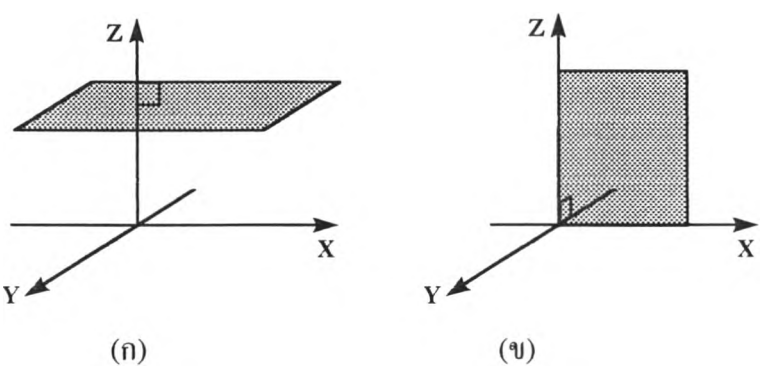
บทที่ 3

การคำนวณ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์และค่าตัวประกอบแต่ละตัว โดยการคำนวณจะใช้ข้อมูลอากาศปี 1991 ที่มีการเก็บสถิติไว้เป็นรายชั่วโมง นอกจากนี้ในการคำนวณจะมีการกำหนดค่าต่าง ๆ และวิธีที่ใช้ขึ้น เพื่อให้ได้ผลลัพธ์อยู่ในรูปแบบเดียวกับตารางตามคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

3.1 ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์

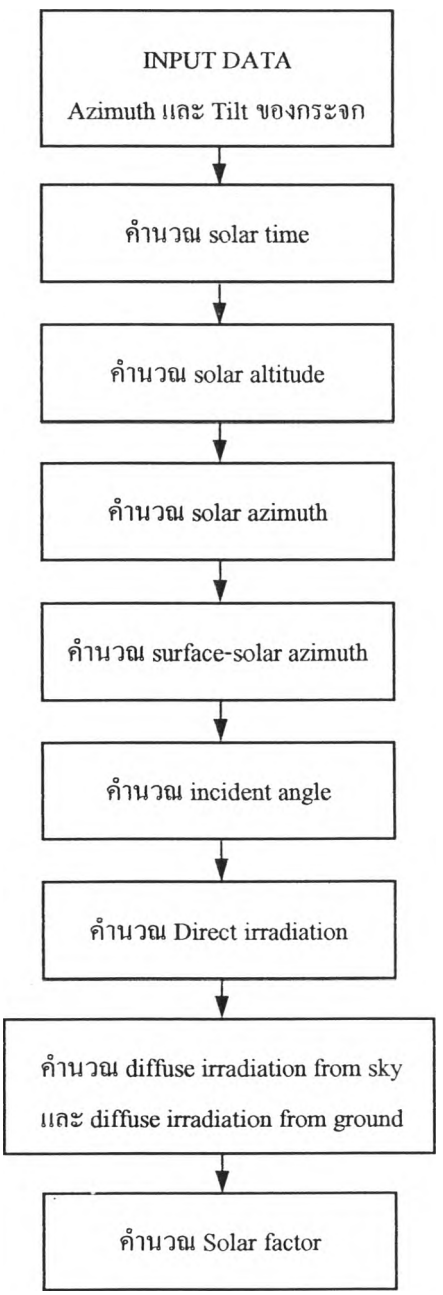
การคำนวณค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ จะใช้ข้อมูลรังสีตรงดวงอาทิตย์ (I_{DN}) และรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (I_d) รายชั่วโมงจากแฟ้มข้อมูลอากาศปี 1991 ตามที่ใช้ในโปรแกรม BLN-ESP1 โดยการคำนวณมุมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์นั้นจะใช้ที่ตั้งของประเทศไทยดังนี้ คือ ละติจูด 13.733 ^{o}, ลองจิจูด -100.567 ^{o} และละจิจูดของเวลา -105.0 ^{o}



<u>รูปที่ 3.1</u> แสดงระนาบกระจกสำหรับการคำนวณค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์
(ก) แสดงระนาบกระจกของหลังคาในแนวระดับ
(ข) แสดงระนาบกระจกของกำแพงในแนวตั้งฉาก

การคำนวณค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์สำหรับทิศและมุมเอียงหนึ่ง ๆ สามารถทำได้ตามขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 3.2 โดยกำหนดให้ระนาบกระจกวางตัวอยู่ใน 8 ทิศ (Surface Azimuth) คือ ทิศ

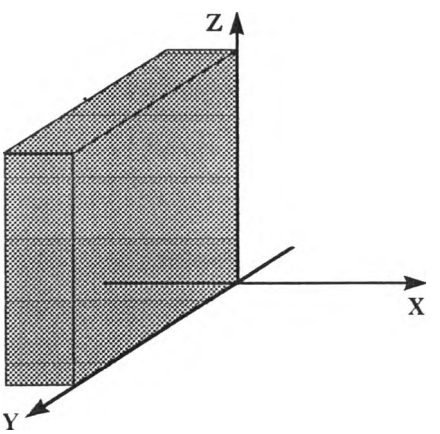
เหนือ, ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ทิศตะวันออก, ทิศตะวันออกเฉียงใต้, ทิศใต้, ทิศตะวันตกเฉียงใต้, ทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และให้มุมเอียงของระนาบ (Surface Tilt) เปลี่ยนไปทีละ 5° ตั้งแต่ 0° ถึง 90° เพื่อให้ผลลัพธ์อยู่ในรูปแบบเดียวกับตารางตามคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการคำนวณค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์

3.2 ค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า

การคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่าสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม BLN-ESPI กับแบบจำลองกำแพงที่มีโครงสร้างต่าง ๆ กันตามที่ใช้กับอาคารโดยทั่วไป เพื่อหาค่าความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกำแพงทำได้ตามขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 3.4 โดยในตารางที่ 3.3 แสดงโครงสร้างของกำแพง และตารางที่ 3.4 แสดงโครงสร้างของหลังคา ส่วนวัสดุที่ใช้ในโครงสร้างกำแพงและหลังคามีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.3 แสดงแบบจำลองกำแพงสำหรับการคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า

การคำนวณจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 ตามลำดับ เพื่อให้ผลลัพธ์อยู่ในรูปแบบเดียวกับตารางตามคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ซึ่งระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์จะขึ้นอยู่กับลักษณะสีผิวของกำแพงดังแสดงในตารางที่ 3.5 โดยกำหนดให้กำแพงวางตัวอยู่ในทิศทางต่าง ๆ เพื่อหาค่าความร้อนที่ผ่านกำแพงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่เวลาใด ๆ และเมื่อนำค่าความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มาหารด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพง จะได้ค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่าที่เวลาใด ๆ

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในโครงสร้างกำแพงและหลังคา

วัสดุ	k (W/m-K)	ρ (kg/m^3)	C_p (J/kg-K)
ปูนฉาบหรือพลาสเตอร์ซีเมนต์ ผสมทราย (Plaster)[1]	0.722	1858	837
อิฐธรรมดา (Common Brick)[1]	0.692	1922	837
คอนกรีตความหนาแน่นสูง (High-Density Concrete)[1]	1.310	2243	879
คอนกรีตบล็อก (Concrete Block)[2]	0.813	977	840
หินแกรนิต (Granite)[3]	2.790	2630	775
กระเบื้องเซรามิก (Ceramic Tilt)[3]	0.836	1890	795
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินมุงหลังคา(Asbestos-cement)[1]	0.600	1922	1005
แผ่นยิปซัม (Gypsum Board)[1]	0.160	801	1089
ฉนวน (Insulation)[2]	0.043	32	840

[1] ตระการ ก้าวกสิกรรม. คู่มือฉนวนความร้อน. 2537.

[2] ASHRAE. ASHRAE Handbook-Fundamentals. 1993.

[3]ASHRAE. ASHRAE Handbook-Fundamentals. 1981.

ตารางที่ 3.2 แสดงความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ

ความต้านทานความร้อนที่ผิวด้านนอก (Outside surface resistance)	0.059	m-K/W
ความต้านทานความร้อนที่ผิวด้านใน (Inside surface resistance)	0.121	m-K/W
ช่องว่างอากาศในหลังคา (Ceiling air space)	0.176	m-K/W

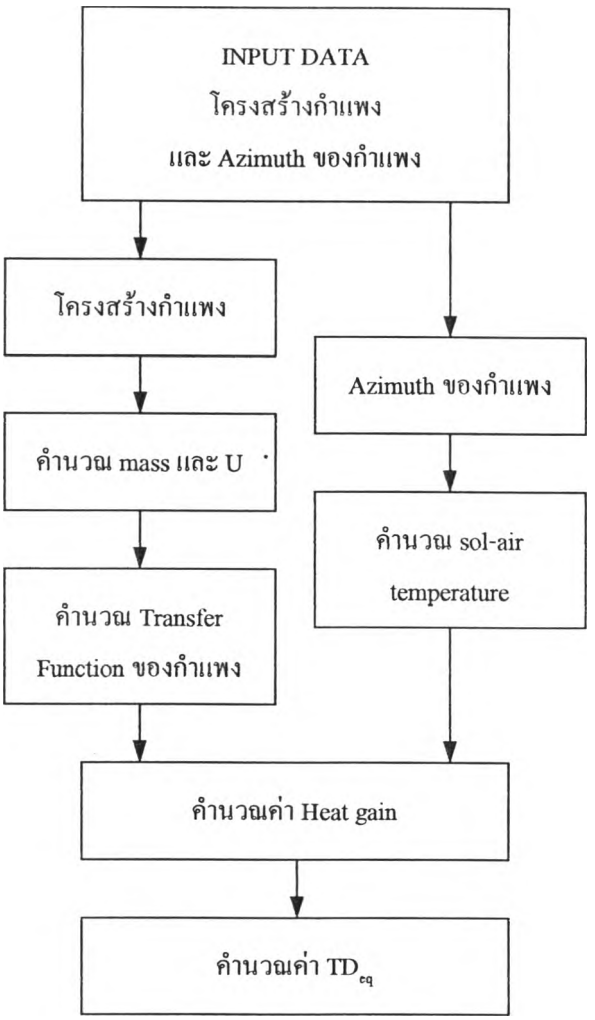
ASHRAE. ASHRAE Handbook-Fundamentals. 1993.

ตารางที่ 3.3 แสดงโครงสร้างของกำแพง

Wall No.	โครงสร้าง (Structure)	Mass (kg/m^2)	U ($W/m^2{}^oC$)
1.	50 มม.คอนกรีต	112.15	4.598
2.	15 มม.ปูนฉาบ+70 มม.คอนกรีตบล็อก+15 มม.ปูนฉาบ	124.13	3.258
3.	5 มม.กระเบื้อง+70 มม.คอนกรีตบล็อก+15 มม.ปูนฉาบ	105.71	3.423
4.	10 มม.แกรนิต+70 มม.คอนกรีตบล็อก+15 มม.ปูนฉาบ	122.56	3.451
5.	15 มม.ปูนฉาบ+70 มม.อิฐธรรมดา+15 มม.ปูนฉาบ	190.28	3.105
6.	5 มม.กระเบื้อง+70 มม.อิฐธรรมดา+15 มม.ปูนฉาบ	171.86	3.255
7.	10 มม.แกรนิต+70 มม.อิฐธรรมดา+15 มม.ปูนฉาบ	188.71	3.281
8.	25 มม.ปูนฉาบ+150 มม.อิฐธรรมดา+25 มม.ปูนฉาบ	381.20	2.150
9.	5 มม.กระเบื้อง+150 มม.อิฐธรรมดา+25 มม.ปูนฉาบ	344.20	2.290
10.	10 มม.แกรนิต+150 มม.อิฐธรรมดา+25 มม.ปูนฉาบ	361.05	2.303
11.	15 มม.ปูนฉาบ+100 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	280.04	3.365
12.	5 มม.กระเบื้อง+100 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	261.62	3.541
13.	10 มม.แกรนิต+100 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	278.47	3.571
14.	15 มม.ปูนฉาบ+300 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	728.64	2.223
15.	5 มม.กระเบื้อง+300 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	710.22	2.298
16.	10 มม.แกรนิต+300 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	727.07	2.311
17.	15 มม.ปูนฉาบ+600 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	1401.54	1.473
18.	5 มม.กระเบื้อง+600 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	1383.12	1.506
19.	10 มม.แกรนิต+600 มม.คอนกรีต+15 มม.ปูนฉาบ	1399.97	1.511
20.	1000 มม.คอนกรีต	2243.00	1.061

ตารางที่ 3.4 แสดงโครงสร้างของหลังคา

Roof No.	โครงสร้าง (Structure)	Mass (kg/m^2)	U ($W/m^{2\,O}C$)
1.	5 มม.กระเบื้องซีเมนต์ไยหิน+ช่องว่างอากาศ +50 มม.ฉนวน+12 มม.แผ่นยิปซัม	20.82	0.624
2.	20 มม.คอนกรีต	44.86	5.139
3.	50 มม.คอนกรีต	112.15	4.598
4.	50 มม.คอนกรีต+ช่องว่างอากาศ+50 มม.ฉนวน +12 มม.แผ่นยิปซัม	123.36	0.613
5.	80 มม.คอนกรีต	179.44	4.160
6.	80 มม.คอนกรีต+ช่องว่างอากาศ+50 มม.ฉนวน +12 มม.แผ่นยิปซัม	190.65	0.605
7.	100 มม.คอนกรีต	224.30	3.912
8.	100 มม.คอนกรีต+ช่องว่างอากาศ+12 มม.แผ่นยิปซัม	233.91	1.974
9.	100 มม.คอนกรีต+ช่องว่างอากาศ+50 มม.ฉนวน +12 มม.แผ่นยิปซัม	235.51	0.600
10.	150 มม.คอนกรีต	336.45	3.404
11.	150 มม.คอนกรีต+ช่องว่างอากาศ+12 มม.แผ่นยิปซัม	346.06	1.836
12.	150 มม.คอนกรีต+ช่องว่างอากาศ+50 มม.ฉนวน +12 มม.แผ่นยิปซัม	347.66	0.586
13.	200 มม.คอนกรีต	448.60	3.012
14.	200 มม.คอนกรีต+ช่องว่างอากาศ+12 มม.แผ่นยิปซัม	458.21	1.715
15.	200 มม.คอนกรีต+ช่องว่างอากาศ+50 มม.ฉนวน +12 มม.แผ่นยิปซัม	459.81	0.573



รูปที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิเทียบเท่า

ตารางที่ 3.5 แสดงระดับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์กับลักษณะสีผิวของกำแพง

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์(α)	ลักษณะสีผิวของวัสดุที่ใช้ทำกำแพงภายนอก
$0 < \alpha < 0.2$	วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสง
$0.2 < \alpha < 0.4$	วัสดุที่มีผิวสีอ่อน
$0.4 < \alpha < 0.6$	วัสดุที่มีผิวสีปานกลาง
$0.6 < \alpha < 0.8$	วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม
$0.8 < \alpha < 1.0$	วัสดุที่มีผิวสีเข้ม

3.3 ค่าผลต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร

การคำนวณค่าผลต่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและกายในอาคาร จะทำการคำนวณตามสมการที่ 2.16

$$\Delta T = avg\left(T_{ao}\right) - T_{ai} \qquad (3.1)$$

โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารจะทำการเฉลี่ยจากอุณหภูมิกระเปาะแห้งรายชั่วโมงจากแฟ้มข้อมูลอากาศปี 1991 ตามที่ใช้ในโปรแกรม BLN-ESP1 และใช้ค่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารเท่ากับ 25 ^{o}C