บทที่ 4

การจำลองแบบการหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกอาคาร

บทนำ

ในบทนี้ จะแสดงถึงผลของค่าความร้อนเฉลี่ยตลอดปีที่อาคารได้รับสำหรับอาคารที่มีขนาดพื้นที่ชั้น, สัดส่วนของอาคาร, อัตราส่วนช่องกระจกต่อกำแพงและทิศทางการวางอาคารต่าง ๆ โดยใช้แบบจำลองอาคาร และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ คือ ขนาดพื้นที่ชั้น, สัดส่วนของอาคาร, อัตราส่วนช่องกระจกต่อกำแพงและทิศทางการวางอาคาร ว่ามีผลต่อความร้อนที่อาคารได้รับอย่างไร

การคำนวณหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคาร

การคำนวณหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกอาคาร จะทำการคำนวณหาโดยใช้แบบจำลองอาคาร ซึ่งต่อไปนี้แบบจำลองจะหมายถึงอาคารโดยสมมุติแบบจำลองดังนี้

1. กำแพงของแบบจำลองเป็นคอนกรีตบล็อคหนาประมาณ 10 cm.
2. หลังคาของแบบจำลองเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หนาประมาณ 10 cm.
3. กระจกที่ใช้เป็นแบบคูลเกรย์ หนาประมาณ 6 mm.
4. ไม่มีอุปกรณ์บังแดดทั้งภายนอกและภายใน

5. ในการคำนวณและวิเคราะห์ค่าความร้อนจะกำหนดความสูงของแบบจำลองคงที่

ในการคำนวณและวิเคราะห์ค่าความร้อนที่แบบจำลองได้รับนี้ จะคำนวณแบบจำลองที่ความสูง 1 ชั้น โดยกำหนดให้ความสูงของชั้นเท่ากับ 3.5 m. การคำนวณค่าความร้อนที่ผ่านกำแพงและหลังคา จะคำนวณแยกจากกันต่างหาก เนื่องจากความร้อนที่ผ่านหลังคาซึ่งอยู่ในแนวระดับจะมีค่าคงที่ ไม่ขึ้นกับสัดส่วนและทิศทางการวางของอาคาร

ในการคำนวณและวิเคราะห์ค่าความร้อนที่แบบจำลองได้รับนี้ จะคำนวณจากแบบจำลองที่มีรูปร่างและทิศทางต่าง ๆ ซึ่งมีขนาดพื้นที่ชั้น 1 sq.m. โดยที่แปรเปลี่ยนแบบจำลอง ดังนี้

1. แปรเปลี่ยนสัดส่วนของอาคาร (กว้าง : ยาว) ตั้งแต่ 1:5 ถึง 5:1 โดยที่แต่ละค่าของสัดส่วนอาคาร จะทำการแปรเปลี่ยน

ก. แปรเปลี่ยนอัตราส่วนช่องกระจกต่อกำแพง (Window-Wall Ratio, WWR) โดยแปรเปลี่ยนทีละด้าน ตั้งแต่ 0 % ถึง 100 % ส่วนอีก 3 ด้านที่เหลือจะกำหนด WWR เท่ากันที่ 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 %

ข. แปรเปลี่ยนอัตราส่วนช่องกระจกต่อกำแพง (Window-Wall Ratio, WWR) โดยแปรเปลี่ยนทีละ 2 ด้านซึ่งอยู่ตรงข้ามกัน WWR ของด้านซึ่งอยู่ตรงข้ามกันจะมีค่าเท่ากัน ในการแปรเปลี่ยน WWR จะแปรเปลี่ยนตั้งแต่ 0 % ถึง 100 %

ค. แปรเปลี่ยนทิศทาง โดยวางแบบจำลองในทิศเหนือ-ใต้-ตะวันออก-ตะวันตก และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออก

เฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ

รูปที่ 4.1 เป็นแผนภูมิแสดงการแปรเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ของแบบจำลอง

สำหรับสมการที่ใช้หาความร้อนที่เข้าสู่แบบจำลองนั้น จากบทที่ 2 สมการที่ใช้สำหรับหาค่าความร้อนผ่านกำแพงด้านหนึ่งด้านใด มีดังนี้

$$q = U_w x A_w x TD_{eq} + U_f x A_f x \Delta T + A_f x SC x SF$$

จัดรูปใหม่ให้อยู่ในรูปของ WWR ได้ดังนี้

$$q = [(1-WWR) x U_w x TD_{eq} + WWR x U_f x \Delta T + WWR x SC x SF] A_o \quad ..(4.1)$$

เมื่อ

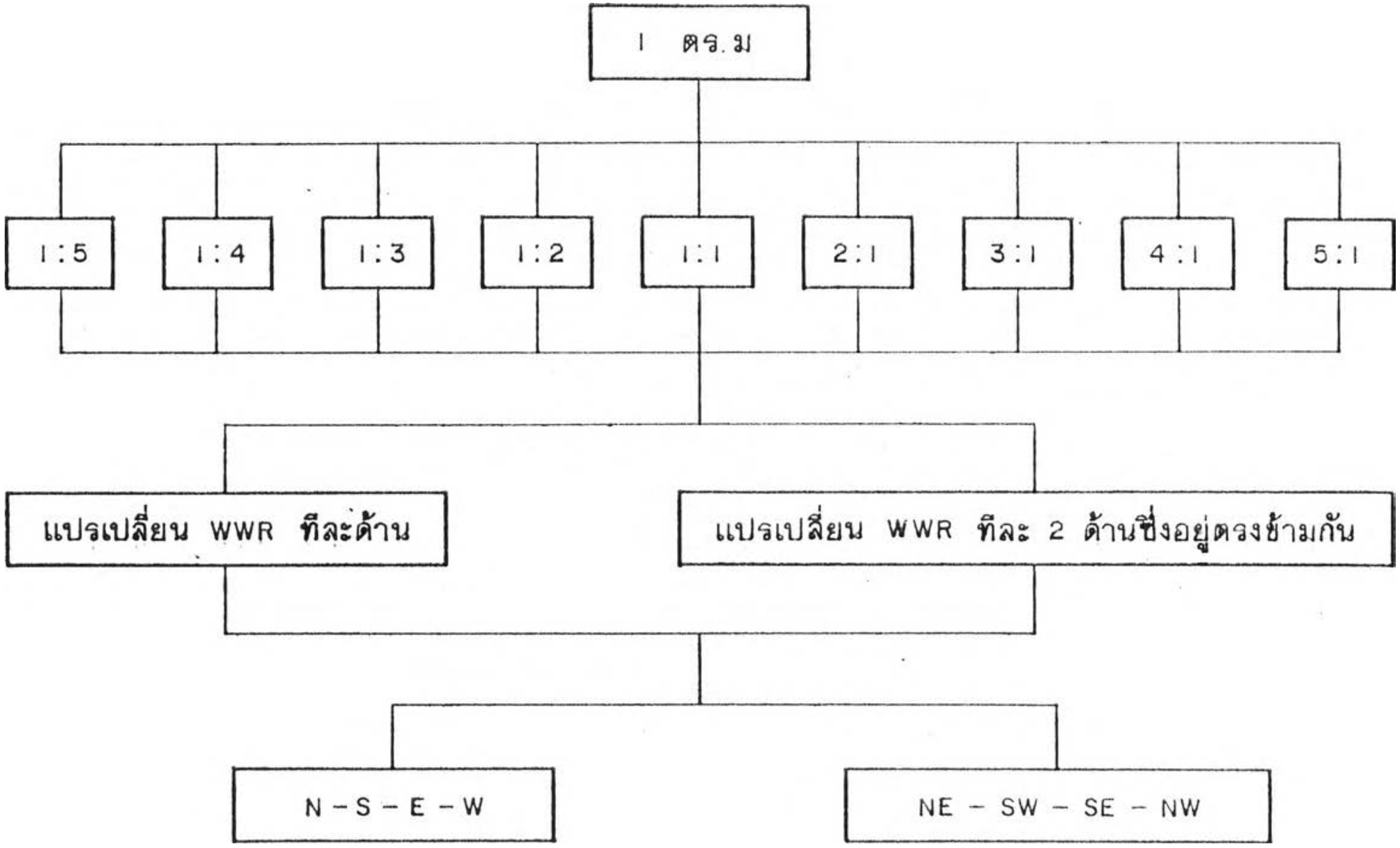
A_o = พื้นที่กำแพงทั้งหมดสำหรับด้านใด ๆ

= $A_w + A_f$

ถ้าให้ q_N, q_S, q_E, q_W, แทนความร้อนที่ผ่านกำแพงด้านทิศเหนือ, ทิศใต้, ทิศตะวันออก, ทิศตะวันตก ตามลำดับแล้ว ค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่แบบจำลองซึ่งวางอยู่ในทิศทาง เหนือ-ใต้-ตะวันออก-ตะวันตก เมื่อไม่คำนึงถึงความร้อนที่ได้รับจากหลังคา จะมีค่าดังนี้

$$Q = q_N + q_S + q_E + q_W \quad ....(4.2)$$

โดยที่



รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงการแปรเปลี่ยนปัจจัยต่าง ๆ ของแบบจำลอง

Q = ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกำแพงทั้งหมด

ในทำนองเดียวกัน

$$Q = q_{NE}+q_{SW}+q_{SE}+q_{NW} \quad ....(4.3)$$

จะเป็นความร้อนที่แบบจำลองได้รับ เมื่อวางอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ โดยที่ q_{NE}, q_{SW}, q_{SE} และ q_{NW} คือค่าความร้อนที่ผ่านกำแพงด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ทิศตะวันตกเฉียงใต้, ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงเหนือตามลำดับ

สำหรับค่าตัวประกอบต่าง ๆ ที่จะต้องใช้ในการคำนวณ ได้คำนวณไว้แล้วในบทที่ 3 สำหรับอุณหภูมิอากาศภายนอก ตารางที่ 3.6 แสดงอุณหภูมิอากาศที่เวลาต่าง ๆ สำหรับกรุงเทพฯ จากตาราง เมื่อเฉลี่ยค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดปี ตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 18.00 น. จะมีค่าประมาณ 30°C ซึ่งจะนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป

ค่าความร้อนที่คำนวณได้นี้ จะเป็นค่าความร้อนเฉลี่ยตลอดปี ตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 18.00 น.

<u>ผลการคำนวณ</u>

การคำนวณความร้อนเฉลี่ยตลอดปีที่แบบจำลองได้รับ สามารถหาได้จากสมการที่ (4.1) ถึง (4.3) การคำนวณไม่ได้รวมความร้อนที่ผ่านจาก-หลังคา เนื่องจากความร้อนที่ผ่านหลังคามีค่าคงที่ ไม่ขึ้นกับสัดส่วนและทิศทาง-ของอาคาร ความร้อนที่ผ่านหลังคานี้จะแยกคำนวณต่างหาก ในการคำนวณ จะกำหนดให้

อุณหภูมิอากาศภายนอก = 30 °C

อุณหภูมิอากาศภายใน = 25 °C

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพงคอนกรีตบล็อค (U_w)
= 2.72 W/m² - °C

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก (U_f)
= 5.33 W/m² - °C

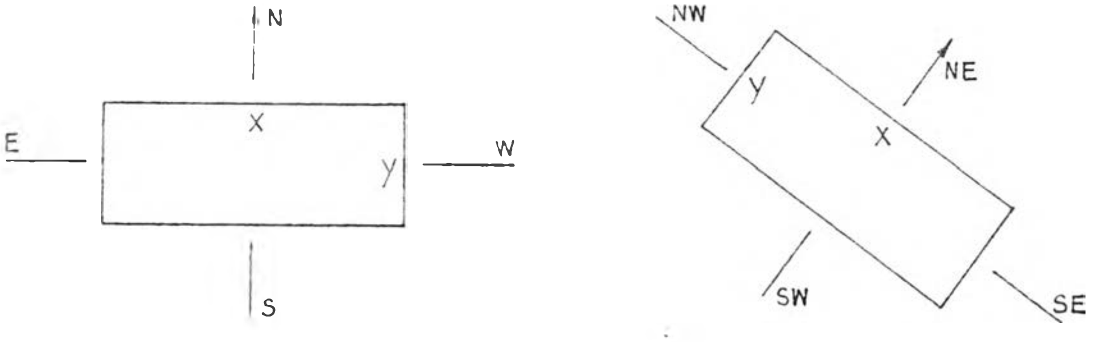
สัมประสิทธิ์ร่มเงาของกระจก (SC) = 0.66

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาคอนกรีต
= 3.24 W/m² - °C

ความสูงของแบบจำลอง = 3.5 m.

สัดส่วนของอาคาร,R, = x/y

โดยที่ x และ y เป็นความยาวของด้าน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงด้าน x และ y ของแบบจำลอง

ค่า SF และ TD_{eq} สามารถหาได้จากตารางที่ 3.5 ก,ข และ 3.8 ตามลำดับ

ดังนั้น เมื่อแทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการที่ (4.1) ถึง (4.3) และจัดให้อยู่ในรูปของ สัดส่วนของอาคาร,R, อัตราส่วนช่องกระจกต่อกำแพง,WWR และขนาดพื้นที่ชั้น,A,แล้ว เมื่อไม่คำนึงถึงความร้อนที่ได้รับจากหลังคา ค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่แบบจำลองซึ่งวางอยู่ในทิศทางเหนือ-ใต้-ตะวันออก-ตะวันตกจะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = (171.36R^{1/2} + 190.4/R^{1/2} + 3.174WWR_N R^{1/2} + 4.277WWR_S R^{1/2} + 3.862WWR_E/R^{1/2} + 4.37WWR_W/R^{1/2})A^{1/2} \quad ....(4.4)$$

โดยที่ $0 \leqslant WWR \leqslant 100$, $R > 0$

ในทำนองเดียวกันสำหรับทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ

$$Q = (180.88R^{1/2} + 180.88/R^{1/2} + 3.333WWR_{NE} R^{1/2} + 4.555WWR_{SW} R^{1/2} + 4.116WWR_{SE}/R^{1/2} + 3.633WWR_{NW}/R^{1/2})A^{1/2} \quad ....(4.5)$$

โดยที่ $0 \leqslant WWR \leqslant 100$, $R > 0$

เมื่อแทน A = 1 sq.m. ลงในสมการที่ (4.4) และ(4.5) จะได้

$$Q = (171.36R^{1/2} + 190.4/R^{1/2} + 3.174WWR_N R^{1/2} + 4.277WWR_S R^{1/2} + 3.862WWR_E/R^{1/2} + 4.37WWR_W/R^{1/2})$$

$$Q = (190.4 + 3.862WWR_E + 4.37WWR_W)/R^{1/2}$$
$$+ (171.36 + 3.174WWR_N + 4.277WWR_S)R^{1/2} \quad ...(4.6)$$

โดยที่ $0 \leqslant WWR \leqslant 100, \quad R > 0$

และ

$$Q = (180.88R^{1/2} + 180.88/R^{1/2} + 3.333WWR_{NE}R^{1/2}$$
$$+ 4.555WWR_{SW}R^{1/2} + 4.116WWR_{SE}/R^{1/2}$$
$$+ 3.633WWR_{NW}/R^{1/2})$$

$$Q = (180.88 + 4.116WWR_{SE} + 3.633WWR_{NW})/R^{1/2}$$
$$+ (180.88 + 3.333WWR_{NE} + 4.555WWR_{SW})R^{1/2} \quad .(4.7)$$

โดยที่ $0 \leqslant WWR \leqslant 100, \quad R > 0$

ซึ่งสมการที่ (4.6) และ (4.7) นี้จะใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป สำหรับความร้อนที่ผ่านหลังคาสามารถหาได้ดังนี้

$$q_r = U_r \times A \times TD_{eq} \quad ....(4.8)$$

q_r = ความร้อนที่ผ่านหลังคา , Watts.

TD_{eq} สำหรับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 10 cm. = 7 °C

ผลการคำนวณความร้อนเฉลี่ยตลอดปีที่แบบจำลองได้รับ ซึ่งมีขนาดพื้นที่ชั้น 1 sq.m. ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข สำหรับที่ความสูงของชั้นเปลี่ยนไป ค่า Q สามารถหาได้โดยการเปรียบเทียบสัดส่วน

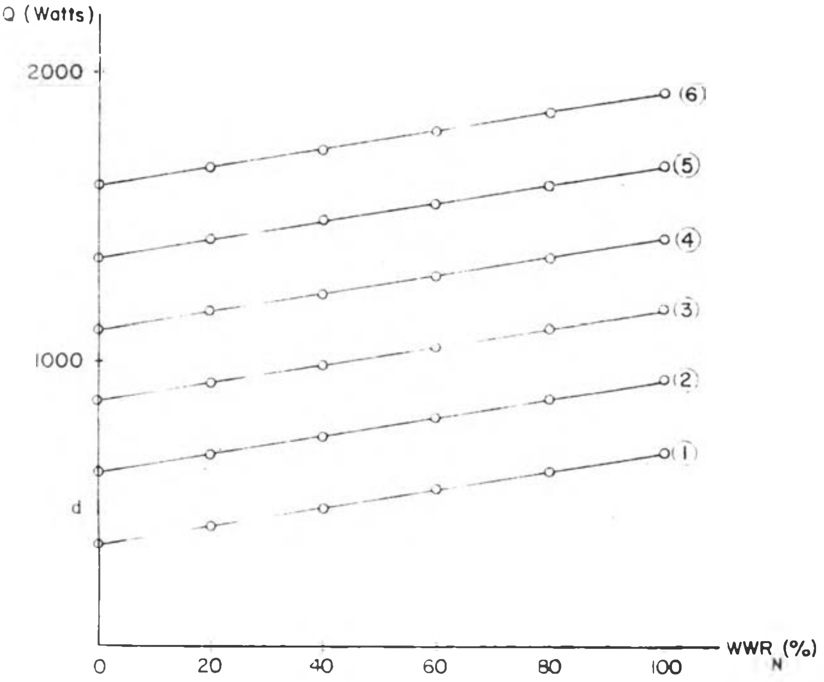
การวิเคราะห์ผลการคำนวณ

ในการวิเคราะห์ค่าความร้อนเฉลี่ยตลอดปีที่แบบจำลองได้รับนี้ จะศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อัตราส่วนช่องกระจกต่อกำแพง (WWR), ทิศทาง, สัดส่วนของอาคาร และขนาดพื้นที่ชั้นของอาคาร ว่ามีผลอย่างไรต่อค่าของความร้อนเฉลี่ยตลอดปีที่แบบจำลองได้รับ โดยจะศึกษาจากแบบจำลองที่มีขนาดพื้นที่ชั้น 1 sq.m. เป็นตัวเปรียบเทียบ

1. ผลของอัตราส่วนช่องกระจกต่อกำแพง (WWR) ที่มีต่อค่าความร้อนเฉลี่ยในทิศทางต่าง ๆ

ในการศึกษา จะศึกษาจากแบบจำลองที่มีค่าสัดส่วนเท่ากับ 1:1 และขนาดพื้นที่ชั้นเท่ากับ 1 sq.m. เนื่องจากที่สัดส่วนนี้ความยาวด้านของแบบจำลอง คือ x และ y จะมีค่าเท่ากับ 1 m. จากผลการคำนวณโดยแปรเปลี่ยน WWR ของกำแพงด้านหนึ่ง ซึ่งแปรเปลี่ยนครั้งละ 20 % จาก 0 % ถึง 100 % และอีก 3 ด้านที่เหลือมีค่า WWR เท่ากัน คือ 0 %, 20 %, 40%, 60 %, 80 %, 100 % เมื่อพิจารณา WWR ของกำแพงด้านทิศเหนือแปรเปลี่ยน และ WWR ของอีก 3 ด้านที่เหลือมีค่าเท่ากัน(ในกรณีวางแบบจำลองในทิศเหนือ-ใต้-ตะวันออก-ตะวันตก) เมื่อนำผลการคำนวณ คือ ค่าความร้อนเฉลี่ยมาเขียนกราฟ จะได้ดังในรูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 จะพบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความร้อนเฉลี่ยต่ออัตราการเปลี่ยนแปลง WWR_N ($\Delta Q/\Delta WWR_N$) ที่ความยาวกำแพง 1 m. มีค่าคงที่ และระยะห่างระหว่างเส้นคือ d จะมีค่าเท่ากัน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนค่า WWR สำหรับกำแพงอีก 3 ด้าน (ในที่นี้คือ ทิศใต้, ตะวันออกและตะวันตก) ไป 20 % ในการวิเคราะห์ จะพิจารณากราฟที่ WWR สำหรับด้านอีก 3 ด้านมีค่าเป็น 0 % จากรูปดังกล่าว จะได้ว่า



1 กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_N โดยที่ WWR_S , WWR_E , WWR_W คงที่ ที่ 0 %

2 กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_N โดยที่ WWR_S , WWR_E , WWR_W คงที่ ที่ 20 %

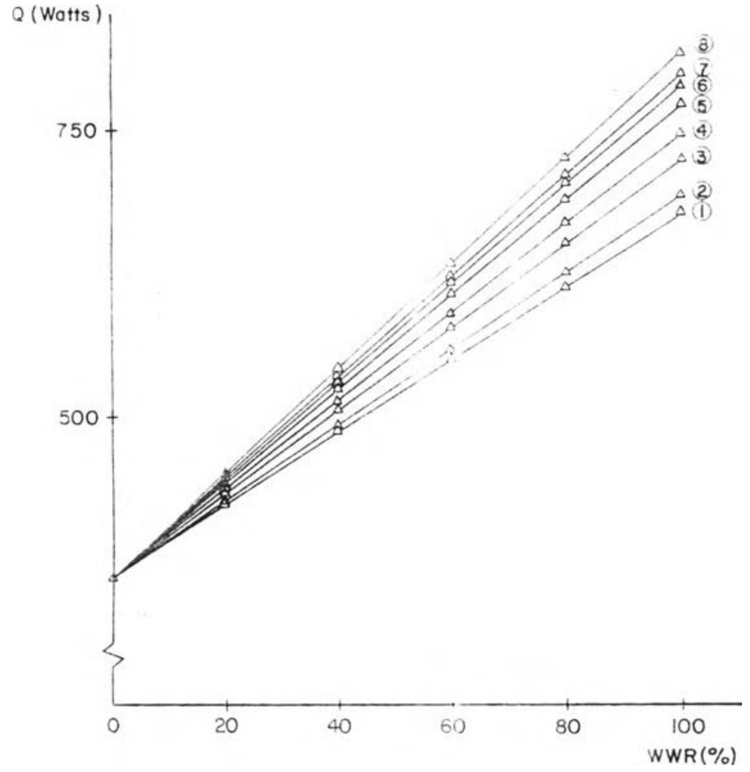
3 กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_N โดยที่ WWR_S , WWR_E , WWR_W คงที่ ที่ 40 %

4 กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_N โดยที่ WWR_S , WWR_E , WWR_W คงที่ ที่ 60 %

5 กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_N โดยที่ WWR_S , WWR_E , WWR_W คงที่ ที่ 80 %

6 กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_N โดยที่ WWR_S , WWR_E , WWR_W คงที่ ที่ 100 %

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง WWR_N & Q เมื่อ WWR อีก 3 ด้าน (WWR_S , WWR_E , WWR_W) มีค่าเท่ากันคือ 0 % , 20 % , 40 % , 60 % , 80 % และ 100 %
(โดยพิจารณาแบบจำลองที่สัดส่วนอาคาร = 1:1)



① กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_N โดยที่ WWR_S , WWR_E , WWR_W คงที่ ที่ 0%

② กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_{NE} โดยที่ WWR_{SW}, WWR_{SE}, WWR_{NW} คงที่ ที่ 0%

③ กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_{NW} โดยที่ WWR_{NE}, WWR_{SW}, WWR_{SE} คงที่ ที่ 0%

④ กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_E โดยที่ WWR_N , WWR_S , WWR_W คงที่ ที่ 0%

⑤ กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_{SE} โดยที่ WWR_{NE}, WWR_{SW}, WWR_{NW} คงที่ ที่ 0%

⑥ กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_S โดยที่ WWR_N , WWR_E , WWR_W คงที่ ที่ 0%

⑦ กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_W โดยที่ WWR_N , WWR_S , WWR_E คงที่ ที่ 0%

⑧ กราฟแบบจำลองแปรเปลี่ยน WWR_{SW} โดยที่ WWR_{NE} , WWR_{SE}, WWR_{NW} คงที่ ที่ 0%

รูปที่ ๔๔ กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง WWR ในทิศทาง
ต่างๆ (โดยพิจารณาแบบจำลองที่สัดส่วนอาคาร ๑ : ๔ : ๑)

$\Delta Q/\Delta WWR_N = 3.174$

ในทำนองเดียวกัน สำหรับกำแพงที่ทิศทางอื่น ๆ จะสามารถเขียนกราฟได้ในลักษณะเดียวกัน เพียงแต่ค่าความชันของเส้นกราฟ และระยะห่างระหว่างเส้น, d, จะแตกต่างกันไป ตารางที่ 4.1 ก จะแสดงค่า $\Delta Q/\Delta WWR$ สำหรับทิศทางต่าง ๆ ตารางที่ 4.1 ข จะแสดงค่า $\Delta Q/\Delta WWR$ สำหรับทิศทางต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับ $\Delta Q/\Delta WWR_N$

ตารางที่ 4.1 ก แสดงค่า $\Delta Q/\Delta WWR$ สำหรับทิศทางต่าง ๆ

Orientation	N	S	E	W	NE	SW	SE	NW
$\Delta Q/\Delta WWR$	3.174	4.277	3.862	4.37	3.333	4.555	4.116	3.633

ตารางที่ 4.1 ข แสดงค่า $\Delta Q/\Delta WWR$ สำหรับทิศทางต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับ $\Delta Q/\Delta WWR_N$

Orientation	N	S	E	W	NE	SW	SE	NW
$\dfrac{\Delta Q/\Delta WWR}{\Delta Q/\Delta WWR_N}$	1.000	1.348	1.217	1.377	1.05	1.435	1.297	1.145

รูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบการแปรเปลี่ยน WWR สำหรับทิศทางต่าง ๆ จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4 จะเห็นว่า $\Delta Q/\Delta WWR_N$ $\Delta Q/\Delta WWR_{NE}$ และ $\Delta Q/\Delta WWR_{NW}$, มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 3.1744, 3.333 และ 3.633 ตามลำดับ หรือ 1, 1.05, 1.145 เท่าของ $\Delta Q/\Delta WWR_N$ ตามลำดับ และ $\Delta Q/\Delta WWR_{SE}$, $\Delta Q/\Delta WWR_S$, $\Delta Q/\Delta WWR_W$, และ $\Delta Q/\Delta WWR_{SW}$ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 4.116, 4.277, 4.37, 4.555 ตามลำดับ หรือ 1.297, 1.348, 1.377, 1.435 เท่าของ $\Delta Q/\Delta WWR_N$ ตามลำดับ ซึ่งจากที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่า กราฟจะแยกเป็น 2 กลุ่ม ส่วนค่า $\Delta Q/\Delta WWR_E$ จะมีค่าอยู่ระหว่าง

2 กลุ่มนี้ คือ 3.862 หรือ 1.217 เท่าของ $\Delta Q/\Delta WWR_N$ และ $\Delta Q/\Delta WWR_N$ จะมีค่าน้อยที่สุด และ $\Delta Q/\Delta WWR_{SW}$ มีค่ามากที่สุด นั่นคือ เมื่อพื้นที่ช่องกระจกเท่ากัน ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านช่องกระจกทางทิศเหนือจะมีค่าน้อยที่สุด และจะมากที่สุดคือทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

2. ผลของสัดส่วนอาคารที่มีต่อค่าความร้อนเฉลี่ยในทิศทางต่าง ๆ

เพื่อความสะดวกในการที่จะกล่าวถึงทิศทางการวางอาคาร ต่อไปนี้จะใช้สัญญลักษณ์ N, S, E, W, NE, SW, SE, NW แทน ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออก, ตะวันตก, ตะวันออกเฉียงเหนือ, ตะวันตกเฉียงใต้, ตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือตามลำดับ

ผลของสัดส่วนอาคารที่มีต่อค่าความร้อนเฉลี่ยเป็นอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับ WWR ของกำแพงแต่ละด้านของแบบจำลองอีกด้วย ดังนั้นในการวิเคราะห์จะวิเคราะห์แบบจำลองที่มี WWR ต่างกัน 4 แบบ คือ

ก. แบบจำลองที่มี WWR เท่ากันทั้ง 4 ด้าน

ข. แบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงด้านตรงข้ามเท่ากัน โดยที่คู่หนึ่งมีค่า WWR มาก และอีกคู่หนึ่งมีค่า WWR น้อย เช่น ด้าน N และ S มี WWR แต่ละด้านเท่ากับ 100 % และ E, W มี WWR เท่ากับ 0 %

ค. แบบจำลองที่มี WWR ของกำแพง 3 ด้านเท่ากัน, โดยที่ WWR ของกำแพง 3 ด้านนี้มีค่ามาก และด้านที่ 4 จะมีค่า WWR น้อย เช่น ด้าน N, S, E มี WWR แต่ละด้านเท่ากับ 100 % และ W มี WWR เท่ากับ 0 %

ง. แบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงมากอยู่ด้านเดียว ส่วนอีก 3 ด้าน มีค่า WWR น้อย เช่น ด้าน N มี WWR เท่ากับ 100 % ส่วนด้าน E, S

W, มี WWR เท่ากับ 0 %

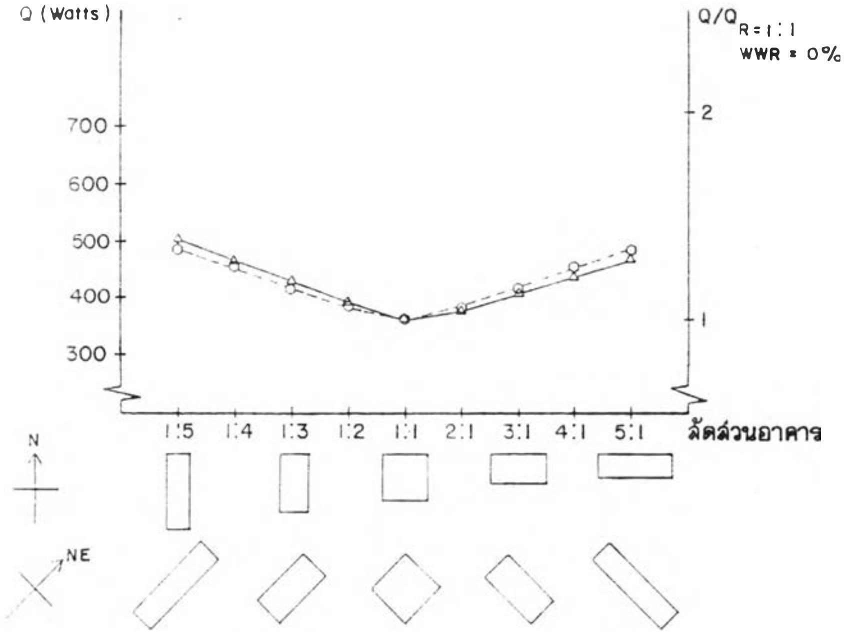
ก. แบบจำลองที่มี WWR เท่ากันทั้ง 4 ด้าน

รูปที่ 4.5 ก เป็นกราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่สัดส่วนต่าง ๆ โดยที่แบบจำลองมี WWR ทั้ง 4 ด้านเท่ากับ 0 % และ รูปที่ 4.5 ข เป็นกราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่สัดส่วนต่าง ๆ โดยที่แบบจำลองมี WWR ทั้ง 4 ด้านเท่ากับ 100 % พิจารณากราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 0 % จะเห็นว่าสัดส่วนอาคาร, R, เท่ากับ 1:1 ไม่ว่าจะวางในทิศทางใด ค่าความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากัน คือ เท่ากับ 361.76 W ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดในกรณีวางแบบจำลองในแกน NE-SW-SE-NW สำหรับแกน N-S-E-W ค่าความร้อนเฉลี่ยที่ต่ำสุดจะมีค่าเท่ากับ 361.26 W ที่ R = 1.1:1 จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น จะใช้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่ R = 1:1 นี้เป็นตัวเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีลักษณะอื่น ๆ ต่อไป

จากกราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 0 % นี้ จะเห็นว่า เมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นจากสี่เหลี่ยมจัตุรัส ไม่ว่าทิศทางใด ค่าความร้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อเทียบกับความร้อนเฉลี่ยที่แบบจำลองซึ่งมีรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้รับ โดยที่แบบจำลองที่มีด้านยาววางอยู่ในทิศทาง E-W จะได้รับความร้อนน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีขนาดเดียวกัน ซึ่งด้านยาววางอยู่ในทิศทาง N-S, NE-SW และ SE-NW และทิศทาง N-S จะได้รับความร้อนมากที่สุด ส่วนทิศทาง NE-SW และ SE-NW จะมีค่าเท่ากัน ค่าความชันของกราฟจะมีค่าดังนี้

สำหรับแกน N-S-E-W ,

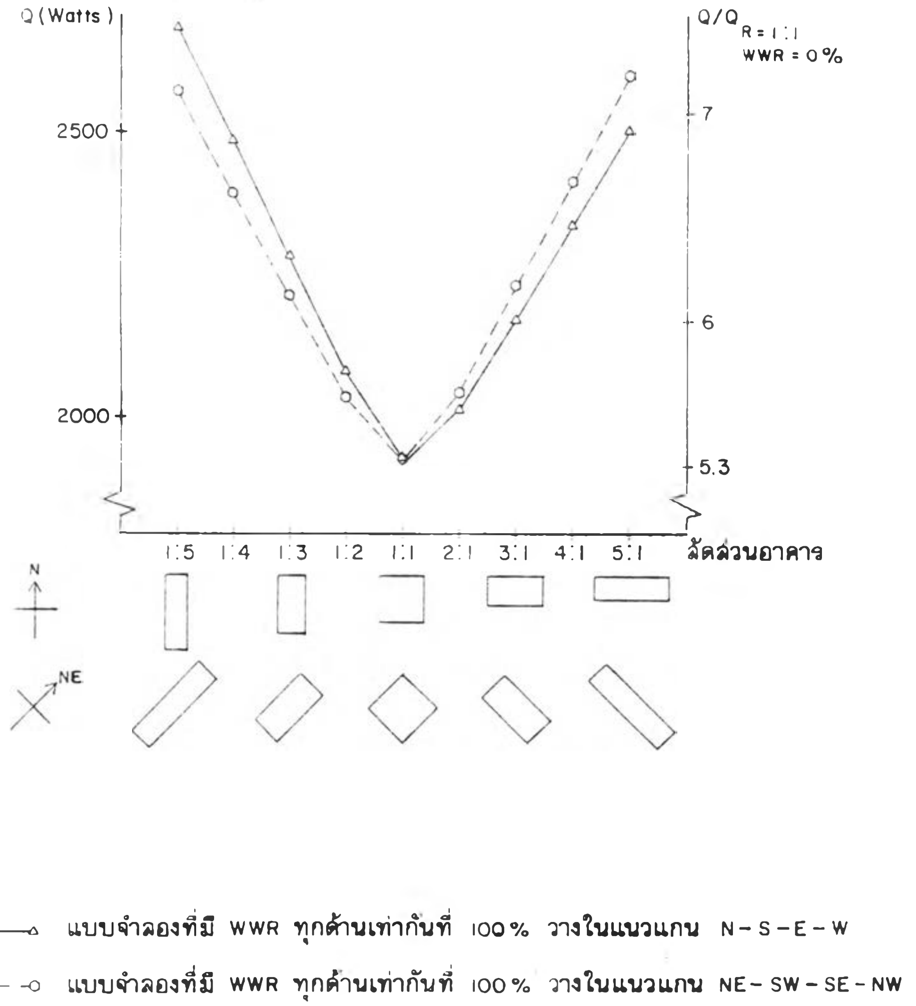
$$\partial Q/\partial R = -95.2R^{-3/2} + 85.68R^{-1/2} \qquad ....(4.8)$$



แบบจำลองที่มี WWR เท่ากันที่ 0% วางในแนวแกน N-S-E-W

แบบจำลองที่มี WWR เท่ากันที่ 0% วางในแนวแกน NE-SW-SE-NW

รูปที่ 4.5 ก กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เท่ากัน ทั้ง 4 ด้าน โดยที่ WWR แต่ละด้านเท่ากับ 0%



รูปที่ 4.5 ข กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เท่ากัน ทั้ง 4 ด้าน โดยที่ WWR แต่ละด้านเท่ากับ 100%

สำหรับแกน NE-SW-SE-NW ,

$$\partial Q/\partial R = -90.44R^{-3/2} + 90.44R^{-1/2} \quad ....(4.9)$$

สำหรับแบบจำลองที่มีค่า WWR อื่น ๆ ก็จะมีผลอย่างเดียวกัน คือเมื่อรูปร่างของแบบจำลองยาวขึ้นค่าความร้อนที่ได้รับจะมีค่าเพิ่มขึ้น แบบจำลองที่มีด้านยาววางอยู่ในทิศทาง E-W จะได้รับความร้อนน้อยที่สุด และ ทิศทาง N-S จะได้รับมากที่สุด ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี-รูปร่าง กว้าง : ยาว = 1:5 วางในทิศทางต่าง ๆ ซึ่งมี WWR เท่ากับ 0 % และ 100 % ส่วนความชัน กราฟของแบบจำลองที่มี WWR มาก จะชันมาก ถ้า WWR น้อยก็จะชันน้อย โดยที่กราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 0 % จะชันน้อยที่สุด และ กราฟของแบบจำลองที่มี WWR=100 % จะชันมากที่สุดที่ค่า R เดียวกัน ซึ่งสำหรับกราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 100 % ค่าความชันจะเท่ากับ

สำหรับแกน N-S-E-W ,

$$\partial Q/\partial R = -506.8R^{-3/2} + 458.23R^{-1/2} \quad ....(4.10)$$

สำหรับแกน NE-SW-SE-NW ,

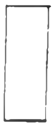
$$\partial Q/\partial R = -477.89R^{-3/2} + 484.84R^{-1/2} \quad ....(4.11)$$

เมื่อหันกลับมาพิจารณาแบบจำลองที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะพบว่าไม่ว่าแบบจำลองจะวางในทิศทางใดความร้อนเฉลี่ยที่ได้รับจะมีค่าใกล้เคียงกัน-มาก และความร้อนที่แบบจำลองที่มี WWR = 100 % ได้รับ จะมีค่าประมาณ 5.3 เท่าของแบบจำลองที่มี WWR = 0 % โดยที่มีสัดส่วนและทิศทางเหมือนกัน

ข. แบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงด้านตรงข้ามเท่ากัน โดยที่คู่หนึ่งมีค่า WWR มาก และอีกคู่หนึ่งมีค่า WWR น้อย

พิจารณาแบบจำลองที่วางอยู่ในแกน N-S-E-W ซึ่งด้าน N, S มี WWR = 100 % ด้าน E, W มี WWR = 0 % จากแบบจำลองที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส (R = 1:1) เมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นในทิศทาง E-W (R = 1:1 ถึง 5:1) ค่าความร้อนเฉลี่ยที่แบบจำลองได้รับจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากความร้อนเฉลี่ยที่แบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้รับ เนื่องจากปริมาณพื้นที่กระจกด้าน N และ S มีค่ามากขึ้น และเมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นในทิศทาง N-S (R = 1:1 ถึง 5:1) ความร้อนเฉลี่ยที่ได้รับจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับแบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส นั่นคือ ในช่วงตั้งแต่ R = 1:5 ถึง 5:1 ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วง R = 1:5 ถึง 1:2 ความร้อนเฉลี่ยจะค่อย ๆ เพิ่ม แต่ช่วง 1:2 ถึง 5:1 ความร้อนเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งความชันจะมีค่าดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มีรูปร่าง กว้าง : ยาว = 1:5 วางในทิศทางต่าง ๆ

ทิศทางการวางแบบจำลอง				
ค่าความร้อนเฉลี่ย,Q(W)				
WWR = 0 %	468.3221	502.3819	485.352	485.352
WWR = 100 %	2502.643	2676.198	2595.619	2570.826
ค่าความร้อนเฉลี่ย/ค่าความร้อนเฉลี่ยที่แบบจำลอง R = 1:1, WWR = 0 % ได้รับ				
WWR = 0 %	1.29	1.39	1.34	1.34
WWR = 100 %	6.92	7.4	7.17	7.11

$$\partial Q/\partial R = -95.2R^{-3/2} + 458.23R^{-1/2} \quad ....(4.12)$$

สำหรับแบบจำลองซึ่งด้าน E, W มี WWR = 100 % และด้าน N, S มี WWR = 0 % ผลที่ได้จะออกมาในลักษณะตรงข้ามกัน คือ ในช่วง R = 1:5 ถึง 5:1 ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าลดลง ช่วง R = 1:5 ถึง 2:1 ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนในช่วง R = 2:1 ถึง 5:1 ความร้อนเฉลี่ยจะค่อย ๆ ลดลง และความชันจะมีค่าดังนี้

$$\partial Q/\partial R = -506.8R^{-3/2} + 85.68R^{-1/2} \quad ....(4.13)$$

สำหรับแบบจำลองที่วางอยู่ในแกน NE-SW-SE-NW คือ แบบจำลองที่มีด้าน NE,SW มี WWR = 100 % และด้าน SE,NW มี WWR = 0 % และแบบจำลองที่มีด้าน SE,NW มี WWR = 100 % และด้าน NE,SW มี WWR = 0 % ก็ให้ผลวิเคราะห์ในแบบเดียวกัน แต่ความชันจะมีค่าต่างกันไป ซึ่งมีค่าดังนี้

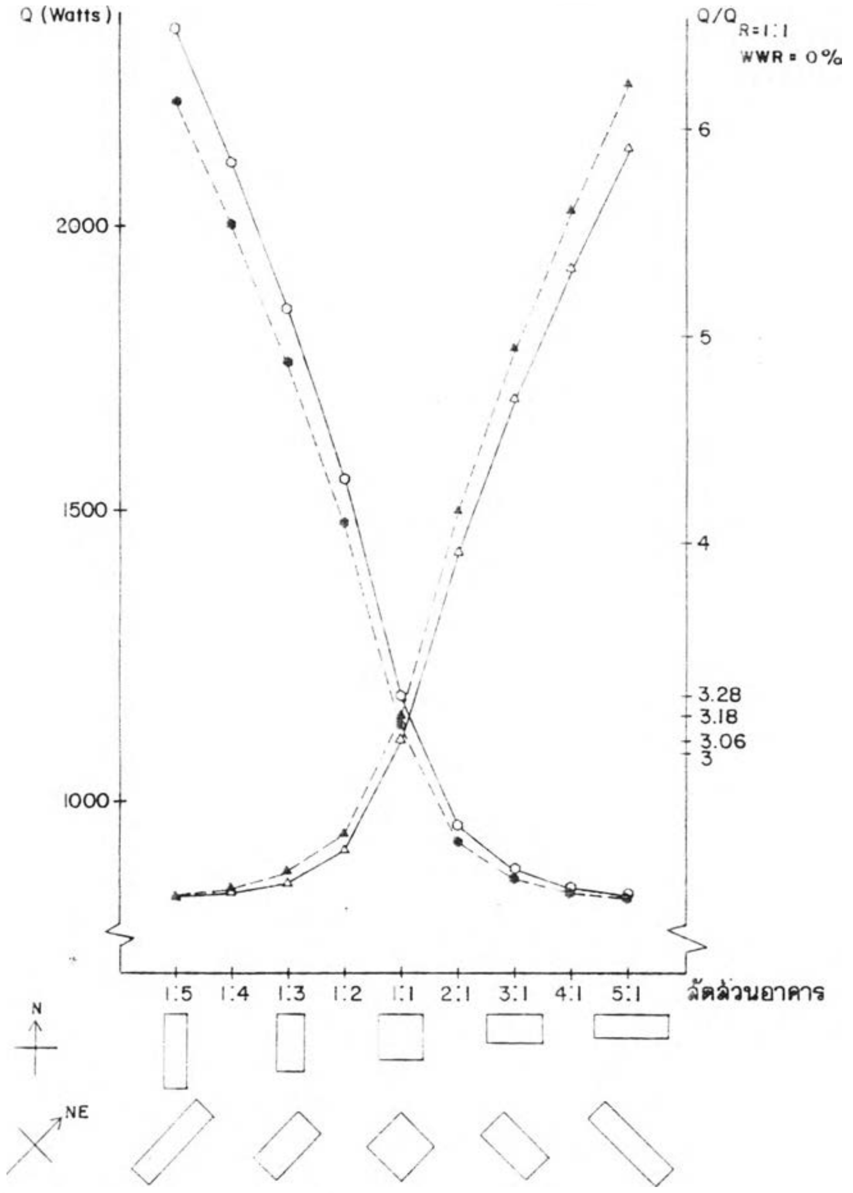
สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน NE,SW มี WWR = 100 % และ ด้าน SE,NW มี WWR = 0 %

$$\partial Q/\partial R = -90.44R^{-3/2} + 484.84R^{-1/2} \quad ....(4.14)$$

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน SE,NW มี WWR = 100 % และ ด้าน NE,SW มี WWR = 0 %

$$\partial Q/\partial R = -477.89R^{-3/2} + 90.44R^{-1/2} \quad ....(4.15)$$

รูปที่ 4.6 จะเป็นกราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงด้านตรงข้ามเท่ากัน โดยที่คู่หนึ่งมีค่า WWR = 100 % อีกคู่หนึ่งมีค่า WWR = 0 %



△——△ แบบจำลองที่มี WWR_N , WWR_S เท่ากับ 100% และ WWR_E, WWR_W เท่ากับ 0% วางในแกน N - S - E - W

○——○ แบบจำลองที่มี WWR_E, WWR_W เท่ากับ 100% และ WWR_N , WWR_S เท่ากับ 0% วางในแกน N - S - E - W

▲- - -▲ แบบจำลองที่มี WWR_{NE} , WWR_{SW} เท่ากับ 100% และ WWR_{SE}, WWR_{NW} เท่ากับ 0% วางในแกน NE - SW - SE - NW

●- - -● แบบจำลองที่มี WWR_{SE}, WWR_{NW} เท่ากับ 100% และ WWR_{NE}, WWR_{SW} เท่ากับ 0% วางในแกน NE - SW - SE - NW

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงด้านตรงข้ามเท่ากัน คู่หนึ่งมีค่า WWR = 100% อีกคู่หนึ่งมีค่า WWR = 0%

เมื่อแบบจำลองมีค่า WWR เปลี่ยนไป กล่าวคือ WWR คู่ที่มีมากมีค่าลดลง และ WWR คู่ที่มีน้อยมีค่าเพิ่มขึ้น พิจารณาแบบจำลองที่วางอยู่ในแกน N-S-E-W ด้าน N, S มี WWR = 80 % และด้าน E, W มี WWR = 20 % ในช่วง R = 1:1 ถึง 5:1 ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเทียบกับที่ R = 1:1 เมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นในทิศทาง E-W (ค่า R มากขึ้น) ส่วนความชันจะมีค่าน้อยลง เมื่อเทียบกับแบบจำลองด้าน N, S มี WWR = 100 % และด้าน E, W มี WWR = 0 % ส่วนในช่วง R = 1:1 ถึง 1:5 ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับที่ R = 1:1 เมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นในทิศทาง N-S จนกระทั่งที่ R ประมาณ 1:2 เมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นอีก (R = 1:3 ถึง 1:5) ความร้อนเฉลี่ยกลับจะมีค่าเพิ่มขึ้น และจะมีความชันมากกว่าเมื่อเทียบกับแบบจำลองด้าน N,S มี WWR=100 % และด้าน E,W มี WWR=0 % ซึ่งความชันสามารถหาได้เท่ากับ

$$\partial Q/\partial R = -177.52R^{-3/2} + 383.72R^{-1/2} \quad ....(4.16)$$

แบบจำลองซึ่งด้าน E, W มี WWR = 80 % และด้าน N, S มี WWR = 20 % ผลที่ได้ก็มีลักษณะตรงข้ามกัน กล่าวคือ ในช่วง R = 1:5 ถึง 2:1 ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าลดลง และในช่วง 3:1 ถึง 5:1 ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้น และความชันมีค่าเท่ากับ

$$\partial Q/\partial R = -424R^{-3/2} + 160.19R^{-1/2} \quad ....(4.17)$$

ในกรณีแบบจำลองวางในแกน NE-SW-SE-NW ก็สามารถวิเคราะห์ได้ทำนองเดียวกัน โดยที่ความชันมีค่าดังนี้

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน NE, SW มี WWR = 80 % และด้าน SE, NW มี WWR = 20 %

$$\partial Q/\partial R = -167.93R^{-3/2} + 405.96R^{-1/2} \quad ....(4.18)$$

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน SE, NW มี WWR = 80 % และด้าน NE, SW มี WWR = 20 %

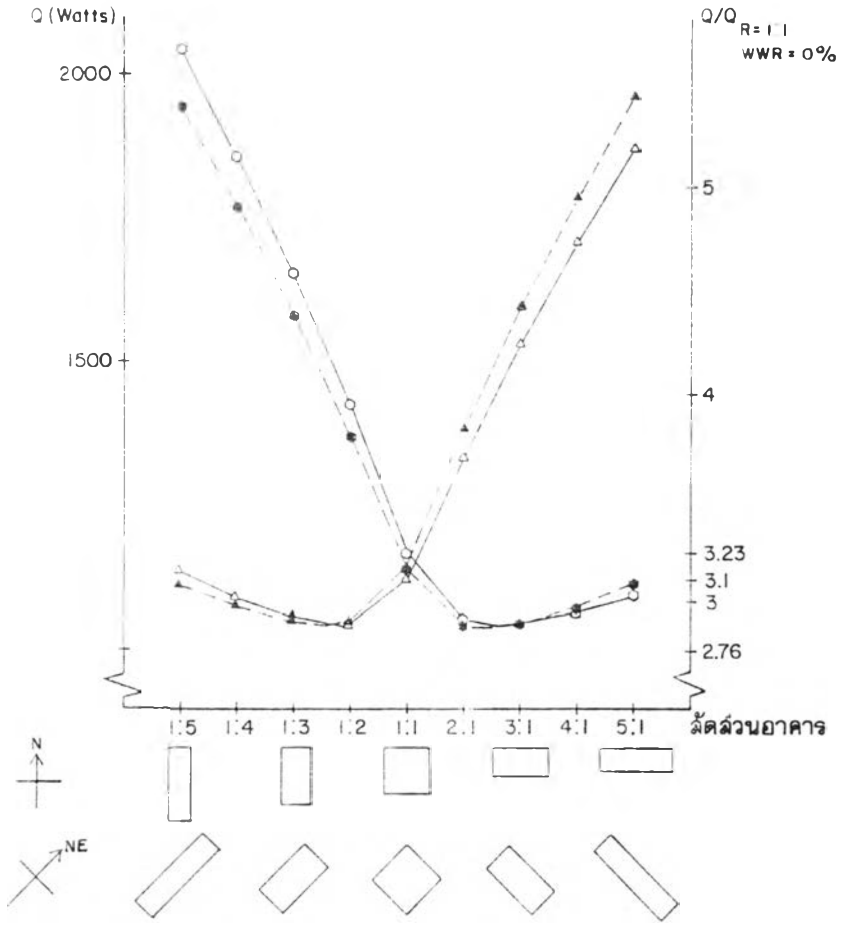
$$\partial Q/\partial R = -400.4R^{-3/2} + 169.32R^{-1/2} \quad ....(4.19)$$

รูปที่ 4.7 เป็นกราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงด้านตรงข้ามเท่ากัน โดยที่คู่หนึ่งมีค่า WWR = 80 % อีกคู่หนึ่งมีค่า WWR = 20 %

เมื่อพิจารณาทิศทางการวางของแบบจำลองว่า ทิศทางใดแบบจำลองจะมีค่าความร้อนมากหรือน้อยที่สุดนั้น ต้องพิจารณาจากปริมาณพื้นที่กระจกในแต่ละด้านเป็นสำคัญ ซึ่งได้เปรียบเทียบไว้แล้วในตารางที่ 4.1 โดยทั่วไป แบบจำลองที่หันด้านที่มีพื้นที่กระจกมากที่สุดไปในทิศทาง E-W จะมีค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ทิศทาง NE-SW, SE-NW และทิศทาง N-S จะมีค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุด แต่ในบางครั้ง แบบจำลองบางรูปร่างลักษณะที่หันด้านที่มีกระจกมากที่สุดไปในทาง N-S ก็ไม่ได้มีค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุด เช่น แบบจำลองที่มีด้านกว้างต่อด้านยาวเป็น 1:1.5 ด้านกว้างมี WWR= 80 % ด้านยาวมี WWR = 40 % จะพบว่าเมื่อวางแบบจำลองให้ด้านยาวหันไปทิศทาง SE-NW จะมีค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุด ดังนั้น ในบางกรณีก็ควรที่จะคำนวณเปรียบเทียบความร้อนเฉลี่ยในทิศทางต่าง ๆ หรืออาจพิจารณาเปรียบเทียบจากภาคผนวก ข

ค. แบบจำลองที่มี WWR ของกำแพง 3 ด้านเท่ากัน โดยที่ WWR ของกำแพง 3 ด้านนี้มีค่ามาก และด้านที่ 4 มีค่า WWR น้อย

พิจารณาแบบจำลองที่วางอยู่ในแกน N-S-E-W ซึ่งด้าน N, S, E มี WWR = 100 % และด้าน W มี WWR = 0 % เมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาว



แบบจำลองที่มี WWR_N, WWR_S เท่ากับ 80% และ WWR_E, WWR_W เท่ากับ 20% วางในแกน N – S – E – W

แบบจำลองที่มี WWR_E, WWR_W เท่ากับ 80% และ WWR_N, WWR_S เท่ากับ 20% วางในแกน N – S – E – W

แบบจำลองที่มี WWR_{NE}, WWR_{SW} เท่ากับ 80% และ WWR_{SE}, WWR_{NW} เท่ากับ 20% วางในแกน NE – SW – SE – NW

แบบจำลองที่มี WWR_{SE}, WWR_{NW} เท่ากับ 80% และ WWR_{NE}, WWR_{SW} เท่ากับ 20% วางในแกน NE – SW – SE – NW

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงด้านตรงข้ามเท่ากัน คู่หนึ่งมีค่า WWR = 80% อีกคู่หนึ่งมีค่า WWR = 20%

ขึ้นในทิศทาง E-W (R = 1:1 ถึง 5:1) ค่าความร้อนเฉลี่ยที่แบบจำลองได้รับมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับแบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส(R=1:1) และเมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นในทิศทาง N-S(R = 1:1 ถึง 1:5) ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าลดลงและกลับมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อแบบจำลองยาวมากกว่า 2 เท่าของด้านกว้าง (R = 1:2 ถึง 1:5) ความชันจะมีค่าเท่ากับ

$$\partial Q/\partial R \;=\; -288.3R^{-3/2} + 458.23R^{-1/2} \qquad ....(4.20)$$

แบบจำลองที่ด้าน N มี WWR = 0 % และด้าน S, E, W มี WWR = 100 % ในช่วง R = 1:5 ถึง 1:1 ค่าความร้อนเฉลี่ยจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับแบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส (R = 1:1) และจะลดลงจนถึงประมาณ R = 2:1 แล้วจะกลับมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง R = 2:1 ถึง 5:1 ความชันจะมีค่าเท่ากับ

$$\partial Q/\partial R \;=\; -506.3R^{-3/2} + 299.53R^{-1/2} \qquad ....(4.21)$$

ในทำนองเดียวกันแบบจำลองที่มี WWR = 100 % 3 ด้าน และด้านที่เหลือมี WWR = 0 % เมื่อวางในทิศทางอื่น ๆ ก็ให้กราฟในลักษณะเดียวกัน คือ แบบจำลองที่หันด้านที่มี WWR= 0 % ไปยังทิศทาง NW, SE และ E จะให้กราฟคล้ายกับแบบจำลองที่หันด้าน WWR = 0 % ไปทิศทาง W และ แบบจำลองที่หันด้านที่มี WWR = 0 % ไปยังทิศทาง NE, SW, และ S จะให้กราฟคล้ายกับแบบจำลองที่หันด้าน WWR = 0 % ไปทิศทาง N ซึ่งความชันของกราฟเหล่านี้จะแตกต่างกันไป และสามารถหาได้ดังนี้

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน N, S, W มี WWR = 100 % และ ด้าน E มี WWR = 0 %

$$\partial Q/\partial R \;=\; -313.7R^{-3/2} + 458.23R^{-1/2} \qquad ....(4.22)$$

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน N, E, W มี WWR = 100 % และ ด้าน S มี WWR = 0 %

$$\partial Q/\partial R = -506.8R^{-3/2} + 244.38R^{-1/2} \quad ....(4.23)$$

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน NE, SW, SE มี WWR = 100 % และด้าน NW มี WWR = 0 %

$$\partial Q/\partial R = -296.24R^{-3/2} + 484.84R^{-1/2} \quad ....(4.24)$$

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน NE, SW, NW มี WWR = 100 % และด้าน SE มี WWR = 0 %

$$\partial Q/\partial R = -272.09R^{-3/2} + 484.84R^{-1/2} \quad ....(4.25)$$

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน SW, NW, SE มี WWR = 100 % และด้าน NE มี WWR = 0 %

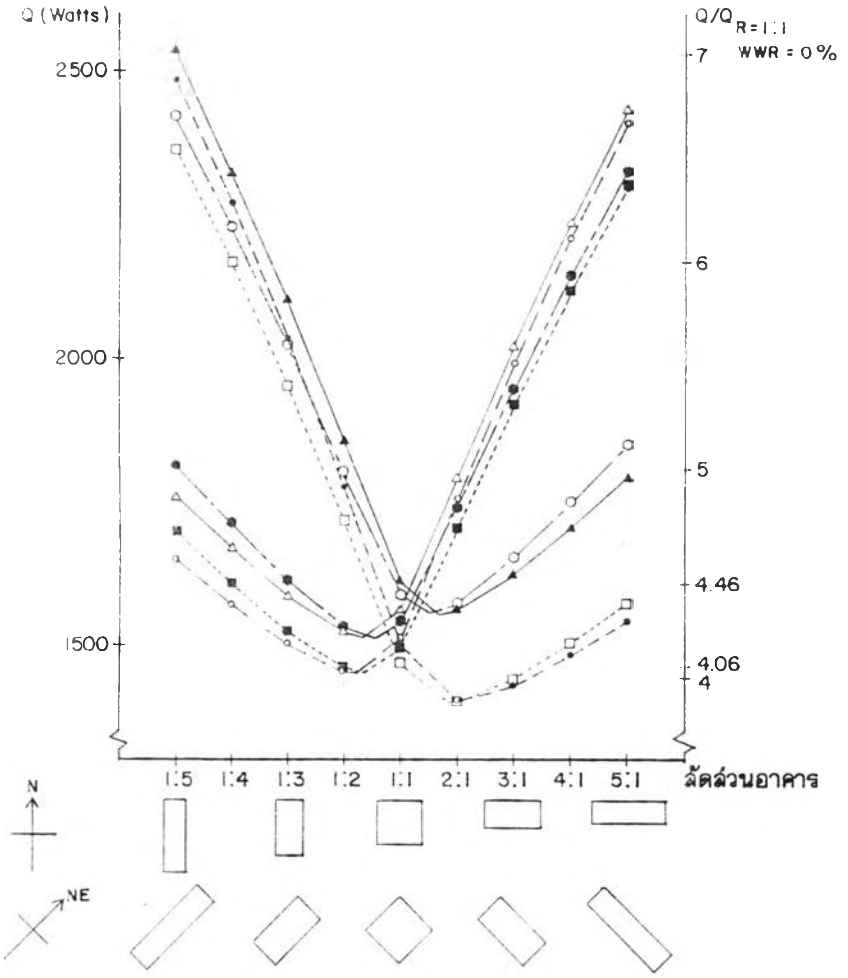
$$\partial Q/\partial R = -477.89R^{-3/2} + 318.19R^{-1/2} \quad ....(4.26)$$

สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน NE, SE, NW มี WWR = 100 % และด้าน SW มี WWR = 0 %

$$\partial Q/\partial R = -477.89R^{-3/2} + 257.09R^{-1/2} \quad ....(4.27)$$

รูปที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เท่ากับ 100 % สามด้าน และด้านที่เหลือมีค่า WWR = 0 %

เมื่อ WWR ของแบบจำลองเปลี่ยนไป กล่าวคือ WWR ของด้านทั้งสาม



แบบจำลองที่มี WWR_N เท่ากับ 0% ส่วน WWR_S , WWR_E , WWR_W มีค่าเท่ากับ 100% วางในแกน N - S - E - W

แบบจำลองที่มี WWR_S เท่ากับ 0% ส่วน WWR_N , WWR_E , WWR_W มีค่าเท่ากับ 100% วางในแกน N - S - E - W

แบบจำลองที่มี WWR_E เท่ากับ 0% ส่วน WWR_N , WWR_S , WWR_W มีค่าเท่ากับ 100% วางในแกน N - S - E - W

แบบจำลองที่มี WWR_W เท่ากับ 0% ส่วน WWR_N , WWR_S , WWR_E มีค่าเท่ากับ 100% วางในแกน N - S - E - W

แบบจำลองที่มี WWR_{NE} เท่ากับ 0% ส่วน WWR_{SW} , WWR_{SE} , WWR_{NW} มีค่าเท่ากับ 100% วางในแกน NE - SW - SE - NW

แบบจำลองที่มี WWR_{SW} เท่ากับ 0% ส่วน WWR_{NE} , WWR_{SE} , WWR_{NW} มีค่าเท่ากับ 100% วางในแกน NE - SW - SE - NW

แบบจำลองที่มี WWR_{SE} เท่ากับ 0% ส่วน WWR_{NE} , WWR_{SW} , WWR_{NW} มีค่าเท่ากับ 100% วางในแกน NE - SW - SE - NW

แบบจำลองที่มี WWR_{NW} เท่ากับ 0% ส่วน WWR_{NE} , WWR_{SW} , WWR_{SE} มีค่าเท่ากับ 100% วางในแกน NE - SW - SE - NW

รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เท่ากับ 100% สามด้าน และด้านที่เหลือมีค่า WWR = 0%

ที่เท่ากันมีค่าลดลง พิจารณาแบบจำลองที่วางอยู่ในแกน N-S-E-W ซึ่งด้าน N, S, E มี WWR = 80 % และด้าน W มี WWR = 0 % เปรียบเทียบกับแบบจำลองซึ่งด้าน N, S, E มี WWR = 100 % และด้าน W มี WWR = 0 % ผลที่ได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกันแต่ความชันของกราฟจะแตกต่างกัน คือ ความชันของกราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 80 % จะน้อยกว่าความชันของกราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 100 % ซึ่งความชันของกราฟของแบบจำลองนี้ (WWR = 80 %) มีค่าเท่ากับ

$$\partial Q/\partial R = -249.68R^{-3/2} + 383.72R^{-1/2} \quad ....(4.28)$$

เมื่อพิจารณาถึงทิศทางการวางแบบจำลอง การวางแบบจำลองประเภทนี้สามารถวางได้ใน 8 ทิศทาง การพิจารณาว่าทิศทางใดจะมีค่าความร้อนเฉลี่ยมากน้อยกว่ากันนั้น จากรูปที่ 4.8 จะพบว่า ไม่สามารถกำหนดทิศทางตายตัวแน่นอนได้ขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่กระจกในแต่ละด้าน และสัดส่วนอาคาร, R จากรูปที่ 4.8 เมื่อให้ด้านที่มี WWR = 0 % เป็นด้านกว้างของแบบจำลองจะพบว่า แบบจำลองที่มีด้านกว้าง:ด้านยาว เท่ากับ 1:2 ถึง 1:5 เมื่อวางให้ด้านที่มี WWR = 0 % ไปทางทิศ N แบบจำลองจะมีค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุด และเมื่อวางให้ด้านที่มี WWR = 0 % ไปทางทิศ W จะมีค่าน้อยที่สุด เมื่อแบบจำลองมีรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อวางให้ด้านที่มี WWR = 0 % ไปทิศทาง N จะมีค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุด และจะน้อยที่สุด เมื่อหันไปทาง SW สำหรับแบบจำลองที่มีด้าน WWR = 0 % เป็นด้านยาว ด้านที่มี WWR = 0 % หันไปทางทิศ NW จะมีค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุด และหันไปทางทิศ S จะมีค่าน้อยที่สุด ดังนั้น ทางที่ดีที่สุดในการพิจารณาทิศทางการวางแบบจำลอง ควรจะคำนวณเปรียบเทียบค่าความร้อนเฉลี่ยในทิศทางต่าง ๆ หรืออาจจะเปรียบเทียบจากภาคผนวก ข

ง. แบบจำลองที่มี WWR ของกำแพงมากอยู่ด้านเดียว ส่วนอีกสามด้านมีค่า WWR น้อย

พิจารณาแบบจำลองที่วางอยู่ในแกน N-S-E-W ซึ่งด้าน N มี

WWR = 100 % และ ด้าน S, E, W มี WWR = 0 % เมื่อแบบจาลองมีรูปร่างยาวขึ้นในทิศทาง E-W (R = 1:1 ถึง 5:1) ค่าความร้อนเฉลี่ยที่แบบจำลองได้รับจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับแบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส และจะมีค่าลดลงเมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นในทิศทาง N-S ในช่วง R = 1:1 ถึง 1:3 เมื่อแบบจำลองมีรูปร่างยาวขึ้นอีก (R = 1:3 ถึง 1:5) ค่าความร้อนเฉลี่ยกลับจะมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และความชันมีค่าเท่ากับ

$$\partial Q/\partial R = -95.2R^{-3/2} + 244.38R^{-1/2} \quad \ldots.(4.29)$$

สำหรับแบบจำลองที่ด้าน W มี WWR = 100 % ค่าความร้อนเฉลี่ยจะลดลงในช่วง R = 1:5 ถึง 3:1 และจะกลับเพิ่มขึ้นในช่วง R = 3:1 ถึง 5:1 ค่าความชันเท่ากับ

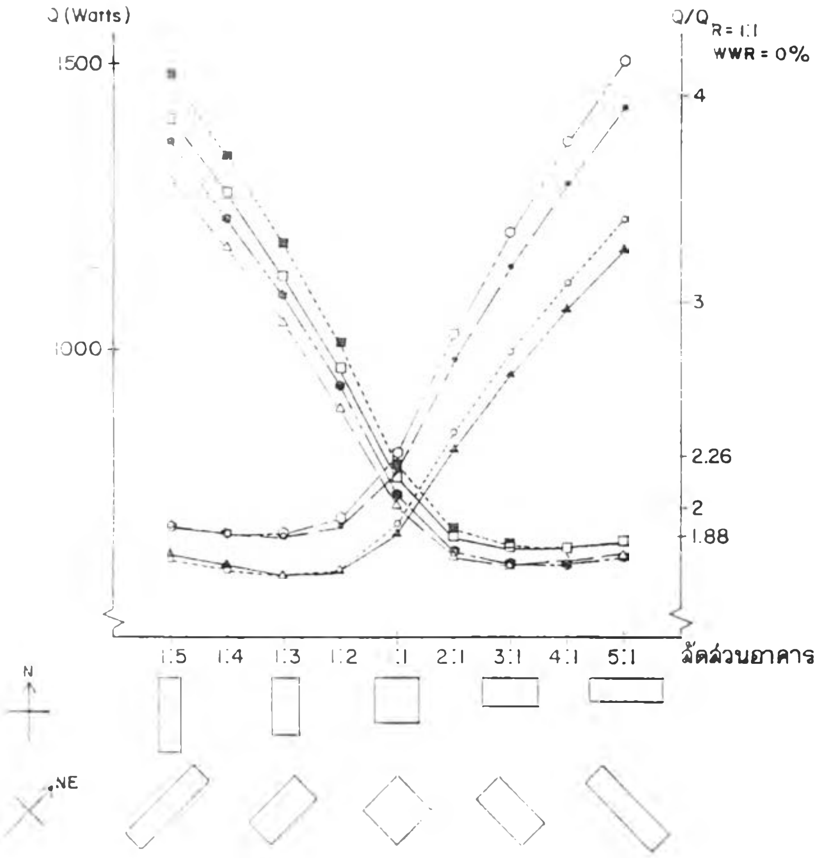
$$\partial Q/\partial R = -313.7R^{-3/2} + 85.68R^{-1/2} \quad \ldots.(4.30)$$

ในทำนองเดียวกัน แบบจำลองที่มี WWR = 100 % อยู่ด้านเดียว เมื่อวางในทิศทางอื่น ๆ ก็จะให้กราฟในลักษณะเดียวกัน กล่าวคือ แบบจำลองที่หันด้านที่มี WWR = 100 % ไปในทิศทาง SW, S และ NE จะให้กราฟคล้ายกับแบบจำลองที่หันด้านที่มี WWR = 100 % ไปในทิศ N และแบบจำลองที่หันด้านที่มี WWR = 100 % ไปในทิศ SE, E และ NW จะให้กราฟคล้ายกับแบบจำลองที่หันด้านที่มี WWR = 100 % ไปในทิศ W ดังแสดงในรูปที่ 4.9 ซึ่งความชันจะแตกต่างกันไป และสามารถหาได้ดังนี้

สำหรับแบบจำลองที่ด้าน S มี WWR = 100 % ด้านเดียว

$$\partial Q/\partial R = -95.2R^{-3/2} + 299.53R^{-1/2} \quad \ldots.(4.31)$$

สำหรับแบบจำลองที่ด้าน E มี WWR = 100 % ด้านเดียว



—— แบบจำลองที่มี WWR_N เท่ากับ 100% เพียงด้านเดียว อีกสามด้านเป็นกำแพงทึบ วางในแกน N - S - E - W

•- - แบบจำลองที่มี WWR_S เท่ากับ 100% เพียงด้านเดียว อีกสามด้านเป็นกำแพงทึบ วางในแกน N - S - E - W

•—• แบบจำลองที่มี WWR_E เท่ากับ 100% เพียงด้านเดียว อีกสามด้านเป็นกำแพงทึบ วางในแกน N - S - E - W

■···■ แบบจำลองที่มี WWR_W เท่ากับ 100% เพียงด้านเดียว อีกสามด้านเป็นกำแพงทึบ วางในแกน N - S - E - W

o----o แบบจำลองที่มี WWR_{NE} เท่ากับ 100% เพียงด้านเดียว อีกสามด้านเป็นกำแพงทึบ วางในแกน NE - SW - SE - NW

o---o แบบจำลองที่มี WWR_{SW} เท่ากับ 100% เพียงด้านเดียว อีกสามด้านเป็นกำแพงทึบ วางในแกน NE - SW - SE - NW

□—□ แบบจำลองที่มี WWR_{SE} เท่ากับ 100% เพียงด้านเดียว อีกสามด้านเป็นกำแพงทึบ วางในแกน NE - SW - SE - NW

△—△ แบบจำลองที่มี WWR_{NW} เท่ากับ 100% เพียงด้านเดียว อีกสามด้านเป็นกำแพงทึบ วางในแกน NE - SW - SE - NW

รูปที่ 49 กราฟแสดงค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองที่มี WWR เพียงด้านเดียว

$$\partial Q/\partial R = -288.3R^{-3/2} + 85.68R^{-1/2} \quad ....(4.32)$$

สำหรับแบบจำลองที่ด้าน SW มี WWR = 100 % ด้านเดียว

$$\partial Q/\partial R = -90.44R^{-3/2} + 318.19R^{-1/2} \quad ....(4.33)$$

สำหรับแบบจำลองที่ด้าน NE มี WWR = 100 % ด้านเดียว

$$\partial Q/\partial R = -90.44R^{-3/2} + 257.09R^{-1/2} \quad ....(4.34)$$

สำหรับแบบจำลองที่ด้าน SE มี WWR = 100 % ด้านเดียว

$$\partial Q/\partial R = -296.24R^{-3/2} + 90.44R^{-1/2} \quad ....(4.35)$$

สำหรับแบบจำลองที่ด้าน NW มี WWR = 100 % ด้านเดียว

$$\partial Q/\partial R = -272.09R^{-3/2} + 90.44R^{-1/2} \quad ....(4.36)$$

เมื่อแบบจำลองมีค่า WWR เปลี่ยนไป พิจารณาแบบจำลองที่ด้าน N มี WWR = 80 % ด้านเดียวเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ด้าน N มี WWR = 100 % ด้านเดียว ผลที่ได้จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน แต่ความชันของกราฟจะแตกต่างกัน คือ ในช่วง R = 1:2 ถึง 5:1 กราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 80 % จะมีความชันน้อยกว่ากราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 100 % แต่ในช่วง R = 1:2 ถึง 1:5 กราฟของแบบจำลองที่มี WWR = 80 % กลับจะมีความชันมากกว่าและความชันมีค่าเท่ากับ

$$\partial Q/\partial R = -95.2R^{-3/2} + 212.64R^{-1/2} \quad ....(4.37)$$

เมื่อพิจารณาถึงทิศทางการวางแบบจำลอง ในกรณีนี้สามารถพิจารณาได้ 8 ทิศทาง จากรูปที่ 4.9 สามารถพิจารณาได้ว่า แบบจำลองที่หันด้านที่มี WWR = 100 % ไปทิศ SW จะมีค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุด และแบบจำลองที่หันด้านที่มี WWR = 100 % ไปทิศ N จะมีค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีรูปร่างและลักษณะเดียวกัน

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทั้ง 4 แบบ ดังที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งมีค่า WWR ต่างกัน 4 แบบดังกล่าวโดยเปรียบเทียบกับค่าความร้อนเฉลี่ยที่แบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งมี WWR = 0 % ได้รับ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

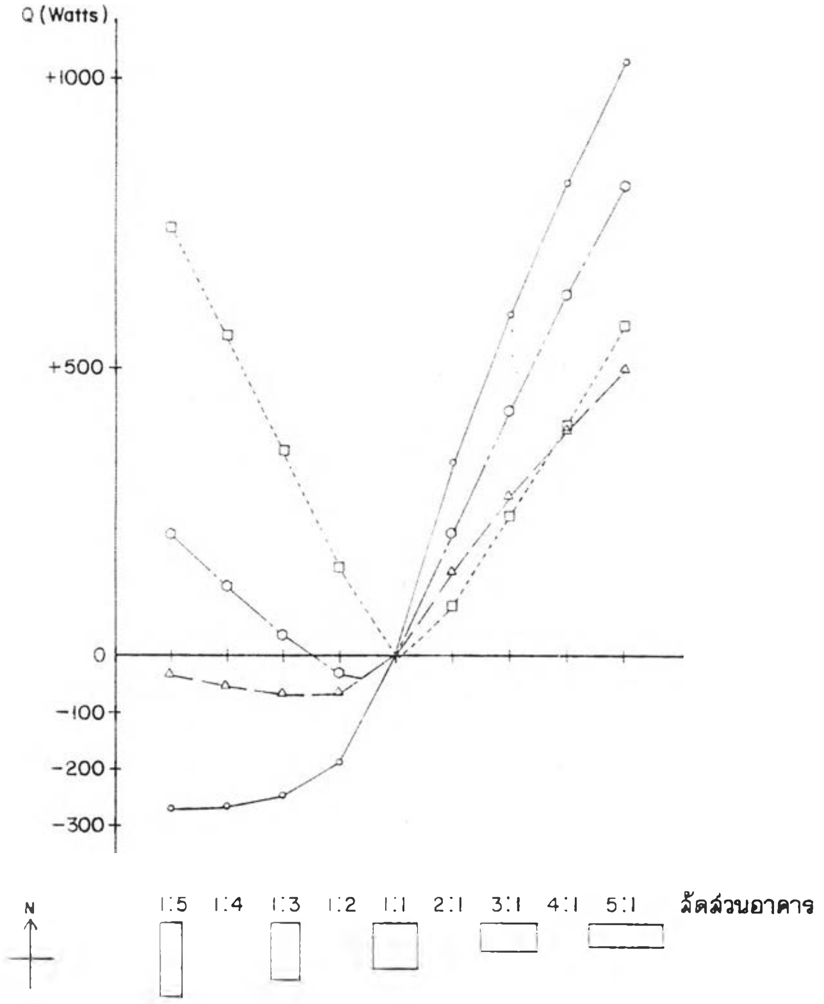
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบความชันของกราฟของแบบจำลองที่มี WWR 4 แบบ คือ แบบจำลองที่ด้าน N มี WWR = 100 % แบบจำลองที่ด้าน N, S มี WWR = 100 % แบบจำลองที่ด้าน N, S, E มี WWR = 100 % และแบบจำลองที่มี WWR = 100 % ทั้ง 4 ด้าน รูปที่ 4.11 แสดงทิศทางการวางแบบจำลองต่าง ๆ เรียงจากทิศทางที่แบบจำลองมีค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยไปยังทิศทางที่แบบจำลองมีค่าความร้อนเฉลี่ยมาก

3. <u>ผลของขนาดพื้นที่ชั้นที่มีต่อค่าความร้อนเฉลี่ย</u>

จากสมการที่ (4.4) และ (4.5) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้หาค่าความร้อนเฉลี่ย, Q, ของแบบจำลอง เมื่อไม่รวมความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหลังคา

$$Q = (171.36R^{1/2} + 190.4/R^{1/2} + 3.174WWR_N R^{1/2} + 4.277WWR_S/R^{1/2} + 3.862WWR_E/R^{1/2} + 4.37WWR_W/R^{1/2})\,A^{1/2}$$

และ



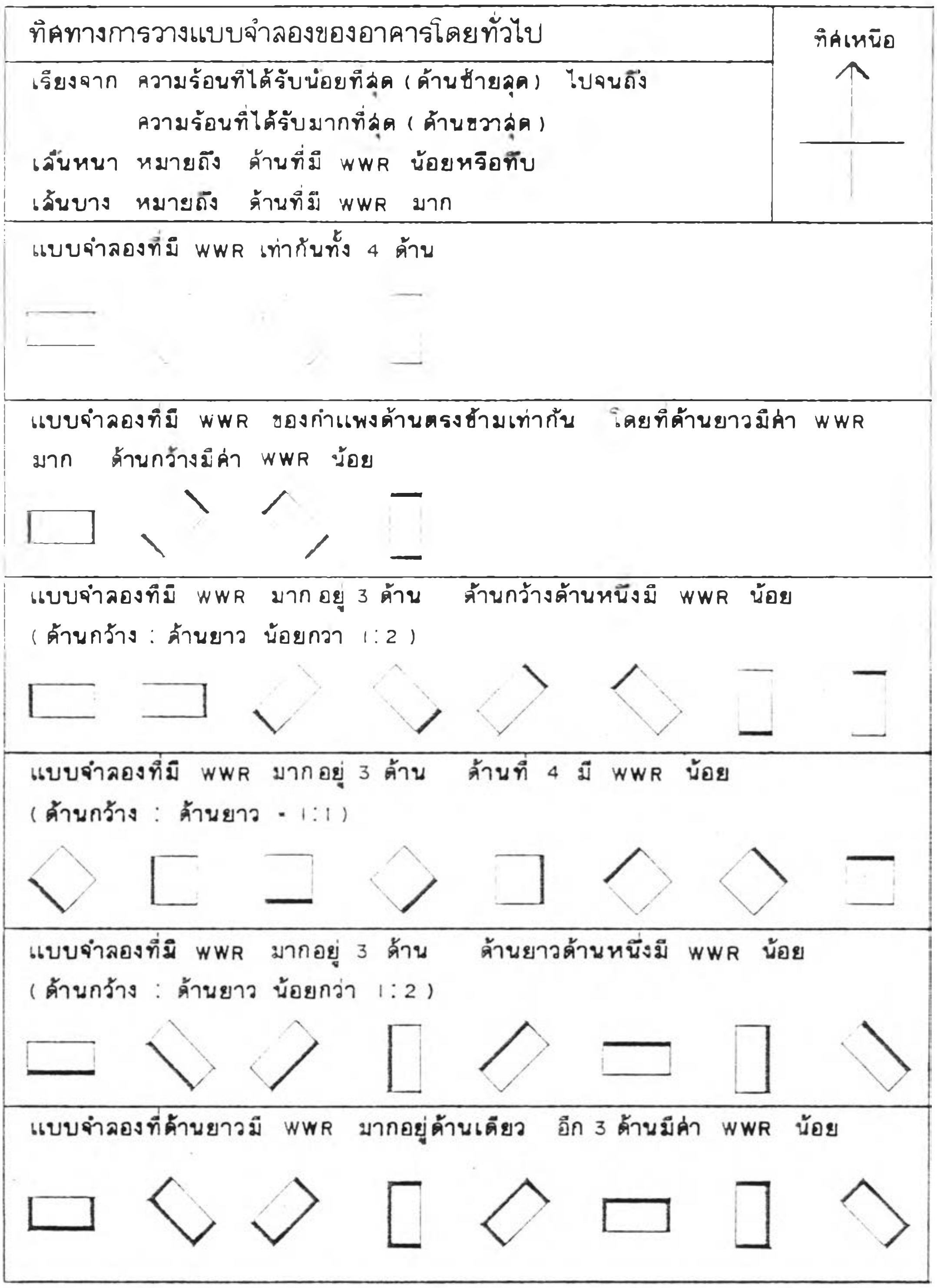
△—△ แบบจำลองที่มี WWR_N เท่ากับ 100% ส่วน WWR_S , WWR_E , WWR_W มีค่าเท่ากับ 0% วางในแกน N-S-E-W

○——○ แบบจำลองที่มี WWR_N , WWR_S เท่ากับ 100% ส่วน WWR_E , WWR_W มีค่าเท่ากับ 0% วางในแกน N-S-E-W

○—·○ แบบจำลองที่มี WWR_N , WWR_S , WWR_E เท่ากับ 100% ส่วน WWR_W มีค่าเท่ากับ 0% วางในแกน N-S-E-W

□---□ แบบจำลองที่มี WWR ทั้ง 4 ด้าน เท่ากับ 100% วางในแกน N-E-S-W

รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบความชันของกราฟของแบบจำลองที่มี WWR ต่างกัน 4 แบบ



<u>หมายเหตุ</u> ด้านที่มี WWR น้อย หมายถึง ด้านที่มีค่า WWR น้อยกว่า 30 %

ด้านที่มี WWR มาก หมายถึง ด้านที่มีค่า WWR มากกว่า 70 %

รูปที่ 4.11 แสดงการวางแบบจำลองของอาคารทั่วไปในทิศทางต่าง ๆ

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มี WWR แบบต่าง ๆ

แบบจำลอง	ความร้อนเฉลี่ย/ความร้อนเฉลี่ยที่แบบจำลองรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งมี WWR เท่ากับ 0 % ได้รับ
WWR = 0 % 4 ด้าน	1
WWR = 100 % 1 ด้าน, 0 % 3 ด้าน	1.88-2.26
WWR = 100 % 2 ด้าน, 0 % 2 ด้าน	3.06-3.28
WWR = 100 % 3 ด้าน, 0 % 1 ด้าน	4.06-4.46
WWR = 100 % 4 ด้าน	5.3

$$Q = (180.88R^{1/2} + 180.88/R^{1/2} + 3.333WWR_{NE}R^{1/2} + 4.555WWR_{SW}R^{1/2} + 4.116WWR_{SE}/R^{1/2} + 3.633WWR_{NW}/R^{1/2})\ A^{1/2}$$

โดยที่ $0 \leqslant WWR \leqslant 100,\ R > 0$

จากสมการทั้งสองดังกล่าว สามารถเห็นได้ว่าค่าความร้อนเฉลี่ยของแบบจำลอง Q, เป็นฟังชั่นของอัตราส่วนช่องกระจกต่อกำแพง,WWR, สัดส่วนอาคาร,R, และขนาดพื้นที่ชั้น,A, ซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q = f(WWR,\ R,\ A) \qquad \text{....(4.38)}$$

ถ้ากำหนดให้ WWR และ R คงที่แล้ว สมการดังกล่าวข้างต้น(สมการที่ (4.4) และ (4.5)) จะสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Q = kA^{1/2} \qquad \text{....(4.39)}$$

โดยที่ k = ค่าคงที่

เมื่อแทน A = 1 sq.m. จะได้ว่า

$$Q = k \qquad ....(4.40)$$

นั่นคือ แบบจำลองที่มีรูปร่างลักษณะและทิศทางหนึ่ง ๆ (WWR และ R มีค่าคงที่) เมื่อขนาดพื้นที่ชั้นเพิ่มขึ้น ความร้อนเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มเป็น $A^{1/2}$ เท่าของแบบจำลองที่มีขนาดพื้นที่ชั้น 1 sq.m.

สำหรับรายละเอียดบทสรุป จะได้กล่าวถึงต่อไปในบทที่ 7