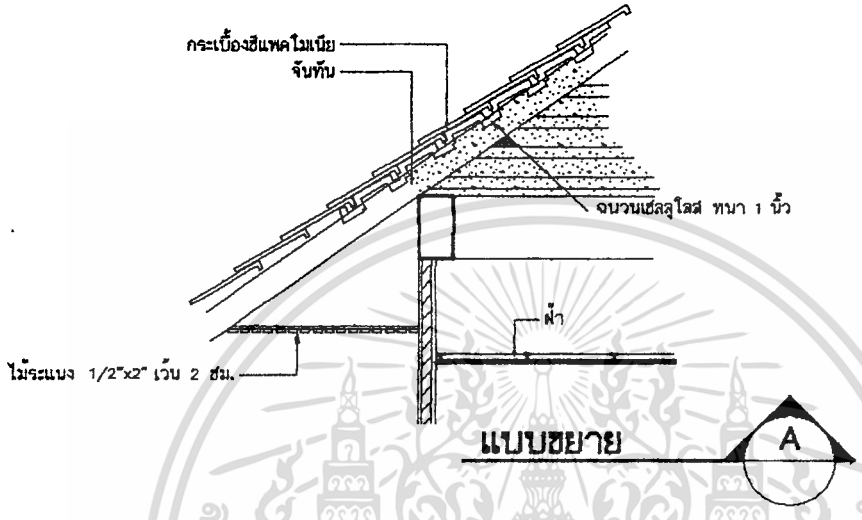


รูปที่ 5.65 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคาทรงปั้นหยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	เซลลูโลส



รูปที่ 5.66 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.42 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.42 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			5.562	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.179791442

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 28

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

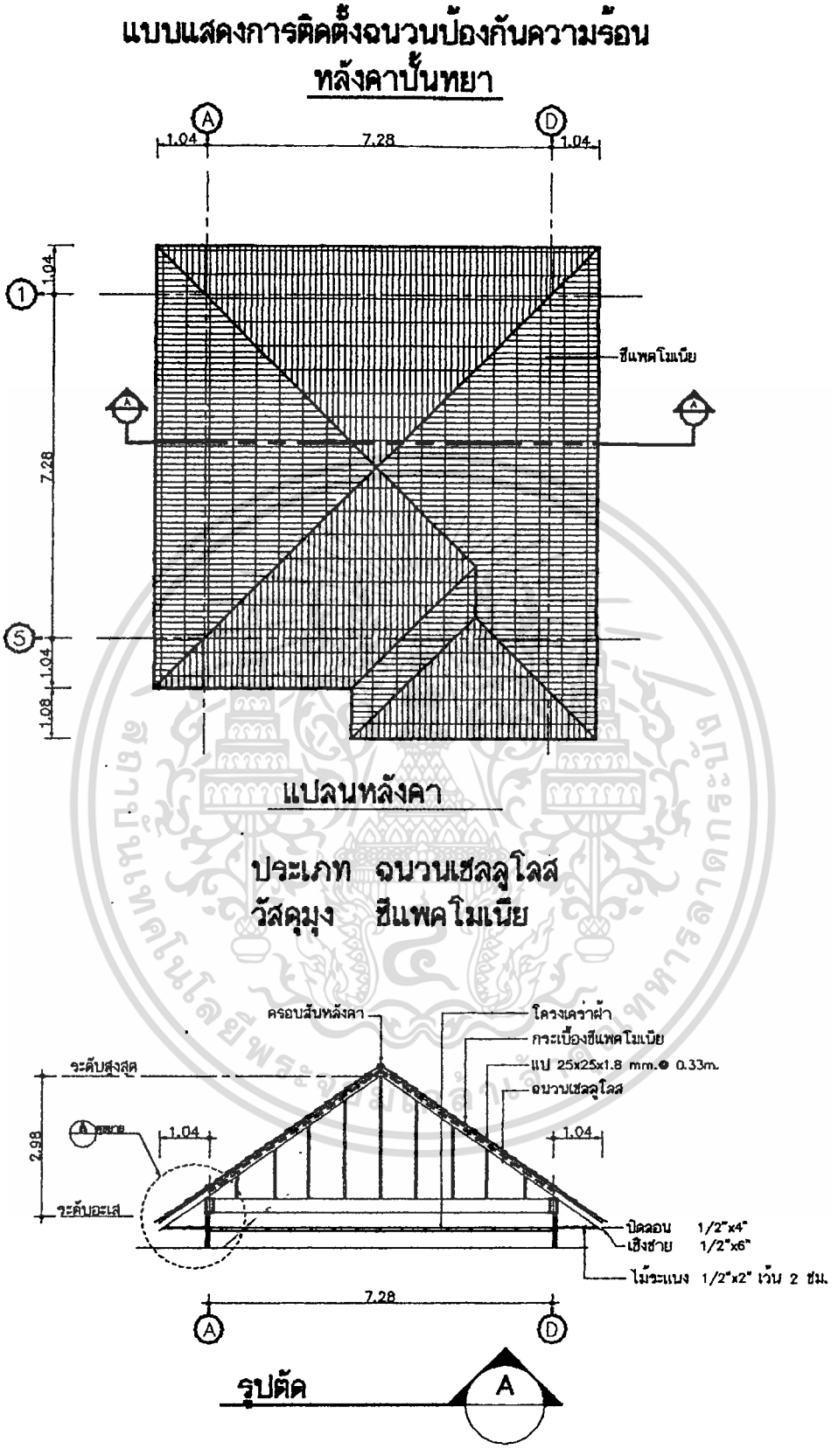
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.1798	28	-	-	-	-	882.8306

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 882.830636 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

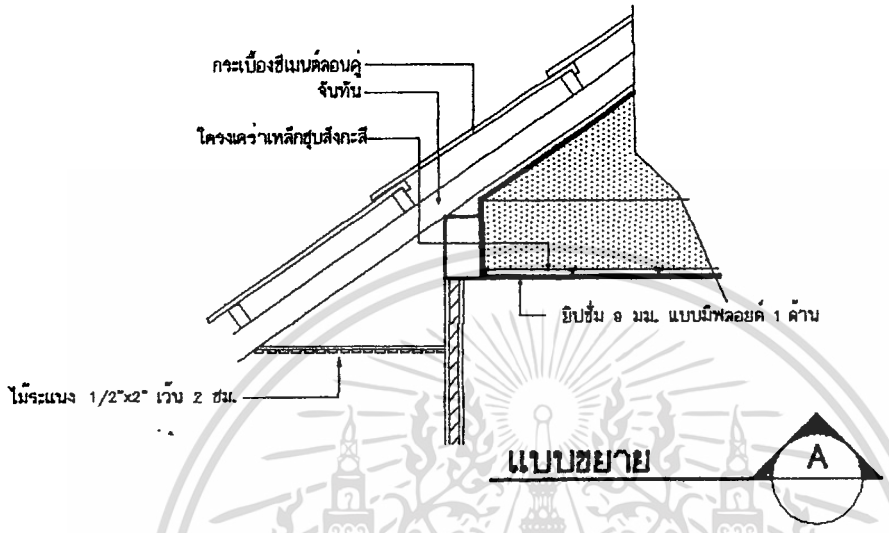


รูปที่ 5.67 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคาปั้นหยามุม 35°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.68 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.43 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.43 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			2.1274	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.470057347

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

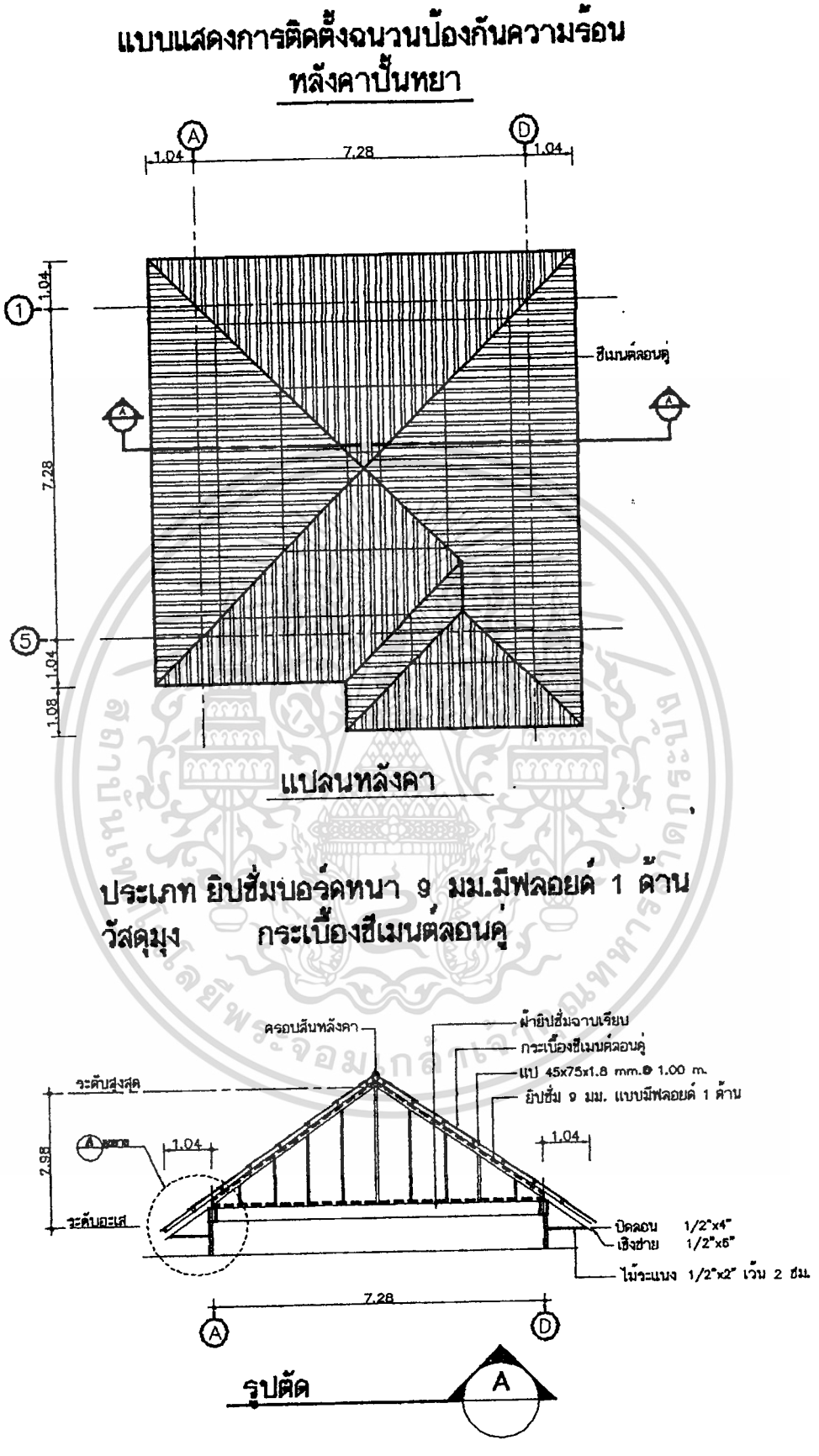
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.4701	32	-	-	-	-	2637.857

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2637.857 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

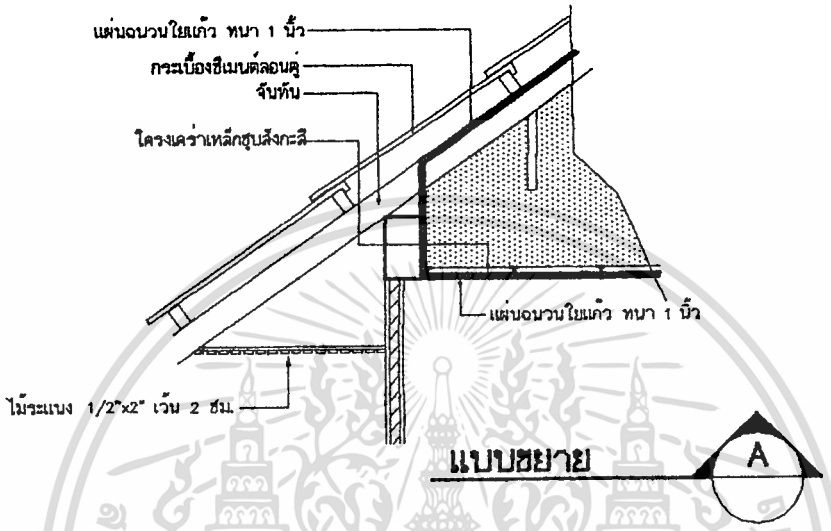


รูปที่ 5.69 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ช่องหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นใยแก้ว



รูปที่ 5.70 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ตารางที่ 5.44 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตาร้างที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.44 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			3.5036	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.28542071

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

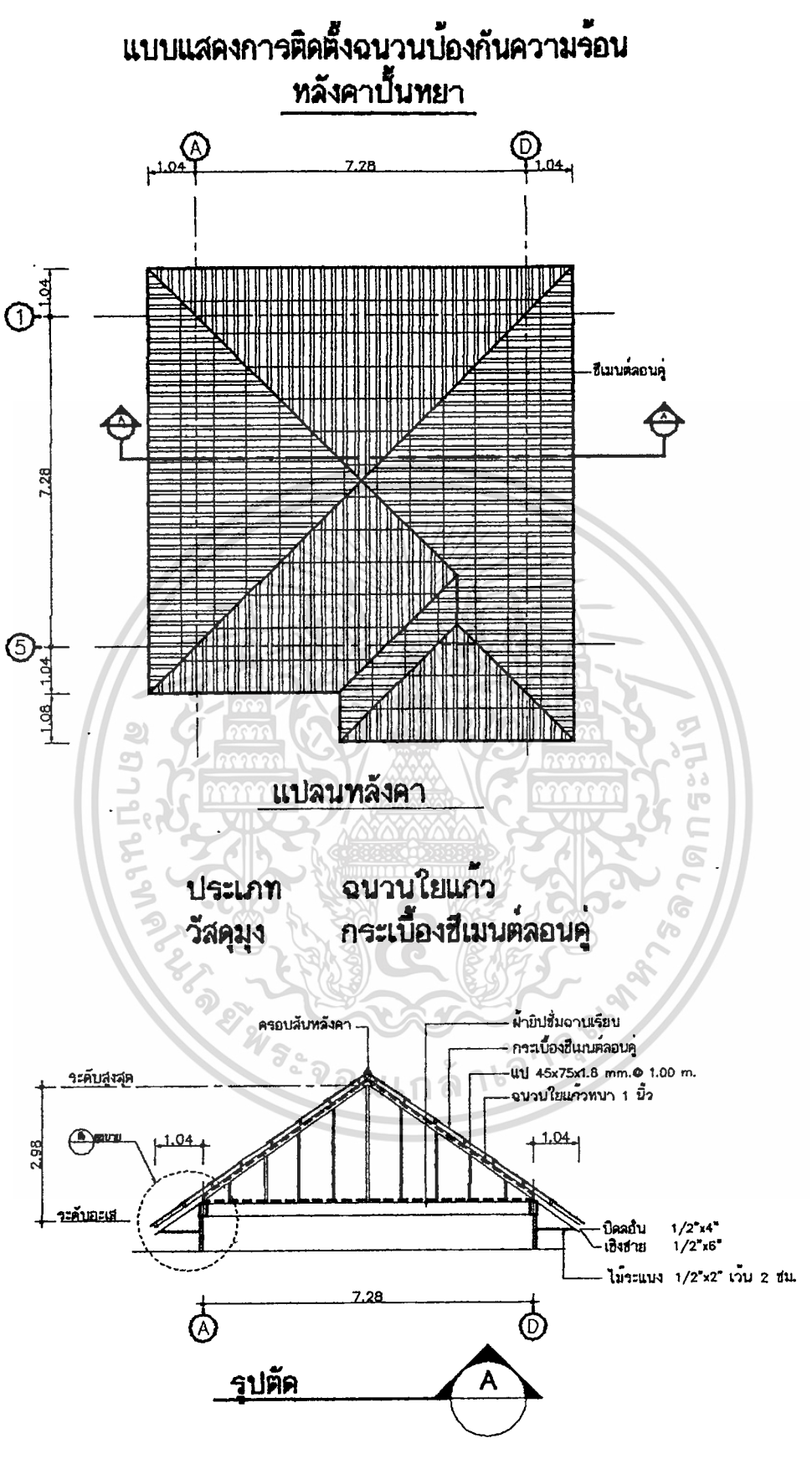
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIF F	S	Q
หลังคา	175.368	0.2854	32	-	-	-	-	1601.717

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1601.71709 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

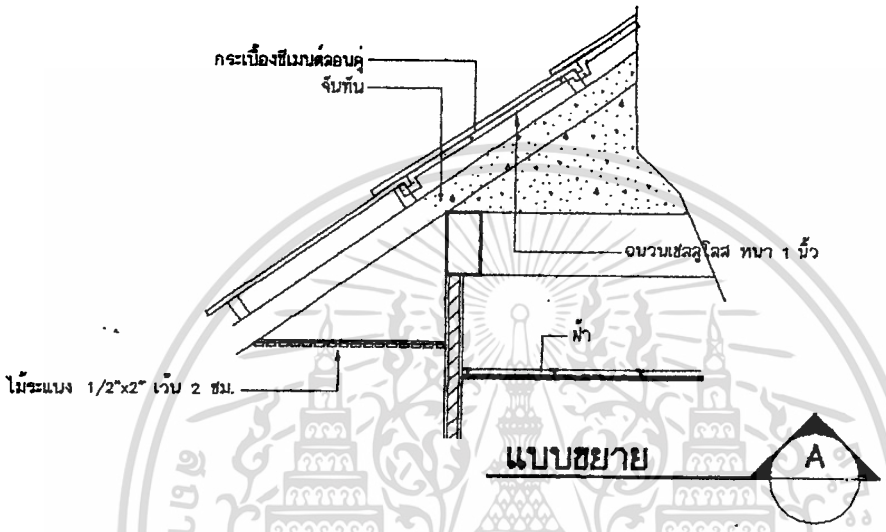


รูปที่ 5.71 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคา รูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา วัสดุมุง	ปั้นหยา กระเบื้องใยหิน	มุมของหลังคา ฉนวน	35 องศา เซลลูโลส



รูปที่ 5.72 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.45 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.45 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			5.675	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.176211454

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

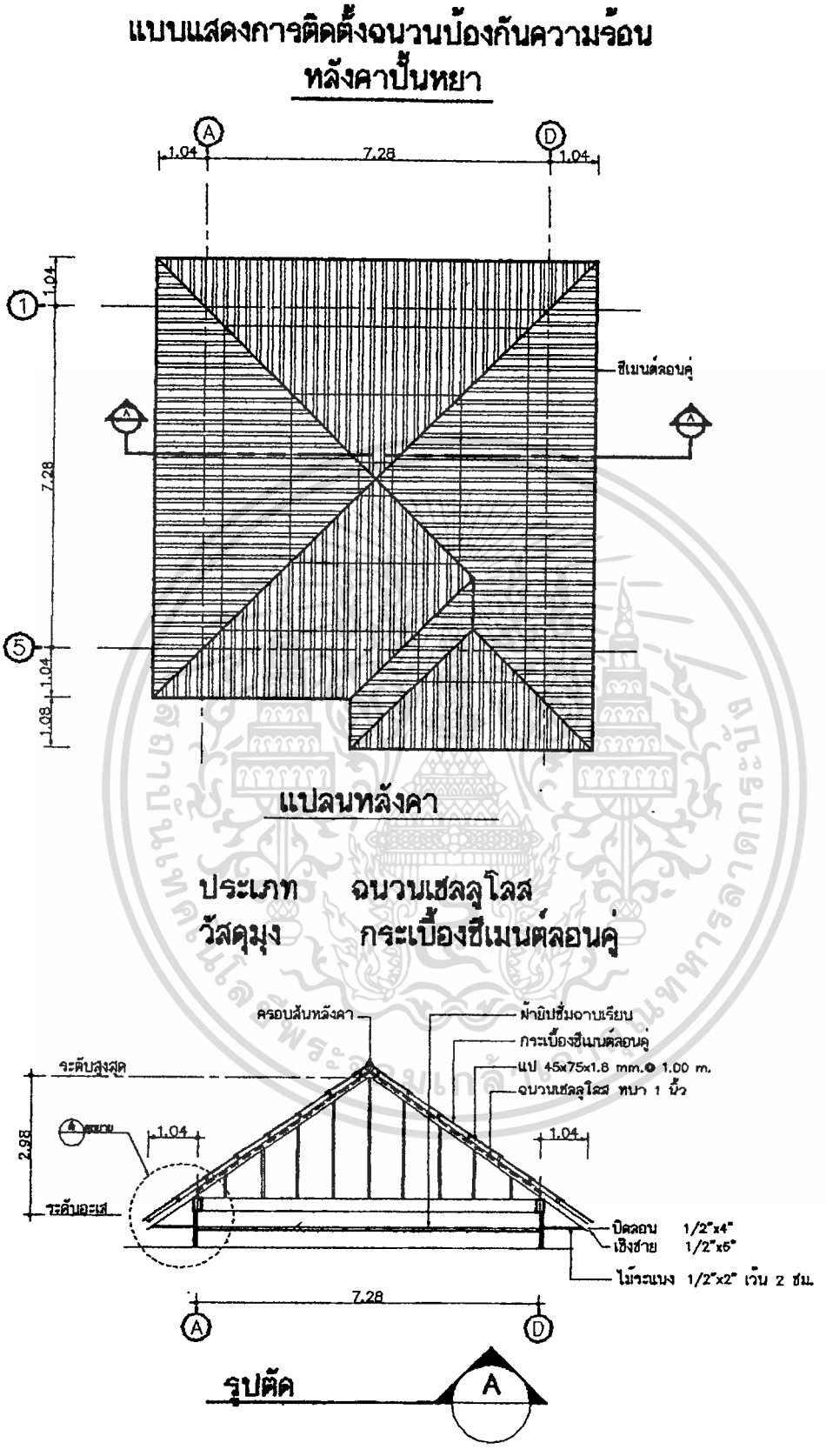
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.1762	32	-	-	-	-	988.8592

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 988.859207 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

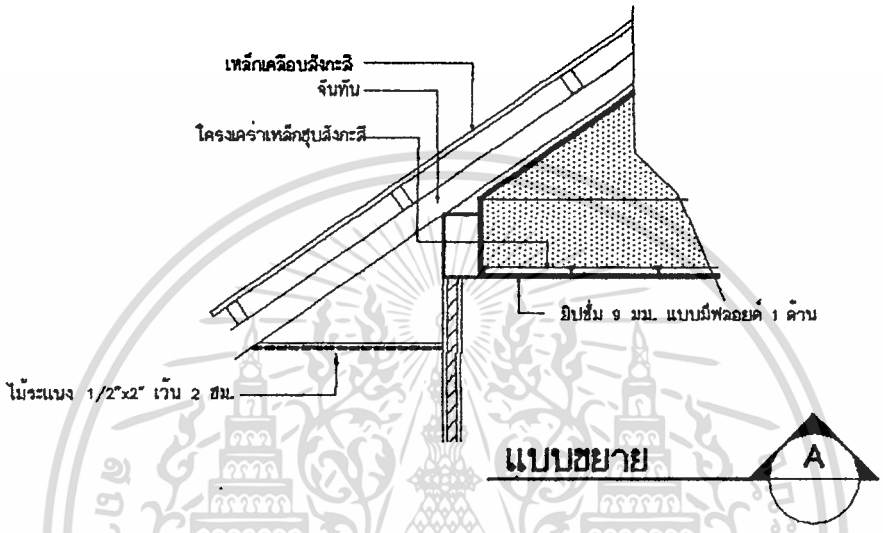


รูปที่ 5.73 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคา รูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.74 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ใช้ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.46 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ใช้ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.46 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			1.602484	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.624031192

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

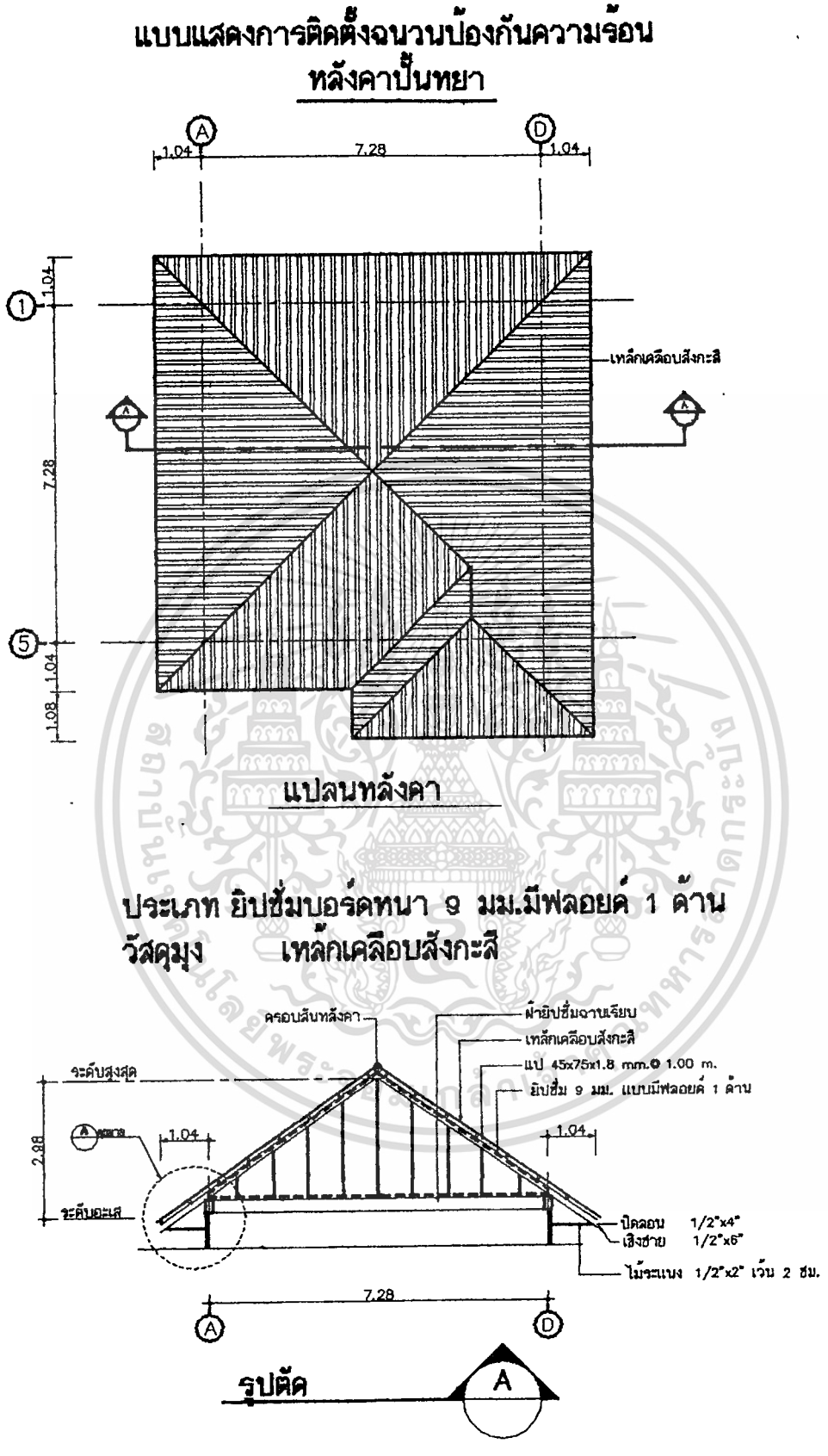
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.6240	20	-	-	-	-	2188.702

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2188.70204 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

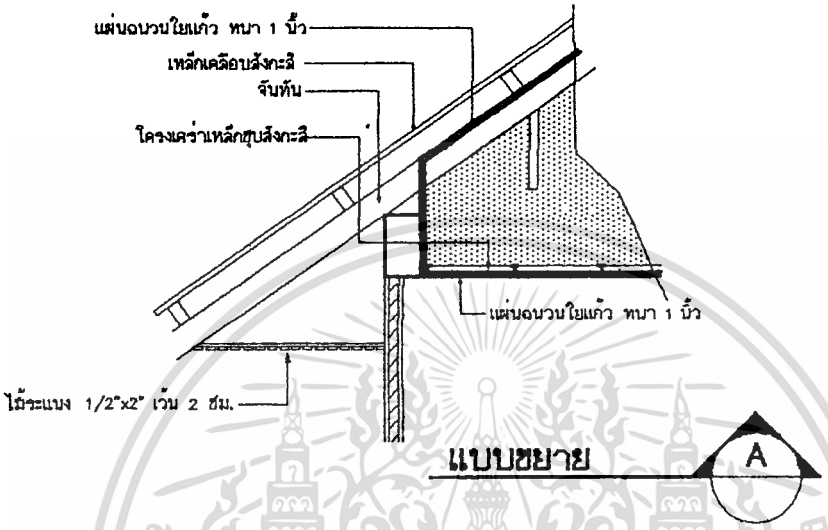


รูปที่ 5.75 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มิลลิเมตร ของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา วัสดุมุง	ปั้นหยา กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	มุมของหลังคา ฉนวน	35 องศา แผ่นใยแก้ว



รูปที่ 5.76 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ตารางที่ 5.47 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.47 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			2.978684	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.335718727

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

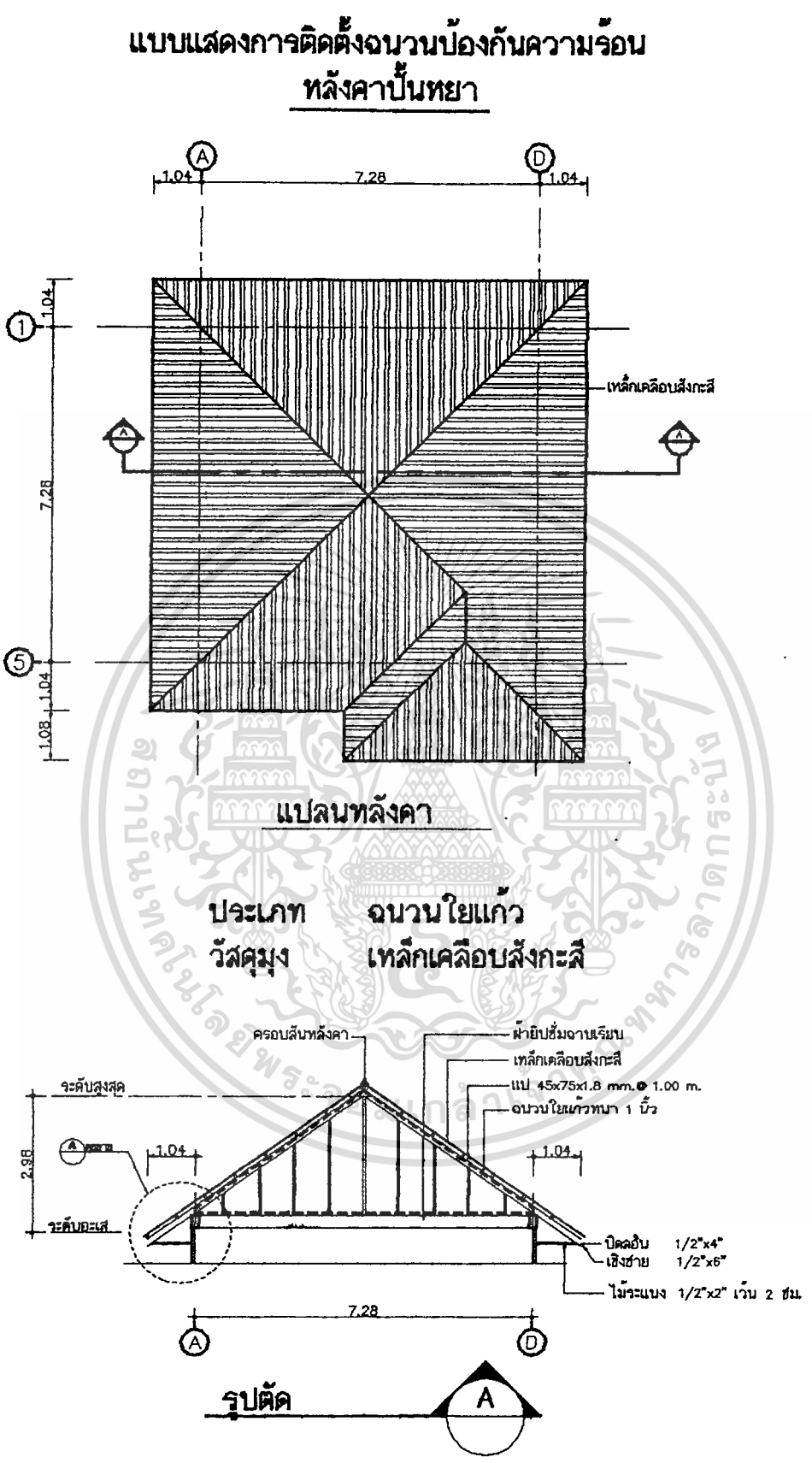
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.3357	20	-	-	-	-	1177.486

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1177.48643 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

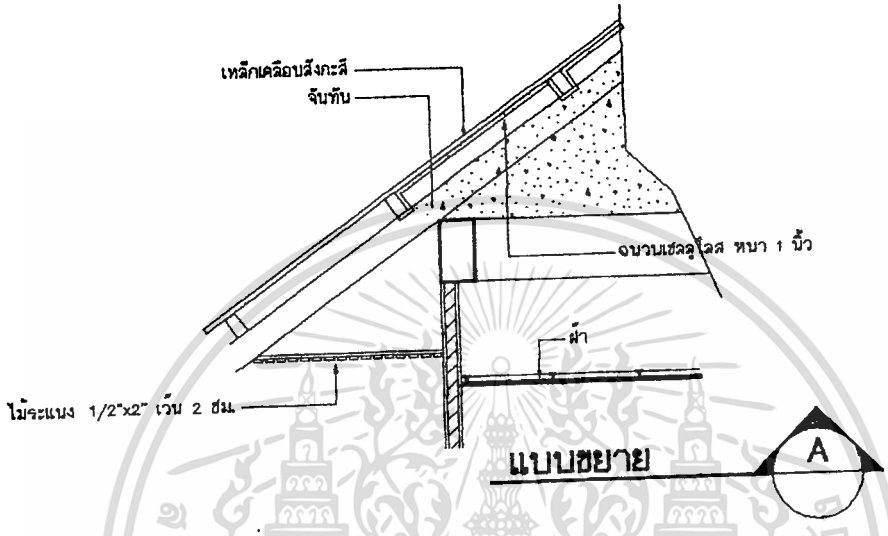


รูปที่ 5.77 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคารูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	ปั้นหยา	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	เซลลูโลส



รูปที่ 5.78 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา ข (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.48 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.48 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			5.150084	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.19417159

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

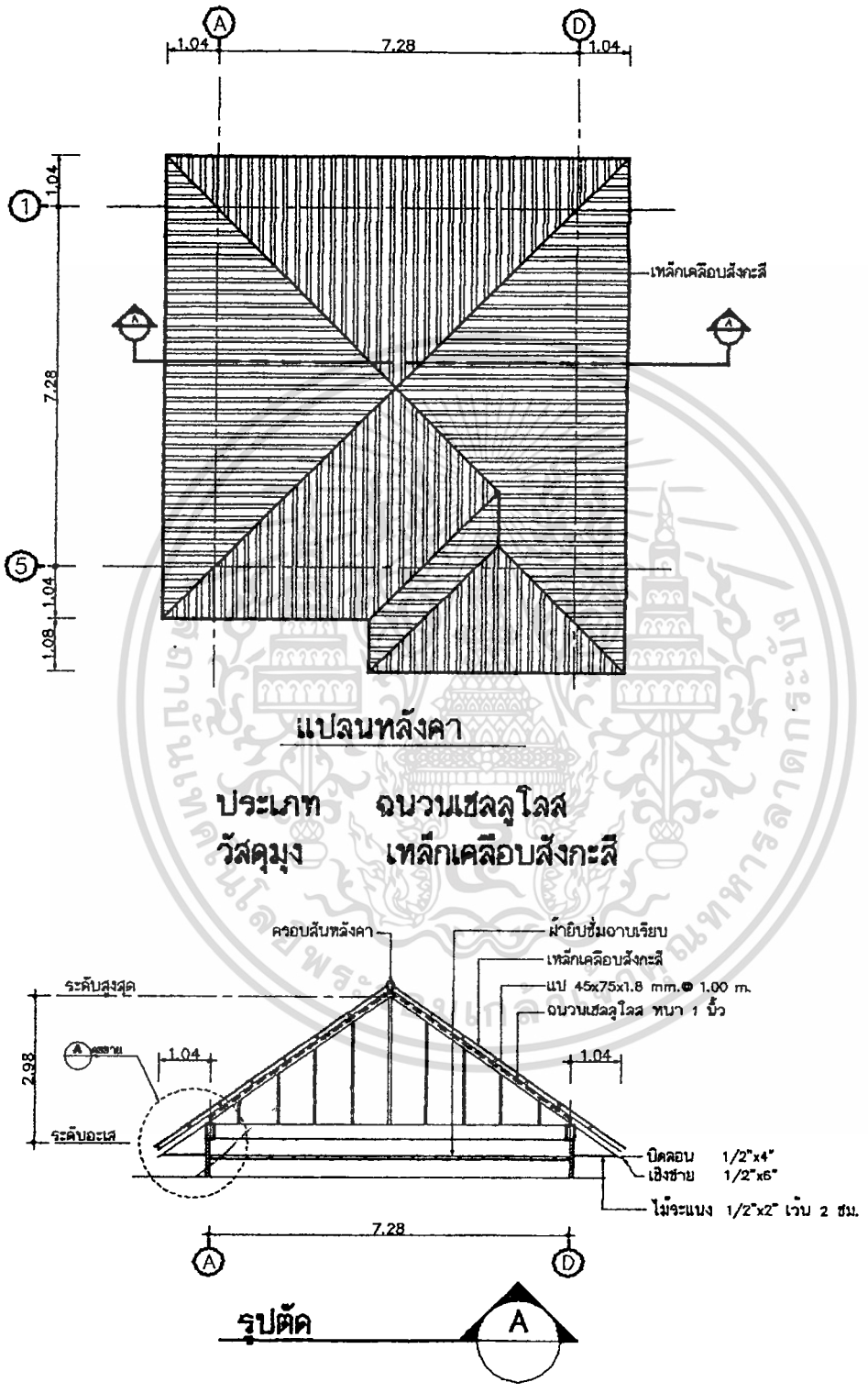
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.1942	20	-	-	-	-	681.0297

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 681.029669 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

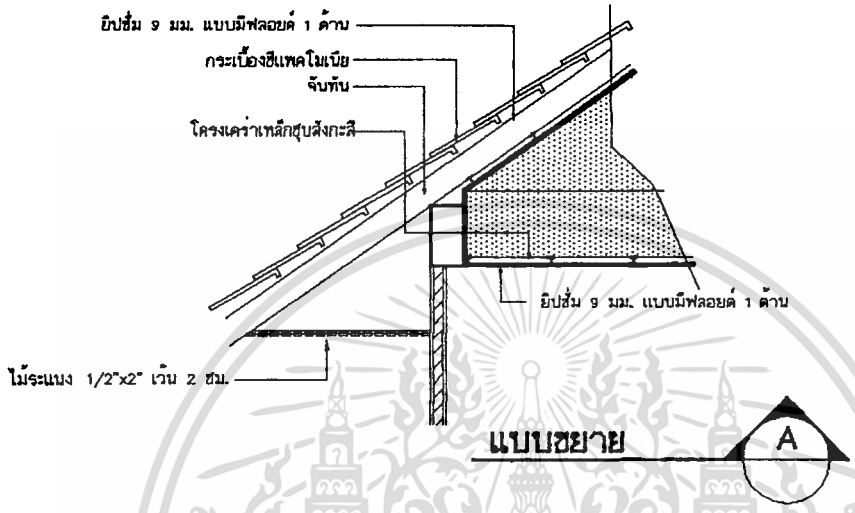


รูปที่ 5.79 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคา รูปทรงปั้นหยามุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.80 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.49 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.49 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			2.0144	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.496425735

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 28

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

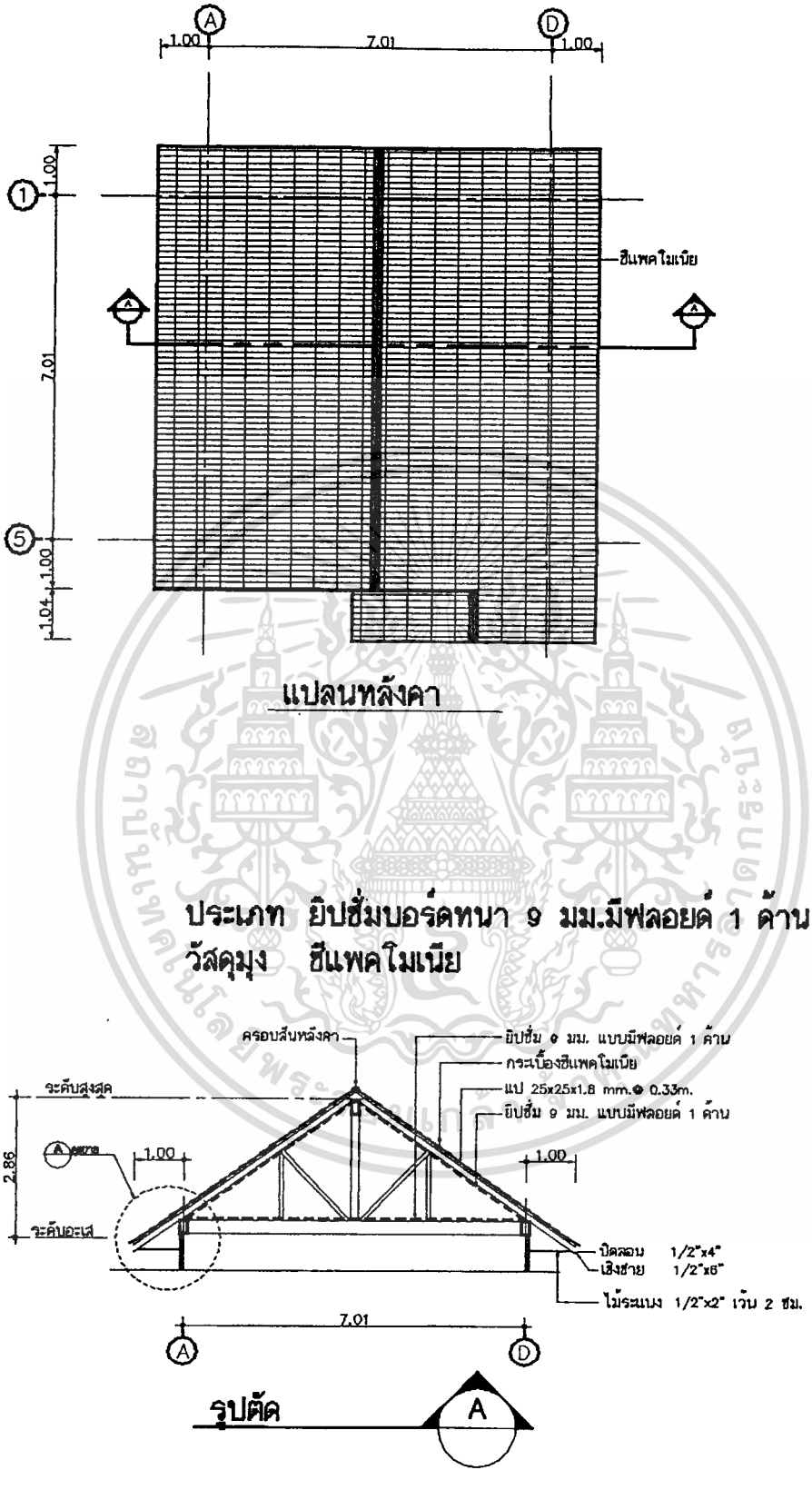
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.4964	28	-	-	-	-	2440.826

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2440.826 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

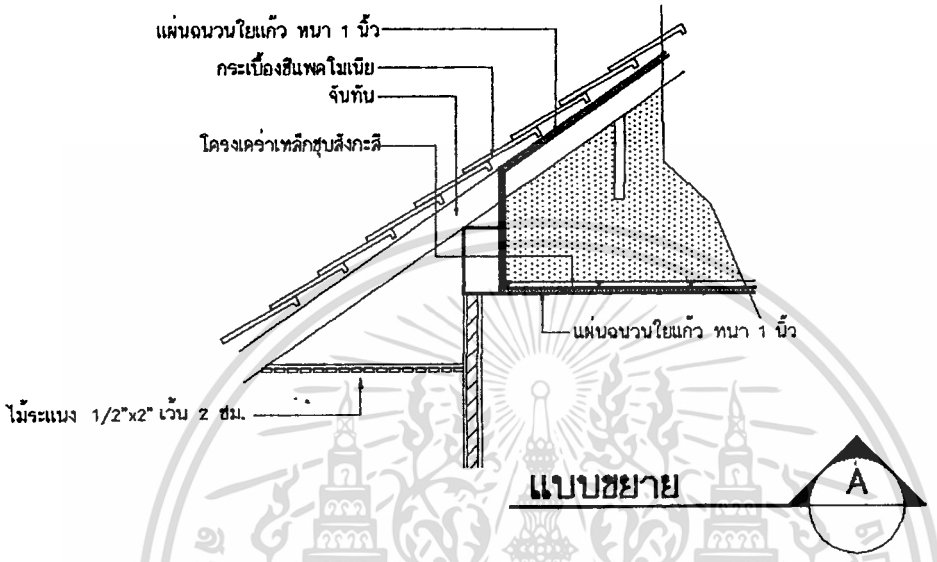


รูปที่ 5.81 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	แผ่นใยแก้ว



รูปที่ 5.82 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ตารางที่ 5.50 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.50 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			3.3906	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.29493305

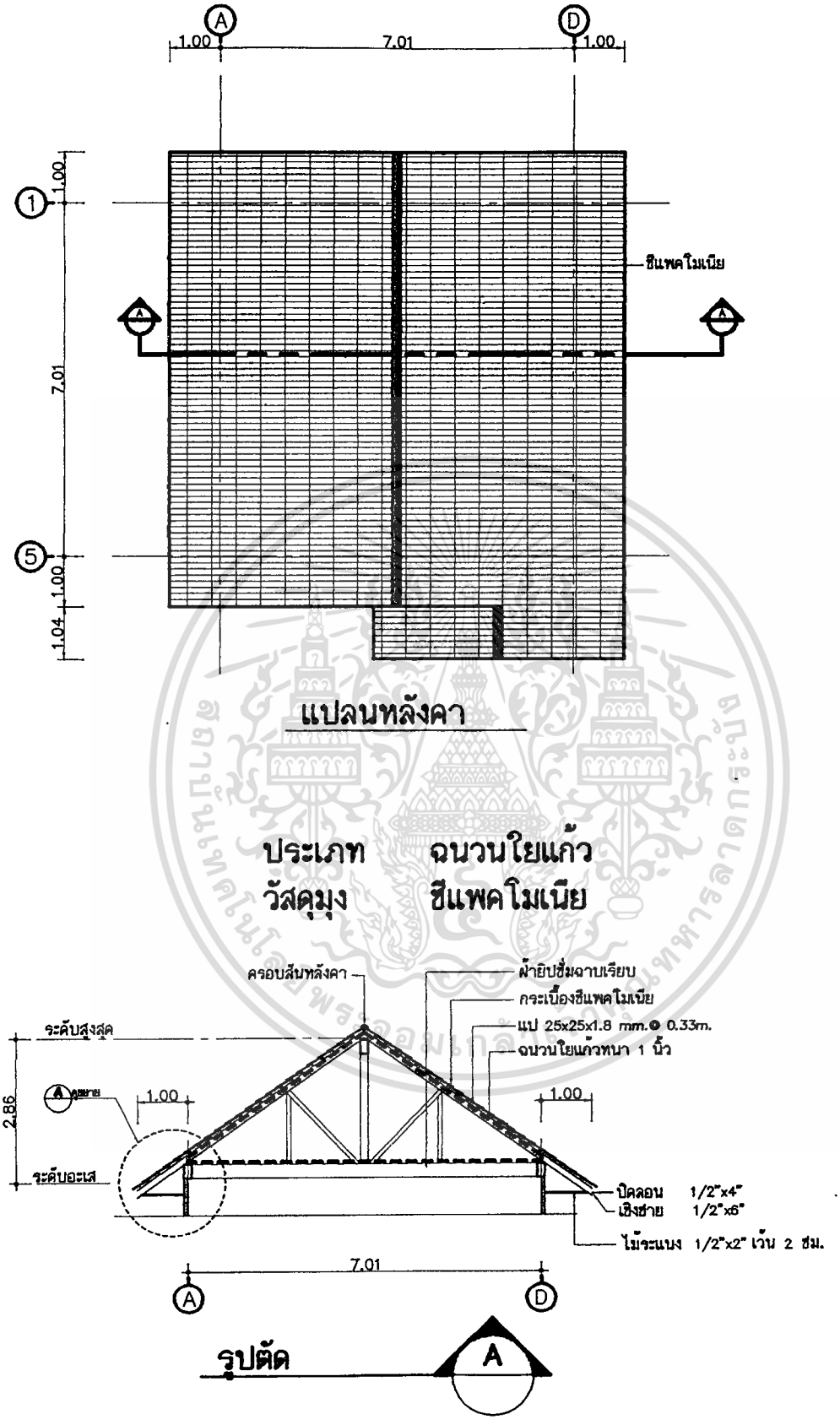
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.2949	28	-	-	-	-	1450.127

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1450.12682 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

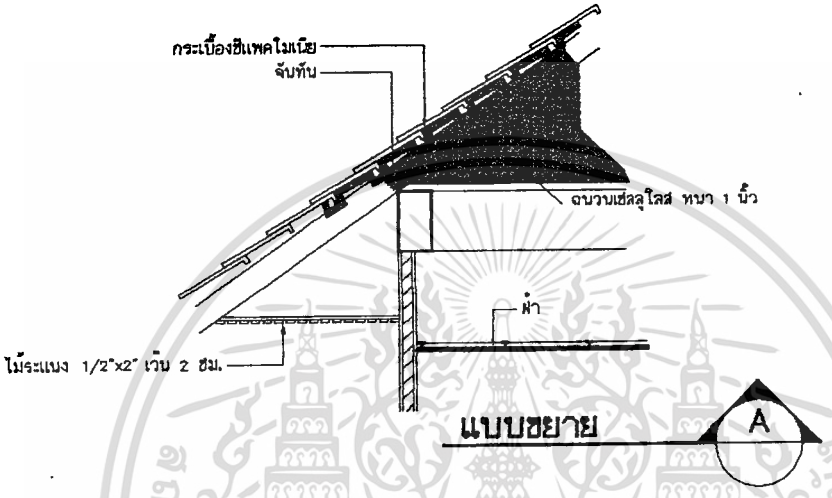


รูปที่ 5.83 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	เซลลูโลส



รูปที่ 5.84 ผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.51 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.51 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K)และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			5.562	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.179791442

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 28

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

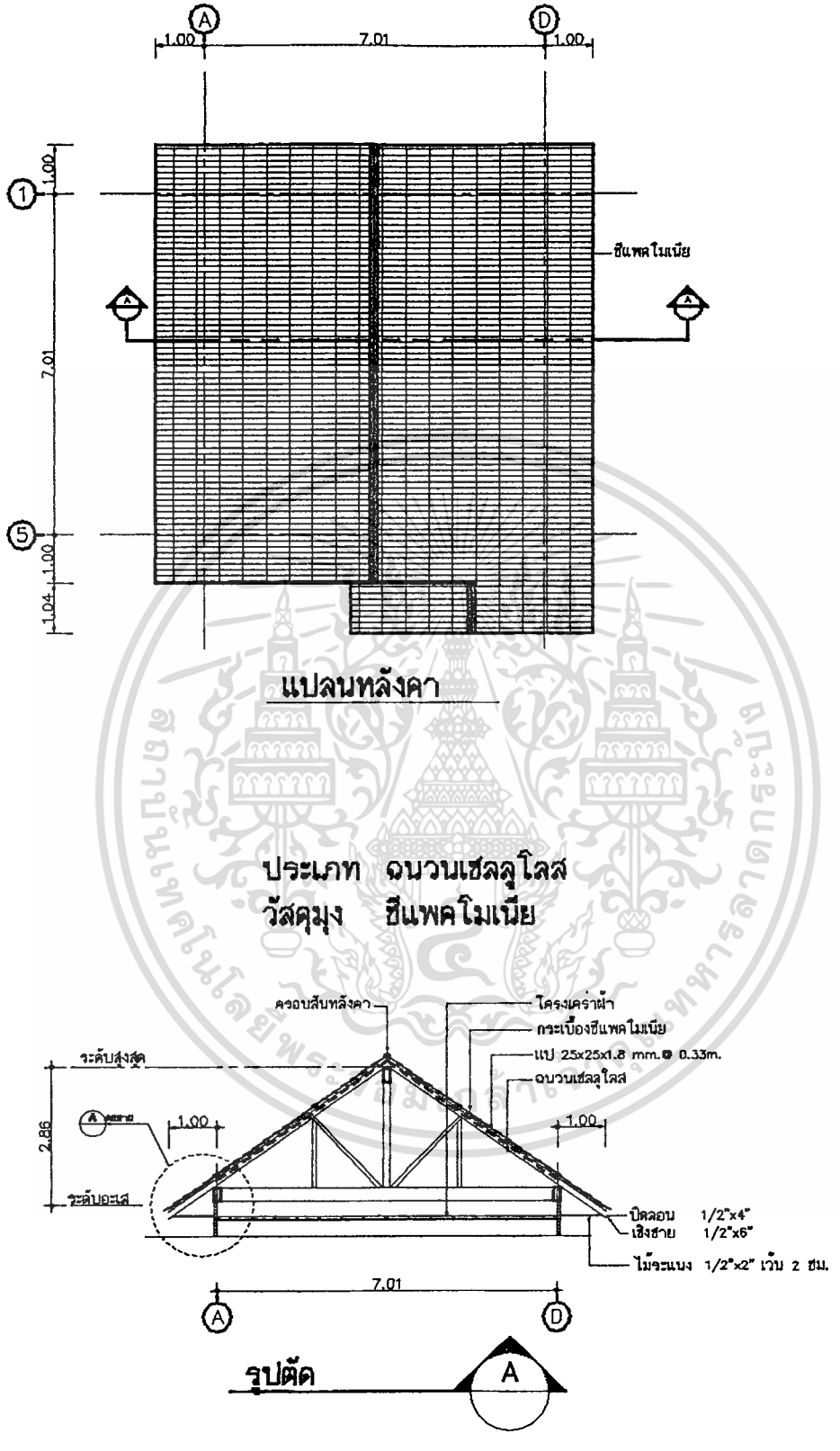
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.1798	28	-	-	-	-	883.9986

ค่า Q สำหรับหลังศานี้ = 883.998562 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

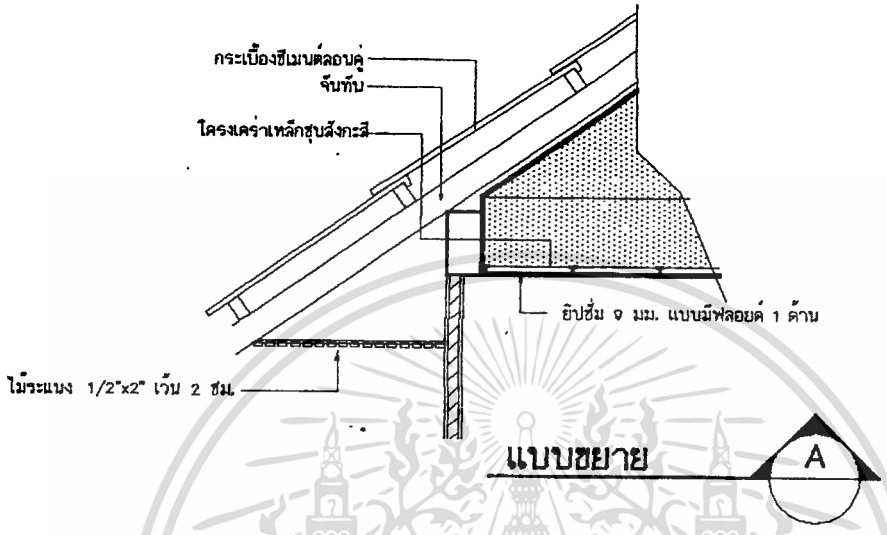


รูปที่ 5.85 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.86 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.52 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.52 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			2.1274	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.470057347

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

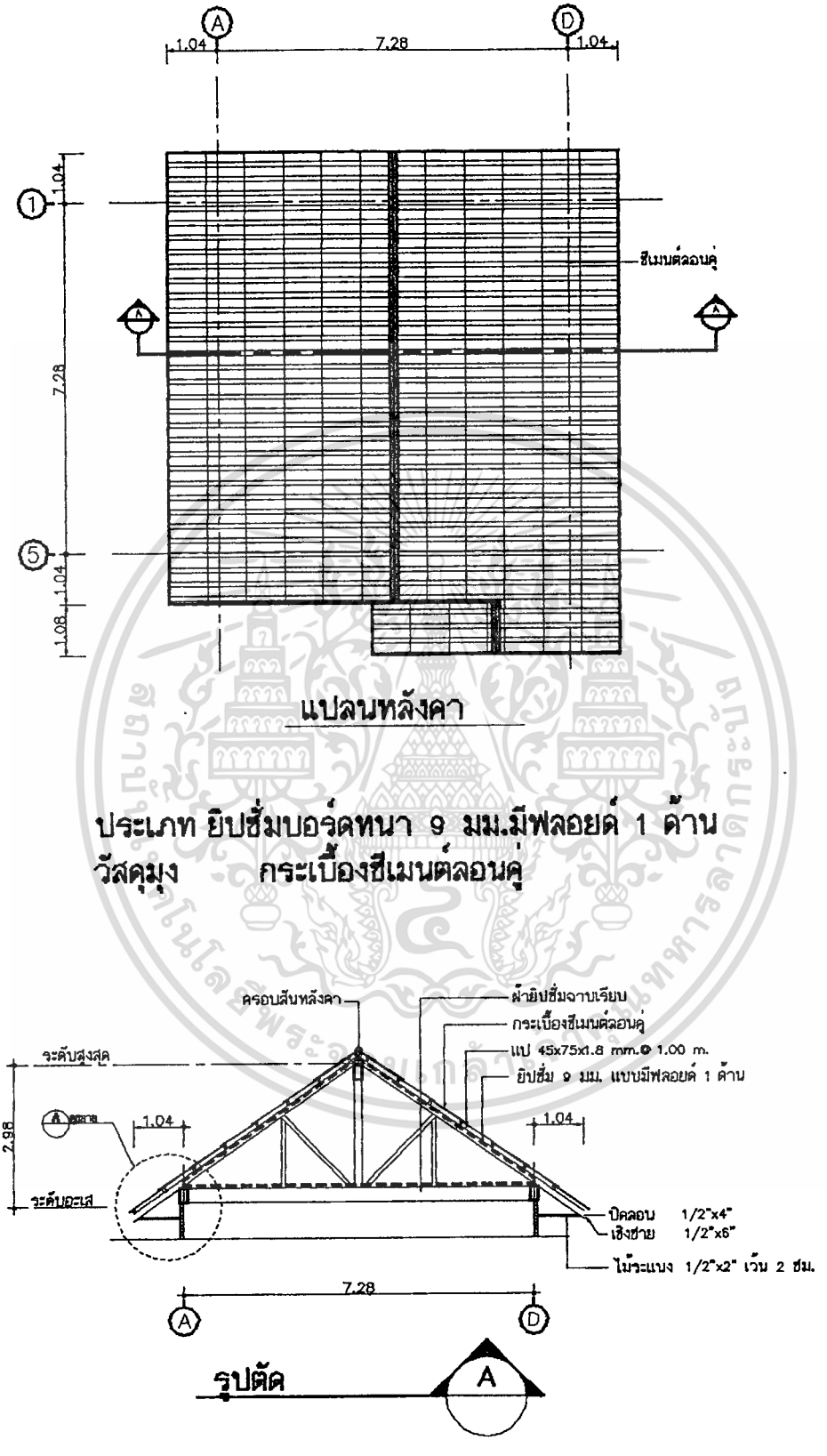
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.4701	32	-	-	-	-	2641.346

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2641.34624 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

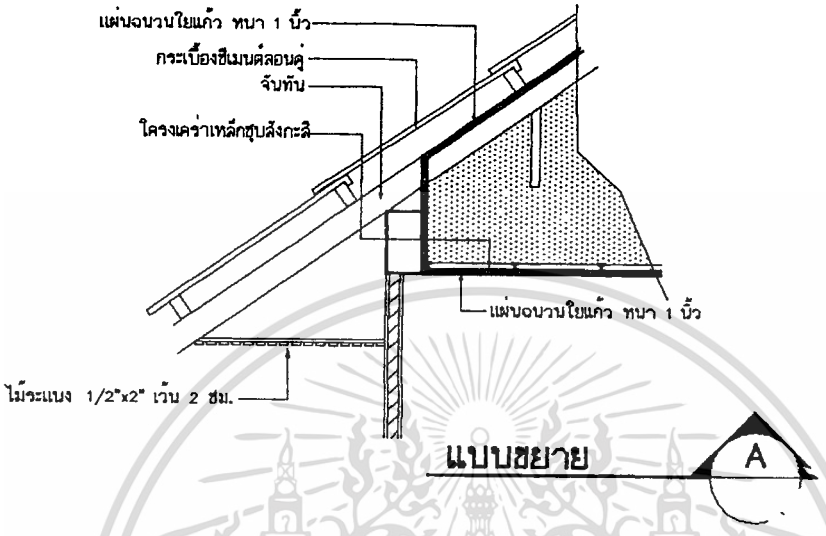


รูปที่ 5.87 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มิลลิเมตร ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นใยแก้ว



รูปที่ 5.88 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ตารางที่ 5.53 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.53 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			0.4817	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.28542071

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

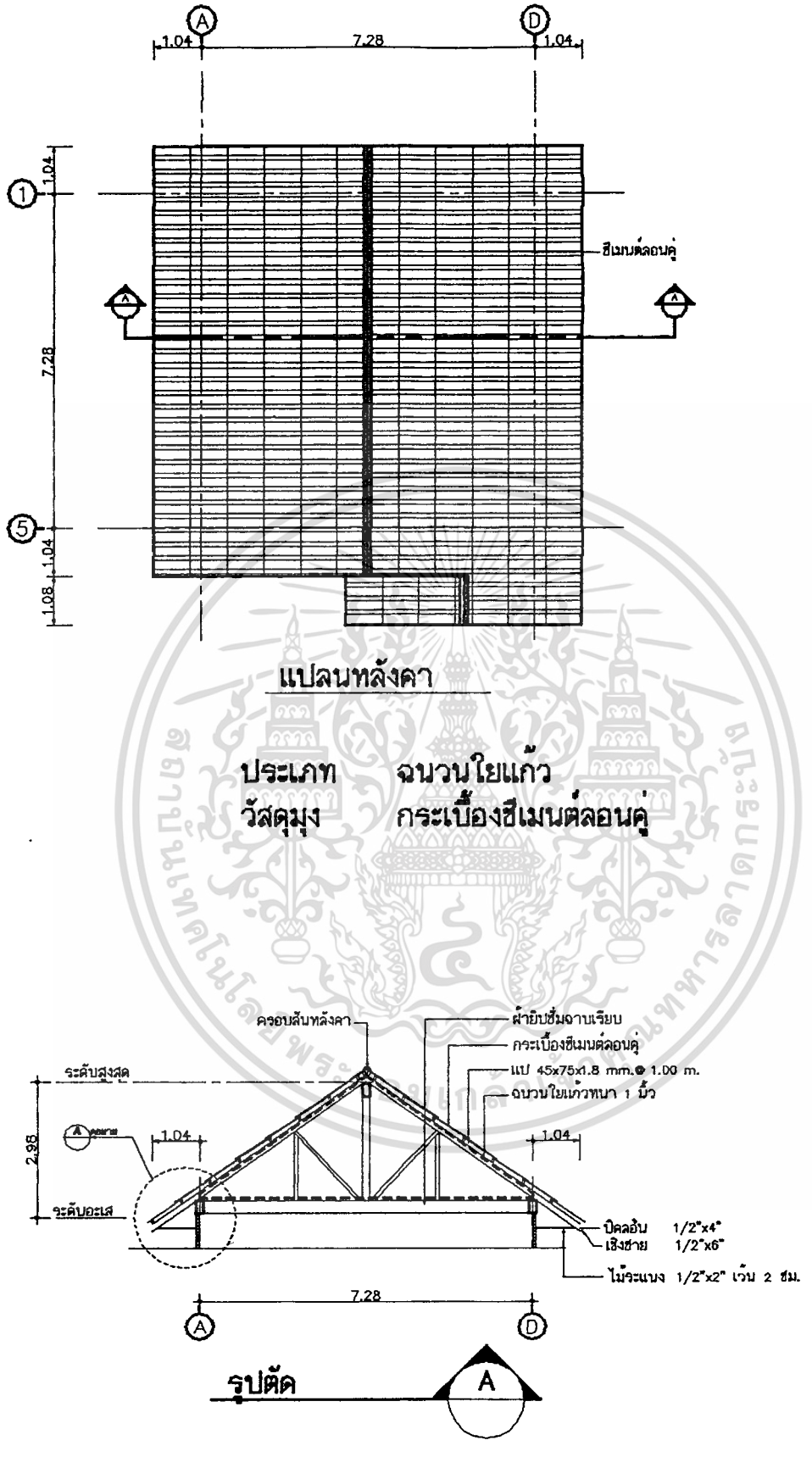
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.2854	32	-	-	-	-	1603.836

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1603.83605 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

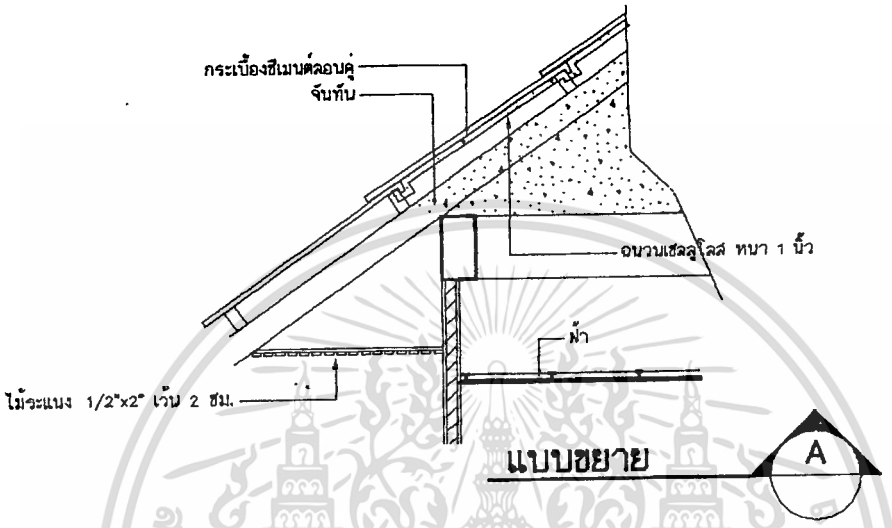


รูปที่ 5.89 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	เซลลูโลส



รูปที่ 5.90 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.54 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.54 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			5.675	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.176211454

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.368 ตารางเมตร

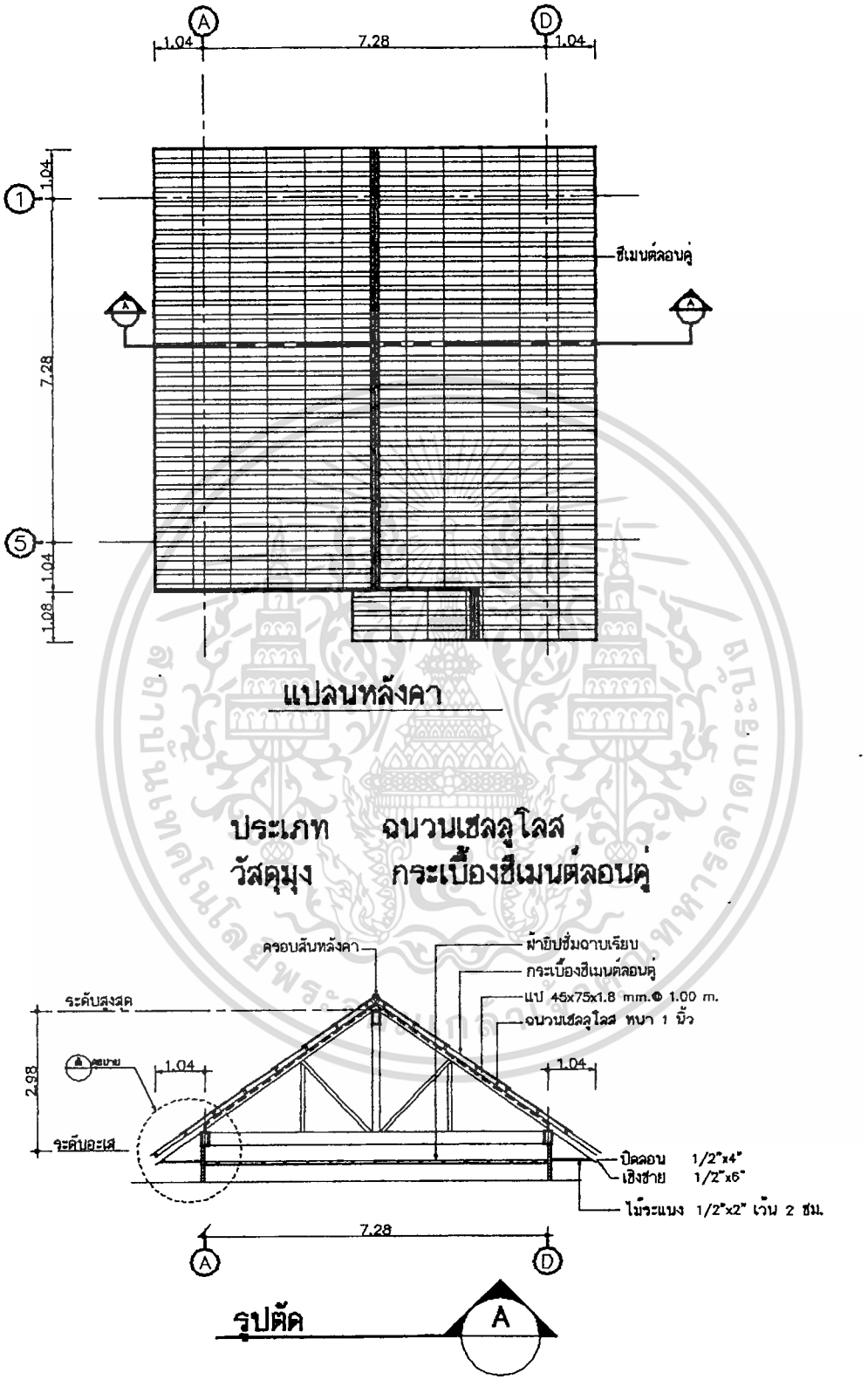
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.368	0.1762	32	-	-	-	-	988.8592

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 988.859207 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

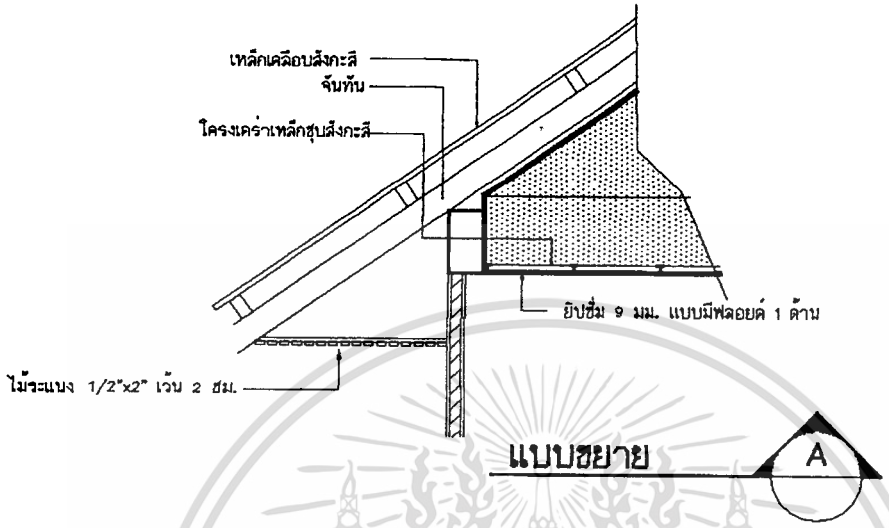


รูปที่ 5.91 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.92 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.55 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.55 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			1.602484	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.624031192

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

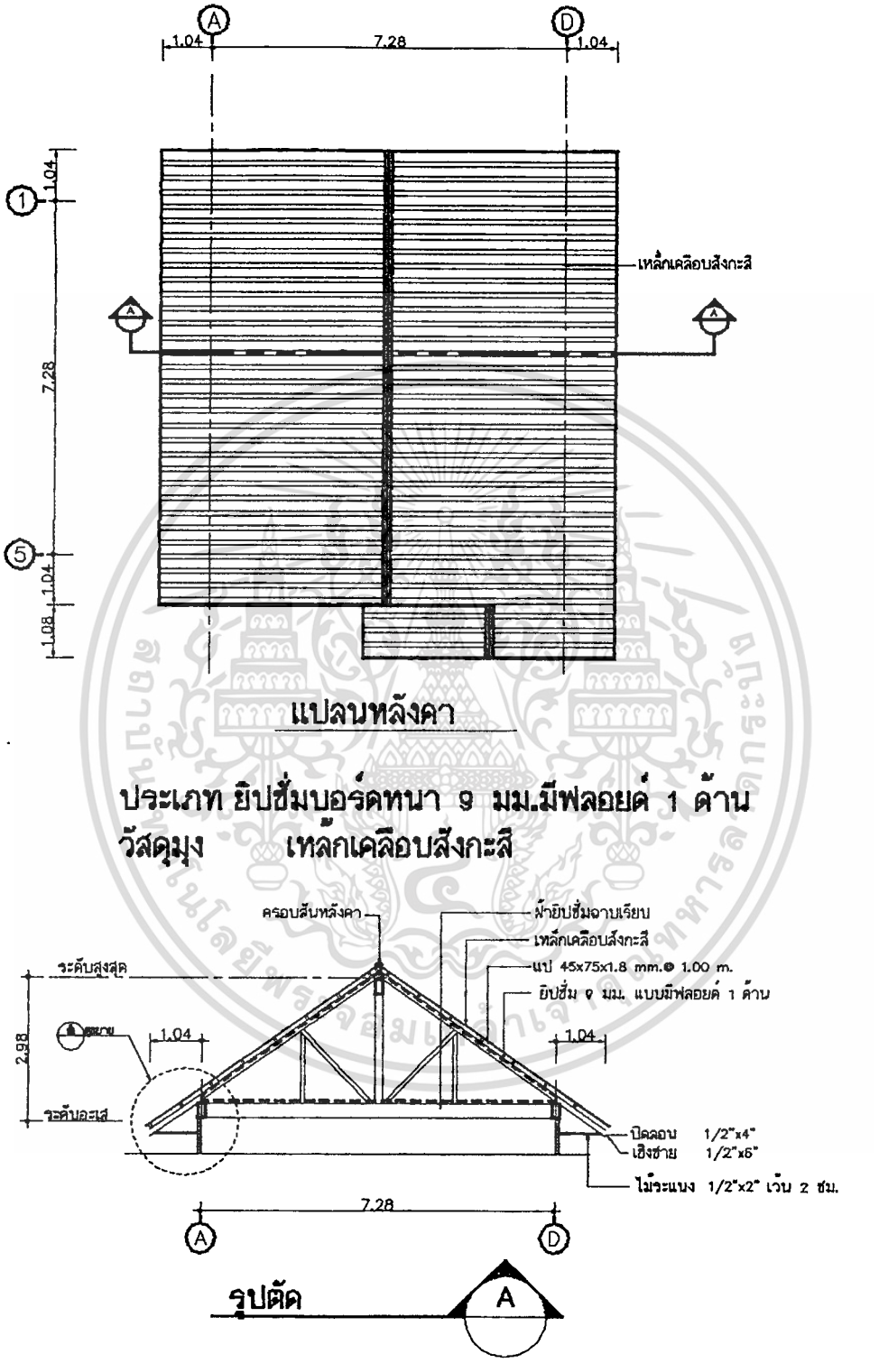
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.6240	20	-	-	-	-	2191.598

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2191.59794 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

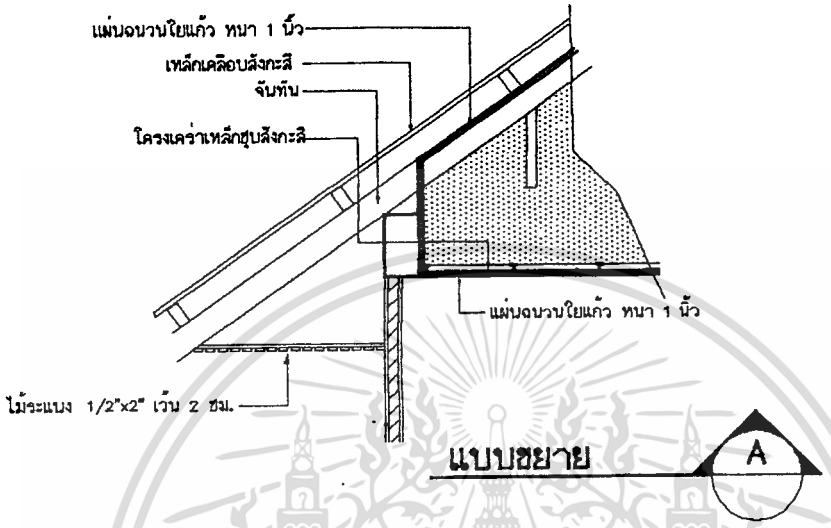


รูปที่ 5.93 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ด หนา 9 มิลลิเมตร ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	35 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	แผ่นใยแก้ว



รูปที่ 5.94 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ตารางที่ 5.56 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.56 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			2.978684	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.335718727

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

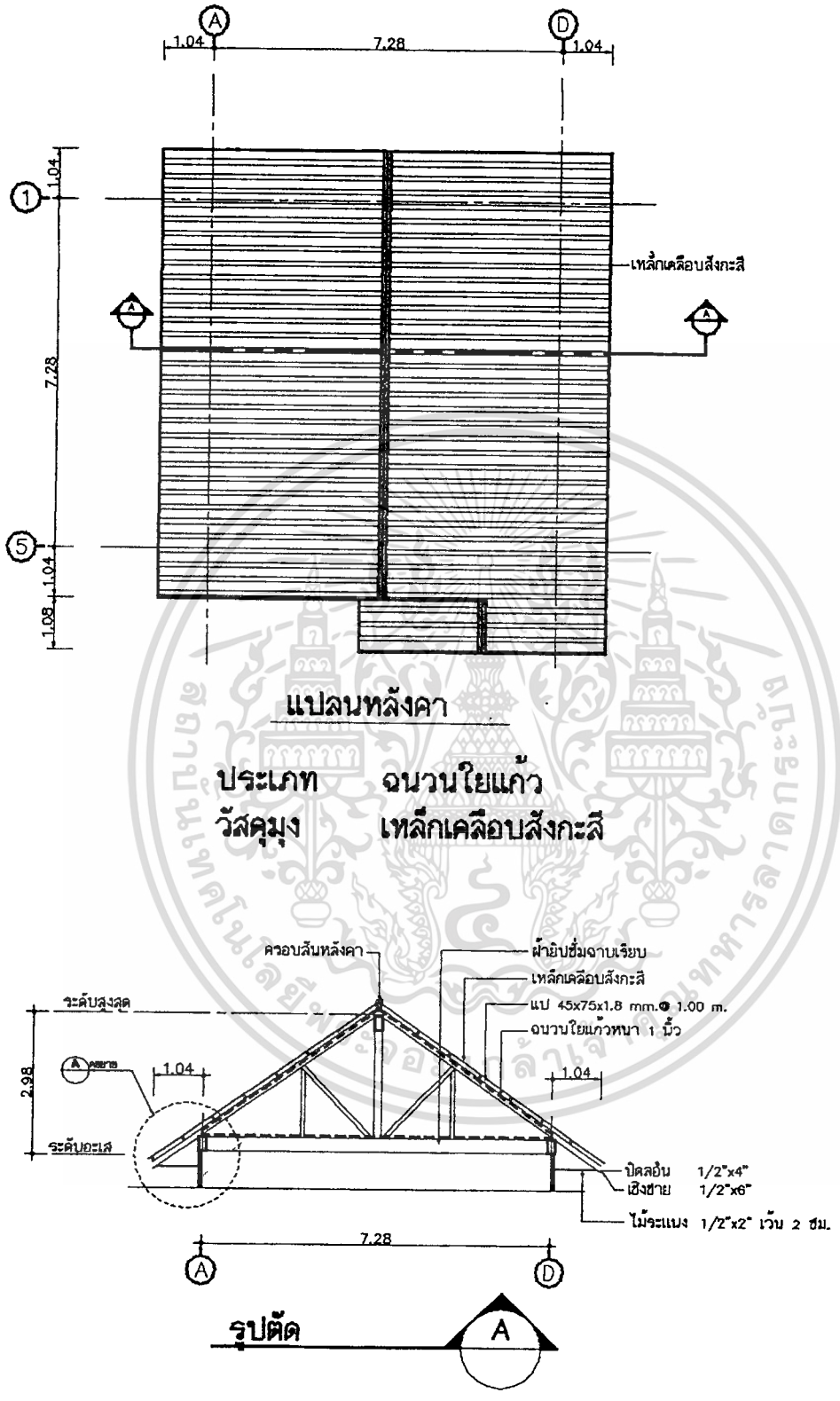
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.3357	20	-	-	-	-	1179.044

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1179.04417 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



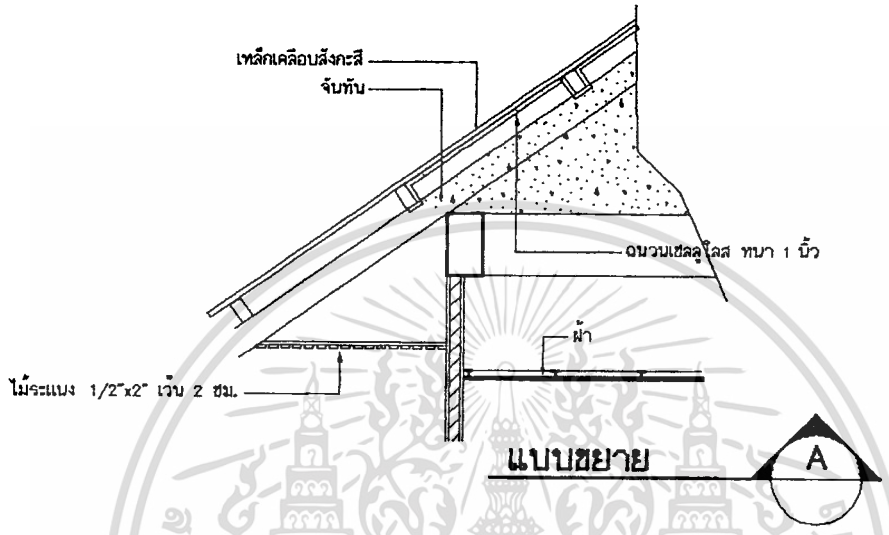
รูปที่ 5.95 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคา

รูปทรงจั่วมุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา วัสดุมุง	หน้าจั่ว กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	มุมของหลังคา ฉนวน	35 องศา เซลลูโลส



รูปที่ 5.96 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.57 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.57 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.9133	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.4817	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			5.150084	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.19417159

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 175.6 ตารางเมตร

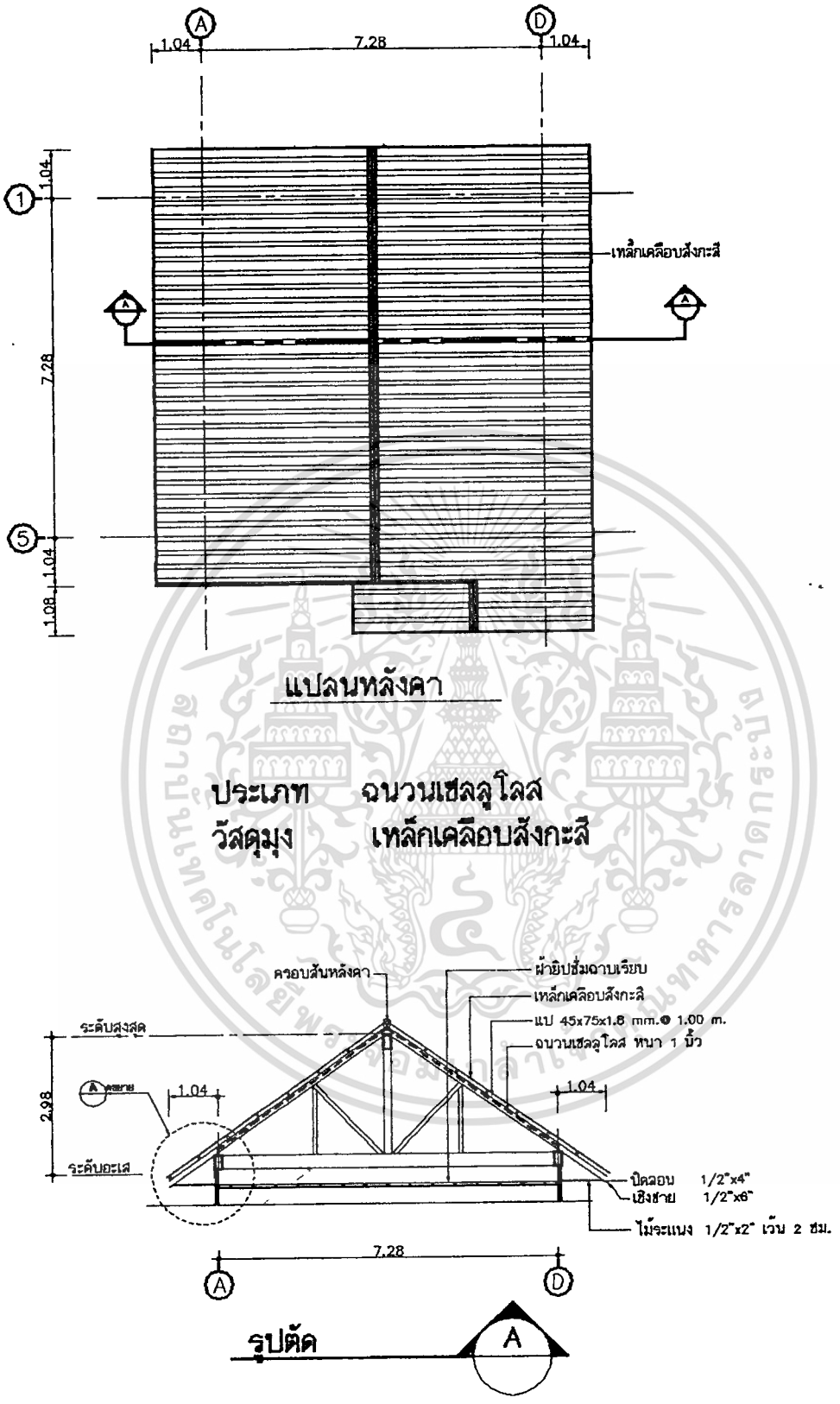
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 35 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	175.6	0.1942	20	-	-	-	-	681.9306

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 681.930625 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

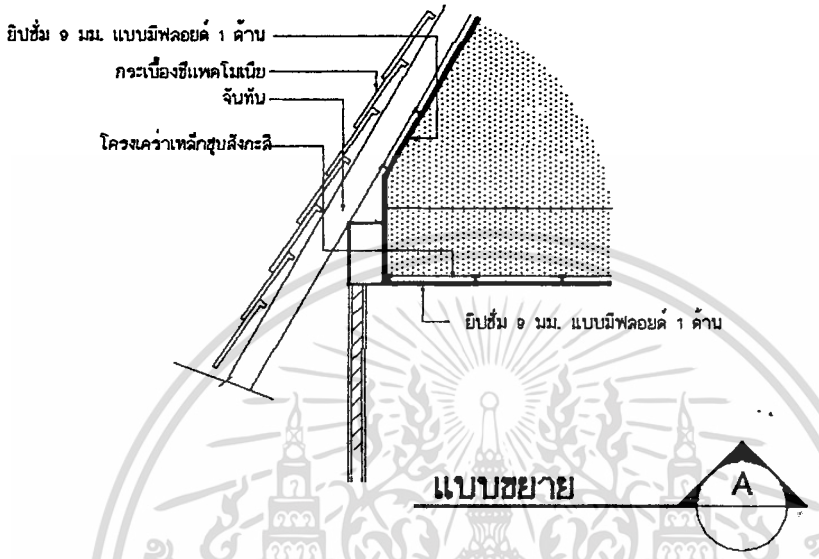


รูปที่ 5.97 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวน เซลลูโลสของหลังคา ทรงจั่วมุม 35 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.98 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.58 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.58 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			1.7784	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.562303194

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 28

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

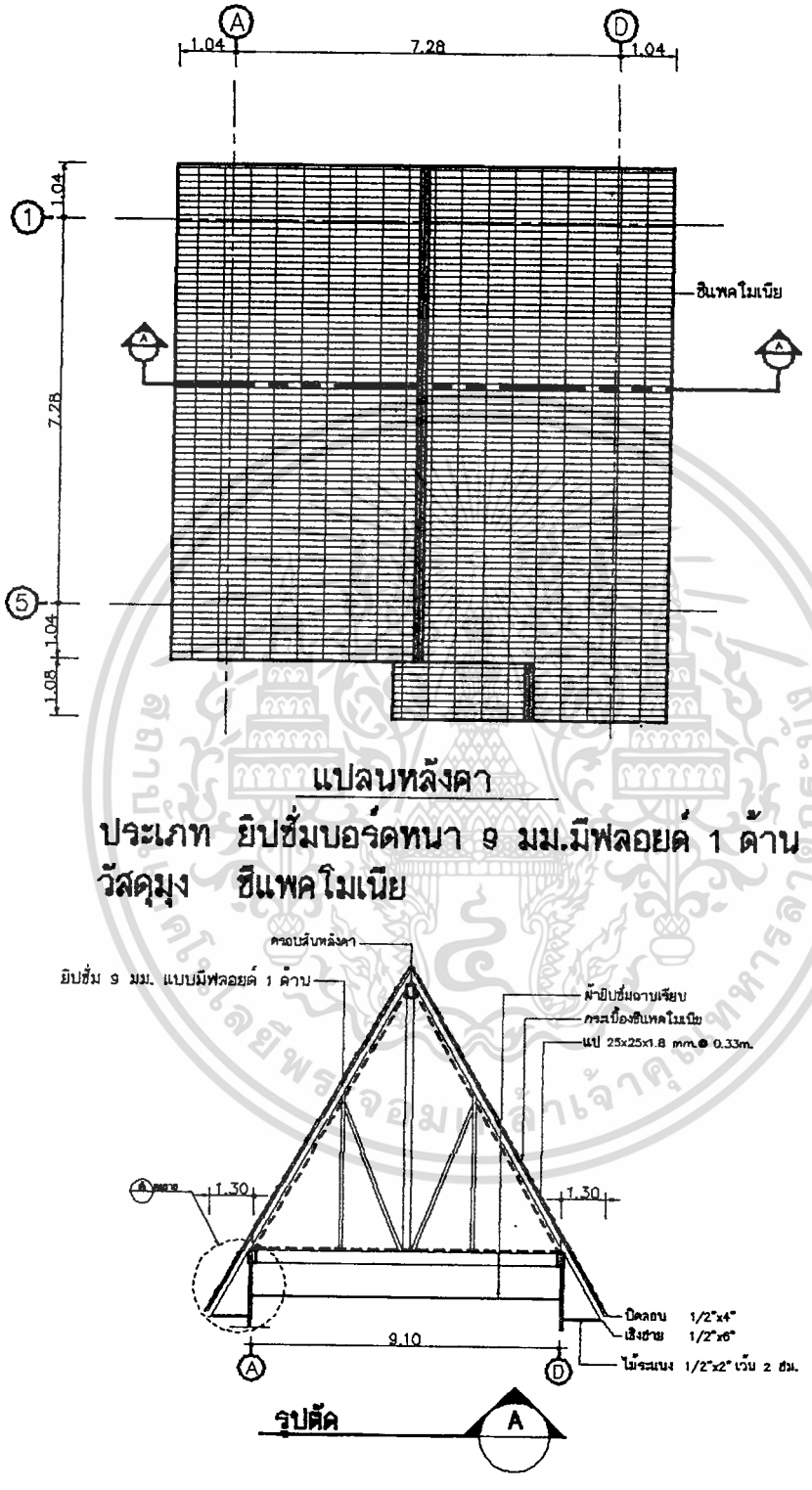
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 60 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.5623	28	-	-	-	-	3202.776

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 3202.776 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

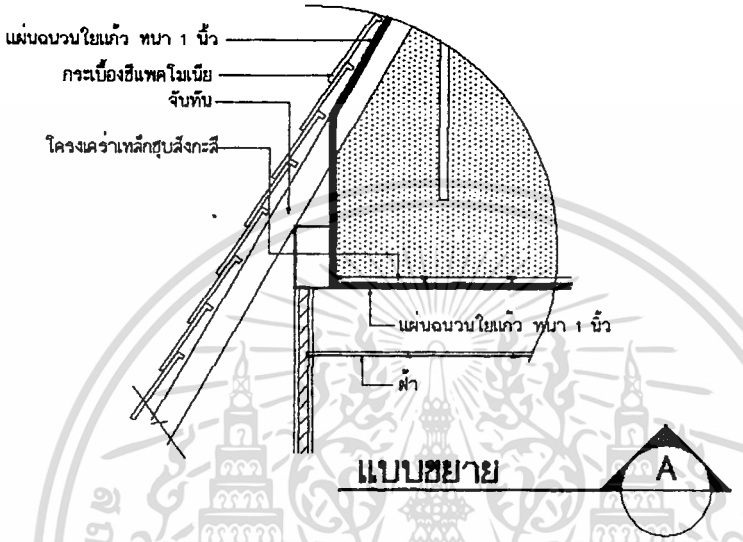


รูปที่ 5.99 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์หนา 9 มิลลิเมตร ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	แผ่นใยแก้ว



รูปที่ 5.100 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ตารางที่ 5.59 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.59 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			3.1546	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.316997401

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 28

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

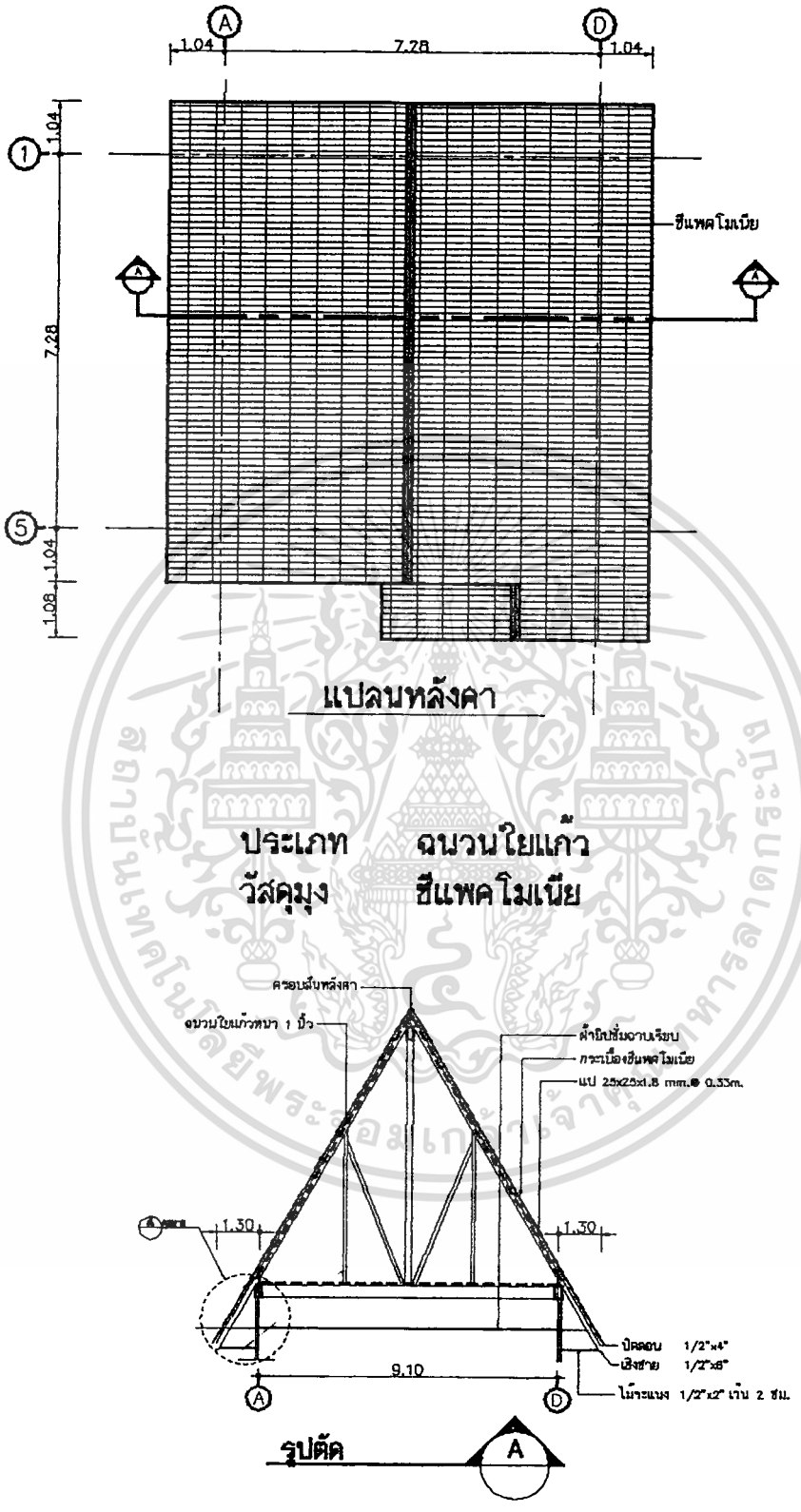
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 60 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.3169	28	-	-	-	-	1805.559

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1805.55887 วัตต์

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

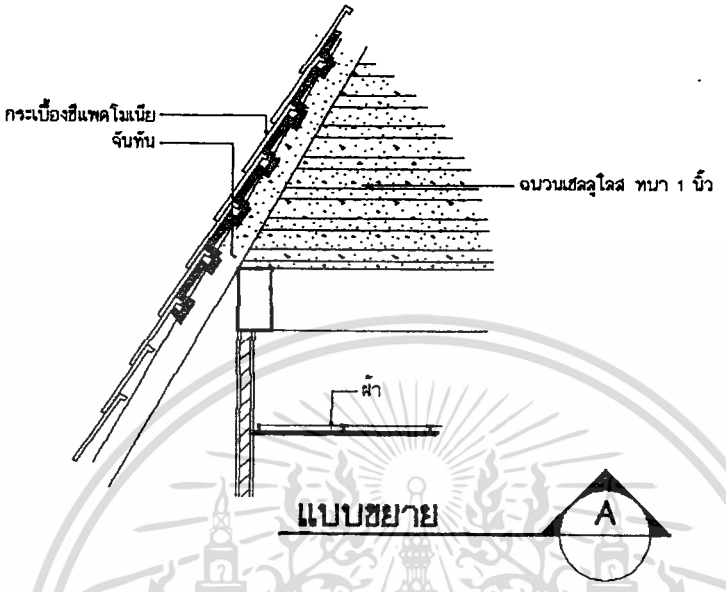


รูปที่ 5.101 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	ฉนวน	เซลลูโลส



รูปที่ 5.102 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.60 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องซีแพคโมเนีย ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.5	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	0.01	0.836	0.012	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.60 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			5.326	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.187758167

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 28

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

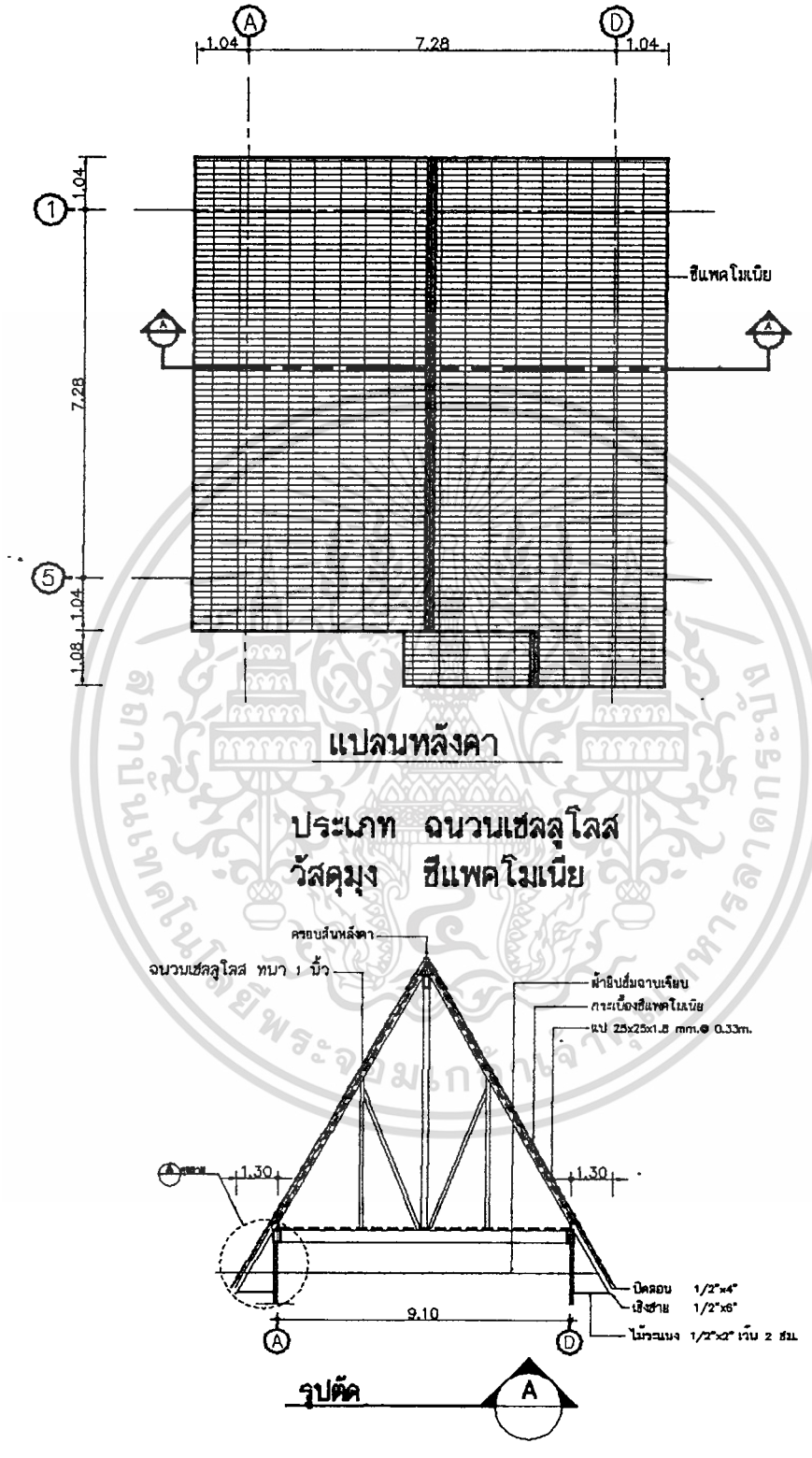
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 60 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.1877	28	-	-	-	-	1069.436

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1069.43597 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

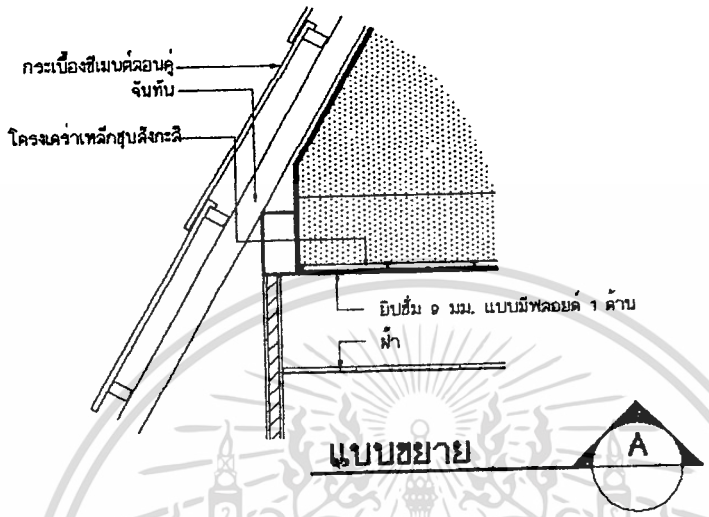


รูปที่ 5.103 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวน เซลลูโลสของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.104 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.61 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.61 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			1.8914	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.528708893

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

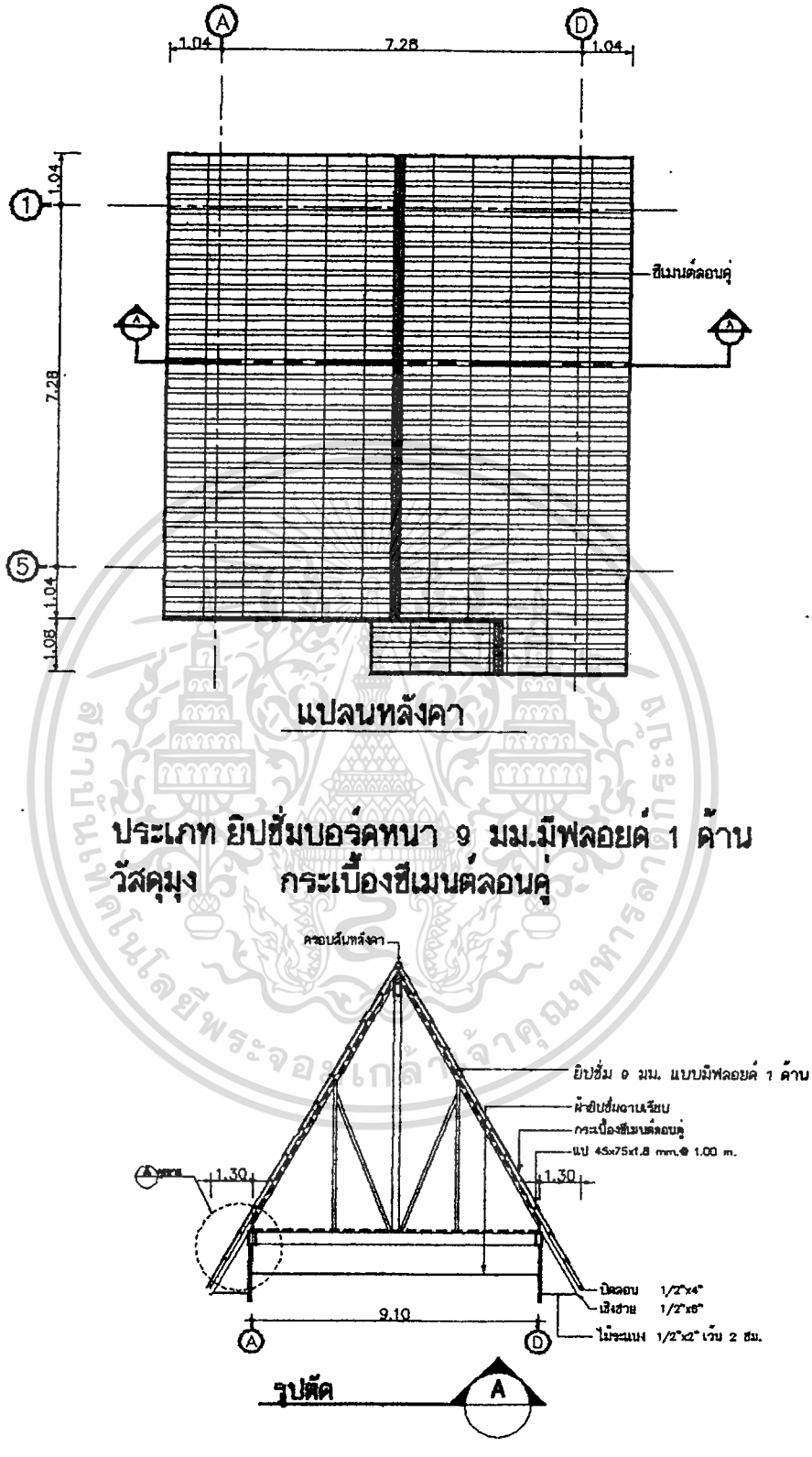
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 60 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.5287	32	-	-	-	-	3441.633

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 3441.63265 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

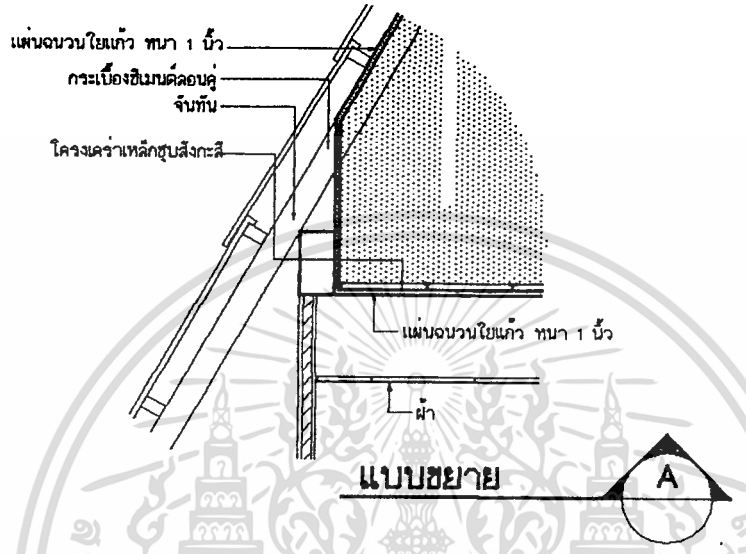


รูปที่ 5.105 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	แผ่นใยแก้ว



รูปที่ 5.106 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ตารางที่ 5.62 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.62 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			3.2676	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.30603501

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

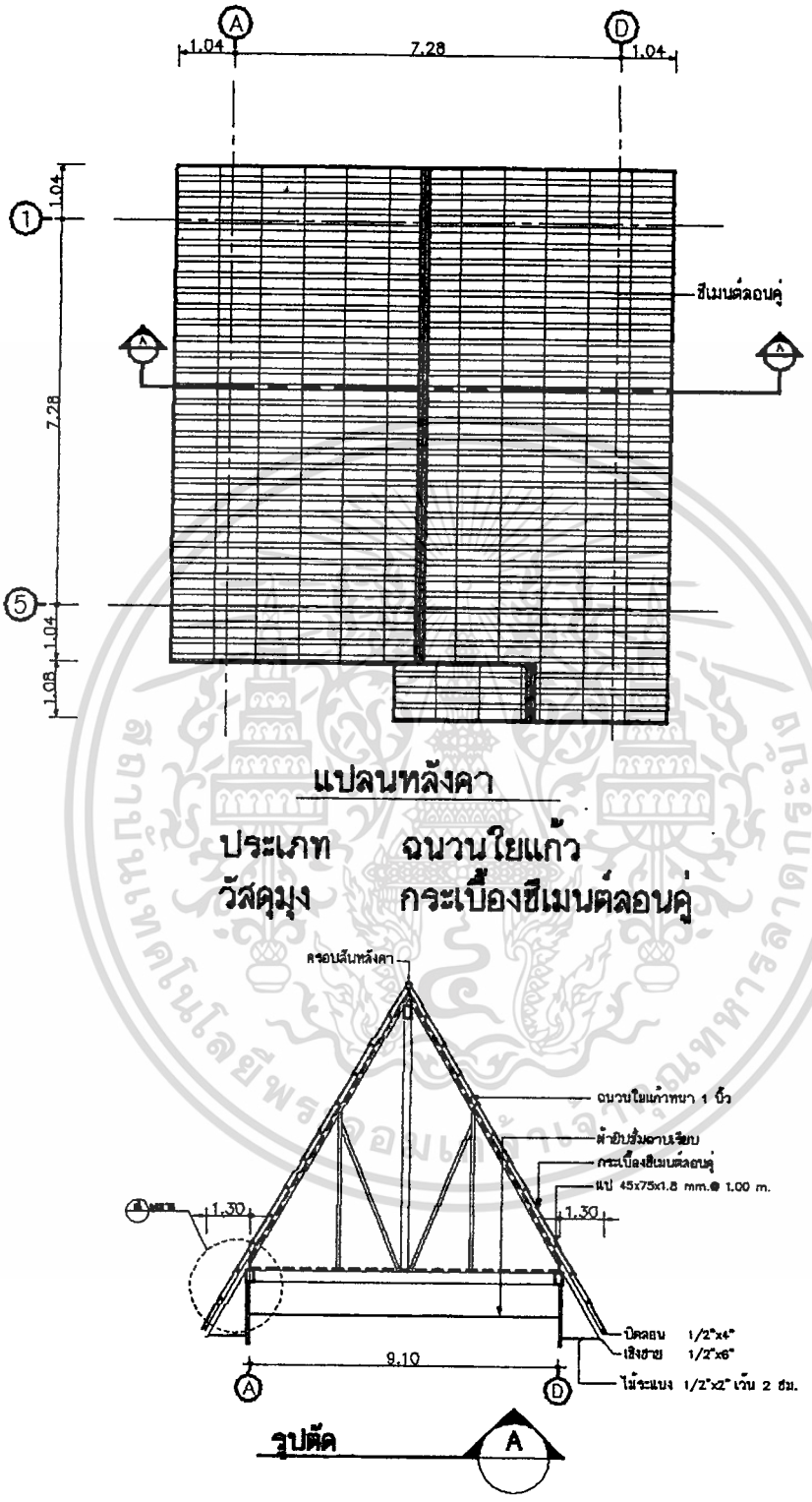
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 60 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.3060	32	-	-	-	-	1992.136

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1992.13612 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

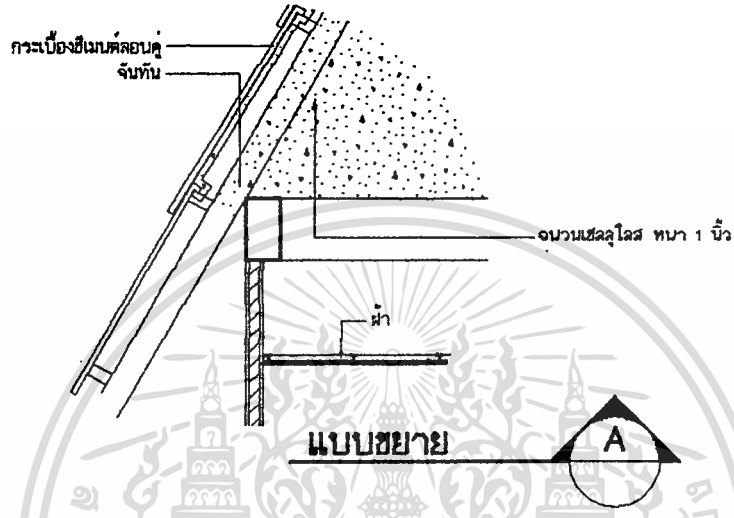


รูปที่ 5.107 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่างๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องใยหิน	ฉนวน	เซลลูโลส



รูปที่ 5.108 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.63 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องใยหิน ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.6	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องใยหิน	0.005	0.198	0.025	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.63 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			5.439	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.183857327

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 32

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

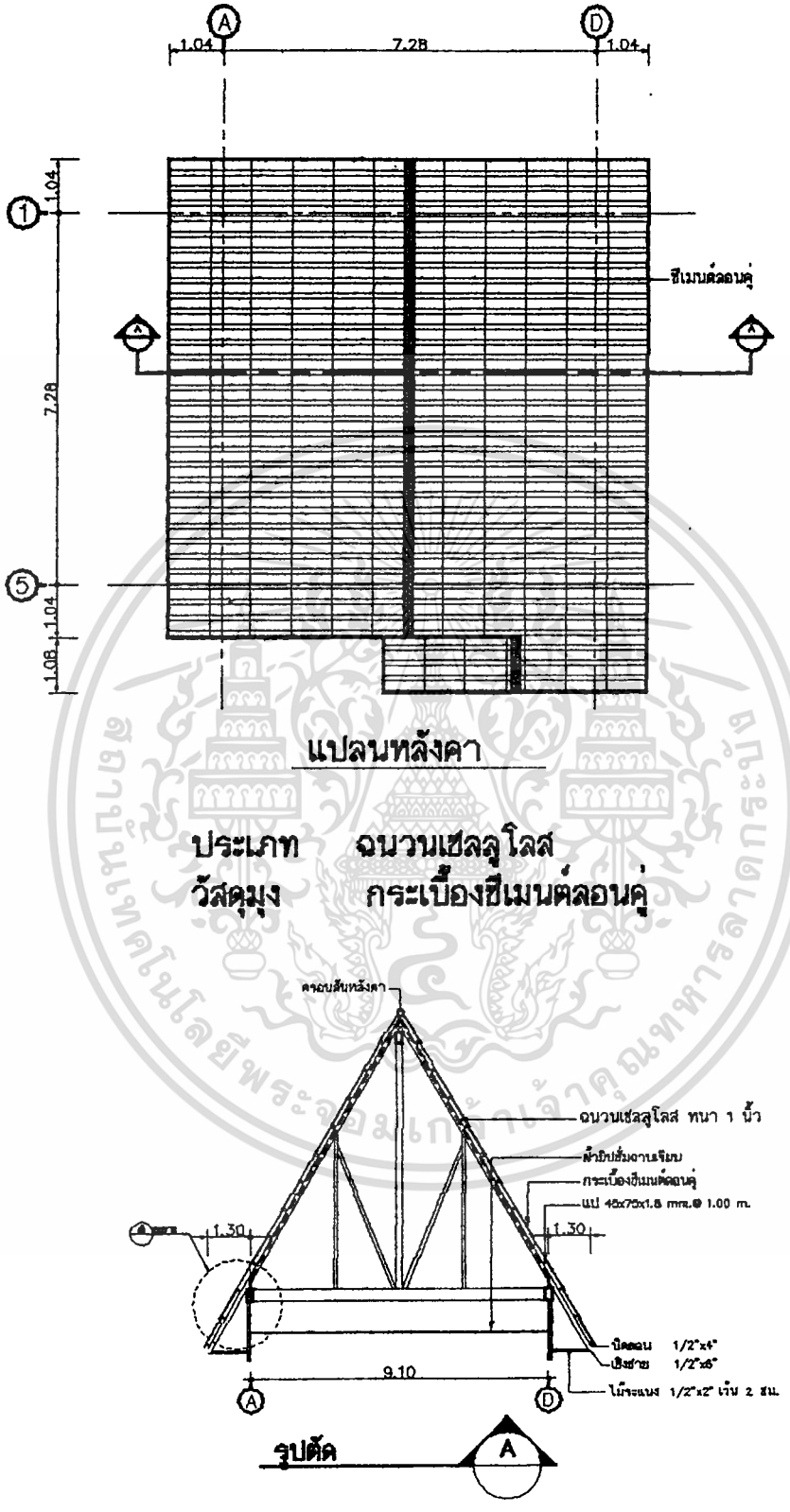
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 60 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.1838	32	-	-	-	-	1196.82

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1196.82 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

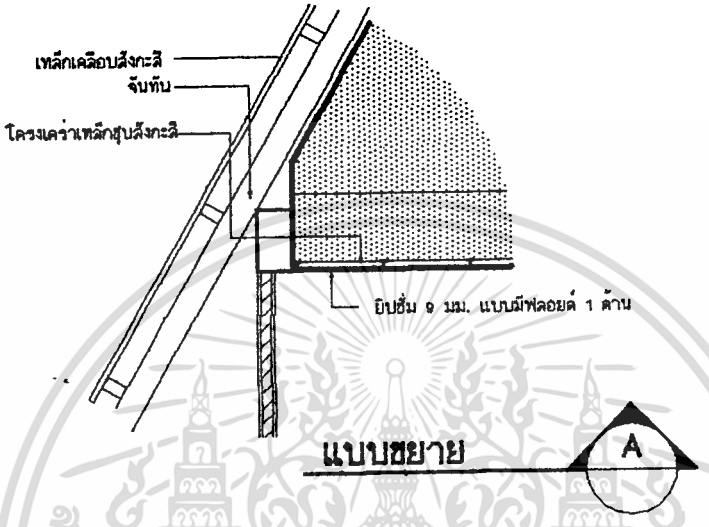


รูปที่ 5.109 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวน เซลลูโลสของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	แผ่นยิบซั่ม



รูปที่ 5.110 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ตารางที่ 5.64 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นยิบซั่ม)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.64 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	ยิบซั่มบอร์ด	0.01	0.191	0.0524	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			1.366484	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.731805129

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

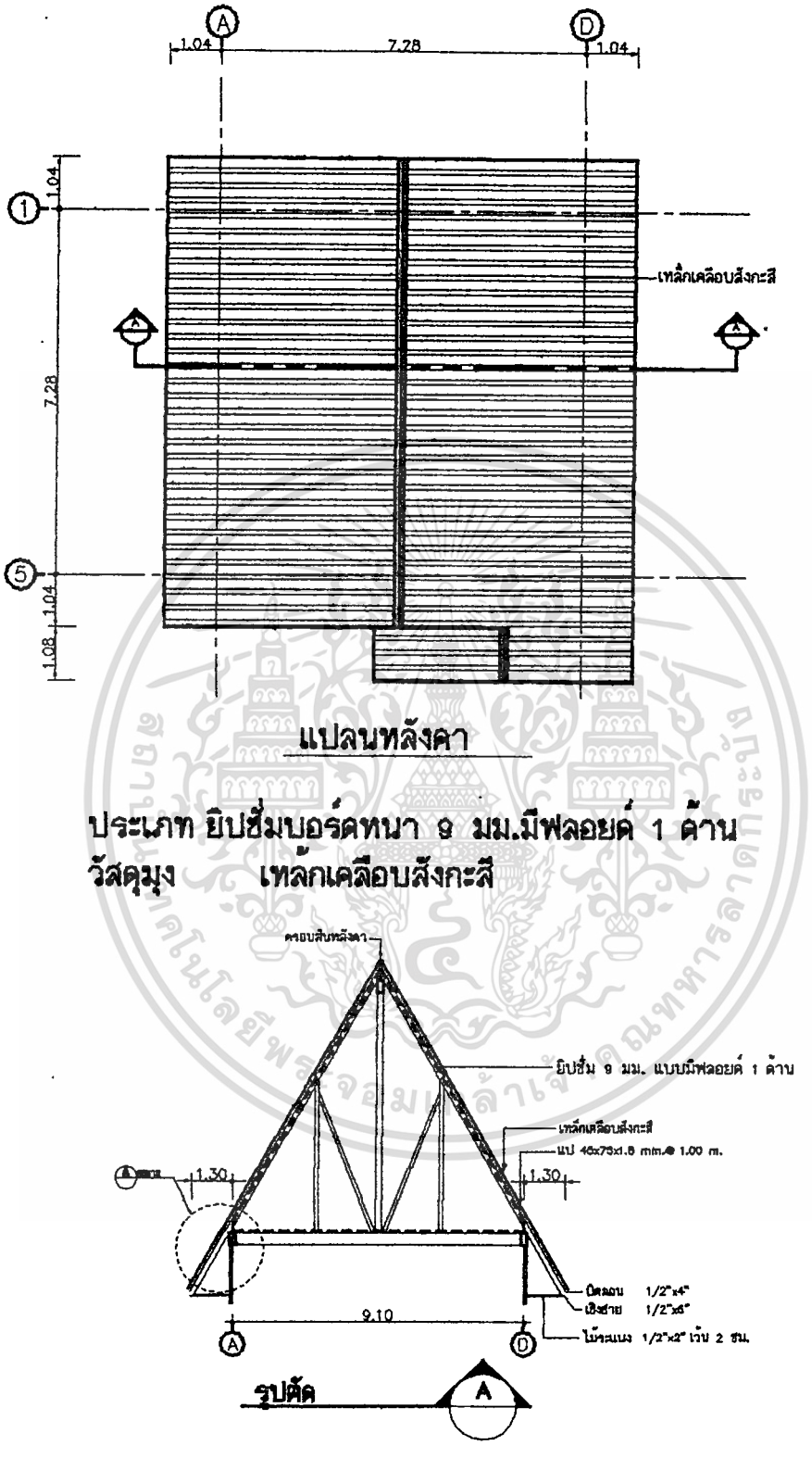
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 60 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.7318	20	-	-	-	-	2977.305

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 2977.30526 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

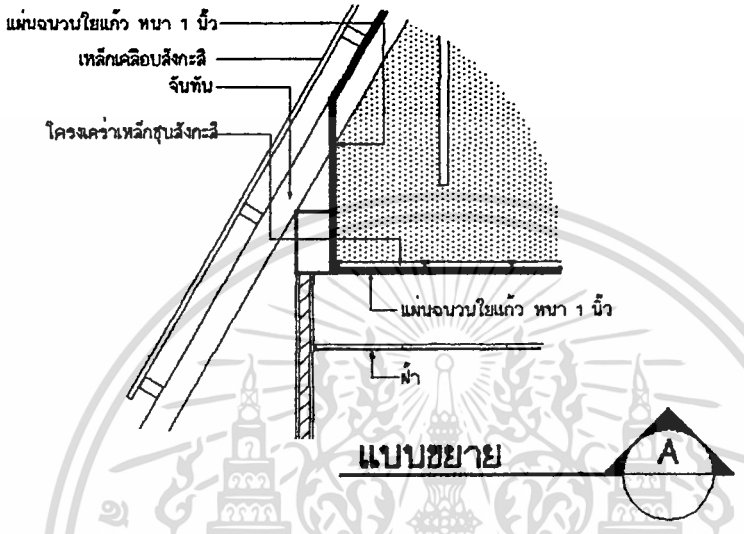


รูปที่ 5.111 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทยิบซั่มบอร์ดหนา 9 มิลลิเมตร ของหลังคารูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	แผ่นใยแก้ว



รูปที่ 5.112 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ตารางที่ 5.65 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนแผ่นใยแก้ว)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.000084	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.65 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	แผ่นใยแก้ว	0.05	0.035	1.4286	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			2.742684	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.364606349

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

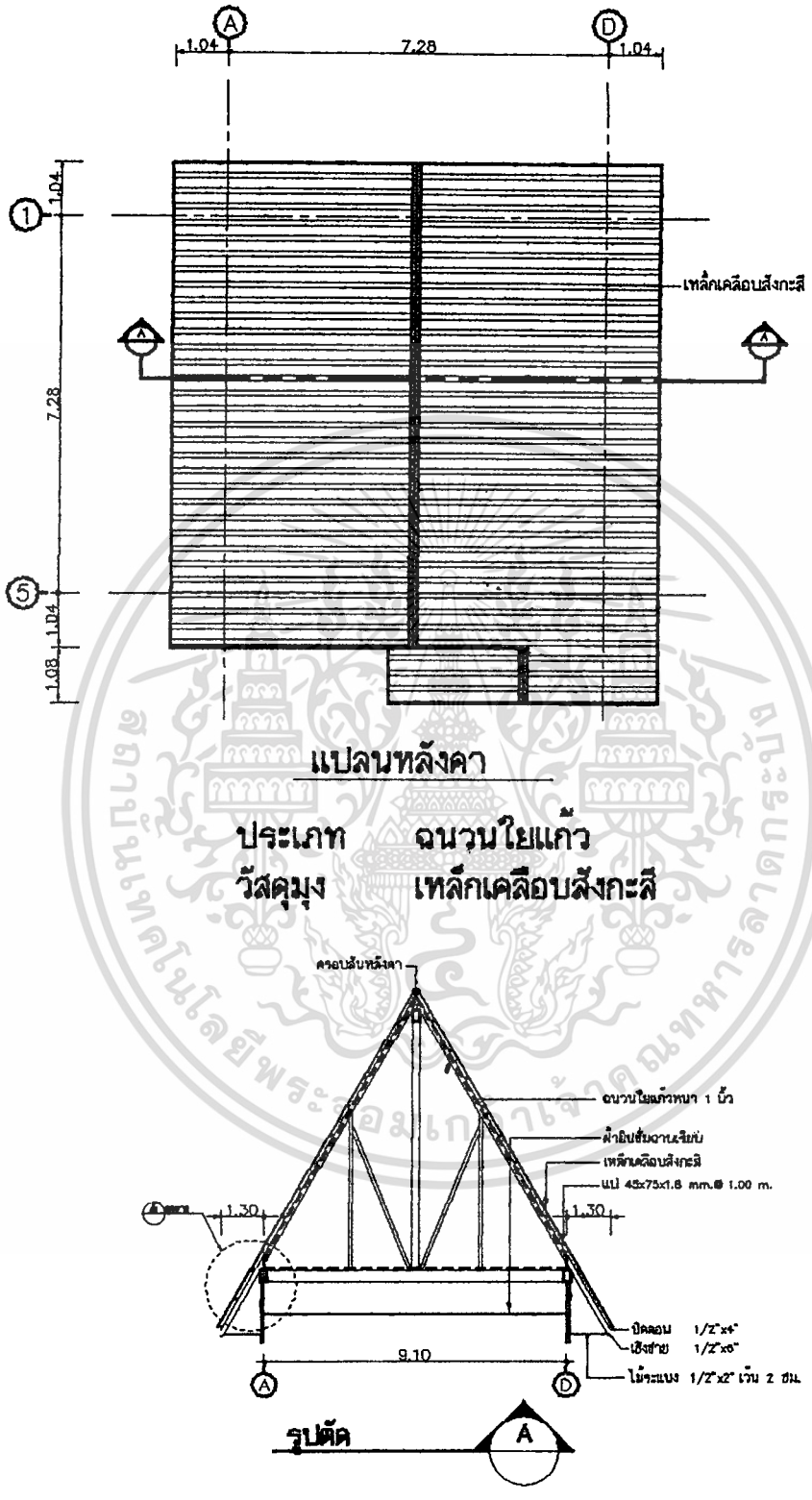
ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

มุมอะซิมุท = 60 องศา

รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.3646	20	-	-	-	-	1483.379

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 1483.37905 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

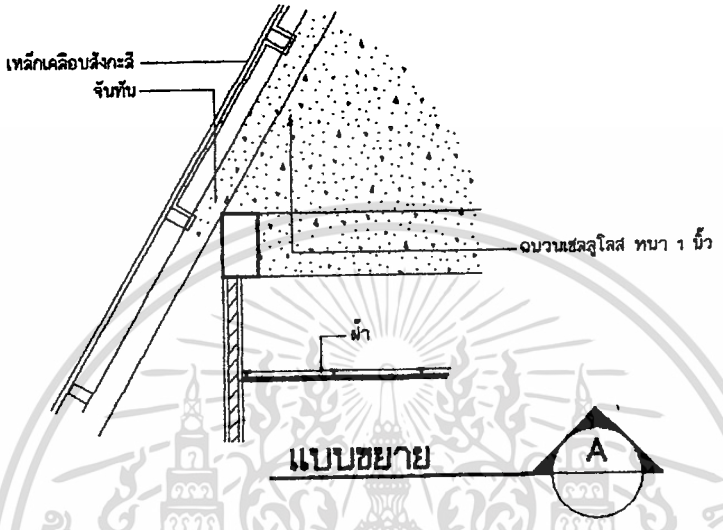


รูปที่ 5.113 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวนใยแก้วของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบหลังคา	หน้าจั่ว	มุมของหลังคา	60 องศา
วัสดุมุง	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	ฉนวน	เซลลูโลส



รูปที่ 5.114 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)

ตารางที่ 5.66 แสดงผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนของหลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา (วัสดุมุงกระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี ฉนวนเซลลูโลส)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
1	Outside Color	-	-	0.1	วัสดุมุงที่ใช้เป็นกระเบื้องซีแพคโมเนีย
2	Rout	-	-	0.055	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ดูตารางจากภาคผนวก ข.
3	กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	0.004	47.6	0.00008 4	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างจากตารางจากภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.66 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียดโครงสร้าง	Thickness	K-Value	R-Value	หมายเหตุ
4	ช่องอากาศ	-	-	0.768	ใช้ค่าจากตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิการนำความร้อน (K) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ ดูตารางจากภาคผนวก ข.
5	เซลลูโลส	0.075	-	3.6	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา ข้อ 2 กรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
6	Rin	-	-	0.391	ใช้ค่าจากตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา กรณีค่าสัมประสิทธิการแผ่รังสีต่ำ ดูจากตารางภาคผนวก ข.
	$R_{(total)}$			4.914084	

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม = $U = 1 / R_{(total)}$

$U =$ 0.203496725

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Tdeq) = 20

พื้นที่ของหลังคาทั้งหมด = 203.422 ตารางเมตร

ผลการคำนวณค่า RTTV แสดงได้ดังตาราง

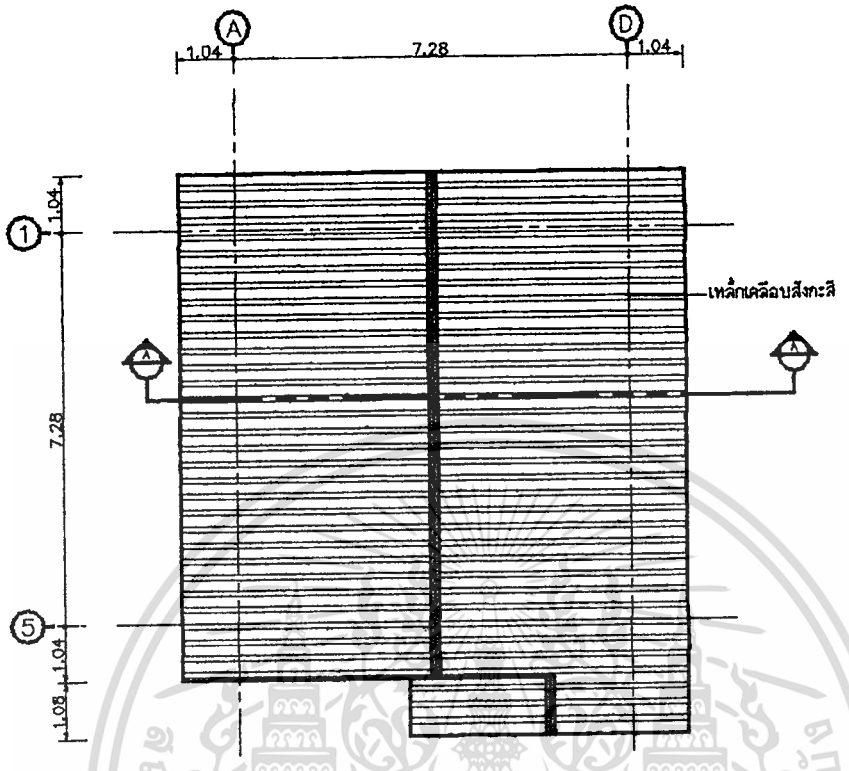
มุมอะซิมุท = 60 องศา

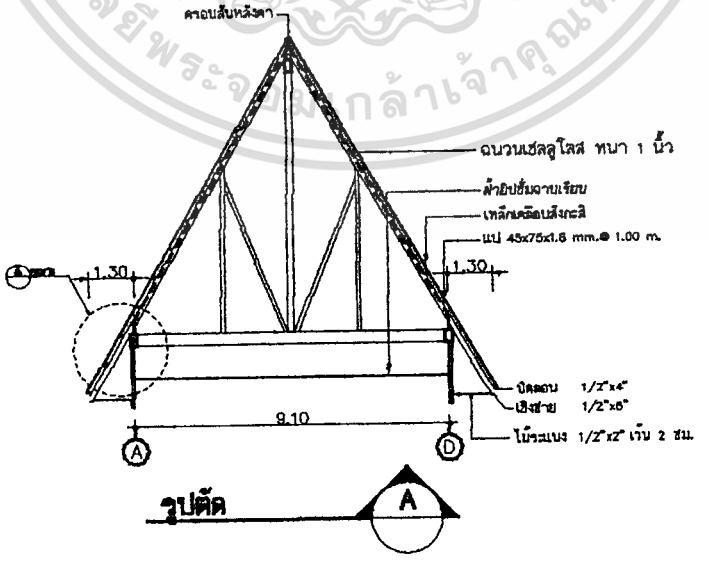
รหัสหลังคา	AW	UW	Tdeq	AF	UF	TDIFF	S	Q
หลังคา	203.422	0.2034	20	-	-	-	-	827.9142

ค่า Q สำหรับหลังคานี้ = 827.914216 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน
หลังคาจั่ว 60 °





รูปที่ 5.115 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ประเภทฉนวน เซลลูโลสของหลังคา
รูปทรงจั่วมุม 60 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 สรุปผลการวิเคราะห์การติดตั้งฉนวนในการป้องกันความร้อนของหลังคาทั้ง 3 รูปแบบจากการศึกษาวิธีการออกแบบและติดตั้งฉนวนในการป้องกันความร้อนเข้าสู่หลังคาทั้ง 3 รูปแบบ

โดยวิธีการคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อน พบว่า

1. ฉนวนที่ป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด คือ เซลลูโลส รองลงมา คือ ฉนวนใยแก้ว และฉนวนยิบซั่มบอร์ด โดย

2. ราคาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งจะพบว่า เซลลูโลส ชนิดพ่นจะมีราคาที่สูงที่สุด รองลงมา คือ ฉนวนใยแก้ว และฉนวนยิบซั่มบอร์ด จะมีราคาถูกที่สุด

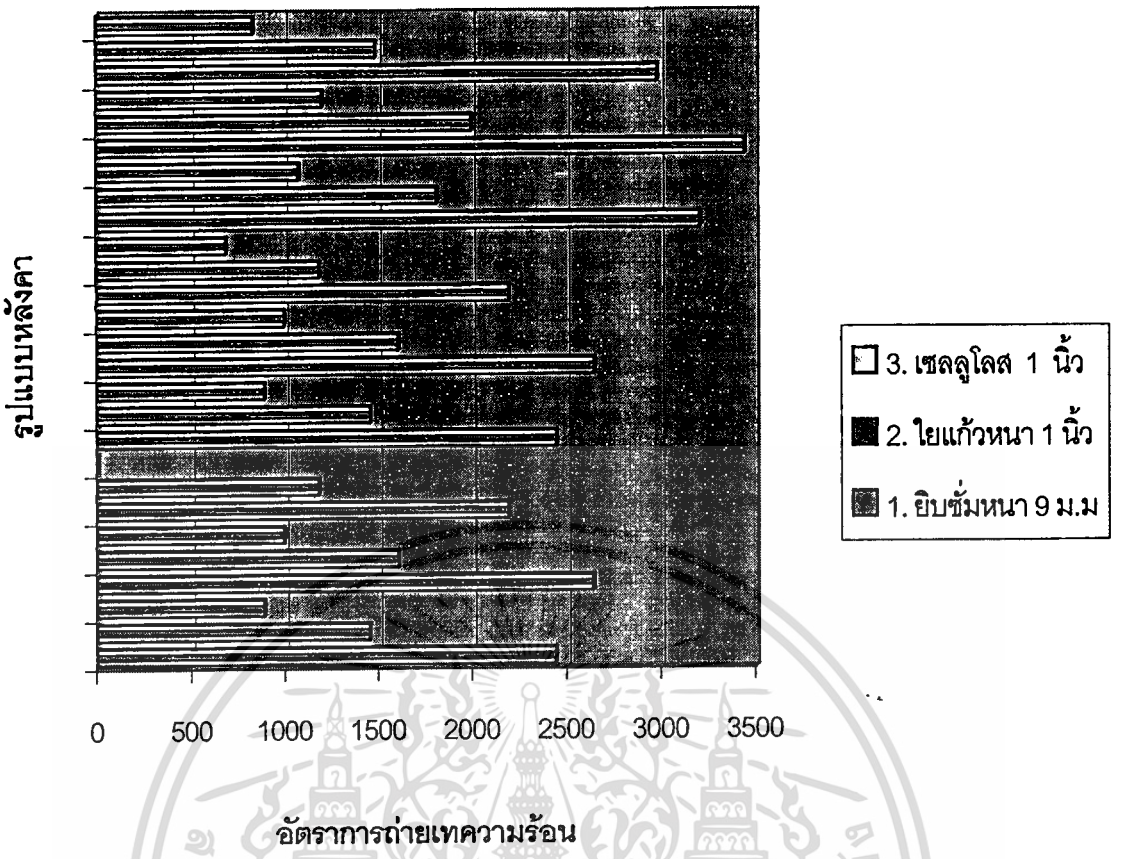
3. ในการติดตั้งจะพบว่า การติดตั้งด้วยฉนวนแบบ เซลลูโลส จะมีขั้นตอนและเทคนิคในการติดตั้งที่ยุ่งยากกว่าฉนวนแบบใยแก้วและยิบซั่มบอร์ด

4. วัสดุมุงหลังคาและรูปแบบของมุมหลังคา มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนรวม

ตารางที่ 5.67 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนทั้ง 3 ชนิด

ลำดับที่	ชนิดของฉนวนกันความร้อน	ราคาเฉลี่ยโดยประมาณต่อ ต.ร.ม รวมค่าติดตั้ง/บาท	หลังคารูปทรงปั้นหยา มุม 35 องศา พื้นที่ติดตั้งเฉลี่ย	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 35 องศา พื้นที่ติดตั้งเฉลี่ย	หลังคารูปทรงจั่ว มุม 60 องศา พื้นที่ติดตั้งเฉลี่ย	ราคารวมโดยประมาณ/บาท	
1.	ฉนวนแบบยิบซั่มบอร์ด หนา 9 ม.ม.	180	320.968	321.2	349.002	ปั้นหยา35องศา	57774.3
						จั่ว 35 องศา	57818.-
						จั่ว 60 องศา	62823.96
2.	ฉนวนใยแก้ว หนา 1 นิ้ว	220	320.968	321.2	349.022	ปั้นหยา35 องศา	70612.9
						จั่ว 35 องศา	70664.-
						จั่ว 60 องศา	76784.84
3.	ฉนวนแบบเซลลูโลส หนา 1 นิ้ว	320	320.968	321.2	349.022	ปั้นหยา35 องศา	102709.76
						จั่ว 35 องศา	102784.-
						จั่ว 60 องศา	111687.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.116 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนของฉนวนป้องกันความร้อน ทั้ง 3 ชนิด

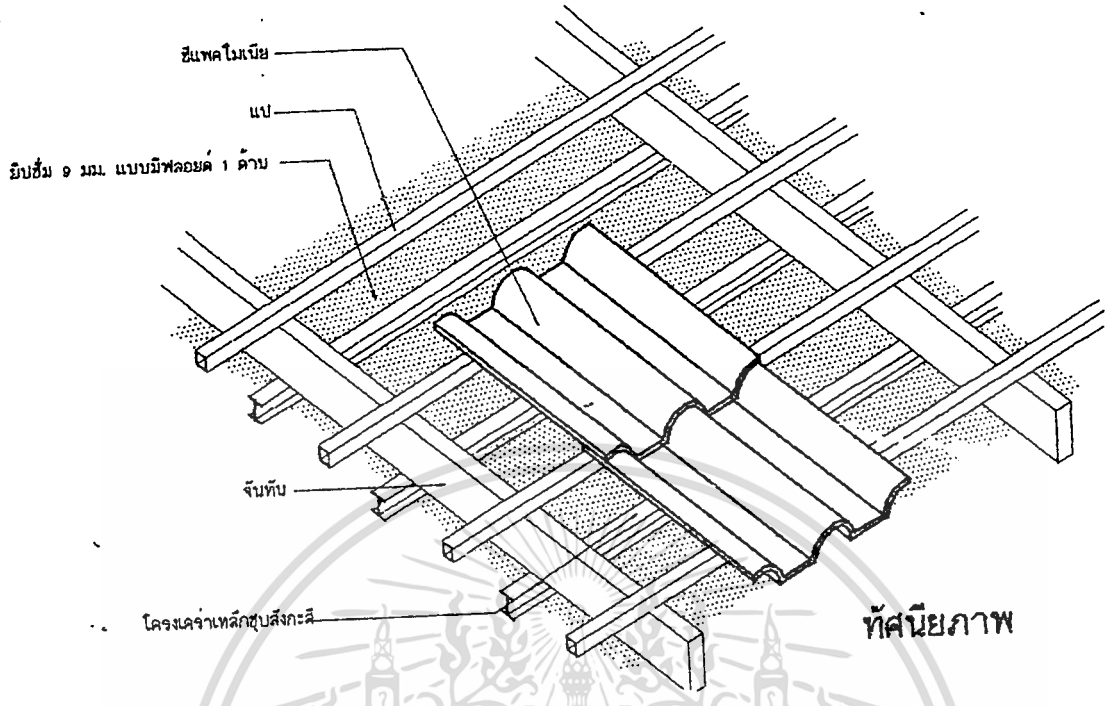
จากตารางข้างบนสรุปว่า วัสดุมุงของหลังคาชนิด กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี แล้วติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนชนิดเซลลูโลส จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการป้องกันความร้อน รองลงมาก็คือ วัสดุมุงชนิดกระเบื้องซีแพคโมเนีย โดยติดตั้งฉนวนในการป้องกันความร้อนเป็นชนิดเซลลูโลส และฉนวนที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุดในการป้องกันความร้อน คือยิบซั่มบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

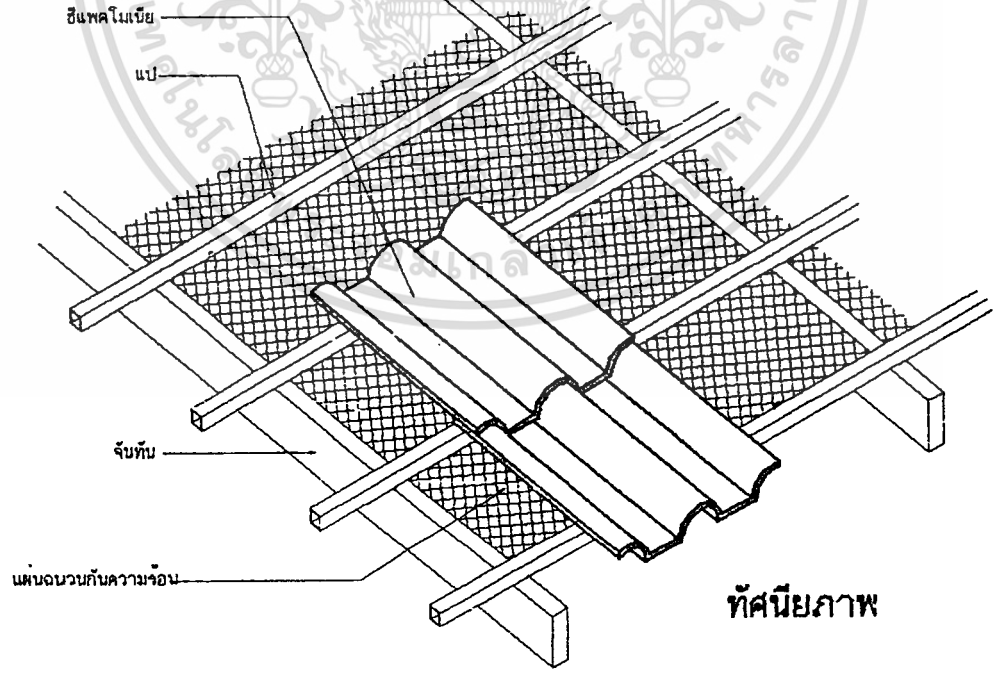
ตารางที่ 5.68 แสดงการเปรียบเทียบฉนวนที่ใช้ในการติดตั้งป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา ของรูปทรงหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ (สัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อน)

ลำดับที่	รูปทรงหลังคา	มุมหลังคา	วัสดุมุงหลังคา	ฉนวนที่ใช้	อัตราการถ่ายเทความร้อน (Q)	หมายเหตุ
1	รูปแบบหลังคาทรงปั้นหยา	35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	2437.6	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1448.2	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	882.8	
			กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	2637.9	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1601.7	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	988.9	
			กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	2188.7	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1177.5	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	681.-	
2	รูปแบบหลังคาทรงจั่ว	35 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	2440.8	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1450	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	884	
			กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	2641.3	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1603	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	989	
			กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	2191.6	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1179	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	681.9	
3	รูปแบบหลังคาทรงจั่ว	60 องศา	กระเบื้องซีแพคโมเนีย	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	3202.8	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1805.6	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	1069.4	
			กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	3441.6	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1992.1	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	1196.8	
			กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี	1. ยิบซั่มหนา 9 ม.ม	2977.3	
				2. ใยแก้วหนา 1 นิ้ว	1483.4	
				3. เซลลูโลส 1 นิ้ว	827.9	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

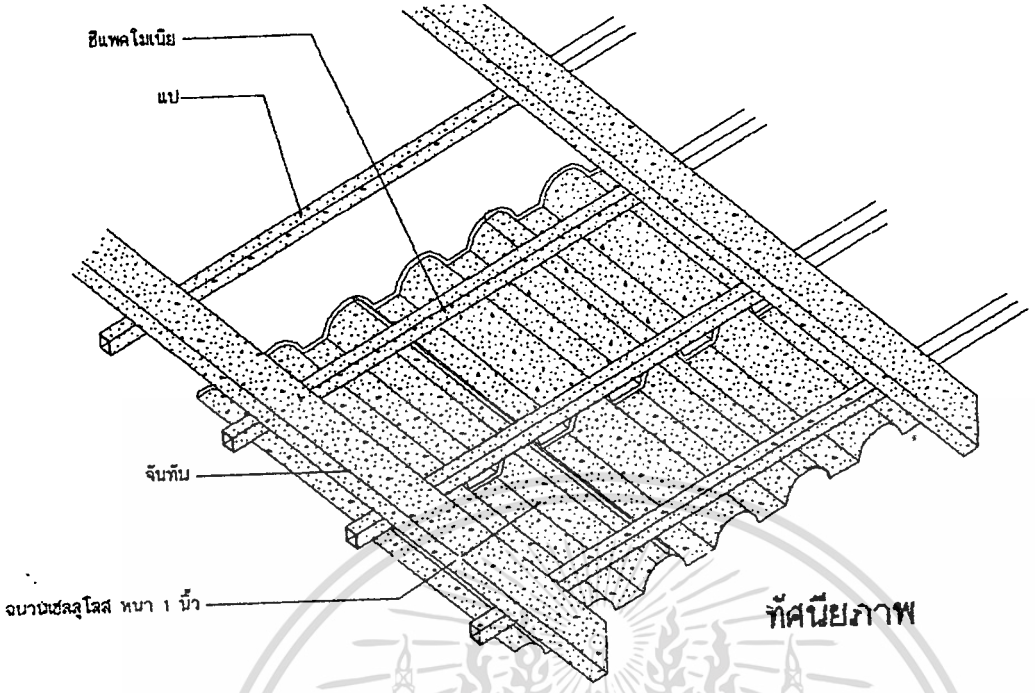


รูปที่ 5.117 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย

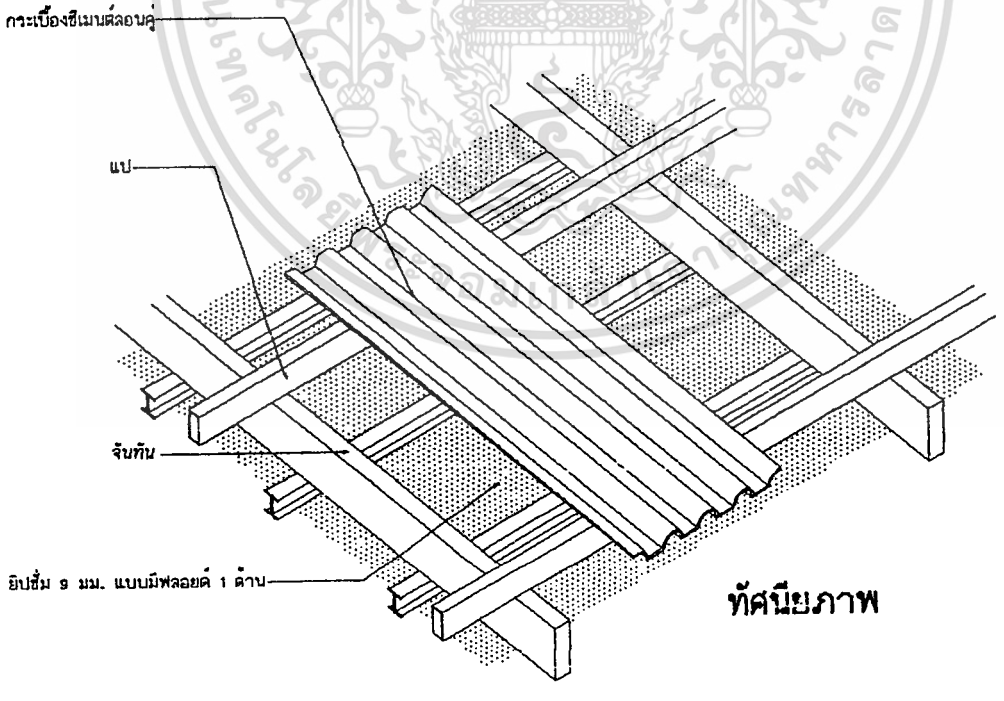


รูปที่ 5.118 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ใยแก้ว ของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุง ซีแพคโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

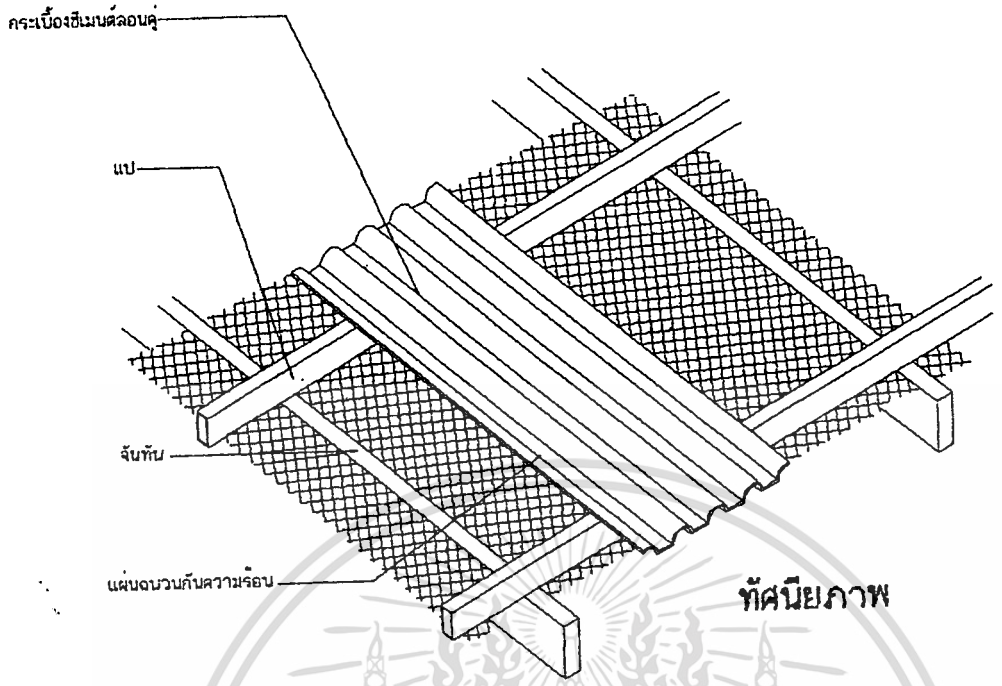


รูปที่ 5.119 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท เซลลูโลส ของหลังคาทรง ปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย

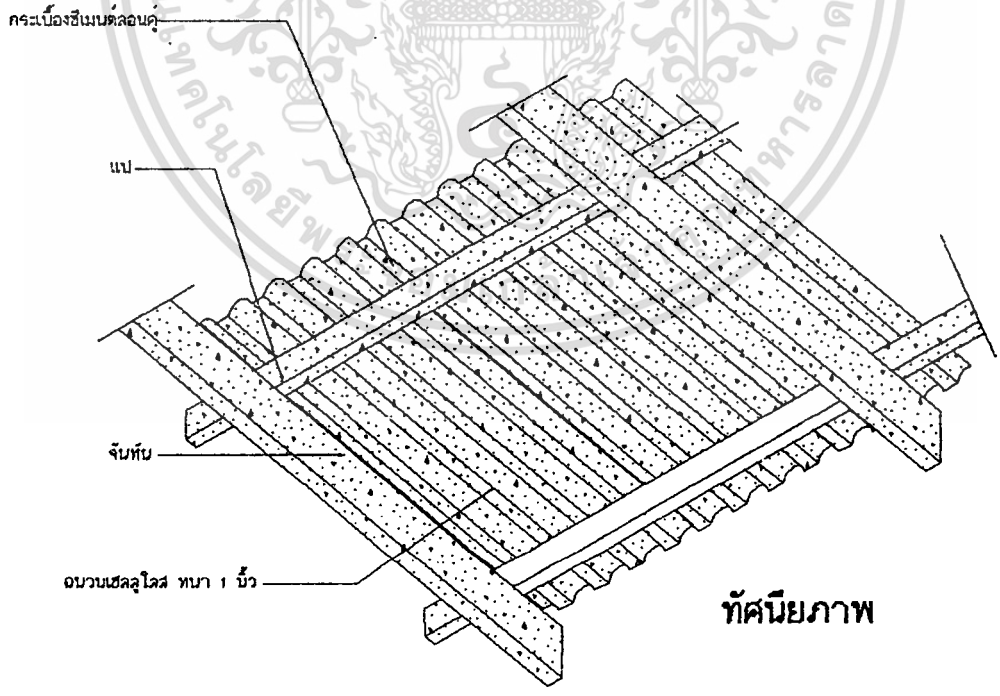


รูปที่ 5.120 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรง ปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุง ซีเมนต์ใยหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

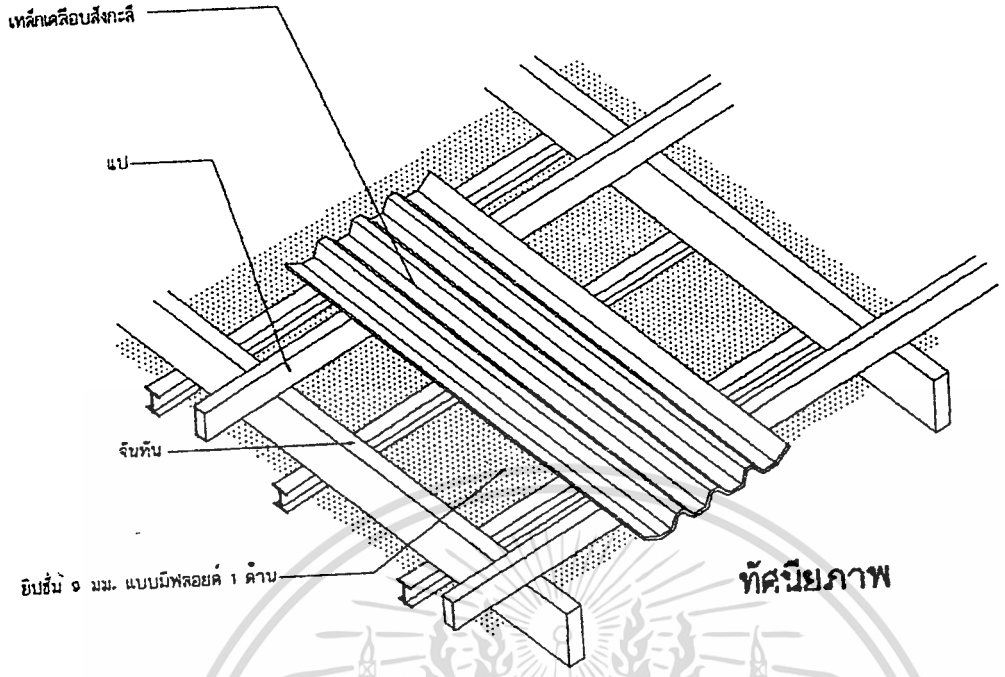


รูปที่ 5.121 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ใยแก้ว ของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุง ซีเมนต์ใยหิน

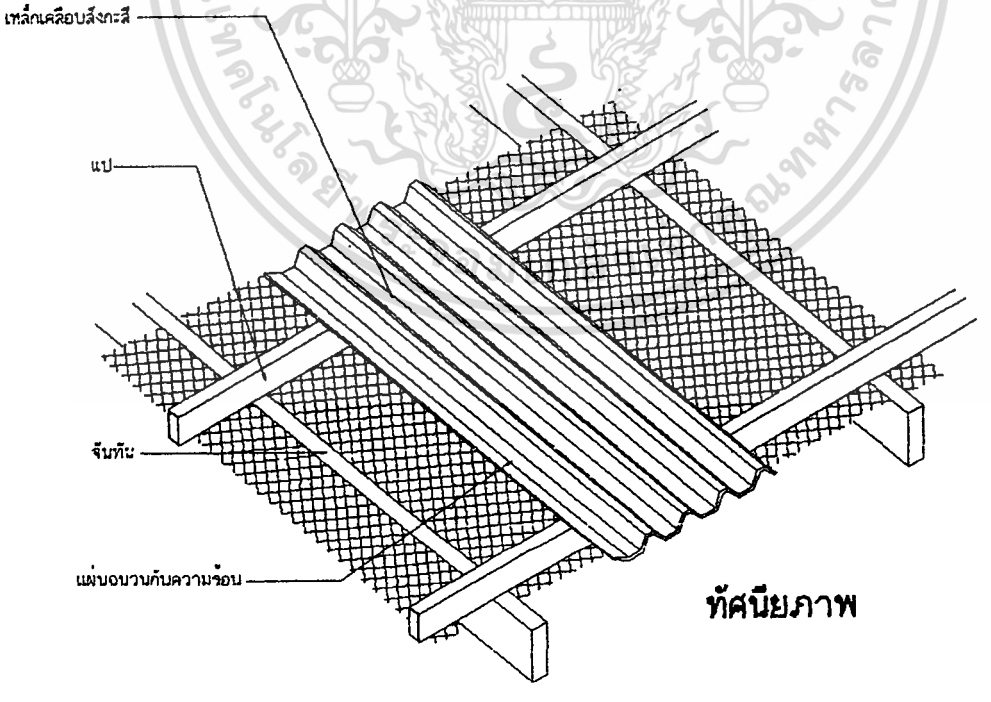


รูปที่ 5.122 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท เซลลูโลส ของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุง ซีเมนต์ใยหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

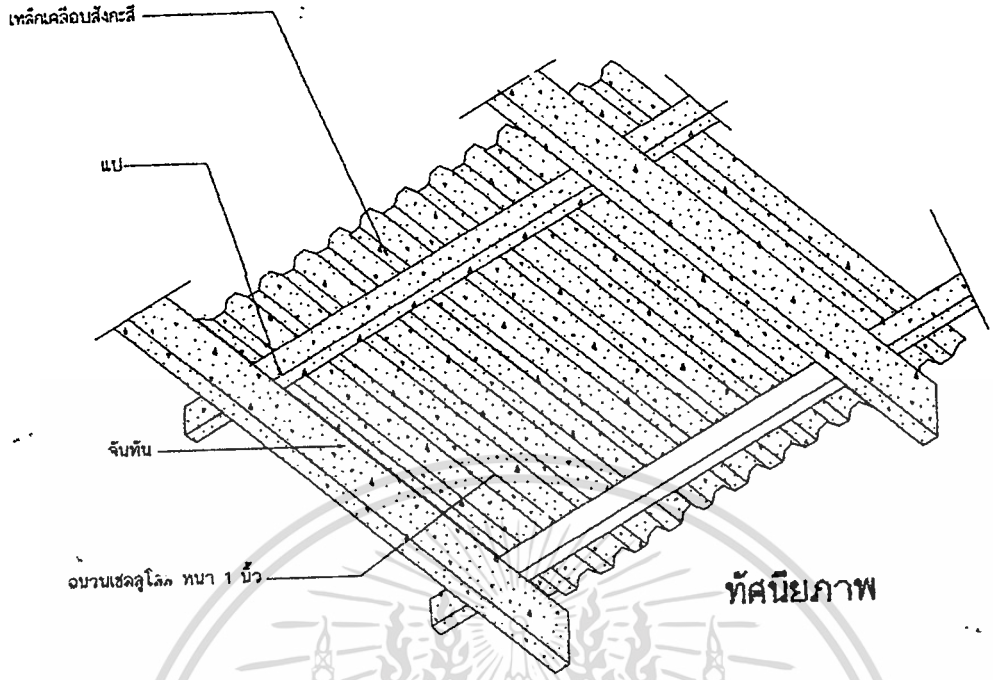


รูปที่ 5.123 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

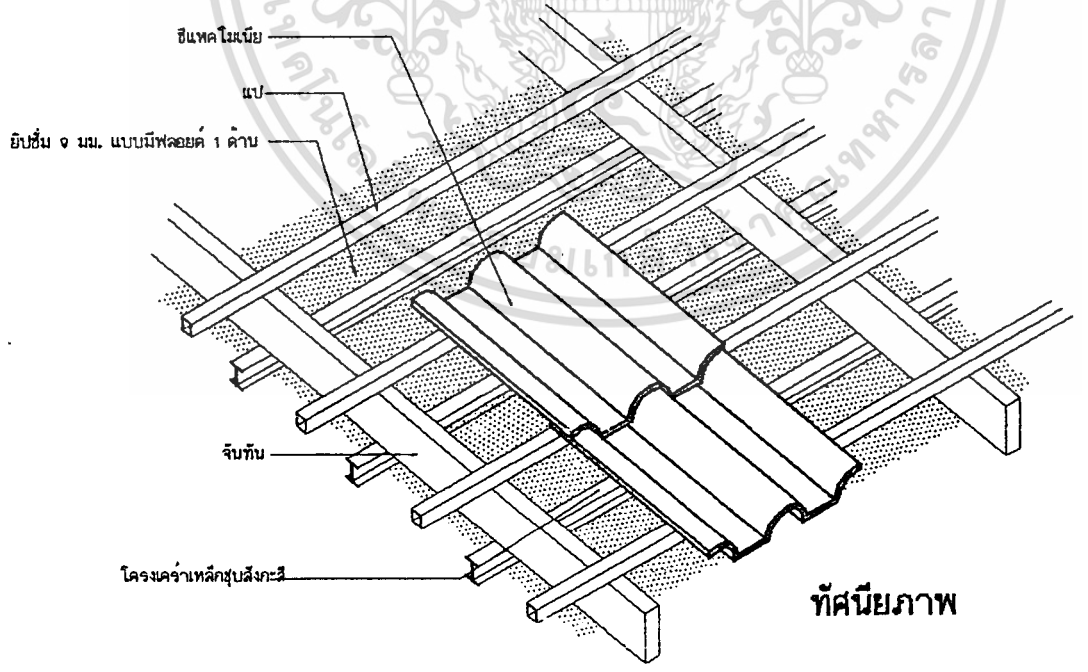


รูปที่ 5.124 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ใยแก้ว ของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

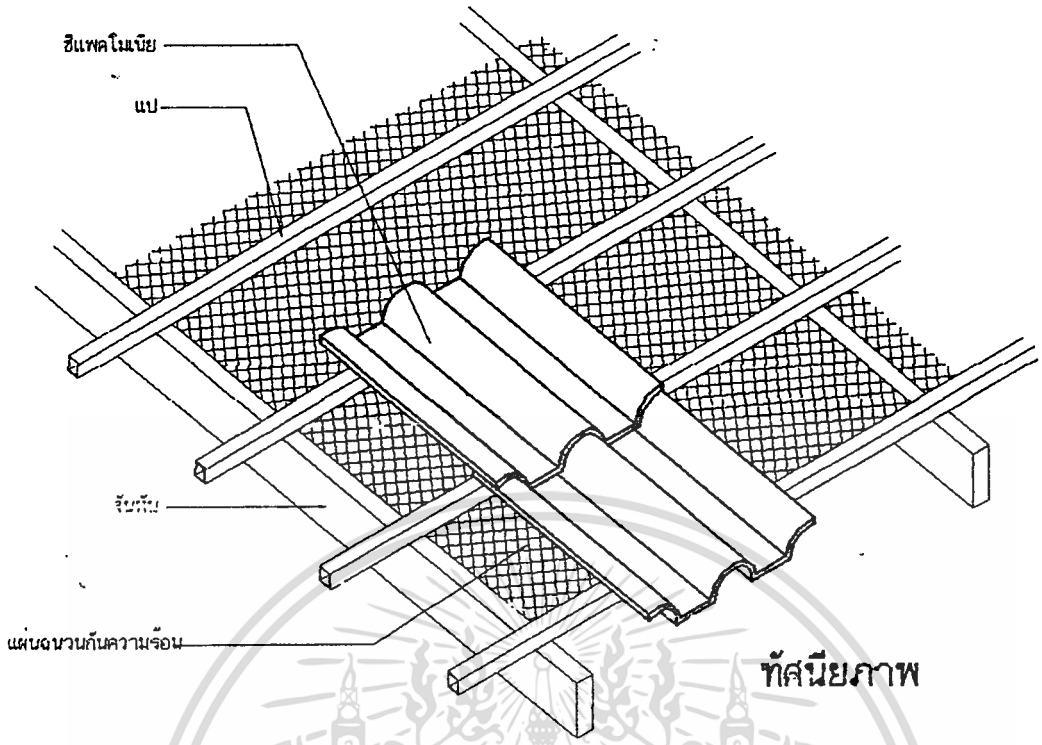


รูปที่ 5.125 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลส ของหลังคาทรงปั้นหยา 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

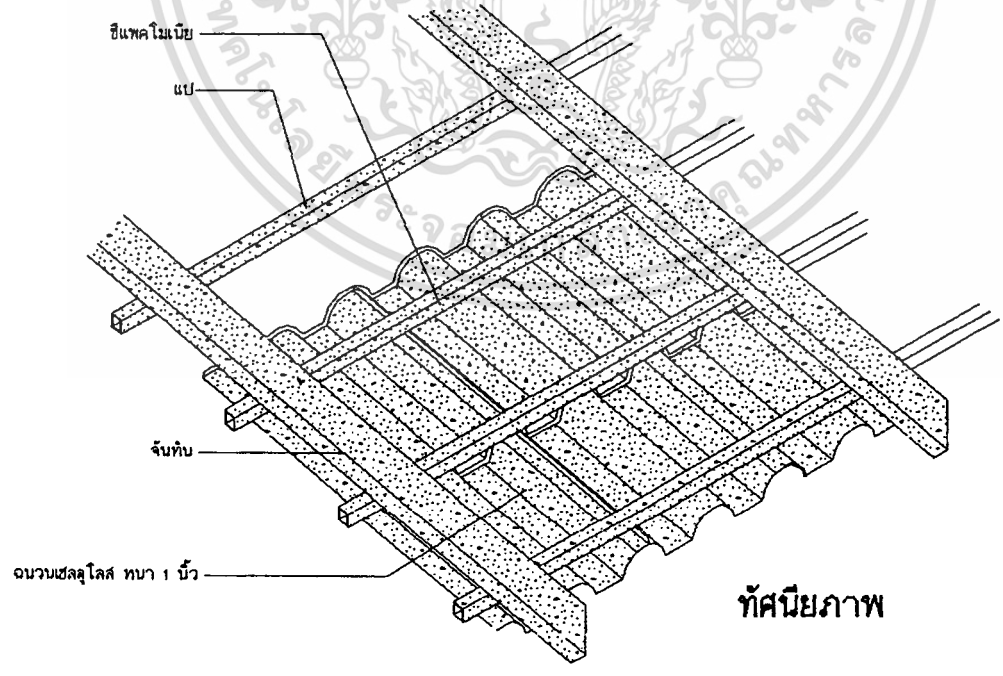


รูปที่ 5.126 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ยิบซั่มบอร์ดของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุง ซีแพคโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

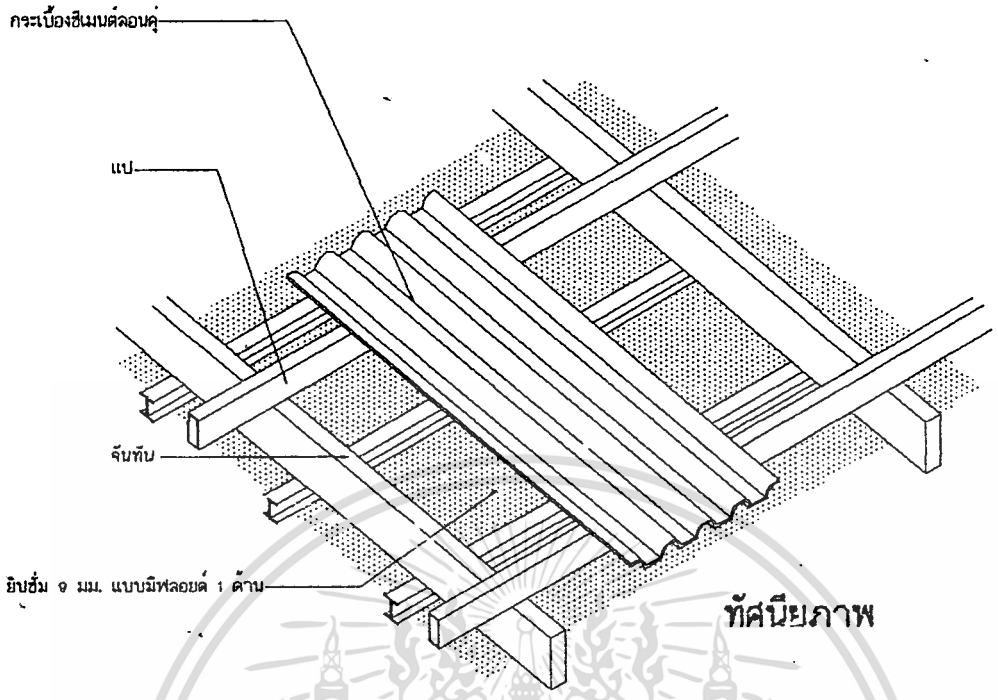


รูปที่ 5.127 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย

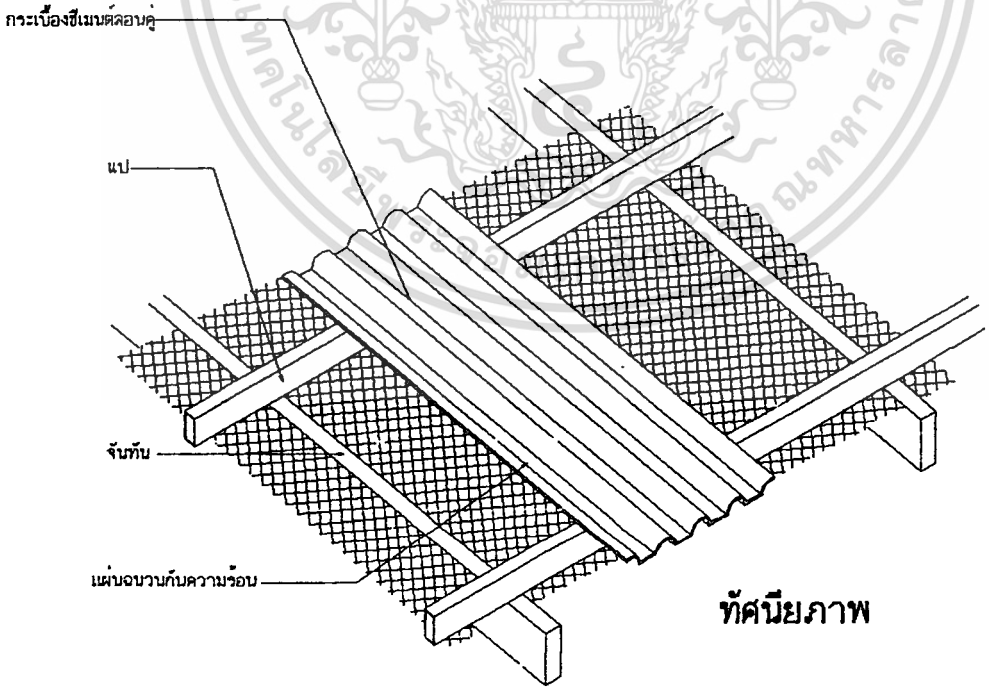


รูปที่ 5.128 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลสของหลังคาจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุง ซีแพคโมเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

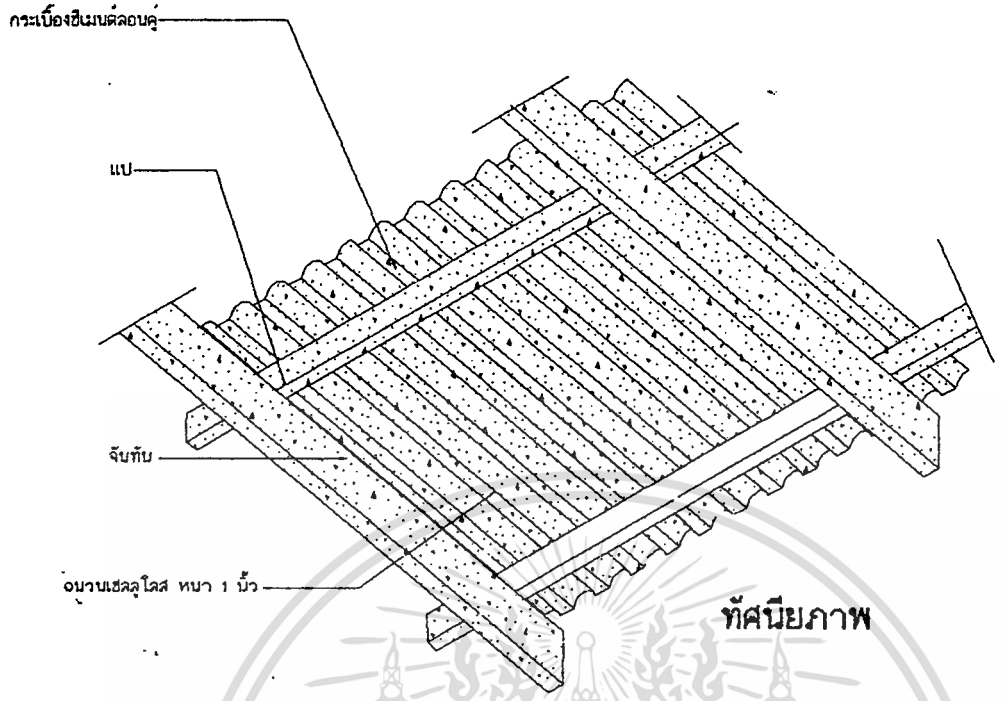


รูปที่ 5.129 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงซีเมนต์ใยหิน

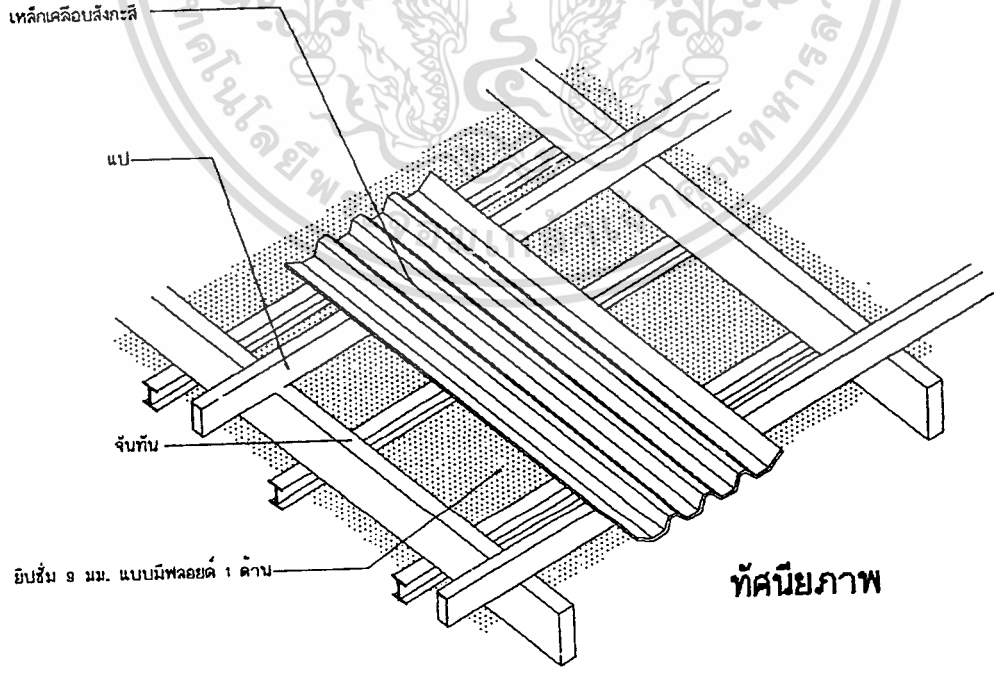


รูปที่ 5.130 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุง ซีเมนต์ใยหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

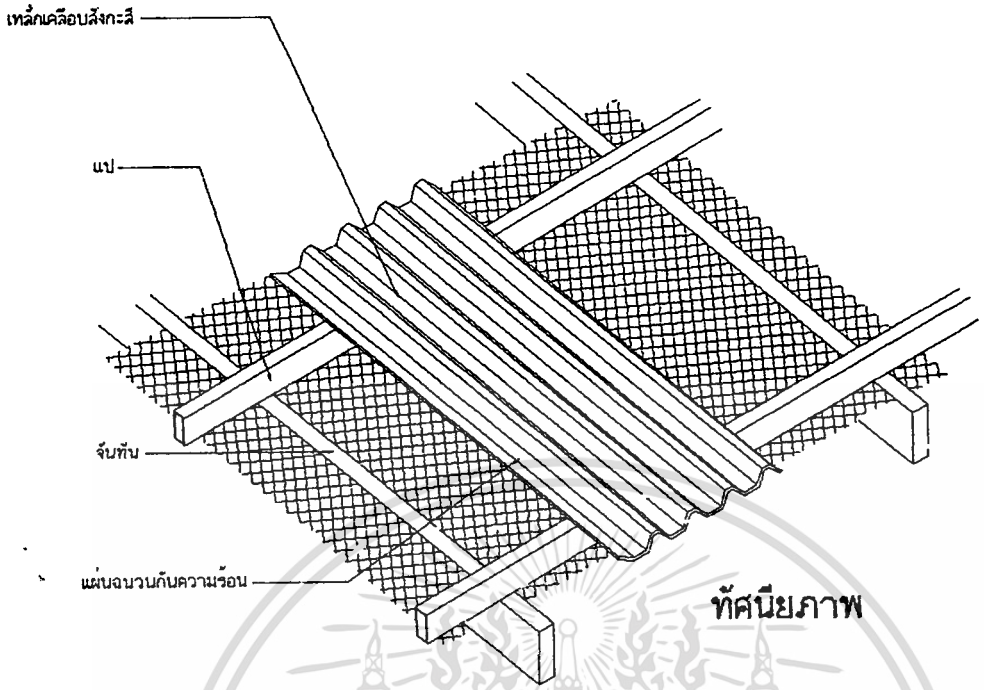


รูปที่ 5.131 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลสของหลังคาทรง จั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงซีเมนต์ใยหิน

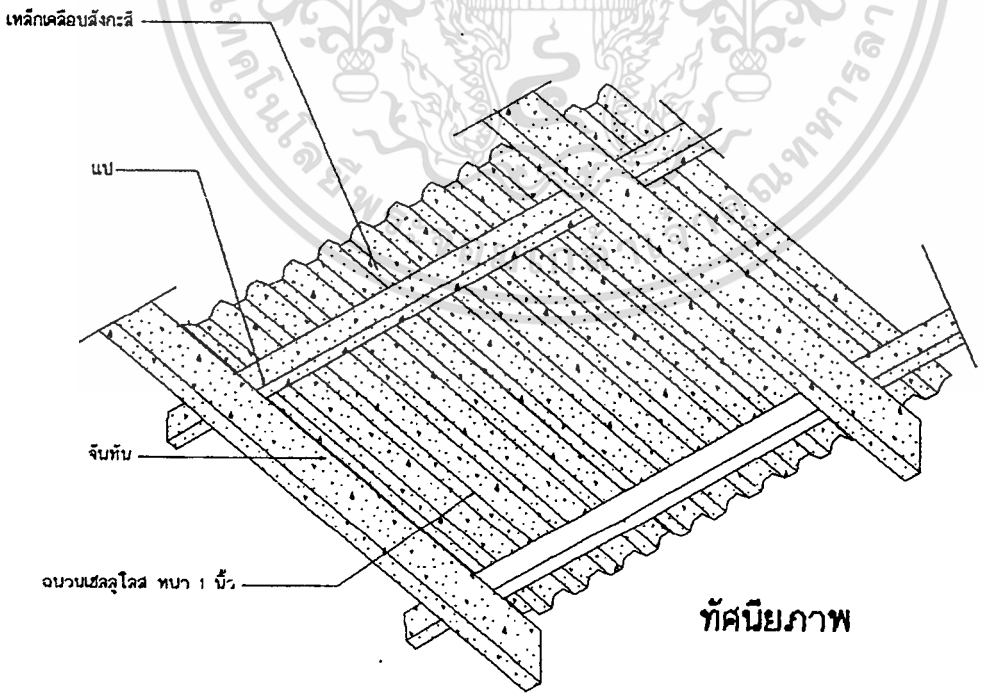


รูปที่ 5.132 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรง จั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

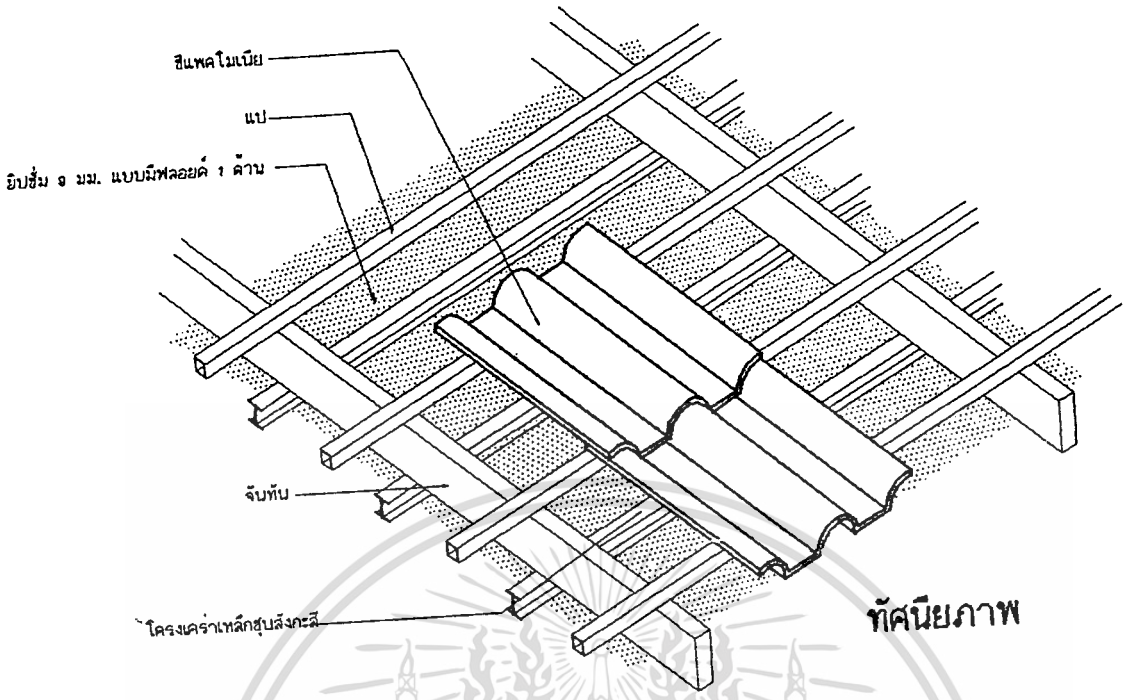


รูปที่ 5.133 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่ว มุม 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

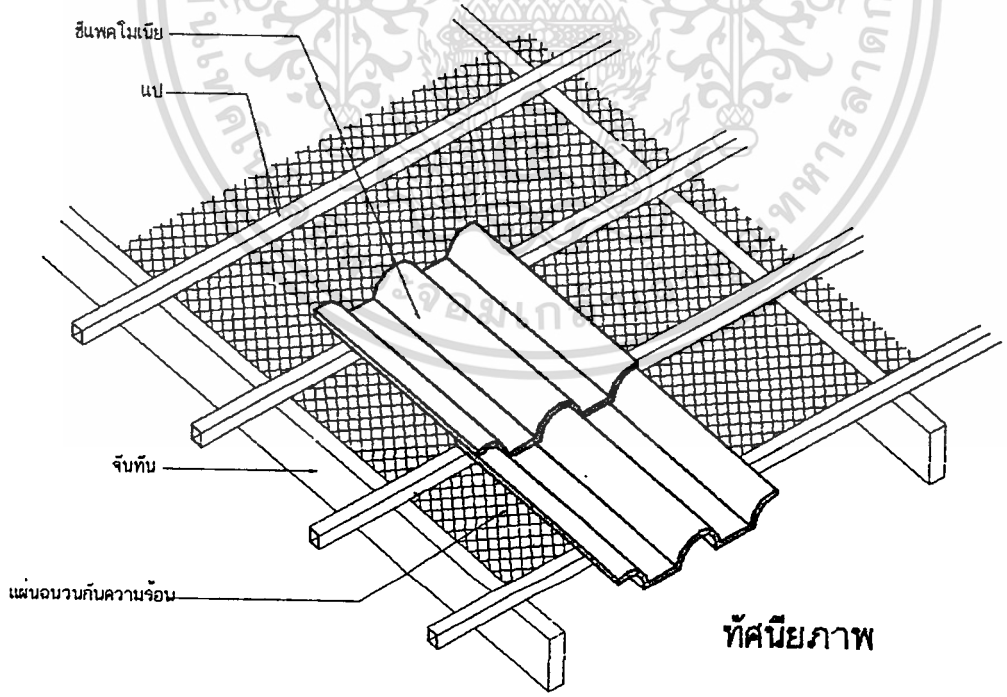


รูปที่ 5.134 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลสของหลังคาทรงจั่วมุม 35 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

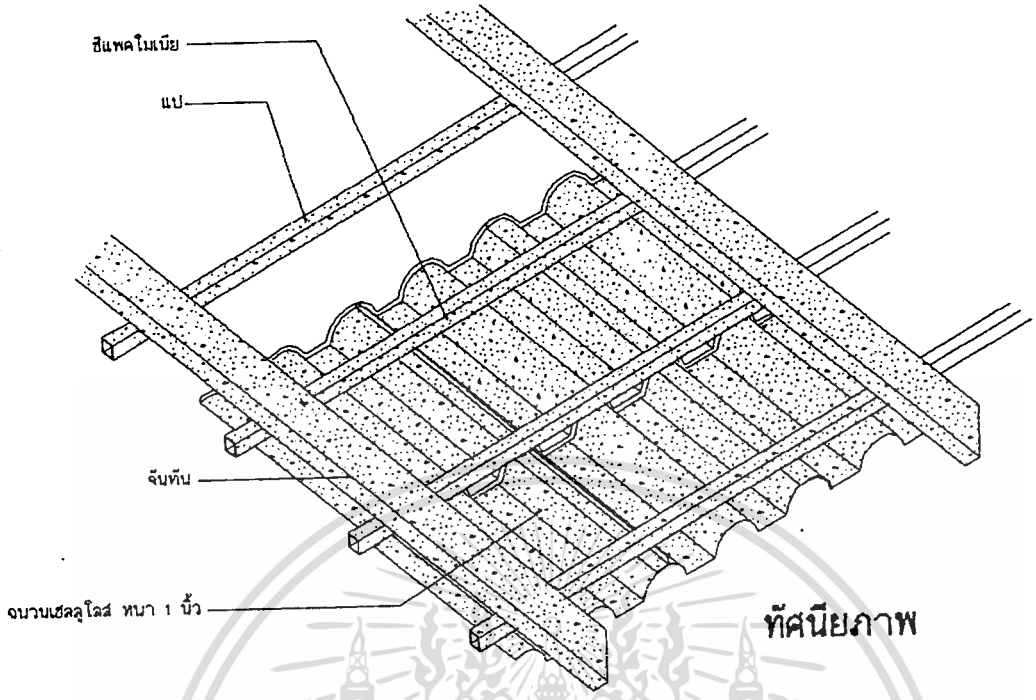


รูปที่ 5.135 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ยิบซั่มบอร์ด ของหลังคาทรงปั้นหยา 60 องศา วัสดุมุงซีแพคโมเนีย

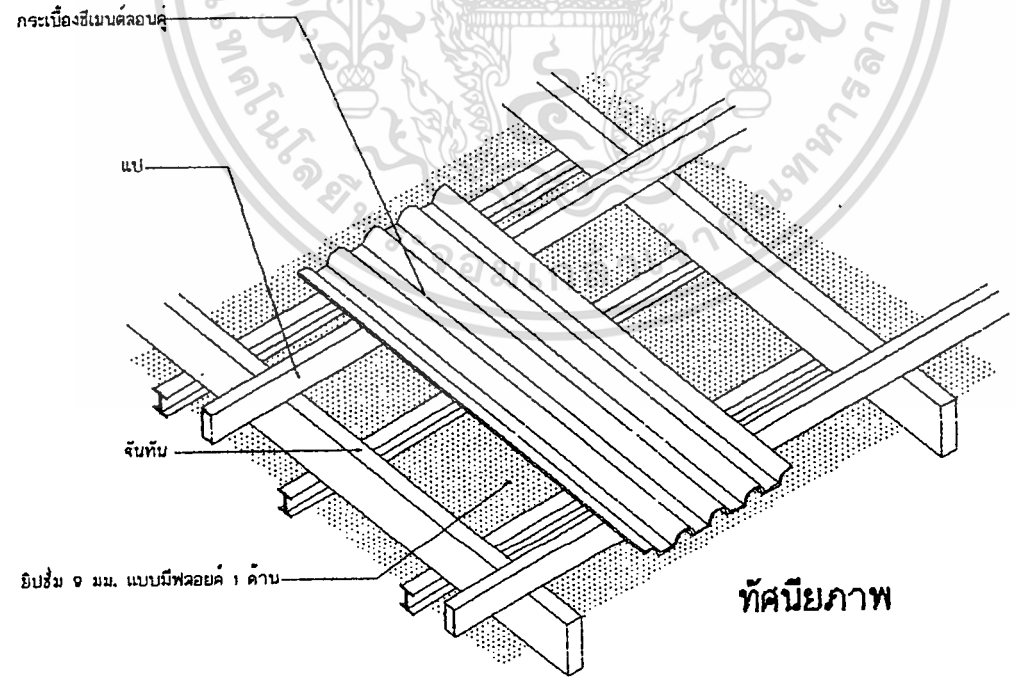


รูปที่ 5.136 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทยิบซั่มบอร์ดของหลังคาทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุเหล็กเคลือบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

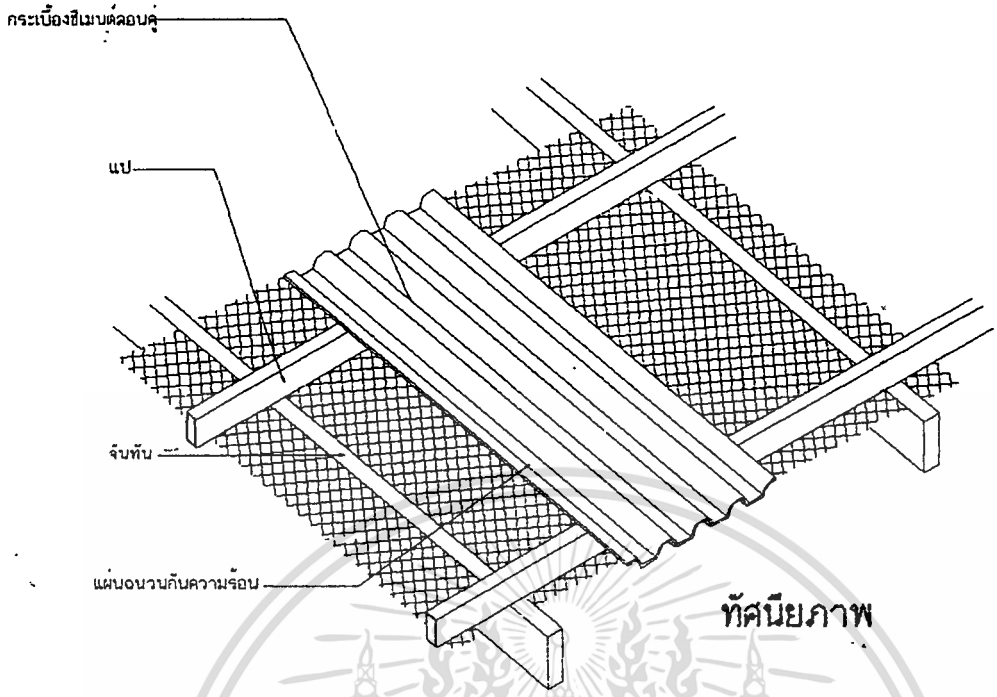


รูปที่ 5.137 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้ว ของหลังคาทรงจั่ว มุม 60 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

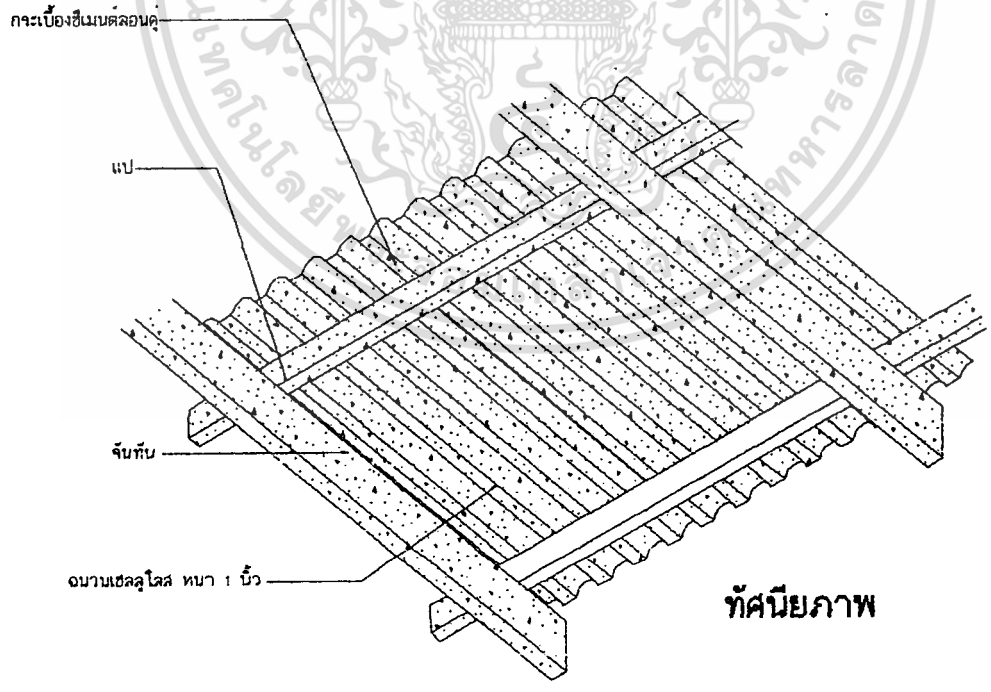


รูปที่ 5.138 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทเซลลูโลสของหลังคาทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

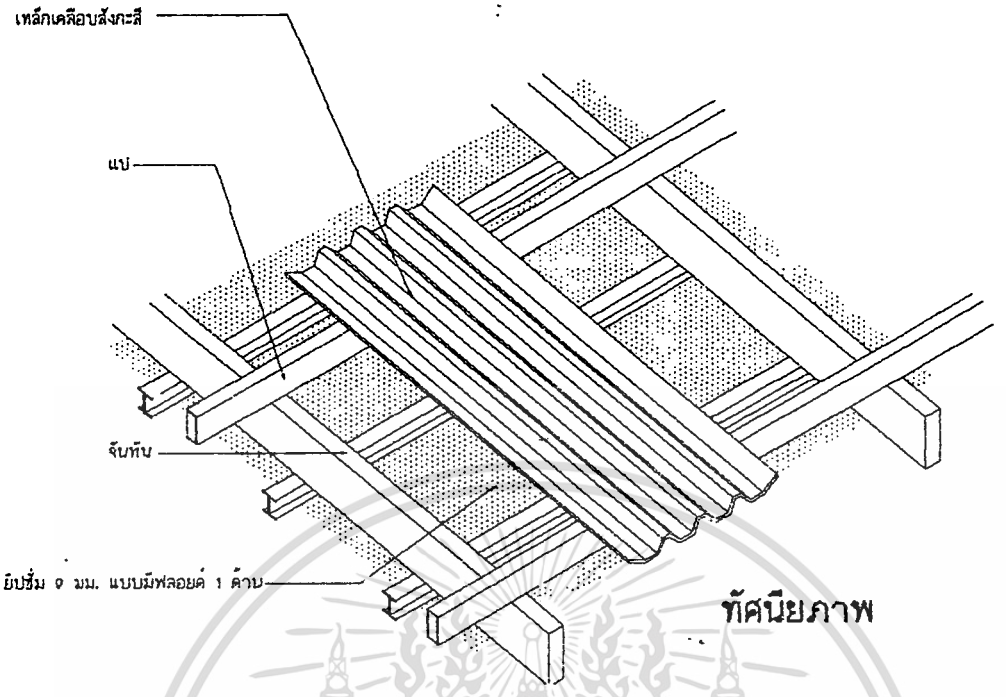


รูปที่ 5.139 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ฉนวนใยแก้ว ของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุกระเบื้องใยหิน

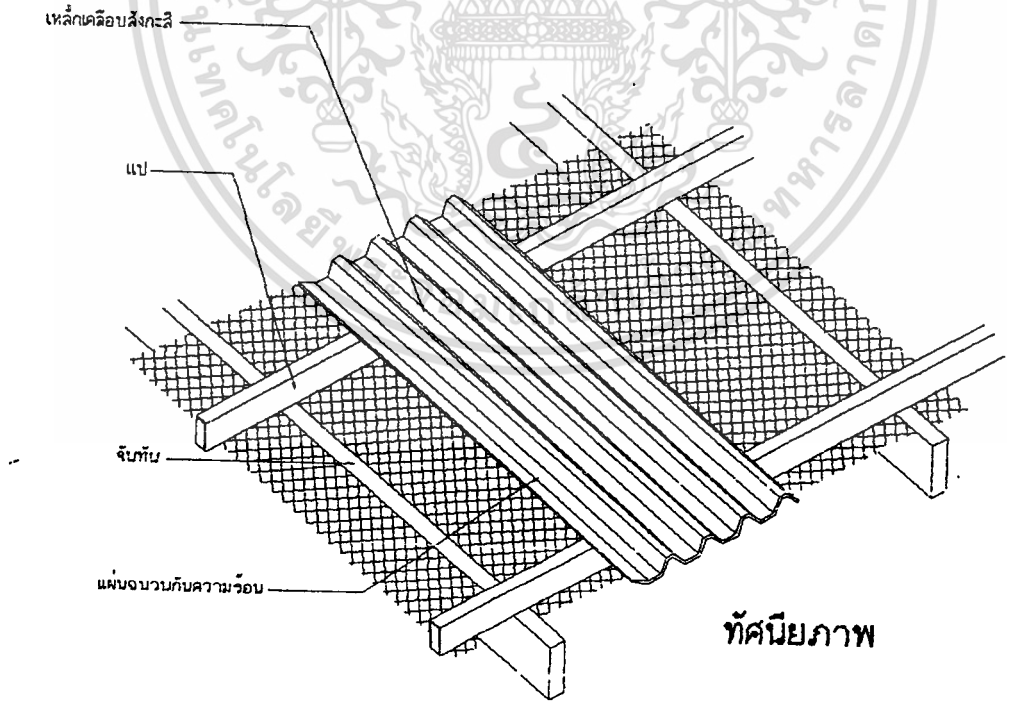


รูปที่ 5.140 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทฉนวนเซลลูโลสของหลังคา รูปทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุกระเบื้องใยหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

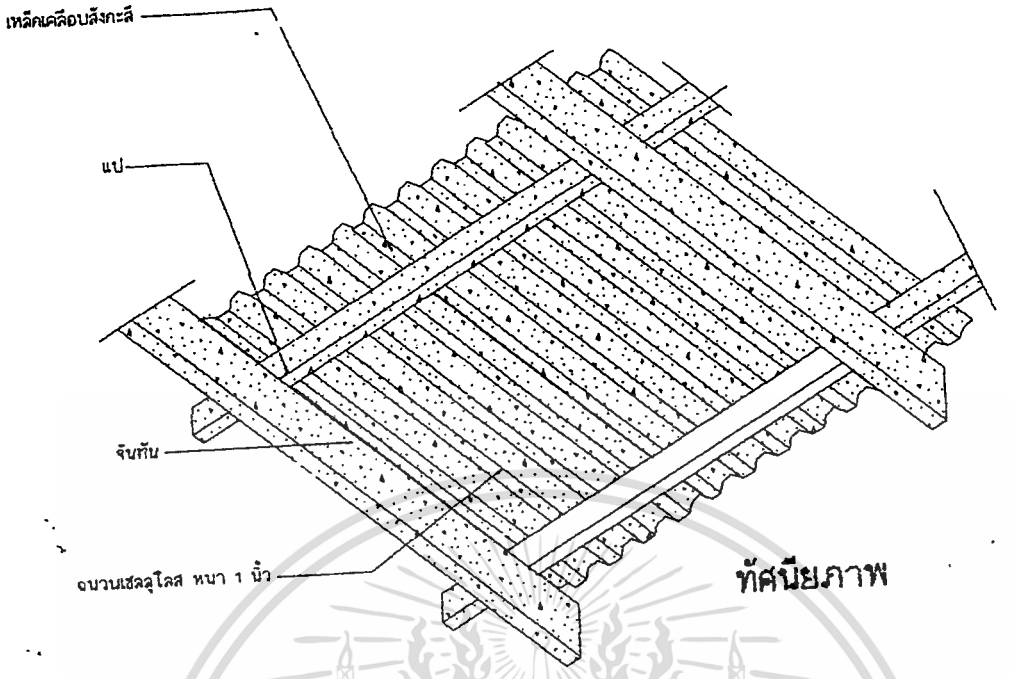


รูปที่ 5.141 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภท ยิบซั่มบอร์ดหนา 9 ม.ม. รูปทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี



รูปที่ 5.142 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทฉนวนใยแก้ว รูปทรงจั่วมุม 60 องศา วัสดุมุงเหล็กเคลือบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.143 แบบแสดงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนประเภทฉนวนเซลลูโลสรูปทรงจั่ว 60 องศา วัสดุเหล็กเคลือบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการออกแบบและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาและข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนของการออกแบบสถาปัตยกรรมนั้น นอกจากประโยชน์ใช้สอยหลักและความต้องการด้านพื้นที่ใช้สอยแล้วนั้น สภาพแวดล้อมภายนอกและภายในอาคารจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำการออกแบบงานทางสถาปัตยกรรมนั้นมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น สภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นภายในอาคารนั้นจะส่งผลโดยตรงต่อสภาวะความสบายภายในและอุณหภูมิรวมถึงการใช้พลังงานภายในอาคาร การออกแบบเพื่อสร้างสภาวะความสบายด้วยอุณหภูมิภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพนั้นจะส่งผลให้วิถีชีวิตที่อยู่ภายในอาคารนั้นมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1. การออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาเพื่อการระบายอากาศและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร สำหรับบ้านพักอาศัยนั้น โดยใช้กรณีศึกษาจากอาคารตัวอย่างเป็นอาคารบ้านพักอาศัย 2 ชั้น มีพื้นที่โดยรวม = 157.53 ต.ร.ม. โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นส่วนดังนี้

1.1 ส่วนของรูปทรงหลังคา คือหลังคาทรงปั้นหยา มุม 35 องศา รูปทรงหลังคาทรงจั่ว 35 องศา และ 60 องศา จากการศึกษาจะพบว่า มุมของหลังคาปั้นหยามุม 35 องศาและมุมหลังคาทรงจั่ว 35 องศา จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนเท่ากัน แต่มุมของหลังคาที่เพิ่มขึ้น คือ 60 องศา จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย(ในส่วนของรูปทรงหลังคานั้น ผู้วิจัยได้เพิ่มหลังคาทรงแบบราบ 0 องศา เข้าไปในส่วนของงานวิจัย เพื่อเป็นส่วนเสริมสำหรับหลังคาทรงแบบราบ โดยมีวัสดุเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่ไม่ได้นำมาปรับปรุงในส่วนของการออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ เพราะการปรับปรุงในเรื่องของการระบายอากาศสำหรับหลังคาทรงแบบราบนั้น อาจจะมีผลต่อรูปทรงและองศาของหลังคาจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางโครงสร้างของหลังคาแบบแบนราบเดิมและจะขัดต่อพื้นที่ใช้สอยสำหรับหลังคาทรงแบนราบ

1.2 ส่วนของวัสดุมุง ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดวัสดุมุงเพียง 3 ชนิด คือ กระเบื้องซีแพคโมเนีย กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ สำหรับอาคารบ้านพักอาศัยของอาคารตัวอย่างนั้น พบว่าวัสดุมุงหลังคาที่มีการป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด คือ กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี รองลงมาคือกระเบื้องซีแพคโมเนียและสุดท้ายคือกระเบื้องซีเมนต์ใยหิน

เพราะฉะนั้นการเลือกใช้วัสดุที่ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนที่ดีที่สุดคือ กระเบื้องเหล็กเคลือบสังกะสี จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดในเรื่องของวัสดุมุงในการป้องกันความร้อน แต่อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องพิจารณาในเรื่องของราคาค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมาประกอบเพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

2. การออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาเพื่อการระบายอากาศและลดการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีการนำเอาความร้อนจากภายในโพรงหลังคาออกสู่ภายนอกอาคาร โดยศึกษาวิธีการออกแบบด้วย

2.1 การเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศบนหลังคำ โดยการศึกษาและวิจัยวิธีการนี้จะพบว่า พื้นที่ของช่องเปิดที่มีมากจะมีผลต่อการระบายอากาศภายในโพรงหลังคารวมถึงความเร็วลมที่อยู่ภายนอกอาคารก็จะส่งผลต่อการระบายอากาศภายใน แต่วิธีการนี้จะมีผลต่อรูปทรงของหลังคาโดยตรงในเรื่องของความสวยงาม ลักษณะทางโครงสร้างอาคารที่จะมีปัญหาที่ค่อนข้างยุ่งยาก ช่องเปิดที่มีพื้นที่มากจะมีปัญหาในเรื่องของน้ำฝนที่ไหลย้อนกลับเข้ามาภายใน รวมถึงฝุ่นผงและแมลงสัตว์ปีกต่างๆ ซึ่งปัญหาเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ในระยะยาวถึงแม้จะมีออกแบบเพื่อการป้องกันปัญหาอีกอย่างก็คือ เรื่องของสภาวะแวดล้อมภายนอกอาคารและสถานที่ตั้ง จะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงกระแสลมที่เกิดขึ้น รวมถึงราคาค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นและจะมีผลต่อการพิจารณาเพื่อนำใช้ในการออกแบบ

2.2 การเพิ่มความเร็วลมเพื่อการระบายอากาศ โดยวิธีทางธรรมชาติ (การติดตั้ง Turbine Ventilation บนหลังคา) จากการศึกษาและวิเคราะห์การออกแบบโดยวิธีการนี้จะพบว่าความสูงขององศาหลังคาจะมีผลต่อการระบายอากาศภายในโพรงหลังคา ตำแหน่งที่ติดตั้งจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมคือ อยู่ในส่วนที่สูงที่สุดของหลังคา ความเร็วจากภายนอกอาคารมีผลต่อการทำงานของหัวระบายอากาศเพื่อการดูดอากาศออก ฉะนั้นตำแหน่งที่ตั้งของตัวอาคารจะต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่อับลม ความสวยงามของหลังคาเพราะลักษณะของหัวระบายอากาศจะเหมือนกันเกือบทุกแบบ มีราคาค่อนข้างแพงสำหรับหัวระบายอากาศที่มีลักษณะแบบทนทานการบำรุงรักษาค่อนข้างยาก เนื่องจากอยู่ในที่สูงอาจจะมีฝนสาดเข้าไปข้างในบางกรณี เพราะฉะนั้นการติดตั้งหัวระบายอากาศแบบ Turbine Ventilation จึงไม่เหมาะสมมากนักสำหรับหลังคาบ้านพักอาศัยที่มีพื้นที่ของหลังคาขนาดเล็ก

2.3 การเพิ่มความเร็วลมเพื่อการระบายอากาศ โดยวิธีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟฟ้า วิธีนี้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการนำเอาความร้อนจากภายในโพรงหลังคาออกสู่ภายนอกอาคารเพราะความเร็วลมที่ควบคุมได้ แต่การติดตั้งพัดลมระบายอากาศนั้น คงจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในเรื่องของการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งการติดตั้งและการบำรุงรักษาเพราะเครื่องใช้ไฟฟ้าเกือบทุกชนิดจะมีระยะเวลาในการเสื่อมสภาพของเครื่องไฟฟ้าชนิดนั้น การบำรุงรักษาก็จะเป็นเรื่องที่ยุ่งยากพอสมควรเนื่องจากการติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่สูง ในเรื่องของการป้องกันฝน และฝุ่นแมลง รวมถึงสัตว์ปีกต่างๆ ถึงแม้จะมีการออกแบบติดตั้งระบบในการป้องกันปัญหาเหล่านี้แล้ว แต่ในระยะยาวปัญหาเหล่านี้จะเกิดขึ้นมาได้บางในบางกรณีไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคา เพื่อการระบายอากาศและลดการถ่ายเทความร้อน โดยวิธีการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร โดยผู้วิจัยได้เลือกวิธีการในการติดตั้งฉนวนในการป้องกันความร้อนเพิ่มเข้าไปในส่วนของหลังคา โดยพิจารณาเลือกฉนวนที่นำมาใช้เพียง 3 ชนิด คือ ฉนวนแบบเซลลูโลส ฉนวนแบบใยแก้ว และฉนวนแบบยิบซั่มบอร์ด โดยกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งที่เหมือนกันมีความหนาที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เป็นระบบปิดทั้งหมดโดยไม่มีระบบการระบายอากาศเข้าเกี่ยวข้องจากการศึกษาและวิเคราะห์พบว่า

3.1 ฉนวนที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดของฉนวนที่นำมาติดตั้งคือ ฉนวนประเภทเซลลูโลส รองลงมาคือฉนวนใยแก้ว และที่มีประสิทธิภาพต่ำสุดคือฉนวนแบบยิบซั่มบอร์ด

3.2 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง ฉนวนแบบเซลลูโลสก็จะมีราคาค่าใช้จ่ายที่แพงกว่ารองลงมาคือฉนวนแบบใยแก้วและยิบซั่มบอร์ด

3.3 ฉนวนแบบเซลลูโลสไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้อาคารภายในและสภาพแวดล้อมในระยะยาว เพราะฉนวนประเภทเซลลูโลสเป็นฉนวนที่มีคุณสมบัติที่นำมาใช้ในการติดตั้งสำหรับบ้านพักอาศัยได้เป็นอย่างดี

3.4 รูปแบบของหลังคารวมถึงความสูงและวัสดุมีผลต่อการสะสมความร้อนภายในโพรงหลังคา เพราะฉะนั้นการเลือกใช้ฉนวนในการติดตั้งเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในโพรงหลังคาอาจจะเพิ่มความหนาที่มากขึ้น ในกรณีที่หลังคามีประสิทธิในการป้องกันความร้อนต่ำ

ในการออกแบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของหลังคาในเรื่องของการป้องกันความร้อนนั้น วิธีที่เหมาะสมสำหรับอาคารบ้านพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่ของหลังคาและตัวอาคารใกล้เคียงกับอาคารตัวอย่างนั้น วิธีในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารโดยการติดตั้งฉนวนเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพราะประสิทธิภาพของการป้องกันความร้อนของฉนวนจะมีประสิทธิภาพที่สูงตามแต่ชนิดของฉนวน การออกแบบและติดตั้งไม่ค่อยยุ่งยากนัก รูปแบบของหลังคาก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการบำรุงรักษาต่ำกว่า ผลกระทบต่อโครงสร้างน้อย ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถูกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการระบายอากาศหรืออาจจะมีการนำวิธีการทั้งสองวิธีที่กล่าวมานำมาผสมผสานกัน เพื่อนำไปใช้ในบางกรณีไปแล้วแต่ความเหมาะสม ทั้งนี้ควรพิจารณาให้เกิดผลที่ดีที่สุดในแง่ของการออกแบบและการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร รวมถึงความสวยงามทางด้านสถาปัตยกรรมสำหรับบ้านพักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2537.

การประชุมทางวิชาการเรื่อง การประหยัดพลังงานในอาคารและเมือง : สมาคมสุถาปนิกสยามพระบรมราชูปถัมภ์. 2529.

การอบรมทางวิชาการเรื่องมาตรฐานการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน : เอสอีอีแอนโซซิกเอทส์, 2537.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คู่มือการคำนวณภาวะความเย็น. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2521.

ตรึงใจ บูรณสมภพ และคณะ. การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน. โครงการวิจัย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2524.

ตระการ ก้าวกสิกรรม. คู่มือฉนวนความร้อน. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2537

ชนิด จินดาวณิค. สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

ปรีชญา รังสิรักษ์. แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ม.ป.ป.

ธวัชชัย จันทร์สุขเศรษฐ์. การศึกษาเรื่องผนังอาคารพักอาศัย ประเภทอาคารสูงในกรุงเทพฯ กับการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 2541

พันศ์พัน วรสุนทโรสถ. วัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : เอช.เอ็น.กรุ๊ป. 2538.

รณชัย กล้าในจิต และคณะ, ทำเนียบวัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : เอเชียเพรส, 2540

วิทยา ยงเจริญ และธนู วิบูลยานนท์. ผู้แปล. พื้นฐานการทำความเย็นและการปรับอากาศภาคทฤษฎี. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2538.

วิเชียร สุวรรณรัตน์. ภูมิอากาศวิทยา. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2531

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. แสงอาทิตย์และเงาที่เกี่ยวข้องกับอาคาร. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนดลยีแห่งประเทศไทย; มงปงป.

สุรพล พฤกษพานิช. การปรับอากาศ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรศิริ ปาณินท์. การออกแบบอาคารพักอาศัยที่ใช้พลังงานต่ำ. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, ม.ป.ป.

Egan, m.David. Concepts in thermal comfort. New Jensey : Prentice-Hall, 1975.

O.H.Koenigsberger and others. Manual of tropical housing and building. Third impression. Hong Kong : Commanwealth Printing Press, 1978.

Olgyay, Victor. Design With Climate. Ney York : Van Nostrand Reinhold, 1992.

Packard, Robert T, Architectural Graphic Standands. Seventh edition. Manila : Cardinal, 1989.

Thai Gypsum. Energy Efficient Design of Buildings in Thailand. Bangkok : Thai Gypsum, 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

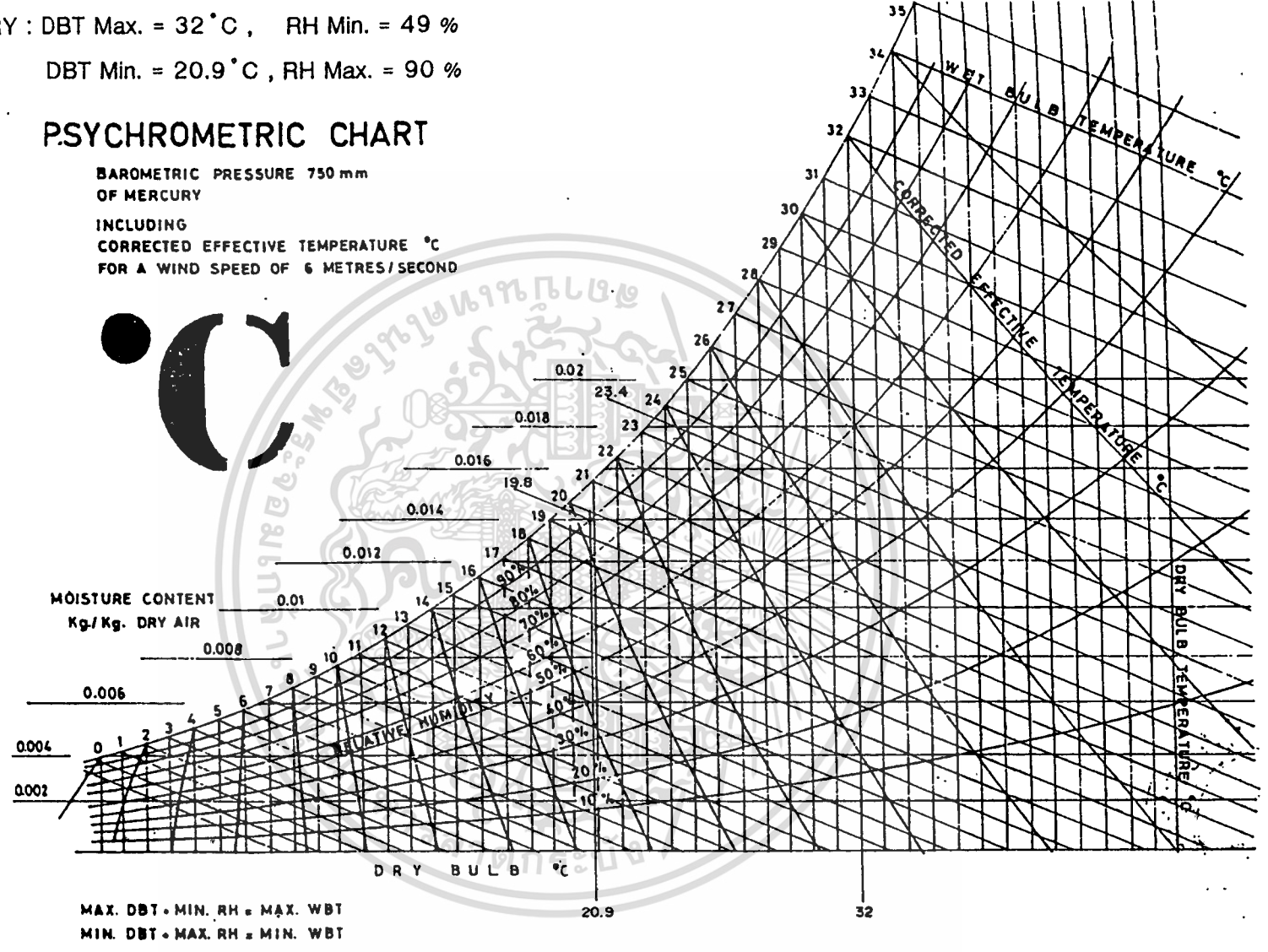
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลการหา EFFECTIVE TEMPERATURE
และ
คุณสมบัติในการสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JANUARY : DBT Max. = 32 °C , RH Min. = 49 %

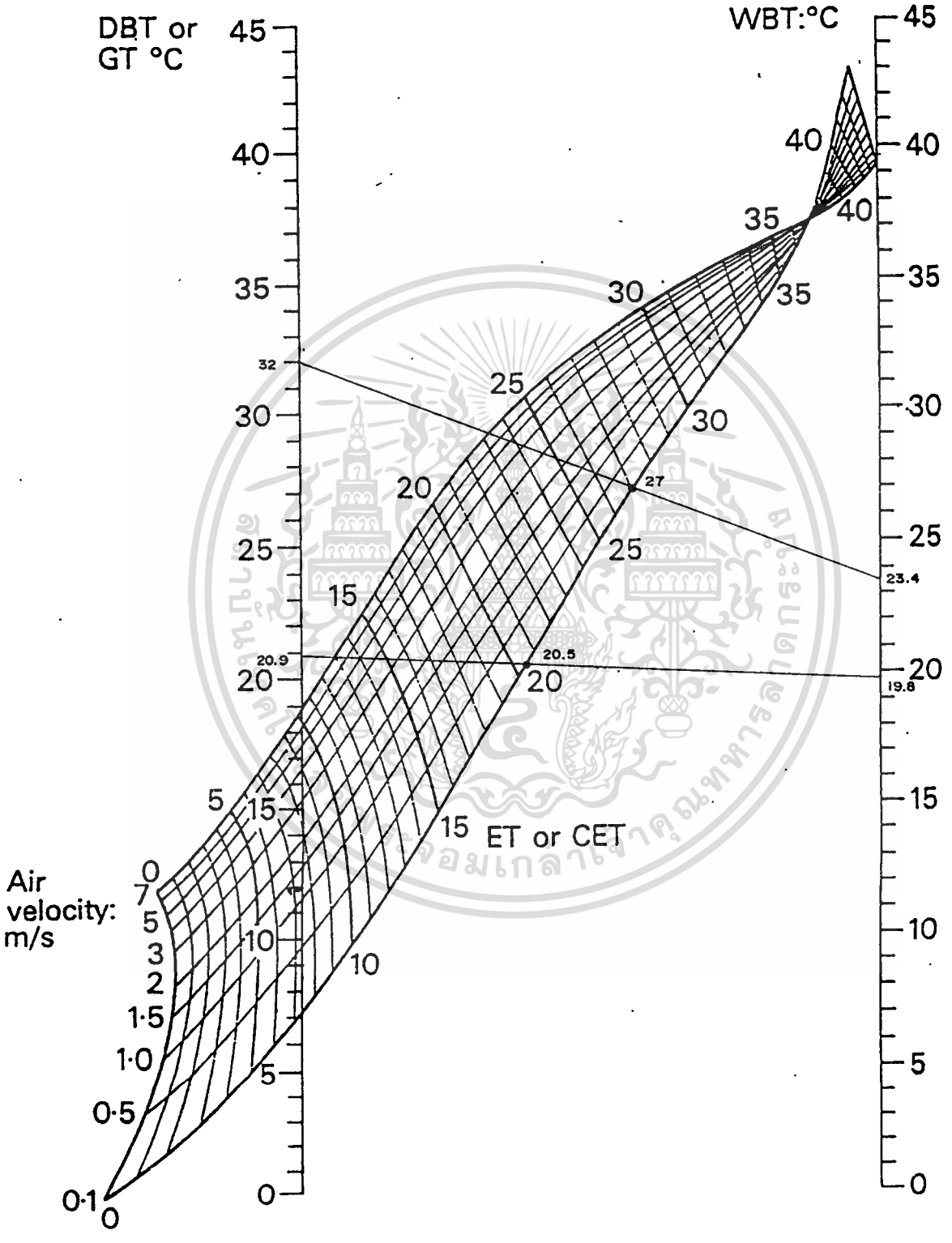
DBT Min. = 20.9 °C , RH Max. = 90 %



รูปที่ 1 PSYCHROMETRIC CHART แสดงตัวอย่างการแปลง Dry Bulb Temperature (DBT) เป็น Wet Bulb Temperature (WBT)

JANUARY : DBT Max. = 32°C , WBT Max. = 23.4°C

DBT Min. = 20.9°C , WBT Min. = 19.8°C

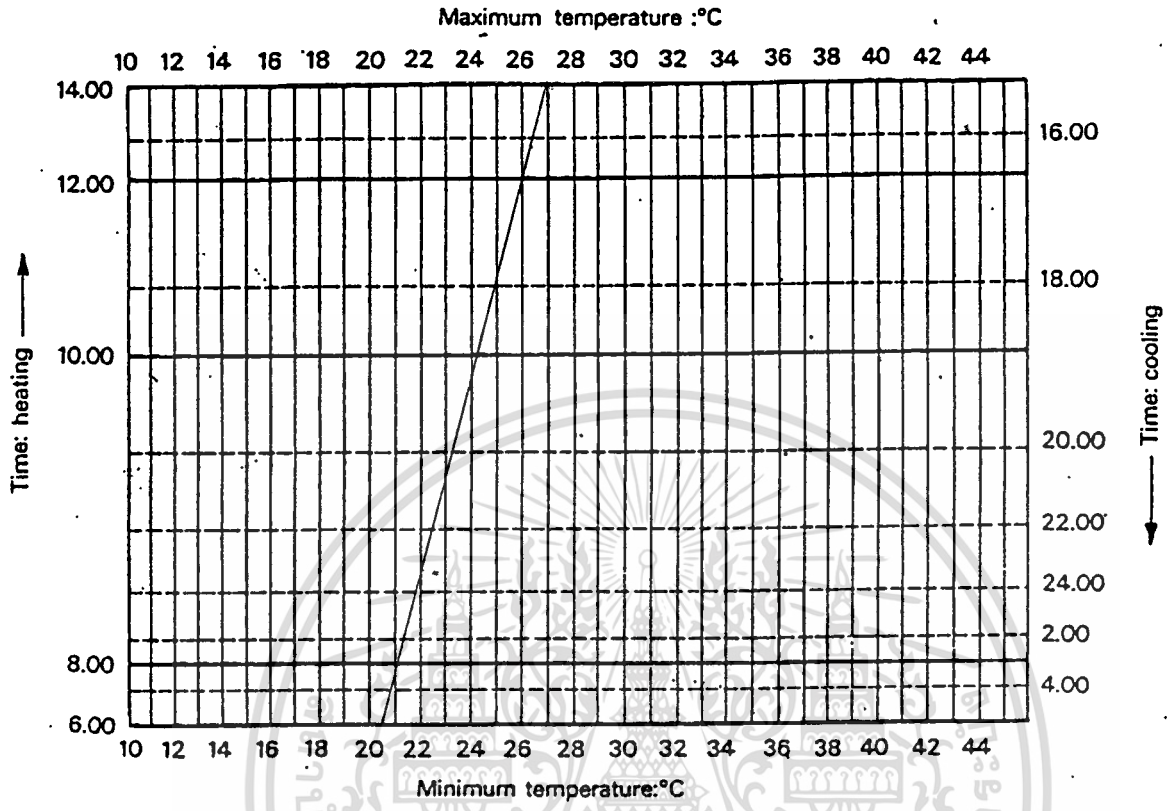


รูปที่ 2 EFFECTIVE TEMPERATURE แสดงตัวอย่างการหา Maximum Efective Temperature และ Minimum Effective Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JANUARY : ET. Max. = 27 °C

ET. Min. = 20.5 °C



รูปที่ 3 HOURLY TEMPERATURE แสดงตัวอย่างการหาอุณหภูมิเฉลี่ยเป็นรายชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติในการสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ของวัสดุ (Reflectivity of Material)

สี	วัสดุ	การสะท้อน
ขาว	อลูมิเนียมฟอยส์	95%
	ปูนปลาสเตอร์	93%
	แผ่นอลูมิเนียมสมัยใหม่	87%
	ทาสี	75%
	กระดาษแข็ง	64% - 70%
	แอสเบสตอส ซีเมนต์	58%
	อลูมิเนียม	46%
	หินอ่อน	45%
เหลือง, เนื้อ (อ่อน)	อิฐ	48%
เหลือง, เนื้อ (แก่)	อิฐ	40%
สีทราย	หินทราย	31%
แดง	กระเบื้องดินเผา	38%
	แอสเบสตอสซีเมนต์	31%
แดงเข้ม (เลือดหมู)	อิฐ	30%
	แผ่นเหล็ก	19%
ครีม	อิฐ	64%
ฟ้า	อิฐ ((stafford)	11%
เขียว	เหล็ก	24%
	หินอ่อน	34%
	ต้นไม้	25%
เขียวแก่	หญ้า	6%
น้ำตาล	กระเบื้องคอนกรีต	15%
เทาอ่อน	หินชนวน	21%
เทาแก่	หินชนวนขัดผิวเรียบ	11%
ดำ	แอสฟัลท์, น้ำมันดินและกรวด	7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางข้อมูลการคำนวณค่าการถ่ายความร้อนรวมของกรอบอาคาร OTTV และ RTTV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่าง ๆ

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น kg/m^3	ค่า k $W/m-^{\circ}C$
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	1860	0.198
2	แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสตอส	720	0.108
3	วัสดุมุงหลังคาที่ทำด้วยแอสฟัลท์	2240	1.226
4	บิตูเม็น (Bitumen)		1.298
5	อิฐ		
	(a) แห้ง และฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสด	1760	0.807
	(b) ความชื้น 6 %	1872	1.211
	(c) ผนัง (ไม่ฉาบปูน)		1.154
6	คอนกรีต	2400	1.442
7	คอนกรีต ชนิดเบา ขนาดความหนาแน่นต่าง	960	0.303
		1120	
		1280	
8	แผ่นไม้ก๊อก	144	0.042
9	แผ่นไฟเบอร์ (fibre board)	264	0.052
10	ไฟเบอร์กลาส (ดูใยแก้ว)		
	(a) แบบม้วน (Blanket)	10-24	0.038
	(b) แบบแผ่น (Rigid board)	32-48	0.038
	(c) แบบท่อสำเร็จ (Rigid pipe sections)	56-80	0.038
11	แผ่นกระจก	2512	1.053
12	ใยแก้ว สานเป็นแผ่น หรือสอดไส้อยู่ระหว่างวัสดุอื่น 2 แผ่น (แห้ง)	32	0.035
13	แผ่นยิบซั่ม	880	0.191
14	แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ด		
	(a) มาตรฐาน	1024	0.216
	(b) ปานกลาง	640	0.123
15	โลหะ		
	(a) โลหะผสมของอลูมิเนียมแบบธรรมดา	2672	211
	(b) ทองแดง ที่มีขายเชิงพาณิชย์	8784	385
	(c) เหล็กกล้า	7840	47.6
16	ใยแร่ อัดแน่นเป็นแผ่น	32-104	0.035-0.032

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น kg/m^3	ค่า k $W/m-^{\circ}C$
17	วัสดุใช้ฉาบหรือปิดผิว		
	(a) ยิบซั่ม	880	0.191
	(b) ปูนฉาบ น้ำหนักเบา น้ำหนักขนาดกลาง	300	0.063
	(c) เพอร์ไลท์	1104	0.274
	(d) ปูนผสมทราย	1568	0.533
	(e) เวอร์มิคูไลท์	640-960	0.202-0.303
18	โพลีสไตรีน แบ่งขยายตัว	16	0.035
19	โพลียูรีเทน โฟม	24	0.024
20	วัสดุทำพื้น PVC	1360	0.173
21	ดินดัดหลวม (ร่วมซุย) ความชื้น 14 %	1200	0.375
22	หิน		
	หนทราย	2000	1.298
	แกรนิต	2640	2.927
	หินอ่อน	2640	1.298
23	กระเบื้อง หลังคา	1890	0.836
24	ไม้		
	ไม้เนื้ออ่อน	608	0.125
	ไม้เนื้อแข็ง	720	0.138
	ไม้อัด	528	0.138
25	เวอร์มิคูไลท์ แบบเม็ดหยาบอัดหลวม	80-112	0.065
26	ไม้อัดซีพบอร์ด	800	0.144
27	ไม้พื้นแผ่นเรียบ	400	0.086
28	หินล้าง	2245	0.115
29	กรวดล้าง	224	0.115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังและหลังคา

ชนิดของผิววัสดุ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (m^2-$^\circ$C/W)
ก. กรณีของผนังอาคาร	
ก.1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านใน (R_i)	
ก.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120
ก.1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299
ก.2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านนอก (R_o) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง)	0.044
ข. กรณีของหลังคา	
ข.1 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านในของหลังคา (R_i)	
ข.1.1 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.162
ข.1.1.1 หลังคาราบ	0.148
ข.1.1.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.133
ข.1.1.3 หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	
ข.1.2 กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	
ข.1.2.1 หลังคาราบ	0.801
ข.1.2.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.595
ข.1.2.3 หลังคาเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	0.391
ข.2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอกของหลังคา (R_o) (ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูงและเอียงทำมุมใด ๆ)	0.055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

(1) ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำใช้กับกรณีที่ผิวหนังหรือหลังคาเป็นผิวสะท้อนแสง เช่น ผนังหรือหลังคาที่มีการติดแผ่นอะลูมิเนียม เป็นต้น สำหรับกรณีทั่วไปให้ถือเป็นผิวที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง

(2) กรณีที่หลังคาทำมุมเอียงระหว่าง 0° ถึง 22.5° ใช้วิธีเชิงเส้นประมาณค่าในช่วง (interpolation) ระหว่างค่าที่ 0° และ 22.5°

(3) กรณีที่หลังคาทำมุมเอียงระหว่าง 22.5° ถึง 45° ใช้วิธีเส้นประมาณค่าในช่วงระหว่างค่าที่ 22.5° และ 45°

(4) กรณีที่หลังคาทำมุมเอียงมากกว่า 45° ให้ใช้ค่าที่ 45° ได้โดยตรง

ตารางที่ 3 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศในช่องว่างผนังหรือหลังคา

ชนิดของช่องว่างอากาศ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (m^2-C/W)		
	5 มม.	20 มม.	100 มม.
ก. กรณีช่องว่างอากาศในผนัง			
ก.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.110	0.148	0.160
ก.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.025	0.578	0.606
ข. กรณีช่องว่างอากาศในหลังคา			
ข.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง			
ข.1.1 ช่องว่างอากาศแนวรอบ	0.110.0.	0.148	0.174
ข.1.2 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 22.5° แบบแนวระดับ	110	0.148	0.165
ข.1.3 ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 45° กับแนวระดับ	0.110	0.148	0.158
ข.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ			
ข.2.1 ช่องว่างอากาศแนวราบ	0.250	0.572	1.423
ข.2.2. ช่องว่างอากาศเอียงทำมุม 22.5° กับแนวระดับ	0.250	0.571	1.095
ค. กรณีช่องว่างอากาศในเพดาน			
ค.1 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง		0.458	
ค.2 ช่องว่างอากาศที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ		1.356	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกรอบอาคา OTTV และ RTTV

ตารางที่ 4 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TM_{ea}) สำหรับผนัง

มวลของผนัง Kg/m^2	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์				
	0.1 <0 –0.2>	0.3 <0.2 – 0.4>	0.5 <0.4 – 0.6>	0.7 <0.6 – 0.8>	0.9 <0.8 – 1.0>
0 –125	14	15	16	17	18
126 – 195	11	12	13	14	15
เกินกว่า 195	9	10	11	12	13

ตารางที่ 5 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) สำหรับหลังคา

มวลของหลังคา Kg/m^2	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า $^{\circ}C$ ระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (α)			
	0.1 <0-0.2>	0.3 <0.2-0.4>	0.5 <0.4-0.6>	0.6 และมากกว่า <0.6-1.0>
0 –125	20	24	28	32
51 – 200	16	20	24	28
เกินกว่า 200	12	16	20	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงรายการวัสดุและสีทำผนังแยกตามระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์

ประเภทผิววัสดุที่ใช้ทำผนังด้านนอก	วัสดุผนัง	สีที่ใช้ทาภายนอก
1. วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสง [$\alpha < 0.2$]	ผิววัสดุที่ฉาบด้วยดีบุก แผ่นอลูมิเนียม แผ่นฟิล์มไมลาร์เคลือบอะลูมิเนียม แผนสะท้อนแสงทำด้วยอลูมิเนียมขัดมัน	สีสะท้อนแสง
2. วัสดุที่มีผิวสีอ่อน [$0.2 < \alpha < 00.4$]	อิฐเคลือบเป็นมันสีขาว เหล็กชุบสังกะสีทาสีขาว	แลคเกอร์สีขาว สีเงิน สีขาวเป็นเงา
3. วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง [$0.4 < \alpha < 0.6$]	วัสดุที่ทาสีอะลูมิเนียม หลังคาประกอบขึ้นรูปสีขาว อิฐสีเหลืองอ่อน หินอ่อนสีขาว กรวดล้าง	สีเขียวอ่อน สีน้ำเงินปานกลาง สีเหลืองปานกลาง สีส้มปานกลาง สีเขียวปานกลาง
4. วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม [$0.6 < \alpha < 0.8$]	คอนกรีตไม่ทาสี ไม้ผิวเรียบ แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส หินล้างสีเทา	สีแดง สีน้ำเงิน สีเทาอ่อน สีสนิมแก่ปานกลาง
5. วัสดุที่มีผิวสีเข้ม [$0.8 < \alpha < 1.0$]	วัสดุที่ลาดผิวด้วยยางมะตอย คอนกรีตสีน้ำตาล วัสดุมุงหลังคาสีเขียว หินชนวนสีเทาแกมน้ำเงิน อิฐสีแดง อิฐแสตฟฟอร์ดสีน้ำเงิน คอนกรีตสีดำ	สีน้ำเงินแก่หรือสีเขียวแก่ สีเทาแกมน้ำเงินเข้ม สีน้ำตาลแก่ สีโอลีฟเข้ม สีดำ แลคเกอร์สีน้ำเงินแก่ สีเทาแก่ แลคเกอร์สีดำ สีดำธรรมดา สีดำเรียบมาก

α หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกชนิดต่าง ๆ

ชนิดกระจก	ความหนา (mm)	มวลของกระจก (kg/m^2)	สัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)
กระจกโพลทใส (Clear float Glass)	2	90	1.02
	3	180	1.00
	4	260	0.99
	5	360	0.97
	6	440	0.96
	8	800	0.92
	10	1000	0.90
	12	1200	0.87
	15	1700	0.84
	19	2600	0.79
กระจกสีชา (Cool Gray)	5	360	0.69
	6	440	0.64
	8	800	0.57
	10	1000	0.52
	12	1200	0.47
กระจกสีชาดำ (Dark Cool Gray)	5	360	0.66
	6	440	0.63
กระจำสีบรอนซ์ (Cool Bronze)	5	360	0.75
	6	440	0.71
	8	800	0.63
	10	1000	0.57
	12	1200	0.52
กระจกสีฟ้า (Sky Cool)	5	360	0.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายศุภลักษณ์ ใจเรือง เกิดเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2510 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร ฯลฯ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีครุศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรม สาขาสถาปัตยกรรม) จากสถาบันราชภัฏพระนคร ปีการศึกษา 2531 และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (สถาปัตยกรรม) จากวิทยาลัยเทคนิคดอนเมือง กรมอาชีวศึกษา กรุงเทพมหานคร ฯลฯ ปีการศึกษา 2529 เข้าทำงานในบริษัทโฮมดีเวลลอปเมนท์ จำกัด ในตำแหน่งผู้ช่วยผู้จัดการ ตั้งแต่ปี 2533 ปัจจุบันรับราชการเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม สถาบันราชภัฏพระนคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้