



หลังคา

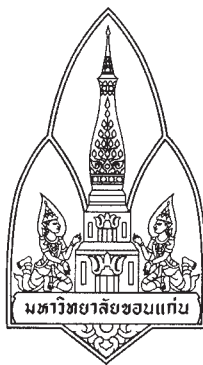
เพื่อความยั่งยืนทางพลังงาน
และสิ่งแวดล้อม

(Roof for Energy and Environmental Sustainability)



ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรสวัสดิ์ พิริยะศรีทธา

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



หลังคาเพื่อความยั่งยืนทางพลังงาน และสิ่งแวดล้อม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรสวัสดิ์ พิริยะศรัทธา
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้รับทุนสนับสนุนการผลิตตำรา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ลำดับที่ 208

โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ.2566

ISBN (e-book) 978-616-438-810-9

พรสวรรค์ พิริยะศรัทธา.

หลังคาเพื่อความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม / พรสวรรค์ พิริยะศรัทธา. -- พิมพ์ครั้งที่ 1.

-- ขอนแก่น : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2566.

216 หน้า : ภาพประกอบ

1. หลังคา -- การออกแบบและการสร้าง. 2. หลังคา -- การอนุรักษ์พลังงาน. 3. หลังคาเขียว (การทำสวน). 4. หลังคา -- สิ่งแวดล้อม. (1) มหาวิทยาลัยขอนแก่น. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. (2) ชื่อเรื่อง.

NA2900 พ284

ISBN (e-book) 978-616-438-810-9

จัดทำโดย ศูนย์นวัตกรรมการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ราคา 290 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2566

คำนำ

ตำราเล่มนี้ได้เรียบเรียงและรวบรวมขึ้นจากเอกสารประกอบการสอน เอกสารคำสอน รวมถึงประสบการณ์ของผู้เขียน เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในรายวิชา AR 012 303 วัสดุและวิธีการก่อสร้างสถาปัตยกรรม 2 (Architectural Material & Construction II) และรายวิชา 806347 พลังงานและสิ่งแวดล้อมอาคาร (Building Energy and Environment) สำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ รวมทั้งรายวิชา AR 427 006 สถาปัตยกรรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม (Architecture for Energy and Environment Conservation) และรายวิชา AR 427 001 เทคโนโลยีอาคาร (Building Technology) สำหรับนักศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลและความรู้สำหรับนักศึกษาและบุคคลที่สนใจในเรื่องของหลังคาและความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อม เนื้อหาของตำราจะมีทั้งหมด 5 บท ประกอบด้วยบทที่ 1 จะกล่าวถึงรูปทรงหลังคา วัสดุของหลังคา และฉนวนกันความร้อน บทที่ 2 จะกล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของหลังคา บทที่ 3 จะกล่าวถึงหลังคากับการอนุรักษ์พลังงาน บทที่ 4 จะกล่าวถึงหลังคา กับเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวและอาคารเพื่อสุขภาพ และบทที่ 5 จะกล่าวถึงการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6 ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตำราเล่มนี้ จะให้ความรู้เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้หลังคา รวมถึงการให้ความสำคัญและส่งเสริมความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรสวรรค์ พิริยะศรีธธา
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2565

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	๗
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 รูปทรงหลังคา วัสดุผนังหลังคา และฉนวนกันความร้อน	1
1.1 รูปทรงหลังคา	1
1.1.1 หลังคาแบน	2
1.1.2 หลังคาเพิงแหงน	2
1.1.3 หลังคาแบบผีเสื้อ	3
1.1.4 หลังคาทรงจั่ว	4
1.1.5 หลังคาทรงปั้นหยา	4
1.1.6 หลังคาทรงมนิลา	5
1.1.7 หลังคาทรงโค้ง	5
1.1.8 หลังคารูปทรงอิสระ	6
1.2 วัสดุผนังหลังคา	6
1.2.1 ใโป้ไม้	6
1.2.2 แผ่นเกล็ดไม้หรือไม้แป้นเกล็ด	8
1.2.3 กระเบื้องดินเผา	9
1.2.4 กระเบื้องซีเมนต์	10
1.2.5 กระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์	11
1.2.6 กระเบื้องคอนกรีต	12
1.2.7 กระเบื้องเซรามิก	14
1.2.8 กระเบื้องเทอร์ราคอตตา	16
1.2.9 แผ่นสังกะสี	17
1.2.10 แผ่นเหล็กหรือโลหะชุบสังกะสี	19
1.2.11 แผ่นยางมะตอย	20
1.2.12 กระเบื้องโปร่งแสง	22

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
1.2.13 ผ้าใบแรงดึงสูง	24
1.3 ฉนวนกันความร้อน	25
1.3.1 ฉนวนกันความร้อนแบบมีมวล	25
1.3.2 ฉนวนกันความร้อนแบบสะท้อนความร้อน	29
บทที่ 2 ปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของหลังคา	33
2.1 ความร้อน	33
2.1.1 ความร้อนสัมผัส	33
2.1.2 ความร้อนแฝง	34
2.2 การถ่ายเทความร้อน	34
2.2.1 การนำความร้อน	34
2.2.2 การพาความร้อน	34
2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน	35
2.3 คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน	35
2.3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	35
2.3.2 ค่าความนำความร้อน	36
2.3.3 ค่าความต้านทานความร้อน	37
2.3.4 ค่าความต้านทานความร้อนรวม	37
2.3.5 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	38
2.3.6 ค่าความจุความร้อนของวัสดุ	40
2.3.7 ค่าการแผ่รังสี	43
2.3.8 ค่าดัชนีการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์	45
2.3.9 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์	46
2.3.10 อัตราส่วนสะท้อน	48
2.4 อิทธิพลจากสภาพแวดล้อมต่อการถ่ายเทความร้อน	48
2.4.1 รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์	48
2.4.2 sol-air temperature	49
2.4.3 อุณหภูมิผิวโดยรอบ	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.4 มุมเอียงของพื้นผิว	50
2.4.5 ปรากฏการณ์เกาะความร้อน	54
บทที่ 3 หลังคากับการอนุรักษ์พลังงาน	57
3.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา	57
3.1.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา	58
3.1.2 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า	58
3.1.3 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกสำหรับอาคาร	60
3.1.4 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์	61
3.1.5 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด	62
3.1.6 ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน	64
3.2 แนวทางการใช้หลังคาเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	66
3.2.1 หลังคาคอนกรีต	67
3.2.2 หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหิน	70
3.2.3 หลังคากระเบื้องคอนกรีต	80
3.2.4 หลังคาแผ่นโลหะรีดลอน	91
บทที่ 4 หลังคากับเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวและอาคารเพื่อสุขภาวะ	105
4.1 หลังคากับเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวของประเทศไทย	105
4.1.1 TREES-NC	105
4.1.2 TREES-PRE NC	106
4.1.3 TREES-NC/CS	106
4.1.4 TREES-EB	106
4.1.5 TREES-Home	107
4.2 หลังคากับเกณฑ์ประเมินอาคารเพื่อสุขภาวะของประเทศไทย	112
4.3 แนวทางการใช้หลังคาเพื่อประเมินอาคารเขียวและอาคารเพื่อสุขภาวะ	113
4.3.1 สวนหลังคา	113
4.3.2 หลังคากับพลังงานทดแทน	118

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6	131
5.1 การใช้งานโปรแกรม BEC v.1.0.6	131
5.1.1 การเข้าสู่โปรแกรมและ main menu	131
5.1.2 ส่วน envelope	135
5.1.3 ส่วน building model	141
5.1.4 ส่วน report	142
5.2 ตัวอย่างการคำนวณค่า RTTV	146
 เอกสารอ้างอิง	 159
ภาคผนวก ก. ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า	170
ประวัติผู้เขียน	215

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับหลังคาอาคาร	38
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในหลังคาอาคาร	39
ตารางที่ 2.3 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศระหว่างหลังคาและเพดาน	39
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (p) ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ (C_p) ในส่วนของวัสดุผนังหลังคา / ดาดฟ้า วัสดุฝ้าเพดาน และฉนวน	41
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของพื้นผิววัสดุต่าง ๆ	47
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอก สำหรับอาคารแต่ละประเภท	60
ตารางที่ 3.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์	61
ตารางที่ 3.3 แสดงรังสีตรง (beam, E_{es}) และรังสีกระจาย (diffuse, E_{ed}) สำหรับวันอ้างอิง 4 วัน	63
ตารางที่ 3.4 แสดงค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR) สำหรับอาคารประเภท สถานศึกษาและสำนักงานหรือที่ทำการ	64
ตารางที่ 3.5 แสดงค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR) สำหรับอาคาร ประเภทโรงแรมหรสพ สถานบริการ ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า และอาคารชุมนุมคน	65
ตารางที่ 3.6 แสดงค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR) สำหรับอาคารประเภทโรงแรม สถานพยาบาล และอาคารชุด	65
ตารางที่ 3.7 แสดงค่า RTTV สูงสุดของอาคารแบ่งตามกลุ่มอาคาร	66
ตารางที่ 3.8 แสดงแนวทางการใช้หลังคาคอนกรีตเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	67
ตารางที่ 3.9 แสดงแนวทางการใช้หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินเพื่อการอนุรักษ์ พลังงาน (10 องศา)	70
ตารางที่ 3.10 แสดงแนวทางการใช้หลังคากระเบื้องซีเมนต์ใยหินเพื่อการอนุรักษ์ พลังงาน (60 องศา)	75
ตารางที่ 3.11 แสดงแนวทางการใช้หลังคากระเบื้องคอนกรีตเพื่อการอนุรักษ์ พลังงาน (17 องศา)	81

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.12 แสดงแนวทางการใช้หลังคากระเบื้องคอนกรีตเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (60 องศา)	86
ตารางที่ 3.13 แสดงแนวทางการใช้หลังคาแผ่นโลหะรีดลอนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (2 องศา)	91
ตารางที่ 3.14 แสดงแนวทางการใช้หลังคาแผ่นโลหะรีดลอนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (60 องศา)	96
ตารางที่ 4.1 แสดงเป้าหมายการรับซื้อไฟฟ้าในปี 2564 ของการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	129

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 แสดงหลังคาแบนที่ติดตั้งระบบกันซึม	2
ภาพที่ 1.2 แสดงหลังคาเพิงแหงน	3
ภาพที่ 1.3 แสดงหลังคาแบบผีเสื้อ	3
ภาพที่ 1.4 แสดงหลังคาทรงจั่ว	4
ภาพที่ 1.5 แสดงหลังคาทรงปั้นหยา	4
ภาพที่ 1.6 แสดงหลังคาทรงมนิลา	5
ภาพที่ 1.7 แสดงหลังคาทรงโค้ง	5
ภาพที่ 1.8 แสดงหลังคารูปทรงอิสระ	6
ภาพที่ 1.9 แสดงการมุงหลังคาจากต้นกก	7
ภาพที่ 1.10 แสดงวัสดุมุงหลังคาจากต้นกก	7
ภาพที่ 1.11 แสดงวัสดุมุงหลังคาแผ่นเกล็ดไม้	8
ภาพที่ 1.12 แสดงวัสดุมุงหลังคาแผ่นเกล็ดไฟเบอร์ซีเมนต์	8
ภาพที่ 1.13 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคาแผ่นเกล็ดไฟเบอร์ซีเมนต์	9
ภาพที่ 1.14 แสดงวัสดุมุงหลังคากระเบื้องดินเผา	9
ภาพที่ 1.15 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคากระเบื้องดินเผา	10
ภาพที่ 1.16 แสดงวัสดุมุงหลังคากระเบื้องว่าวซีเมนต์	10
ภาพที่ 1.17 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคากระเบื้องว่าวซีเมนต์	11
ภาพที่ 1.18 แสดงวัสดุมุงหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์	11
ภาพที่ 1.19 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคากระเบื้องไฟเบอร์ซีเมนต์	12
ภาพที่ 1.20 แสดงวัสดุมุงหลังคากระเบื้องคอนกรีต	13
ภาพที่ 1.21 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคากระเบื้องคอนกรีตแผ่นลอน	13
ภาพที่ 1.22 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคากระเบื้องคอนกรีตแผ่นเรียบ	14
ภาพที่ 1.23 แสดงวัสดุมุงหลังคากระเบื้องเซรามิก	15
ภาพที่ 1.24 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคากระเบื้องเซรามิกแผ่นโค้ง	15
ภาพที่ 1.25 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคากระเบื้องเซรามิกแผ่นเรียบ	16
ภาพที่ 1.26 แสดงวัสดุมุงหลังคากระเบื้องเทราคอตตา	17
ภาพที่ 1.27 แสดงตัวอย่างวัสดุมุงหลังคากระเบื้องเทราคอตตา	17

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 1.28 แสดงตัวอย่างวัสดุบุหลังคาแผ่นสังกะสีแบบลอนเล็ก	18
ภาพที่ 1.29 แสดงตัวอย่างวัสดุบุหลังคาแผ่นสังกะสีแบบลอนใหญ่	18
ภาพที่ 1.30 แสดงตัวอย่างวัสดุบุหลังคาแผ่นสังกะสีแบบลอนสันเหลี่ยม	19
ภาพที่ 1.31 แสดงวัสดุบุหลังคาแผ่นเหล็กชุบสังกะสี	19
ภาพที่ 1.32 แสดงตัวอย่างรูปแบบลอนของวัสดุบุหลังคาแผ่นเหล็กชุบสังกะสี	20
ภาพที่ 1.33 แสดงวัสดุบุหลังคาแผ่น asphalt shingle	20
ภาพที่ 1.34 แสดงตัวอย่างสีของวัสดุบุหลังคาแผ่น asphalt shingle	21
ภาพที่ 1.35 แสดงตัวอย่างวัสดุบุหลังคาแผ่น cedar shingle แบบผิวเรียบและผิวคลื่น	21
ภาพที่ 1.36 แสดงวัสดุบุหลังคากระเบื้องโปร่งแสง	22
ภาพที่ 1.37 แสดงตัวอย่างวัสดุบุหลังคาแผ่นโปร่งแสงลอนกันสาด	23
ภาพที่ 1.38 แสดงตัวอย่างวัสดุบุหลังคาแผ่นโปร่งแสงลอนคู่	23
ภาพที่ 1.39 แสดงวัสดุบุหลังคาผ้าใบแรงดึงสูง	24
ภาพที่ 1.40 แสดงรายละเอียดของผ้าใบแรงดึงสูงประเภท PTFE coated glass fiber	24
ภาพที่ 1.41 แสดงรายละเอียดของผ้าใบแรงดึงสูงประเภท PVC coated polyester fiber	25
ภาพที่ 1.42 แสดงฉนวนใยแก้วที่หุ้มด้วยอลูมิเนียมพอยล์ที่ได้รับฉลากเขียว	26
ภาพที่ 1.43 แสดงฉนวนใยหิน	26
ภาพที่ 1.44 แสดงฉนวนใยเซลลูโลส	27
ภาพที่ 1.45 แสดงโฟมโพลีเอทิลีน	27
ภาพที่ 1.46 แสดงโฟมโพลียูรีเทน	28
ภาพที่ 1.47 แสดงโฟมโพลีสไตรีน	28
ภาพที่ 1.48 แสดงหลังคาที่ใช้เซรามิคโค้ทติ้ง	29
ภาพที่ 1.49 แสดงหลังคาที่ใช้เซรามิคโค้ทติ้ง	30
ภาพที่ 1.50 แสดงอลูมิเนียมพอยล์ที่ติดตั้งใต้หลังคา	30
ภาพที่ 2.1 แสดงความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงของน้ำ 1 ปอนด์	34
ภาพที่ 2.2 แสดงรูปแบบการถ่ายเทความร้อนภายในอาคาร	35
ภาพที่ 2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	36
ภาพที่ 2.4 แสดงค่าความนำความร้อน	36
ภาพที่ 2.5 แสดงค่าความต้านทานความร้อน	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2.6 แสดงการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ (ซ้าย) และค่าความจุความร้อนสูง (ขวา)	40
ภาพที่ 2.7 แสดงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนและทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อน	42
ภาพที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนรังสี (α) ค่าการสะท้อนรังสี (ρ) ค่าการส่งผ่านรังสี (τ) และค่าการแผ่รังสี (ϵ)	44
ภาพที่ 2.9 แสดงความแตกต่างของ reflectance albedo และ emittance	44
ภาพที่ 2.10 แสดงค่าการแผ่รังสีของวัตถุ	45
ภาพที่ 2.11 แสดงค่า SRI ของวัสดุ	46
ภาพที่ 2.12 แสดงค่าอัตราส่วนสะท้อนของพื้นผิววัสดุ	48
ภาพที่ 2.13 แสดงรังสีคลื่นสั้นและรังสีคลื่นยาวจากดวงอาทิตย์	49
ภาพที่ 2.14 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิพื้นผิวและมุมกระทำ	50
ภาพที่ 2.15 แสดงค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมุมเอียงของพื้นผิว	51
ภาพที่ 2.16 แสดงปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวที่มีมุมเอียงต่างกัน	51
ภาพที่ 2.17 แสดงอุณหภูมิผิวบนหลังคาในเวลากลางวันของหลังคาที่มีมุมเอียงต่างกัน	52
ภาพที่ 2.18 แสดงอุณหภูมิผิวบนหลังคา อุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารในเวลากลางวันของหลังคาที่มีมุมเอียงต่างกัน	52
ภาพที่ 2.19 แสดงอุณหภูมิผิวบนหลังคาในเวลากลางคืนของหลังคาที่มีมุมเอียงต่างกัน	53
ภาพที่ 2.20 แสดงอุณหภูมิผิวบนหลังคา อุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารในเวลากลางคืนของหลังคาที่มีมุมเอียงต่างกัน	53
ภาพที่ 2.21 แสดงค่าอุณหภูมิผิวโดยรอบและมุมกระทำในเวลากลางวันของหลังคาที่มีมุมเอียงต่างกัน	54
ภาพที่ 2.22 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวโลก	54
ภาพที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TD_{eq} สี (α) และทิศของผนังหรือหลังคา	59
ภาพที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TD_{eq} สี (α) และทิศของผนังหรือหลังคา	59
ภาพที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TD_{eq} สี (α) และค่า DSH ของผนัง	59
ภาพที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่า TD_{eq} ประเภทอาคาร และค่า DSH ของผนังหรือหลังคา	60
ภาพที่ 4.1 แสดงการใช้พีชเป็นหลังคาคลุมเพื่อลดพื้นที่แดดแข็งบนหลังคา	108
ภาพที่ 4.2 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา	110

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.3 แสดงตัวอย่างวัสดุผนังหลังคาที่มีส่วนผสมของวัสดุรีไซเคิล	111
ภาพที่ 4.4 แสดงตัวอย่างวัสดุผนังหลังคาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมตามฉลากเขียว	111
ภาพที่ 4.5 แสดงตัวอย่างวัสดุผนังหลังคาที่มีการเผยแพร่ข้อมูลความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม	112
ภาพที่ 4.6 แสดงสวนหลังคาแบบใช้สอย	114
ภาพที่ 4.7 แสดงสวนหลังคาแบบกึ่งใช้สอย	114
ภาพที่ 4.8 แสดงสวนหลังคาแบบไม่ใช้สอย	115
ภาพที่ 4.9 แสดงองค์ประกอบของสวนหลังคา	115
ภาพที่ 4.10 แสดงสวนหลังคาแบบลาด	116
ภาพที่ 4.11 แสดงสวนหลังคาแบบสูง	116
ภาพที่ 4.12 แสดงสวนหลังคาแบบแผ่น	117
ภาพที่ 4.13 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยวและหลายผลึก	119
ภาพที่ 4.14 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง	119
ภาพที่ 4.15 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาจากชนิดผลึกและชนิดฟิล์มบาง	120
ภาพที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่าง ๆ	121
ภาพที่ 4.17 แสดงระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ	122
ภาพที่ 4.18 แสดงระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบสายส่ง	123
ภาพที่ 4.19 แสดงระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน	124
ภาพที่ 4.20 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาคอนกรีต	124
ภาพที่ 4.21 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา shingle	125
ภาพที่ 4.22 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคากระเบื้องคอนกรีต	125
ภาพที่ 4.23 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโลหะรีดลอน	126
ภาพที่ 4.24 แสดงเซลล์แสงอาทิตย์แบบ BIPV ที่ใช้เป็นหลังคา	126
ภาพที่ 4.25 แสดงวัสดุผนังหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์	127
ภาพที่ 4.26 แสดงวัสดุผนังหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์	127
ภาพที่ 4.27 แสดงวัสดุผนังหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์	128
ภาพที่ 5.1 แสดงหน้าต่างการเข้าสู่โปรแกรม	131
ภาพที่ 5.2 แสดงหน้า main menu ของโปรแกรม	132
ภาพที่ 5.3 แสดง menu bar	134

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 5.4 แสดงส่วน envelope	135
ภาพที่ 5.5 แสดงหน้า material ในส่วน opaque material	136
ภาพที่ 5.6 แสดงหน้า material ในส่วน transparent material	136
ภาพที่ 5.7 แสดงหน้า material ในส่วน custom material	137
ภาพที่ 5.8 แสดงหน้า component of section ในส่วน opaque component	138
ภาพที่ 5.9 แสดงหน้า component of section ในส่วน transparent component	139
ภาพที่ 5.10 แสดงหน้า wall ในส่วน list of wall และ wall details	140
ภาพที่ 5.11 แสดงส่วน building model	141
ภาพที่ 5.12 แสดงหน้า building model ในส่วน list of building zone และ components in building zone	141
ภาพที่ 5.13 แสดงส่วน report	142
ภาพที่ 5.14 แสดงหน้า report ในส่วนของ envelope system	143
ภาพที่ 5.15 แสดงส่วนของ total wall OTTV/RTTV report	144
ภาพที่ 5.16 แสดงส่วนของ OTTV/RTTV by section	144
ภาพที่ 5.17 แสดงส่วนของ opaque components in wall	145
ภาพที่ 5.18 แสดงส่วนของ transparent components in wall	145
ภาพที่ 5.19 แสดงส่วนของ component area per wall	146
ภาพที่ 5.20 แสดงการตั้งค่า project	147
ภาพที่ 5.21 แสดงองค์ประกอบของหลังคา roof cc10 7.5	147
ภาพที่ 5.22 แสดงองค์ประกอบของหลังคา roof cc10 15	148
ภาพที่ 5.23 แสดงองค์ประกอบของหลังคา roof cc20 7.5	148
ภาพที่ 5.24 แสดงองค์ประกอบของหลังคา roof cc20 15	148
ภาพที่ 5.25 แสดงการตั้งค่าหลังคา roof cc10 15	149
ภาพที่ 5.26 แสดง component details ของหลังคา roof cc10 15	149
ภาพที่ 5.27 แสดงการใส่พื้นที่ของหลังคา roof cc10 15	150
ภาพที่ 5.28 แสดงการตั้งค่าทิศของการวางหลังคา roof cc	150
ภาพที่ 5.29 แสดงการเลือกรูปแบบหลังคา	151
ภาพที่ 5.30 แสดงการเลือกรูปแบบหลังคาในแต่ละทิศเพื่อนำเข้าไปในส่วน building zone	151

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 5.31 แสดงการเลือกรูปแบบหลังคาในส่วน building zone	151
ภาพที่ 5.32 แสดงส่วน envelope system	152
ภาพที่ 5.33 แสดงส่วน report : envelope system	152
ภาพที่ 5.34 แสดงส่วน total wall OTTV/RTTV report	153
ภาพที่ 5.35 แสดงส่วน OTTV/RTTV by section	153
ภาพที่ 5.36 แสดงส่วน opaque components in wall	153
ภาพที่ 5.37 แสดงส่วน transparent components in wall	154
ภาพที่ 5.38 แสดงส่วน component area per wall	154
ภาพที่ 5.39 แสดงการตั้งค่ามุมเอียงของหลังคา	154
ภาพที่ 5.40 แสดง menu bar	155
ภาพที่ 5.41 แสดงการ backup project เป็น roof 2	155
ภาพที่ 5.42 แสดงการ backup project เป็น roof 3	156
ภาพที่ 5.43 แสดงส่วน login to system	156



รูปทรงหลังคา วัสดุบุหลังคา และฉนวนกันความร้อน

หลังคาเป็นองค์ประกอบที่อยู่ส่วนบนสุดของอาคาร ทำหน้าที่ในการปกป้องอาคารจากความรุนแรงและอันตรายจากสภาพภูมิอากาศ เช่น ลมพายุ ฝน หิมะ ลูกเห็บ ความร้อน ความหนาวเย็น เป็นต้น รูปทรงของหลังคาได้มีการออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานและสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ รวมทั้งยังบ่งบอกถึงรูปแบบสถาปัตยกรรมที่มีเอกลักษณ์แตกต่างกัน ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้วัสดุบุหลังคามีการพัฒนาทั้งในด้านของวัสดุที่ใช้ผลิตรวมทั้งการติดตั้ง ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการออกแบบรูปทรงและโครงสร้างของหลังคาในปัจจุบัน

1.1 รูปทรงหลังคา

ตั้งแต่มนุษย์เริ่มออกแบบงานสถาปัตยกรรม ได้มีการพัฒนารูปทรงของหลังคาเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ หลังคาทรงลาด (pitched roofs) เป็นรูปทรงหลังคาที่มีมาตั้งแต่สมัยเริ่มตั้งถิ่นฐานในยุคดึกดำบรรพ์และพัฒนาต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน หลังคาทรงลาดแบบต่าง ๆ เช่น หลังคาจั่ว หลังคาปั้นหยา หลังคาเพิงแหงน หลังคารูปทรงอิสระ เป็นต้น เกิดจากการพัฒนาและประดิษฐ์คิดค้นวัสดุบุหลังคาในระบบอุตสาหกรรม เช่น กระเบื้องดินเผา ซีเมนต์ใยหิน ไฟเบอร์ซีเมนต์ แผ่นปิพูนัส กระฉก ซีเมนต์ประติษฐ์ เป็นต้น และ หลังคาแบน (flat roofs) หมายถึง หลังคาที่มีความลาดเอียงเพียงเล็กน้อยหรือมีความลาดชันต่ำกว่า 5 องศา เพื่อให้เพียงพอสำหรับการระบายน้ำฝน เป็นรูปทรงหลังคาที่นิยมมากในปี ค.ศ.1970 สมัยสถาปัตยกรรมโมเดิร์น (modern architecture) เนื่องจากทำให้เกิดรูปแบบสถาปัตยกรรมที่แปลกใหม่รวมทั้งสามารถใช้งานบนหลังคาได้ หลังคาแบนได้ทำให้หลังคาทรงลาดได้รับความนิยมลดน้อยลง หลังคาทรงลาดได้เริ่มกลับมาได้รับความนิยมอีกครั้งในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 และต้นศตวรรษที่ 21 เนื่องจากหลังคาทรงลาดสามารถตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศ การระบายน้ำฝน และช่วยประหยัดพลังงานในงานสถาปัตยกรรมร่วมสมัยได้ รูปทรงหลังคาในประเทศไทยตั้งแต่สมัยโบราณนิยมใช้หลังคาจั่วทรงสูง เพื่อตอบสนองกับลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย หลังคามีความลาดชันมากเพื่อช่วยระบายน้ำฝน ความสูงของหลังคาช่วยระบายความร้อนและลดการแผ่รังสีความร้อนจากวัสดุบุหลังคา ชายคาที่ยื่นยาวช่วยลดความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ ลักษณะดังกล่าวกลายเป็นเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมไทยจนถึงปัจจุบัน (สุภาวดี รัตนมาศ, 2553)

รูปทรงหลังคาสามารถแบ่งออกเป็นรูปทรงต่าง ๆ ดังนี้

1.1.1 หลังคาแบน (flat roof)



ภาพที่ 1.1 แสดงหลังคาแบนที่ติดตั้งระบบกันซึม

(<https://www.roofcladsystems.co.uk/blog/pros-cons-flat-roofing/> อ้างเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564)

เป็นหลังคาที่มีความลาดเอียงน้อย ส่วนใหญ่ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อให้สามารถใช้งานบนหลังคาได้ ดังแสดงในภาพที่ 1.1 หลังคาคอนกรีตมีน้ำหนักมากจึงสามารถสะสมความร้อนได้มาก ในช่วงเวลากลางวันหลังคาคอนกรีตจะช่วยหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ ทำให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าภายนอกอาคาร ส่วนในช่วงเวลากลางคืนความร้อนที่ถูกสะสมไว้ในหลังคา คอนกรีตบางส่วนจะถ่ายเทเข้ามาในอาคาร ทำให้ภายในอาคารมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าภายนอกอาคาร นอกจากนี้หลังคาคอนกรีตมักจะมีปัญหาการรั่วซึมจึงควรติดตั้งระบบกันซึมให้กับหลังคา รวมทั้งควรปรับระดับหลังคาให้มีความลาดเอียงเพียงพอสำหรับการระบายน้ำฝน

1.1.2 หลังคาเพิงแหงน (lean-to roof)

เป็นหลังคาที่มีลักษณะเป็นผืนเดียวต่อเนื่องและลาดเอียงเพียงด้านเดียว เพื่อให้สามารถระบายน้ำฝนออกจากหลังคาได้สะดวก ดังแสดงในภาพที่ 1.2 เป็นรูปทรงหลังคาที่ก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว เกิดการรั่วซึมค่อนข้างน้อยเนื่องจากเป็นหลังคาที่ลาดเอียงเพียงด้านเดียว ทำให้ไม่มีรอยต่อหรือจุดเปลี่ยนมุมของหลังคาซึ่งเป็นบริเวณที่มักจะทำให้เกิดน้ำขังและความชื้นสะสม ความลาดเอียงของหลังคาจะขึ้นกับวัสดุบุหลังคาที่ใช้ เช่น หากใช้แผ่นโลหะรีดลอนจะวางมุมเอียงของหลังคาอย่างน้อย 2 องศา กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่จะวางมุมเอียงของหลังคาอย่างน้อย 10 องศา กระเบื้องคอนกรีตจะวางมุมเอียงของหลังคาอย่างน้อย 17 องศา เป็นต้น



ภาพที่ 1.2 แสดงหลังคาเพิงแหงน

(<https://www.scgbuildingmaterials.com/th/ideas/home-story/ศัพท์คนสร้างบ้าน-เพิงแหงน>
อ้างเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564)

1.1.3 หลังคาแบบผีเสื้อ (butterfly roof)

เป็นหลังคาที่ประกอบด้วยหลังคาเพิงแหงน 2 อันหันด้านที่ต่ำกว่ามาชนกันโดยมีรางน้ำอยู่ตรงกลางหลังคา ในกรณีที่ใช้หลังคารูปทรงนี้ควรใช้รางน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติ เนื่องจากต้องรองรับน้ำฝนจากหลังคาทั้ง 2 ด้าน ดังแสดงในภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 แสดงหลังคาแบบผีเสื้อ

(<https://www.banidea.com/courtyard-house-by-zen-architects/>
อ้างเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564)

1.1.4 หลังคาทรงจั่ว (gable roof)

เป็นหลังคาที่มีลักษณะเป็นหน้าจั่วสามเหลี่ยมมีมุมลาดเอียง 2 ด้าน ดังแสดงในภาพที่ 1.4 องศาความลาดเอียงของทั้งสองด้านอาจจะเท่าหรือไม่เท่ากันขึ้นกับการออกแบบหลังคา บริเวณหน้าจั่วสามารถเจาะช่องเพื่อช่วยระบายความร้อนได้ แต่ต้องป้องกันฝนที่อาจจะไหลเข้ามา



ภาพที่ 1.4 แสดงหลังคาทรงจั่ว

(<https://scghome.com/living-ideas/galleries/บ้านสองชั้นหลังคาทรงจั่ว> อ้างเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2564)

1.1.5 หลังคาทรงปั้นหยา (hip roof)

เป็นหลังคาที่มีการลาดเอียงของหลังคาทั้ง 4 ด้าน โดยมีปลายของชายคาอยู่ในระดับเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 1.5 องศาความลาดเอียงของหลังคาอาจจะเท่าหรือไม่เท่ากันขึ้นกับการออกแบบหลังคา แต่ส่วนใหญ่มักจะใช้องศาความลาดเอียงที่เท่ากัน



ภาพที่ 1.5 แสดงหลังคาทรงปั้นหยา

(<https://scghome.com/living-ideas/articles/รูปทรงหลังคา-บ้านใหม่> อ้างเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2564)

1.1.6 หลังคาทรงมนิลา (manila roof or gable hip roof)

เป็นหลังคาทรงจั่วผสมกับหลังคาปั้นหยา มีข้อดีคือบริเวณหน้าจั่วจะสามารถเจาะช่องเพื่อช่วยระบายความร้อนได้และมีชายคาที่สามารถป้องกันแสงแดดและฝนได้ทั้ง 4 ด้าน ดังแสดงในภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 แสดงหลังคาทรงมนิลา (<https://www.facebook.com/SCGExperience/photos/a.294092019372/10157328672729373>/อ้างเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2564)

1.1.7 หลังคาทรงโค้ง (curved roof)

เป็นหลังคาที่เป็นลักษณะโค้งหรือเป็นส่วนโค้ง ดังแสดงในภาพที่ 1.7 ส่วนใหญ่จะออกแบบให้มีชายคายื่นทั้งระยะยื่นน้อยหรือมากขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อความสวยงามและแปลกใหม่ วัสดุคลุมหลังคาอาจจะใช้แผ่นโลหะรีดลอนหรือแผ่นอลูมิเนียมขึ้นรูปทำให้มีรอยต่อระหว่างแผ่นวัสดุน้อย



ภาพที่ 1.7 แสดงหลังคาทรงโค้ง

(<https://www.scgbuildingmaterials.com/th/idea/ideas/home-story/แบบหลังคา>
อ้างเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2564)

1.1.8 หลังคารูปทรงอิสระ (free form roof)

เป็นหลังคาที่มีรูปทรงแตกต่างตามการออกแบบ เช่น รูปทรงหลายเหลี่ยมมาผสมผสานกัน รูปทรงที่เป็นส่วนโค้งที่ไม่สมมาตร เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 1.8 อาจต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบหลังคาเพื่อคำนวณขนาดโครงสร้างหรือขนาดวัสดุบุหลังคา



ภาพที่ 1.8 แสดงหลังคารูปทรงอิสระ

(<https://architizer.com/blog/inspiration/collections/reach-for-the-sky-upward-curves/>
อ้างเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2564)

1.2 วัสดุบุหลังคา

วัสดุบุหลังคาในอดีตเป็นการนำวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น พัฒนาไปสู่วัสดุผสมที่ผลิตจากซีเมนต์และวัสดุประดิษฐ์อื่น การผลิตที่ใช้แรงงานคนพัฒนาไปสู่การใช้เครื่องจักรและระบบอุตสาหกรรม ประเทศไทยเป็นประเทศที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลกในด้านอุตสาหกรรมหลังคาที่สามารถผลิตวัสดุบุหลังคาและอุปกรณ์ประกอบที่มีคุณภาพส่งออกสู่ตลาดโลก วัสดุบุหลังคาในประเทศไทยนับตั้งแต่อดีต ได้แก่ (สุภาวดี รัตนมาศ, 2553)

1.2.1 ใบไม้ (thatch) ได้แก่ ใบจาก ใบสั๊ก ใบตองตึง หญ้าคา หญ้าแฝก ฟางข้าว ต้นกก ดังแสดงในภาพที่ 1.9 และ 1.10 มีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้ดี นำมาใช้บุหลังคาโดยการมัดติดกับแป้ไม้ด้วยตอกซึ่งทำจากไม้ไผ่จักเป็นเส้นบาง ๆ คล้ายกับไม้ที่นำมาสานชะลอมยาวประมาณ 40 เซนติเมตร นำมามัดติดกันเป็นแผงแล้วมุงซ้อนกัน หลังคาที่มุงด้วยใบไม้โดยทั่วไปจะมีความชันมากกว่า 45 องศาขึ้นไปเพื่อป้องกันน้ำฝนรั่ว วัสดุบุหลังคาที่เป็นใบไม้จะทำให้หลังคาถูกลมกลืนกับธรรมชาติได้ดี แต่มีข้อเสียคือติดไฟง่ายและต้องมุงหลังคาใหม่ทุก 1-3 ปี



ภาพที่ 1.9 แสดงการมุงหลังคาจากต้นกก

(<https://www.babbaan.in/2016/09/straw-roof.html> อ้างเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2564)



ภาพที่ 1.10 แสดงวัสดุมุงหลังคาจากต้นกก

(<https://www.babbaan.in/2016/09/straw-roof.html> อ้างเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2564)