การประเมินผลกระทบของฉนวนกันความร้อนต่อสะพานความร้อนบริเวณจุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในอาคารที่พักอาศัย

Evaluation of Thermal Insulation Effect on Thermal Bridges at Precast Concrete Wall Junctions in Residential Buildings

ศิรัณ หงษ์ยศ (Sirun Hongyot)* ดร.วิทยา พวงสมบัติ (Dr.Withaya Puangsombut)[1]**
ดร.จิระศักดิ์ พุกดำ (Dr.Jirasak Pukdum)***

(Received: *March 31, 2025*; Revised: *June 19, 2025*; Accepted: *June 19, 2025*)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนเชิงเส้นระหว่างกรณีมีและไม่มีฉนวน บริเวณจุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในอาคารที่พักอาศัย โดยใช้โปรแกรม Physibel-SOLIDO ตามมาตรฐาน ISO 10211 พบว่าแบบมีฉนวนช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเชิงเส้นลง 9.46% และลดการถ่ายเทความร้อนรวมลง 4.76% นอกจากนี้ ฉนวนยังช่วยลดการสะสมความร้อนที่จุดต่อ และรักษาเสถียรภาพของอุณหภูมิภายในอาคาร ซึ่งส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้พลังงานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น

ABSTRACT

The study aims to compare the linear thermal transmittance of precast concrete wall connection in residential buildings, both insulated and non-insulated conditions, using Physibel-SOLIDO in accordance with ISO 10211. The insulation case decreased linear thermal transmittance by 9.46% and total heat transfer reduction by 4.76%. Furthermore, insulation reduced heat accumulation at connection and stabilized interior temperature, significantly enhancing energy efficiency for buildings in tropical regions.

คำสำคัญ: สะพานความร้อน ฉนวนกันความร้อน ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป
Keywords: Thermal bridge, Thermal insulation, Precast concrete walls

[1]*Corresponding author: withaya.pua@rmutr.ac.th*
**นักศึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน รัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์*
Doctoral student, Doctor of Philosophy Program, Smart Energy and Environment Management Program, Rattanakosin College for Sustainable Energy and Environment, Rajamangala University of Technology Rattanakosin.
***ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์*
Assistant Professor, Smart Energy and Environment Management Program, Rattanakosin College for Sustainable Energy and Environment, Rajamangala University of Technology Rattanakosin.
****อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้างและนวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์*
Lecturer, Construction Management and Building Innovation Program, Faculty of Architecture and Design, Rajamangala University of Technology Rattanakosin.

บทนำ

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเป็นหัวข้อสำคัญที่ได้รับความสนใจศึกษาอย่างสูงในระดับสากล จากรายงานของ International Energy Agency (IEA) [1] ได้ประมาณการถึงการใช้พลังงานในอาคารไว้มากถึง 30-40% ของพลังงานที่ถูกใช้งานทั้งหมด โดยใช้ในส่วนของระบบทำความเย็น ระบบระบายอากาศ และระบบไฟฟ้าของอาคาร สะพานความร้อน (Thermal Bridges) ซึ่งเป็นบริเวณที่วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูงเชื่อมติดต่อกัน ที่เรียกว่าการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในผ่านบริเวณจุดต่ออาคาร ผลดังกล่าวก่อให้เกิดการสะสมพลังงานความร้อนที่จุดนั้นสูงกว่าตำแหน่งอื่นๆ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวมในอาคารเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการศึกษาของ Theodosiou และ Papadopoulos [2] ได้พบว่าปัญหาของสะพานความร้อนที่เกิดกับผนังก่ออิฐสามารถเพิ่มระดับการใช้พลังงานของอาคารได้มากถึง 30% แม้ว่าจะมีการใช้ฉนวนกันความร้อนเพื่อลดการสูญเสียพลังงานแล้วก็ตาม และ Ge และ Baba [3] ยังได้ทำการศึกษาและพบว่าผลกระทบของสะพานความร้อนจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพอากาศและรูปแบบของฉนวน ซึ่งหากไม่คำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ จะทำให้การประมาณค่าพลังงานที่ใช้จริงในอาคารอาจต่ำว่าความเป็นจริงได้

ปัจจุบันการศึกษาผลกระทบของสะพานความร้อนได้รับความสนใจศึกษาเพิ่มมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะสะพานความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณจุดต่อต่าง ๆ ของอาคาร เช่น บริเวณขอบหน้าต่างและจุดเชื่อมต่อระหว่างวัสดุ ซึ่งมักเป็นจุดที่มีการสะสมพลังงานสูง Zhang et al. [4] ได้ทำการศึกษาและกล่าวว่า การไม่คำนึงถึงปัจจัยของสะพานความร้อนอาจนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนในการประมาณการใช้พลังงานของอาคาร เนื่องจากสะพานความร้อนสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและทำให้การใช้พลังงานสูงขึ้นได้ ซึ่ง Kim และ Yeo [5] ได้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์เชิงพลวัต โดยศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่เชื่อมต่อกันในสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งช่วยให้สามารถลดข้อผิดพลาดในการคำนวณพลังงานและยังเพิ่มความแม่นยำของการออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในขณะที่การศึกษาของ Chen et al. [6] ได้เน้นย้ำว่าผลกระทบของสะพานความร้อนนั้นปรากฏอย่างชัดเจนที่บริเวณขอบหน้าต่าง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการถ่ายเทความร้อนมากกว่าส่วนอื่นของอาคาร การวิเคราะห์และออกแบบฉนวนที่เหมาะสมในจุดเหล่านี้ถือเป็นสิ่งจำเป็น ต่อการลดการสูญเสียพลังงานและการออกแบบฉนวนที่ดียังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของอาคารโดยรวมได้ด้วย ด้วยเหตุนี้บทความนี้ได้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ผลกระทบของสะพานความร้อนบริเวณ จุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูปอาคารในประเทศไทย เพื่อทำความเข้าใจถึงระดับการถ่ายเทพลังงานที่เกิดขึ้นและพัฒนาหาแนวทางลดผลกระทบของสะพานความร้อน ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร ลดต้นทุนด้านพลังงานและสนับสนุนแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืน

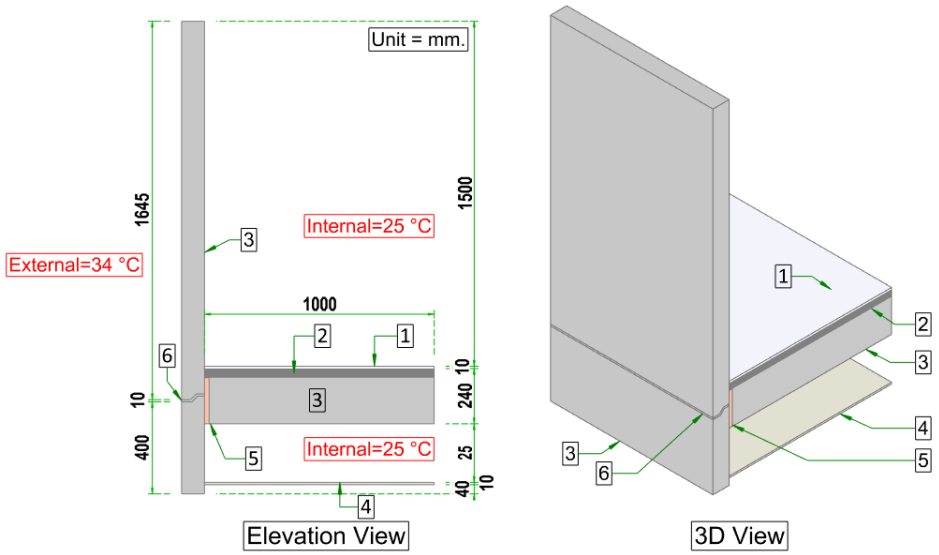
วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสะพานความร้อนที่เกิดขึ้นบริเวณจุดเชื่อมต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูปอาคาร โดยมุ่งเน้นไปที่การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเชิงเส้นระหว่างจุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้และไม่ใช้ฉนวนความร้อนผ่านการจำลองเชิงตัวเลข แล้วทำการประเมินผลของฉนวนกันความร้อนต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเทียบเท่าที่จุดต่อผนัง โดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพของฉนวนความร้อนในการลดผลกระทบจากสะพานความร้อนบริเวณจุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

แบบจำลองรูปร่างและสมการ

1. แบบจำลองรูปร่าง

พิจารณาจุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูปแบบมาตรฐาน ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการก่อสร้างอาคารและที่พักอาศัยในประเทศไทย [7] ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยกำหนดคุณสมบัติของวัสดุทางความร้อนดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 รูปร่างจุดต่อที่ใช้ในการวิเคราะห์สะพานความร้อน ความยาว 1000 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัสดุทางความร้อน [8]

เลขที่	วัสดุ	ค่าการนำความร้อน, k (W/m·K)	ความหนาแน่น, ρ (kg/m³)	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ, C_p (kJ/kg·K)
1	กระเบื้องเซรามิค	0.338	2100	0.80
2	ปูนซีเมนต์ผสมทราย	0.72	1860	0.84
3	คอนกรีตสแลบ	1.442	2400	0.92
4	ฝ้าเพดาน (แผ่นยิปซั่ม)	0.282	800	1.09
5	ปูนซีเมนต์ผสมทราย / ฉนวนใยแก้วหนา 5 มม.	0.72 / 0.038	1860 / 16	0.84 / 0.96
6	ซิลิโคน [9]	0.40	1450	1000

2. สมการการกระจายตัวของอุณหภูมิ

จากรูปที่ 1 พิจารณาการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังกับจุดเชื่อมต่อที่พื้นและฝ้าเพดาน จากสมการการกระจายตัวของอุณหภูมิในสภาวะคงตัว (Steady state) [10-11]

$$\nabla^2 \mathrm{T} = \frac{\partial^2 \mathrm{T}}{\partial \mathrm{x}^2} + \frac{\partial^2 \mathrm{T}}{\partial \mathrm{y}^2} + \frac{\partial^2 \mathrm{T}}{\partial \mathrm{z}^2} = 0 \quad (1)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิ (K หรือ C)

$\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}$ คือ ค่าพิกัดในแต่ละแกน (m)

3. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

มาตรฐาน ISO 10211 [12] ได้กว่าถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ว่ามีความสัมพันธ์กับค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$U=\frac{1}{R_t}=\frac{1}{R_{si}+\sum\frac{d}{k}+R_{se}} \quad (2)$$

เมื่อ R_t คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนัง ($m^2 \cdot K/W$)

R_{si}, R_{se} คือ ค่าความต้านทานความร้อนที่ผิวด้านในและด้านนอกตามลำดับ ($m^2 \cdot K/W$)

d คือ ความหนาของชั้นวัสดุ (m)

k คือ ค่าการนำความร้อนของวัสดุ ($W/m \cdot K$)

ค่าความต้านทานความร้อนที่ผิวทั้งด้านในและด้านนอกสามารถคำนวณได้จากส่วนกลับของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว

$$R_{si}=\frac{1}{h_i} \quad (3)$$

$$R_{se}=\frac{1}{h_o} \quad (4)$$

เมื่อ h_i คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านใน ($W/m^2 \cdot K$)

h_o คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านนอก ($W/m^2 \cdot K$)

4. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเชิงเส้น (ψ - value)

สะพานความร้อนที่เชื่อมต่อที่จุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูปและพื้น สามารถพิจารณาเป็นสะพานความร้อนเชิงเส้น โดยใช้การส่งผ่านความร้อนเชิงเส้นที่กำหนดใน ISO 10211 [12] ภายใต้สภาวะการถ่ายเทความร้อนแบบคงตัว ซึ่งการส่งผ่านความร้อนเชิงเส้นถูกกำหนดให้เป็นการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยความยาว

$$\psi=L_{2D}-\sum(U_i \cdot l_i) \quad (5)$$

เมื่อ L_2D คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อความยาวจากการคำนวณ 2 มิติ ($W/m \cdot K$)

U_i คือ ค่า U-value ของแต่ละส่วนประกอบ ($W/m^2 \cdot K$)

l_i คือ ความยาวที่เกี่ยวข้องกับค่า Ui (m)

ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อความยาวจากการคำนวณ 2 มิติ (L_2D) [13] พิจารณาได้จากการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนในระนาบสองมิติ แสดงดังสมการ

$$L_{2D}=\frac{Q'}{(T_i-T_e)} \quad (6)$$

เมื่อ Q' คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อความยาว (W/m)

T_i คือ อุณหภูมิภายในอาคาร (K หรือ $°C$)

T_e คือ อุณหภูมิภายนอกอาคาร (K หรือ $°C$)

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเชิงเส้น นี้มีความสำคัญในการประเมินผลกระทบของสะพานความร้อน โดย Santos และ Mateus [13] พบว่าการใช้แถบกันความร้อนสามารถลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเชิงเส้นได้มากกว่า 70% ในผนังเบา และ Zhang et al. [6] ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) สามารถลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเชิงเส้นได้ถึง 60% สำหรับจุดต่อระหว่างระเบียงกับผนังอาคาร

5. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเทียบเท่า (U_{eq})

การศึกษาปัญหาของสะพานความร้อน มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่สำคัญที่ต้องพิจารณา ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเทียบเท่า (Equivalent Thermal Transmittance, U_{eq}) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบฉนวนความร้อนและผลกระทบของสะพานความร้อนต่ออาคาร

ค่าดังกล่าวใช้สำหรับการจำลองหรือการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างของอาคาร โดยมีการรวมผลกระทบของสะพานความร้อนในรูปแบบของค่าการนำความร้อนที่ถูกปรับแก้ ให้สอดคล้องกับลักษณะของโครงสร้าง Ge และ Baba [3] สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$U_{eq} = \frac{Q_{total}}{(T_i - T_e)(A_1 + A_2 + A_x)} \quad (7)$$

เมื่อ A_1, A_2, A_x คือ พื้นที่ของวัสดุที่พิจารณาแยกตามประเภท (m^2)

Q_{total} คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน (W)

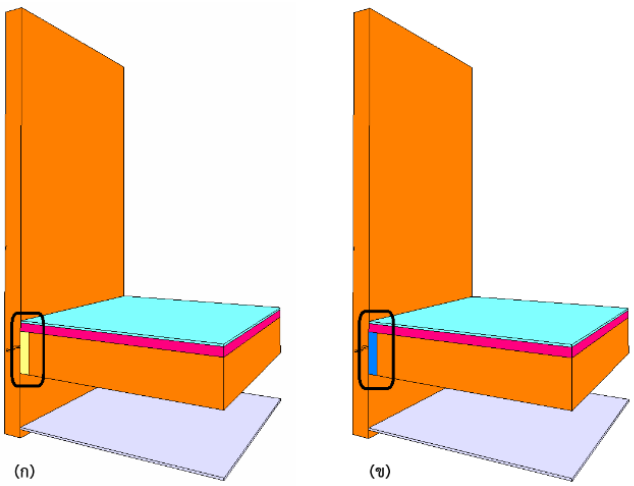
T_i คือ อุณหภูมิภายในอาคาร (K หรือ °C)

T_e คือ อุณหภูมิภายนอกอาคาร (K หรือ °C)

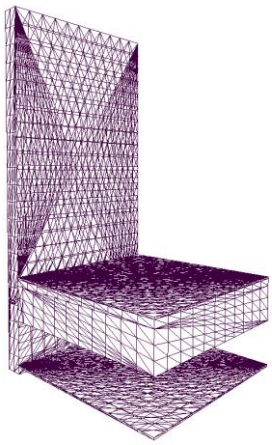
วิธีการวิจัย

1. โปรแกรม Physibel-SOLIDO [9]

จำลองรูปร่างของแบบจำลองดังแสดงในภาพที่ 2 โดยกำหนดขนาดที่มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนตามมาตรฐาน ISO 10211 มีแบบจำลองถูกสร้างขึ้นไว้สองกรณี คือ กรณีที่ไม่มีฉนวน ใช้ปูนซีเมนต์ผสมทรายที่มีความหนาแน่น 1860 kg/m³ มีค่าการนำความร้อน 0.72 W/m·K และกรณีที่เปลี่ยนจากปูนซีเมนต์เป็นฉนวนที่มีค่าการนำความร้อน 0.038 W/m·K ที่บริเวณจุดต่อระหว่างผนัง โดยมีจำนวนโหนดในการคำนวณ 545,010 โหนด



ภาพที่ 2 แบบจำลองที่ใช้วัสดุแตกต่างกันที่จุดต่อ (ก) ใช้ปูนซีเมนต์ผสมทราย และ (ข) ใช้ฉนวนใยแก้ว



ภาพที่ 3 แสดงรูปร่างที่แบ่ง Nodes เพื่อทำการวิเคราะห์

2. การศึกษานี้ได้กำหนดเงื่อนไขขอบเขตการคำนวณอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 10211 ดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 เงื่อนไขอุณหภูมิและสภาวะการคำนวณ

พารามิเตอร์	ค่า	หมายเหตุ
อุณหภูมิภายใน (T_i)	25°C	อุณหภูมิเริ่มต้นทดสอบวิจัย
อุณหภูมิภายนอก (T_o)	34°C	ภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร [14]
ความต่างอุณหภูมิ (ΔT)	9°C	Ti - To
สภาวะการคำนวณ	สภาวะคงที่	ความเป็น Steady state เท่านั้นไม่รวม Transient

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิว [8]

ตำแหน่ง	R-value ($m^2 \cdot °C/W$)	h-value ($W/m^2 \cdot °C$)
ผิวด้านใน (R_i)	0.12	8.33
ผิวด้านนอก (R_o)	0.044	22.73

ตารางที่ 4 กรณีศึกษาผลกระทบของฉนวนกันความร้อนต่อสะพานความร้อน

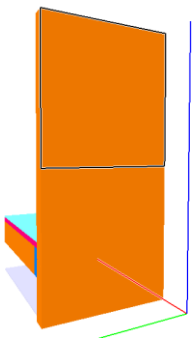
กรณี	วัสดุตำแหน่งที่ 5	หมายเหตุ
กรณีที่ 1	ปูนซีเมนต์ผสมทราย	กรณีฐาน
กรณีที่ 2	ฉนวนใยแก้ว	กรณีปรับปรุง

จากตารางที่ 2 คำนวณโดยใช้ความต่างอุณหภูมิที่ 9 °C ในสภาวะคงที่ เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านจุดต่อผนัง กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวตามตารางที่ 3 และทำการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ใช้วัสดุต่างกันตามตารางที่ 4 เพื่อศึกษาผลของการใช้ฉนวนกันความร้อนต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านจุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูป

3. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

พิจารณาจากพื้นที่ผนังทึบที่ไม่มีการรบกวนจากสะพานความร้อน โดยกำหนดพื้นที่ห่างจากจุดต่อผนังไม่น้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ISO 10211 เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ที่เป็นตัวแทนของผนังทึบในบริเวณที่การไหลของความร้อนเป็นแบบหนึ่งมิติ โดยพื้นที่นั้นแสดงไว้ดังรูปที่ 3 ซึ่งทิศทางการไหลของความร้อนจะเป็นการไหล

ตามแนวนอน (ภายนอกไหลเข้าภายใน) โดยจะมีพื้นที่ผนังทึบเท่ากับ 1.01 m^2 (คำนวณโดยโปรแกรมจากการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการพิจารณา) โดยกำหนดให้เป็นตัวแทนของผนังทึบส่วนที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสะพานความร้อน



ภาพที่ 4 ระบุตำแหน่งผนังทึบใช้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

ผลการวิจัย

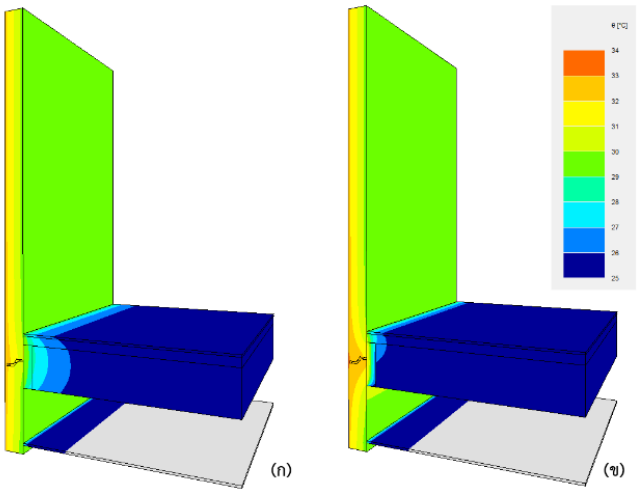
1. ผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนผ่านจุดต่อผนัง

การวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) ด้วยโปรแกรม Physibel-SOLIDO ทำการจำลองการถ่ายเทความร้อนผ่านจุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูปทั้ง 2 กรณี มีจำนวนโหนดที่ใช้ในการคำนวณ 545,010 โหนด ได้ผลลัพธ์ค่าพารามิเตอร์สำคัญต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนผ่านจุดต่อผนัง

พารามิเตอร์	กรณีไม่มีฉนวน	กรณีมีฉนวน	% ลดลง
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเชิงเส้น (ψ -value) [W/mK]	4.378	3.964	9.46
ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อความยาว (Q') [W/m]	78.353	74.622	4.76
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเทียบเท่า (U_{eq}) [W/m²K]	8.620	8.209	4.77

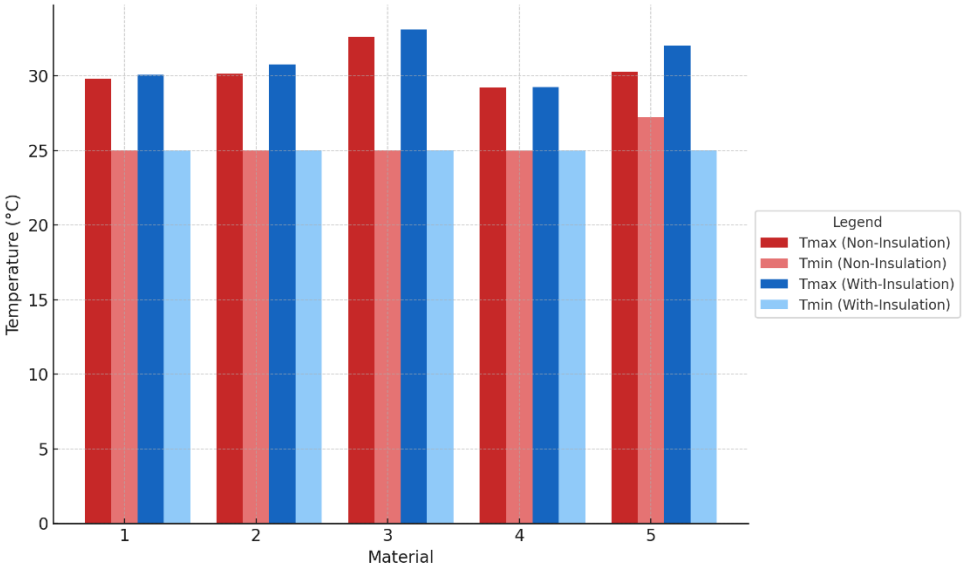
2. การกระจายตัวของอุณหภูมิ



ภาพที่ 5 การกระจายตัวของอุณหภูมิที่จุดต่อผนัง (ก) กรณีที่ 1 และ (ข) กรณีที่ 2

ตารางที่ 6 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของวัสดุบริเวณสะพานความร้อน

เลขที่	วัสดุ	กรณีไม่มีฉนวน		กรณีมีฉนวน	
		T_{min} (°C)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{max} (°C)
1	กระเบื้องเซรามิค	25.01	29.8	25.00	30.07
2	ปูนซีเมนต์ผสมทราย	25.01	30.13	25.01	30.77
3	คอนกรีตสแลบ	25.02	32.61	25.01	33.10
4	ฝ้าเพดาน	25.00	29.20	25.00	29.24
5	ปูนซีเมนต์ผสมทราย / ฉนวนใยแก้ว	27.24	30.28	25.03	32.02



ภาพที่ 6 การกระจายอุณหภูมิในวัสดุต่างๆ ระหว่างกรณีไม่ใช้และใช้ฉนวนกันความร้อน

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิที่แสดงภาพที่ 5-6 และตารางที่ 5-6 สามารถอภิปรายและสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

1. ผลของฉนวนต่อค่าการนำความร้อนเชิงเส้น (ψ-value)

ผลการศึกษานี้ยืนยันว่า การใช้ฉนวนใยแก้วที่บริเวณจุดต่อผนังคอนกรีตสำเร็จรูป สามารถลดค่าการนำความร้อนเชิงเส้นได้ถึง 9.46% เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีฉนวน โดยสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ge และ Baba [3] ที่มีการใช้ฉนวน EPS (Expanded Polystyrene) ที่จุดต่อของอาคารที่พักอาศัยในเขตอบอุ่น โดยพบว่าฉนวนสามารถลดค่าการนำความร้อนเชิงเส้นได้ระหว่าง 7–12% ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดต่อและความหนาของฉนวน

2. ผลของฉนวนต่อการถ่ายเทความร้อนรวม

การลดลงของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมต่อความยาว (Q') ที่มีค่าเท่ากับ 4.76% แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งฉนวนส่งผลอย่างชัดเจนต่อการลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ซึ่งส่งผลให้เกิดการลดภาระการทำความเย็น ผลลัพธ์นี้

สอดคล้องกับการศึกษาของ Ge & Baba [3] ที่ได้อธิบายถึงผลกระทบของสะพานความร้อน จะมีความแตกต่างกันตามแต่สภาพภูมิอากาศ และหากสามารถเลือกใช้ฉนวนที่เหมาะสมได้จะสามารถช่วยลดพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นของอาคารลง

3. การกระจายตัวของอุณหภูมิและเสถียรภาพของสภาวะภายในอาคาร

จากภาพที่ 6 วิเคราะห์การกระจายอุณหภูมิ พบว่าฉนวนสามารถช่วยในการรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้มีความเสถียรมากขึ้น โดยช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิที่จุดต่อผนัง และป้องกันการเกิดจุดที่เกิดการสะสมความร้อนบริเวณโครงสร้างคอนกรีตชั้นใน ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน ในภูมิอากาศร้อนชื้น

4. แนวทางการออกแบบอาคารในอนาคต

ผลการศึกษานี้แสดงถึงความสำคัญในการออกแบบฉนวนความร้อนให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของจุดต่อโครงสร้าง เพื่อให้สามารถลดการถ่ายเทความร้อนผ่านสะพานความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในอนาคตการศึกษาโดยใช้วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าบทความนี้ หรือการใช้ฉนวนที่มีคุณสมบัติแบบ วัสดุที่มีการเปลี่ยนสถานะ (Phase Change Materials) อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอาคารให้สูงขึ้น นอกจากนี้การศึกษาโดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบไม่คงที่ตามเวลา (Transient) จะช่วยให้เกิดความเข้าใจและมีความแม่นยำมากขึ้นเกี่ยวกับพฤติกรรมของสะพานความร้อนที่เกิดกับอาคารจริง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยแบบจำลองที่ติดตั้งฉนวนหนา 50 มม. ทำการวิเคราะห์แบบคงที่ (Steady-state analysis) ถูกเลือกใช้ในการศึกษานี้เนื่องจากเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 10211 ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับสำหรับการคำนวณสะพานความร้อนและเป็นพื้นฐานที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพทางความร้อนเบื้องต้น โดยสามารถที่จะลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเชิงเส้นลง 9.46% และลดการถ่ายเทความร้อนรวมลง 4.76% ตามลำดับ แต่ผลที่ได้อยู่ในระดับที่ยังน้อยกว่าผลการศึกษาของ Zhang et al. [4] และ Santos และ Mateus [13] ซึ่งเน้นการนำวัสดุแบบเฉพาะใช้ในตำแหน่งเจาะจงที่เสี่ยงต่อการเกิดสะพานความร้อนอย่างมีเป้าหมายและประสิทธิภาพสูงเช่น การติดตั้งแถบหยุดความร้อน (Thermal Break Strip) หรือวัสดุประเภท Glass Fiber Reinforced Polymer แต่จุดเด่นของการศึกษานี้อยู่ที่การใช้วัสดุฉนวนประเภทเส้นใย (Fibrous Insulation) ซึ่งเข้ากันได้ดีทางด้านโครงสร้างและติดตั้งได้ง่ายกับการก่อสร้างจริงในระบบผนังคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย อีกทั้งบทความนี้ยังแสดงผลของฉนวนต่อการสะสมอุณหภูมิในแต่ละชั้นวัสดุ ทำให้เกิดความเข้าใจการกระจายตัวของอุณหภูมิ ช่วยให้สามารถออกแบบฉนวนที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นได้ดีขึ้น โดยไม่เพียงแต่คำนึงถึงค่าการนำความร้อนเชิงเส้นเท่านั้น แต่รวมถึงผลของการสะสมความร้อนในชั้นโครงสร้าง ซึ่งมีความสำคัญต่อการลดภาระของระบบปรับอากาศ และความคงทนของวัสดุ ดังนั้นจึงสามารถนำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์เพื่อใช้ในการออกแบบอาคารที่ต้องการลดผลกระทบจากสะพานความร้อนได้ในอนาคต โดยอาจพิจารณาศึกษาเพิ่มเติมความหนาฉนวนที่ต่างกัน และเลือกใช้วัสดุฉนวนชนิดอื่นๆ เพื่อให้มีข้อมูลเพิ่มขึ้นในการนำไปปฏิบัติต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณวิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยิ่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี อีกทั้งยังขอขอบคุณบุคลากรที่ได้ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการทำวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

1. International Energy Agency. Energy efficiency 2022 [Internet]. Paris: IEA; 2022 [cited 2025 Mar 16]. Available from: https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022
2. Theodosiou TG, Papadopoulos AM. The impact of thermal bridges on the energy demand of buildings with double brick wall constructions. Energy Build. 2008;40(11):2083-9.
3. Ge H, Baba F. Dynamic effect of thermal bridges on the energy performance of a low-rise residential building. Energy Build. 2015;106:149-57.
4. Zhang X, Jung GJ, Rhee KN. Performance evaluation of thermal bridge reduction method for balcony in apartment buildings. Buildings. 2022;12(1):63.
5. Kim H, Yeo M. Thermal bridge modeling and a dynamic analysis method using the analogy of a steady-state thermal bridge analysis and system identification process for building energy simulation: Methodology and validation. Energies. 2020;13(17):4422.
6. Chen G, Hou Y, Ge H, Zhang S, Liu X, Guo X, et al. Effect of thermal bridges on the energy performance of Chinese residential buildings. Energy Built Environ. 2024. Available from: https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2024.02.003
7. Snp-Post Tension Co., Ltd. Primo Posto – Kaset Nawamin Road [Internet]. [cited 2025 Mar 16]. Available from: https://snp-precast.snp-post.com/precast-project/detail-project/78
8. Ministry of Energy. Notification of the Ministry of Energy: Criteria and calculation methods for building design by system. Bangkok: Ministry of Energy; 2009. Thai.
9. Physibel. Material properties and boundary conditions EN ISO 10077-2, EN ISO 10456, EN ISO 6946: Physibel software knowledge base. Maldegem (BE): Physibel; 2021.
10. Simões N, Prata J, Tadeu A. 3D dynamic simulation of heat conduction through a building corner using a BEM model in the frequency domain. Energies. 2019;12(23):1-27.
11. Iodice P, Massarotti N, Mauro A. Effects of inhomogeneities on heat and mass transport phenomena in thermal bridges. Energies. 2016;9(3):1-21.
12. International Organization for Standardization. ISO 10211:2017 thermal bridges in building construction—heat flows and surface temperatures—detailed calculations. Geneva: ISO; 2017.
13. Santos P, Mateus D. Experimental assessment of thermal break strips performance in load-bearing and non-load-bearing LSF walls. J Build Eng. 2020;32:101693.
14. Meteorological Development Division. Bangkok climate [Internet]. Bangkok: Thai Meteorological Department; 2023 Jan [cited 2025 Mar 15]. Available from: http://climate.tmd.go.th/data/province/