บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย เครื่องมือและลักษณะทางกายภาพของแบบจำลอง

3.1ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล ทฤษฎีตลอดจนกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารเพื่อลดการใช้ไฟฟ้าในส่วนภาระปรับอากาศ
2. สำรวจ เก็บข้อมูลอาคารสำนักงานเพื่อหารูปทรงที่มีจำนวนมากที่สุดในกรุงเทพมหานคร
3. จำลองแบบหาแนวทางลดค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคาร โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาว่าปัจจัยหลักใดที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร โดยใช้ข้อกฎหมาย เป็นเกณฑ์การพิจารณา ได้แก่

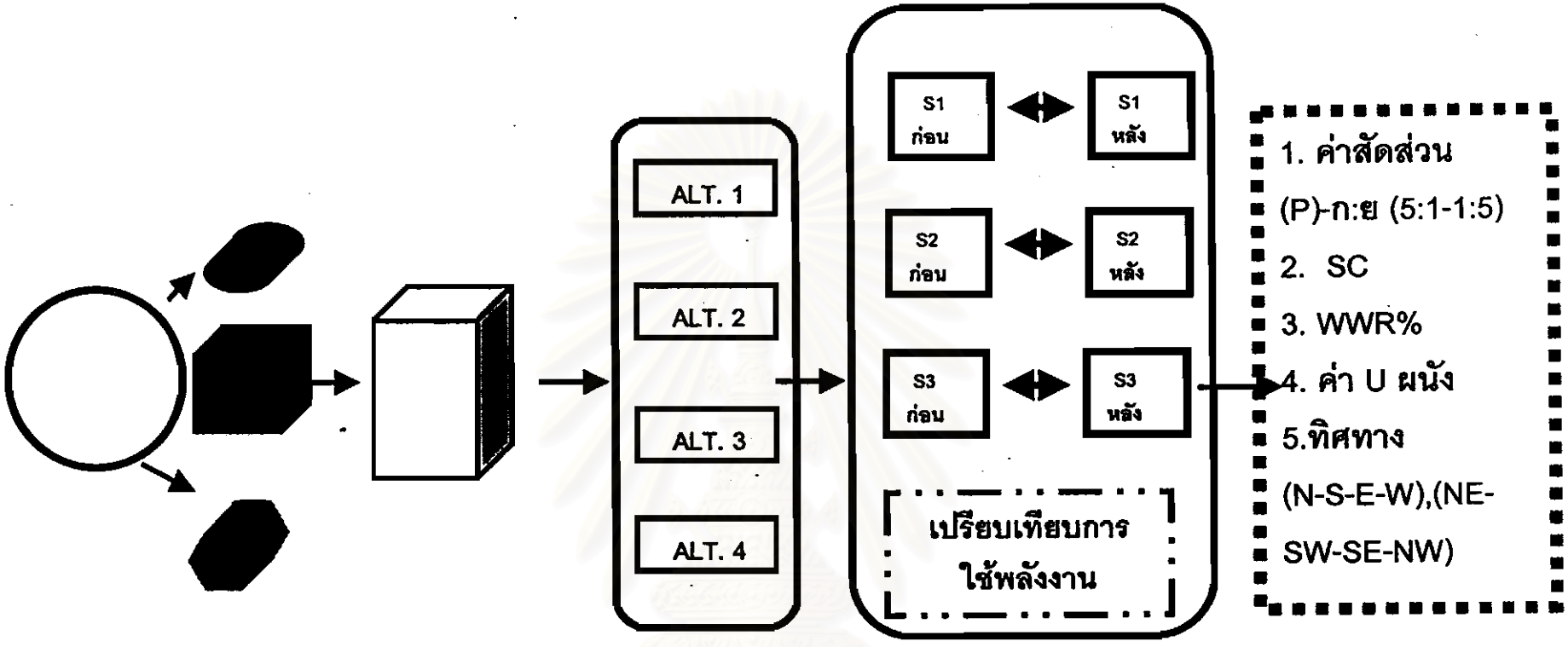
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
- พระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535
- พระราชกฤษฎีกา กำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538
- กฎกระทรวง(พ.ศ.2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535
- กฎกระทรวง ฉบับที่ 48(พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

4. เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงอาคารในแนวทางต่าง ๆ
5. ประเมินทางเลือก และเปรียบเทียบค่าความร้อนเฉลี่ยที่ส่งผ่านรูปร่างรอบนอกอาคาร ตลอดจนเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนปรับอากาศที่เกิดจากค่าความร้อนที่ส่งผ่านระบบเปลือกอาคาร 1 ปี ของอาคารกรณีศึกษา 3 อาคาร ทั้งก่อน-หลังการปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร ประกอบการวิเคราะห์ด้านการลงทุน
6. วิเคราะห์ สรุปหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารสำนักงานสูงที่มีลักษณะเดียวกัน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. คอมพิวเตอร์
2. โปรแกรม - Microsoft Excel
   - Microsoft Word

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงแนวคิดหลักในการศึกษาและระเบียบวิธีวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

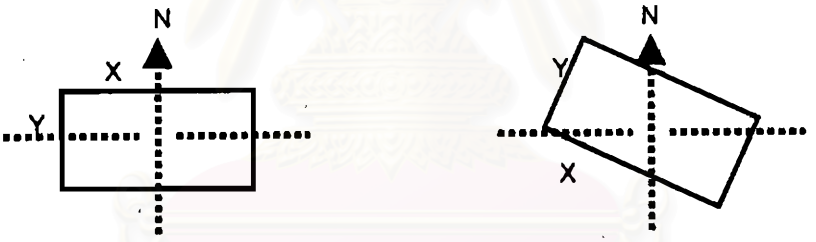
3.3 ลักษณะทางกายภาพของแบบจำลอง

เป็นการแสดงลักษณะของแบบจำลองที่ทำการศึกษาที่มีผนังรูปแบบต่าง ๆ ว่าตัวแปรใดมีผลกับค่าความร้อนที่ส่งผ่านผนังแบบจำลอง ตลอดจนการแสดงวิธีการคำนวณค่าความร้อน กรณีที่ความสูงอาคารแตกต่างไปจากค่าที่ใช้ในแบบจำลอง รวมถึงการแสดงวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรของปริมาณความร้อนจากภายนอกที่ถ่ายเทผ่านผนังทึบและผนังโปร่งแสงเข้าสู่แบบจำลองเฉพาะด้าน (OTTVi) ทั้งนี้เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของอาคารจริง

1. แบบจำลองสูง 1 ชั้น 3.50 เมตร มีพื้นที่ชั้น 1 ตารางเมตร
2. ผนังแบบจำลองเป็นผนังเบาชนิดไม่รับน้ำหนักภายนอก (Curtain Wall) ดังรายละเอียดดังนี้
   - 2.1 ผนังส่วนทึบเป็น Aluminum Sheet Alloy 1100
   - 2.2 ผนังส่วนทึบเป็น Composite Panel หนา 4 มิลลิเมตร , 6 มิลลิเมตร
   - 2.3 ผนังโปร่งแสงเป็นกระจกประเภท Soft Coated 6 มิลลิเมตร ,กระจกประเภท Hard Coated 6 มิลลิเมตร , กระจกประเภท Laminated 6มิลลิเมตร
3. ไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายนอกและภายใน

ตัวแปรที่ทำการศึกษาหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังรูปร่างภายนอกของแบบจำลองทิศต่าง ๆ

1. ค่าสัดส่วนของแบบจำลอง (P) - $\sqrt{X/Y}$ (เริ่มตั้งแต่ 5:1 – 1:5) ขยับทีละ 0.25



2. ค่า SC ของกลุ่มกระจกที่เลือกใช้
3. อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างและหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้นWWR (%)
4. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของผนังทึบหลังการปรับปรุง
5. ทิศทางการวางแบบจำลอง (N-S-E-W) และ (NE-NW-SE-SW)

จากสูตร $Q = [(1-WWR)*U_w*T_{deq} + WWR*U_f*\Delta T + WWR*SC*SF] * A_o$

เมื่อ
- Q = ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังแบบจำลอง (วัตต์)
- U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (วัตต์/ตรม.องศาเซลเซียส)
- TDeq = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอก และภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนังทึบ
- WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างและหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น (อาคารที่มีค่า WWR มาก คือ อาคารที่มีผนังโปร่งแสงมาก)
- U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง (วัตต์/ตรม. องศาเซลเซียส)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอก และภายในอาคาร สำหรับประเทศไทย คือ 5 องศาเซลเซียส

SC = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีดวงอาทิตย์ (วัตต์/ตรม.)

A_o = พื้นที่กำแพงทั้งหมดสำหรับด้านใด ๆ (ตรม.)

A_o = Aw + Af

จัดให้อยู่ในรูปของสัดส่วนอาคาร (P ; $\sqrt{X/Y}$) , พื้นที่ชั้น 1 ตรม. ($\sqrt{X*Y}$) และ H - ความสูง (ม.)

โดยที่ $A_o = \sqrt{X/Y} * \sqrt{X*Y} * H$

จะได้ $Q = [(1-WWR)*Uw*Tdeq + WWR*Uf*\Delta T + WWR*SC*SF] * \sqrt{X/Y} * \sqrt{X*Y} * H$

ตัวแปรที่กำหนดเป็นค่าคงที่สำหรับการคำนวณ

1. พื้นที่ชั้น 1 ตรม. ($\sqrt{X*Y}$)
2. ความสูงแบบจำลอง 1 ชั้น
3. ค่า Tdeq เท่ากับ 16 องศาเซลเซียส (กฎกระทรวง(พ.ศ.2538) ออกตามพ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเป็นเกณฑ์)
4. ค่า ΔT เท่ากับ 5 องศาเซลเซียสเซลเซียส (กฎกระทรวง(พ.ศ.2538) ออกตามพ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเป็นเกณฑ์)
5. SF ของแต่ละทิศทาง เซลเซียส (กฎกระทรวง(พ.ศ.2538) ออกตามพ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเป็นเกณฑ์)

3.4 เกณฑ์การกำหนดแนวทางปรับปรุง

ในการพิจารณาทางแนวทางเลือกสำหรับการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารชนิดผนังเบาไม่รับน้ำหนักภายนอก (Curtain Wall) สามารถกำหนดแนวทางเลือกได้ 4 แนวทาง ซึ่งเป็นการแยกตามวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังเบาชนิดไม่รับน้ำหนักทั้งในส่วนทึบและส่วนโปร่งแสง ประกอบกับการพิจารณาแยกตามประเภทของอาคารที่มีการใช้งานอยู่แล้ว และอาคารที่ยังไม่ทำการก่อสร้าง ซึ่งแนวทางต่าง ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แนวทางปรับปรุงที่1

อาคารเก่า **กรณีที่1 ผนังภายนอกเป็นกระจกเดิม 6 มม. เพิ่มผนังภายในเป็นกระจกใส 10 มม. +ยิปซั่ม 9 มม.**

ความสูงแบบจำลอง 2.50 เมตร

เมื่อ SC1 - กระจก Soft Coated (เงินจรัส) หนา 6 มม.

SC1' - กระจก Soft Coated (เงินจรัส) หนา 6 มม.+ช่องว่างอากาศ 100มม.+กระจกใส10มม.

U1 - กระจก Soft Coated (เงินจรัส) หนา 6 มม.+ช่องว่างอากาศ 100มม.+ยิปซั่ม 9 มม.

SC2 - กระจก Soft Coated (น้ำเงินเขียว) หนา 6 มม.

SC2' - กระจก Soft Coated (น้ำเงินเขียว) หนา 6 มม. .+ช่องว่างอากาศ 100มม.+กระจกใส10มม.

U2 - กระจก Soft Coated (น้ำเงินเขียว) หนา 6 มม. .+ช่องว่างอากาศ 100มม.+ยิปซั่ม 9 มม.

SC3 - กระจก Soft Coated (เทาทิวา) หนา 6 มม.

SC3' - กระจก Soft Coated (เทาทิวา) หนา 6 มม. .+ช่องว่างอากาศ 100มม.+กระจกใส10มม.

U3 - กระจก Soft Coated (เทาทิวา) หนา 6 มม. .+ช่องว่างอากาศ 100มม.+ยิปซั่ม 9 มม.

SC4 - กระจก Soft Coated (เงินสกาว) หนา 6 มม.

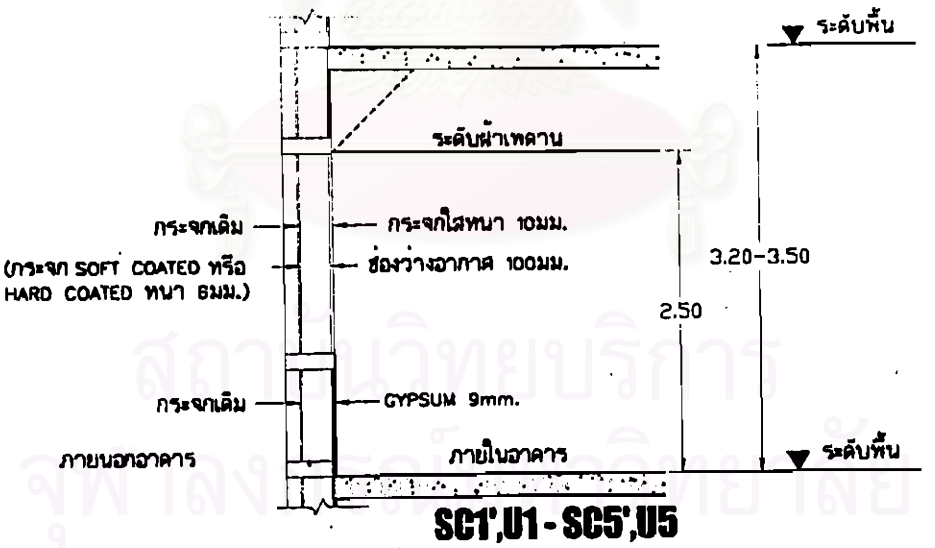
SC4' - กระจก Soft Coated (เงินสกาว) หนา 6 มม.+ช่องว่างอากาศ 100มม.+กระจกใส10มม.

U4 - กระจก Soft Coated (เงินสกาว) หนา 6 มม.+ช่องว่างอากาศ 100มม.+ ยิปซั่ม 9 มม.

SC5 - กระจก Hard Coated ,#1 (ฟ้าอมเขียว) หนา 6 มม.

SC5' - กระจก Hard Coated,#1 (ฟ้าอมเขียว) หนา 6 มม. .+ช่องว่างอากาศ 100มม.+กระจกใส10มม.

U5 - กระจก Hard Coated,#1 (ฟ้าอมเขียว) หนา 6 มม. .+ช่องว่างอากาศ 100มม.+ ยิปซั่ม 9 มม.



รูปที่ 3.1 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่1

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลชัย

แนวทางการปรับปรุงที่ 2

อาคารเก่า - กรณีที่2 เพิ่มฉนวนในส่วนทึบของผนัง

ความสูงแบบจำลอง 3.50 เมตร

เมื่อ กระจก SC1-SC5 (เหมือนแนวทางปรับปรุงที่ 1)

Uw – ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.

U1 – ผนัง Composite Panel 6 มม.

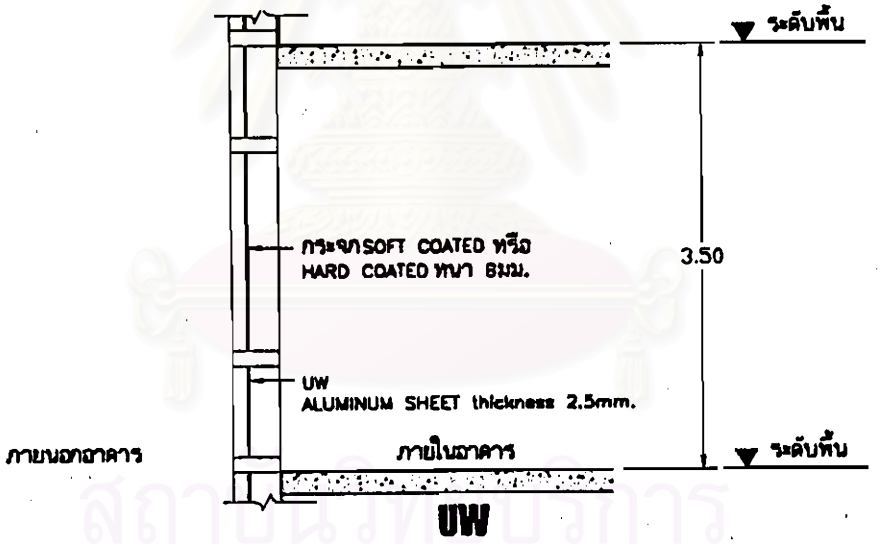
U2 – ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.+ช่องว่างอากาศ 100 มม. + ยิปซั่ม 9 มม.

U3 - ผนัง Composite Panel 6 มม. + ช่องว่างอากาศ 100 มม. + ยิปซั่ม 9 มม.

U4 - ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.+ช่องว่างอากาศ 100 มม. + สังกะสี 1.60 มม. +ใยแก้ว 25 มม.+ยิปซั่ม 9 มม.

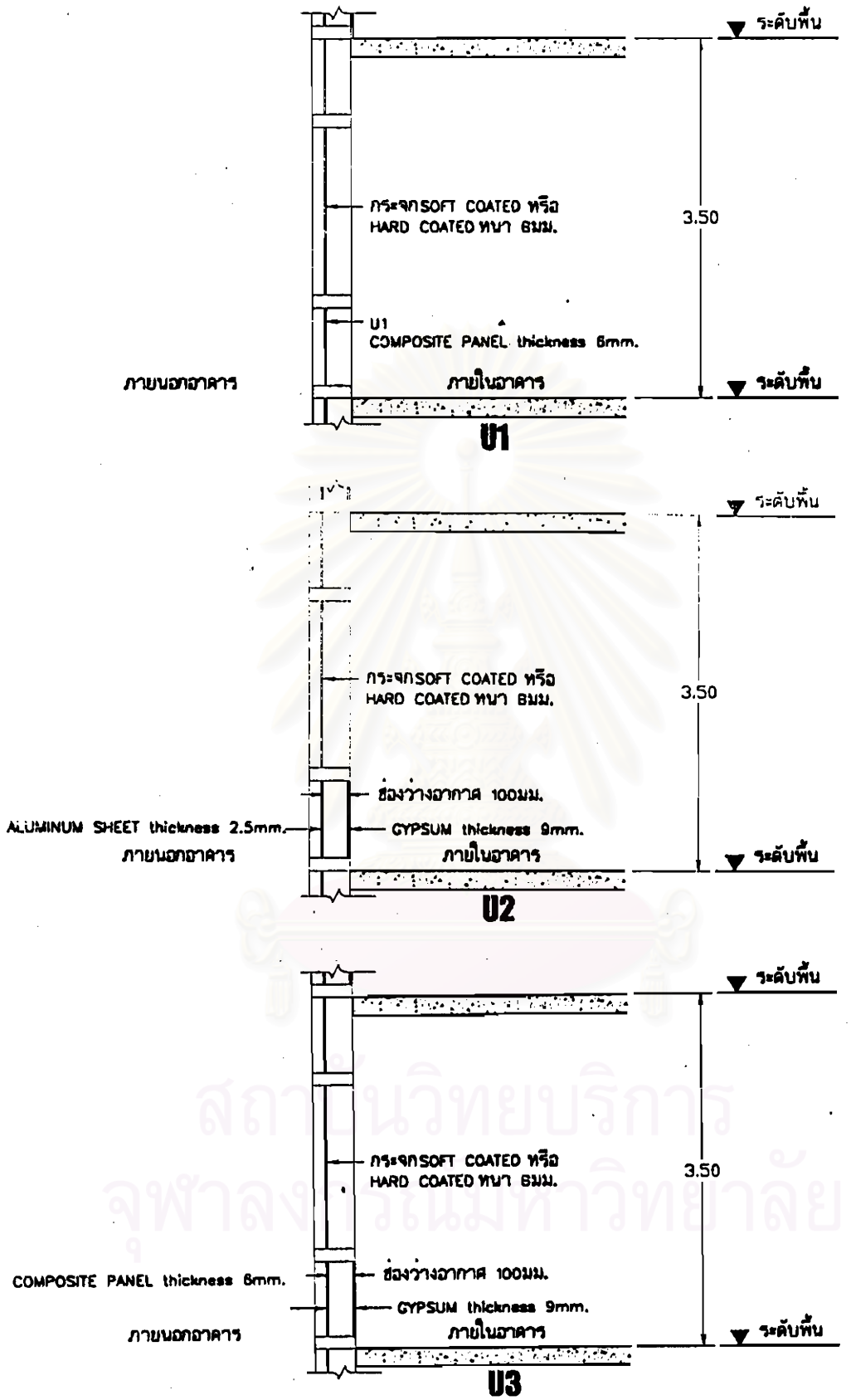
U5 - ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.+ช่องว่างอากาศ 100 มม. + สังกะสี 1.60 มม. +ใยแก้ว 50 มม.+ยิปซั่ม 9 มม.

U6 - ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.+ช่องว่างอากาศ100 มม.+สังกะสี1.60 มม. +ROCK WOOL 50 มม.+ยิปซั่ม 9 มม.



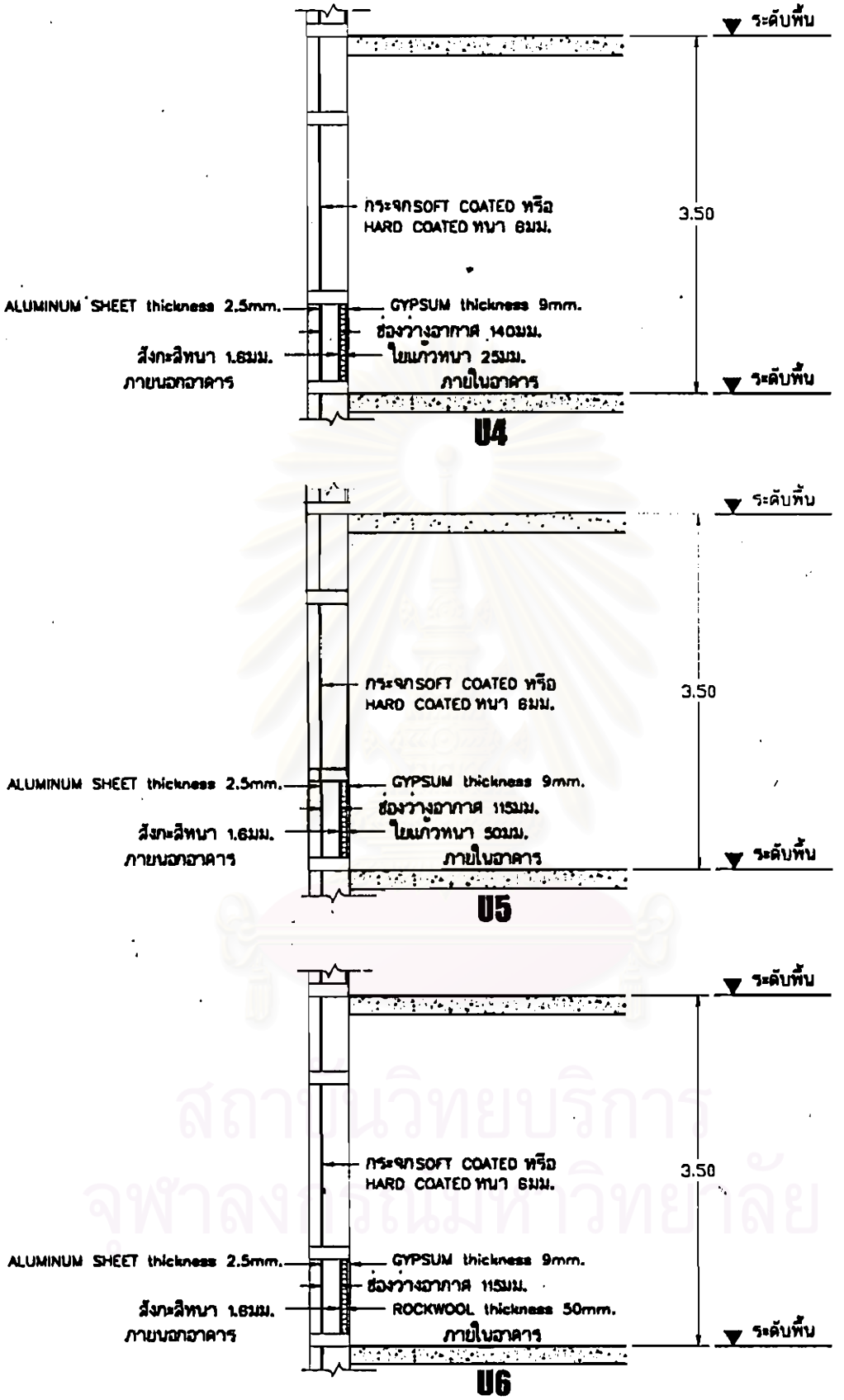
รูปที่ 3.2 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 2

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลไชย



รูปที่ 3.2 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 2 (ต่อ)

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลชัย



รูปที่ 3.2 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 2(ต่อ)

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลไชย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวทางการปรับปรุงที่3

อาคารเก่า - กรณีที่3 กระจกเดิมเพิ่มฉนวนด้านหลัง

ความสูงแบบจำลอง 3.50 เมตร

เมื่อ Uh – ผนังกระจก Hard Coated 6 มม. , SCh = 0.35

Us – ผนังกระจก Soft Coated 6 มม. , SCs = 0.32

U1 - ผนังกระจก Hard Coated + ช่องว่างอากาศ140มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ใยแก้ว 25 มม.+ยิปซั่ม 9 มม.

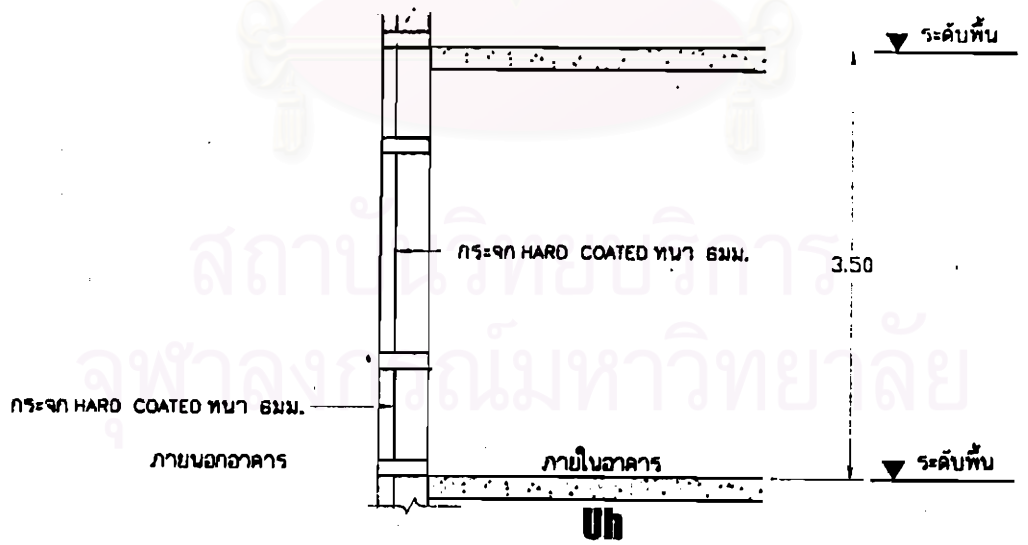
U2 – ผนังกระจก Soft Coated + ช่องว่างอากาศ 140มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ใยแก้ว 25 มม + ยิปซั่ม 9 มม.

U3 - ผนังกระจก Hard Coated + ช่องว่างอากาศ115มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ใยแก้ว 50 มม.+ยิปซั่ม 9 มม.

U4 - ผนังกระจก Soft Coated + ช่องว่างอากาศ 115มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ใยแก้ว 50 มม + ยิปซั่ม 9 มม.

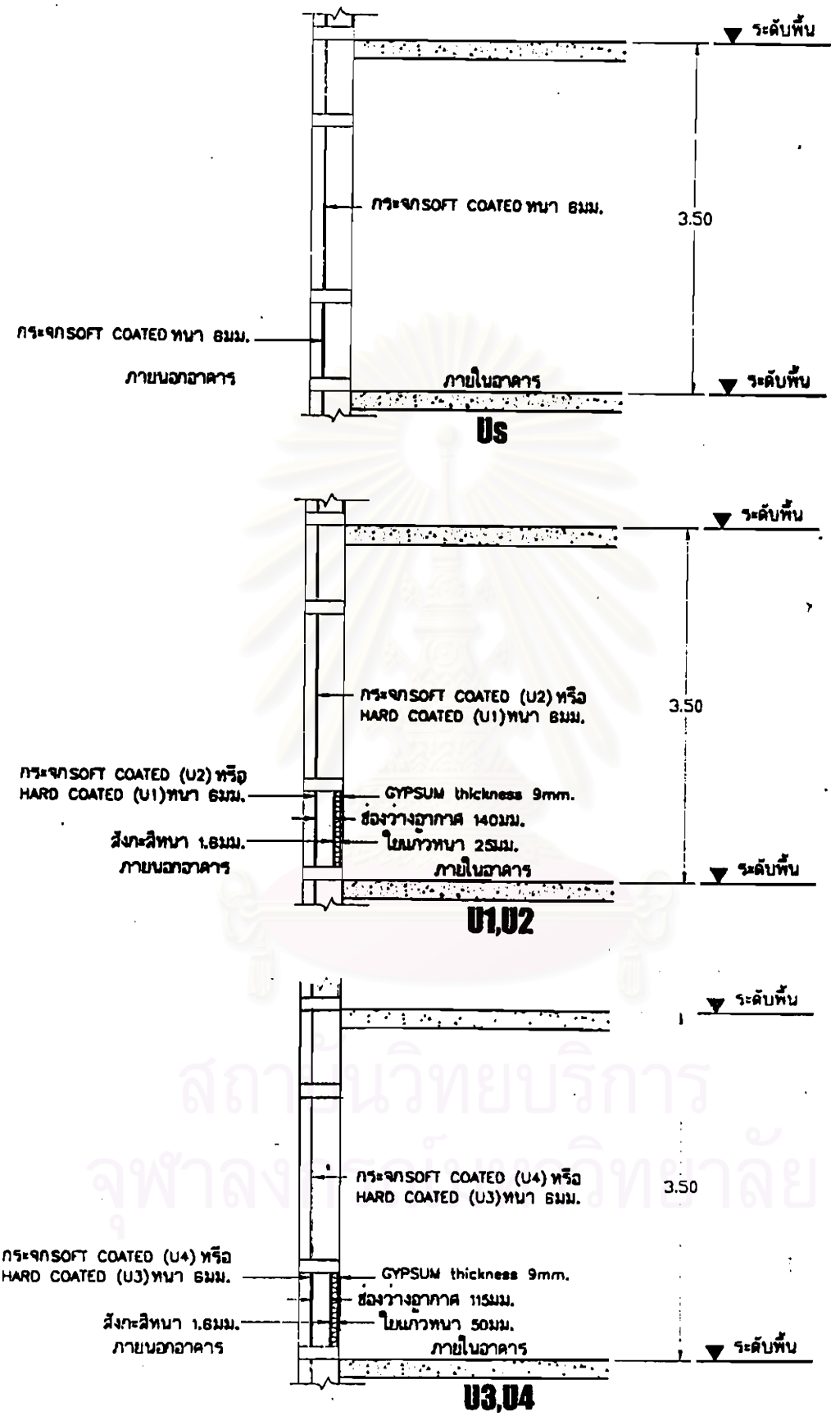
U5 - ผนังกระจก Hard Coated + ช่องว่างอากาศ115มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ROCK WOOL 50 มม.+ยิปซั่ม 9 มม.

U6 - ผนังกระจก Soft Coated + ช่องว่างอากาศ115มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ROCK WOOL 50 มม.+ยิปซั่ม 9 มม.



รูปที่ 3.3 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 3

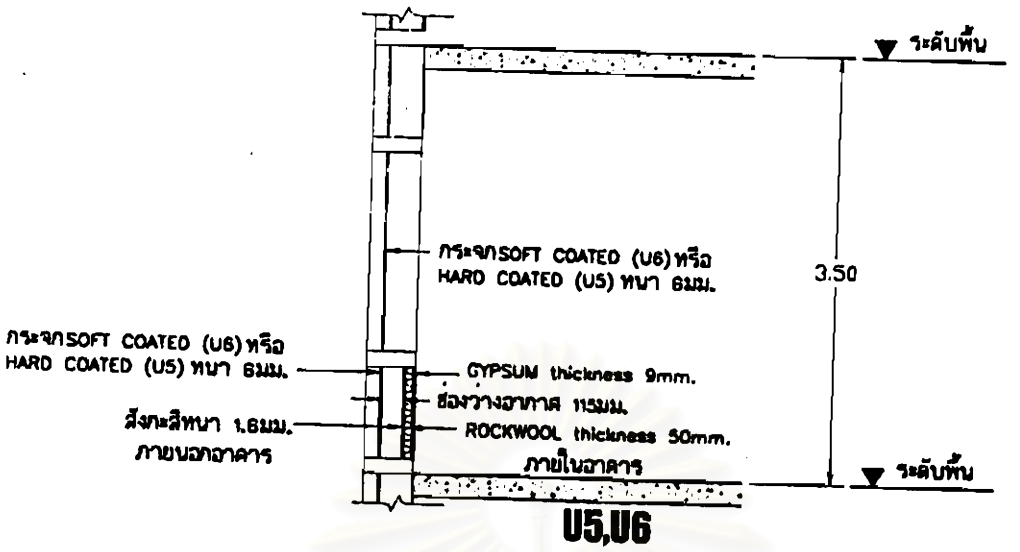
ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลไชย



รูปที่ 3.3 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 3(ต่อ)

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลไชย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 3(ต่อ)

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลไชย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวทางการปรับปรุงที่4

อาคารใหม่ - เพิ่มฉนวนในส่วนทึบของผนัง

ความสูงแบบจำลอง 3.50 เมตร

เมื่อ Scla1 – กระจก462 Blue – Green 6 มม.

Scla2 – กระจก562 Grey 6 มม.

Uw – ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.

U1 - ผนัง Composite Panel 4 มม.

U2 – ผนัง Composite Panel 6 มม.

U3 – ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.+ช่องว่างอากาศ 100 มม. + ยิปซั่ม 9 มม.

U4 - ผนัง Composite Panel 4 มม. + ช่องว่างอากาศ 100 มม. + ยิปซั่ม 9 มม.

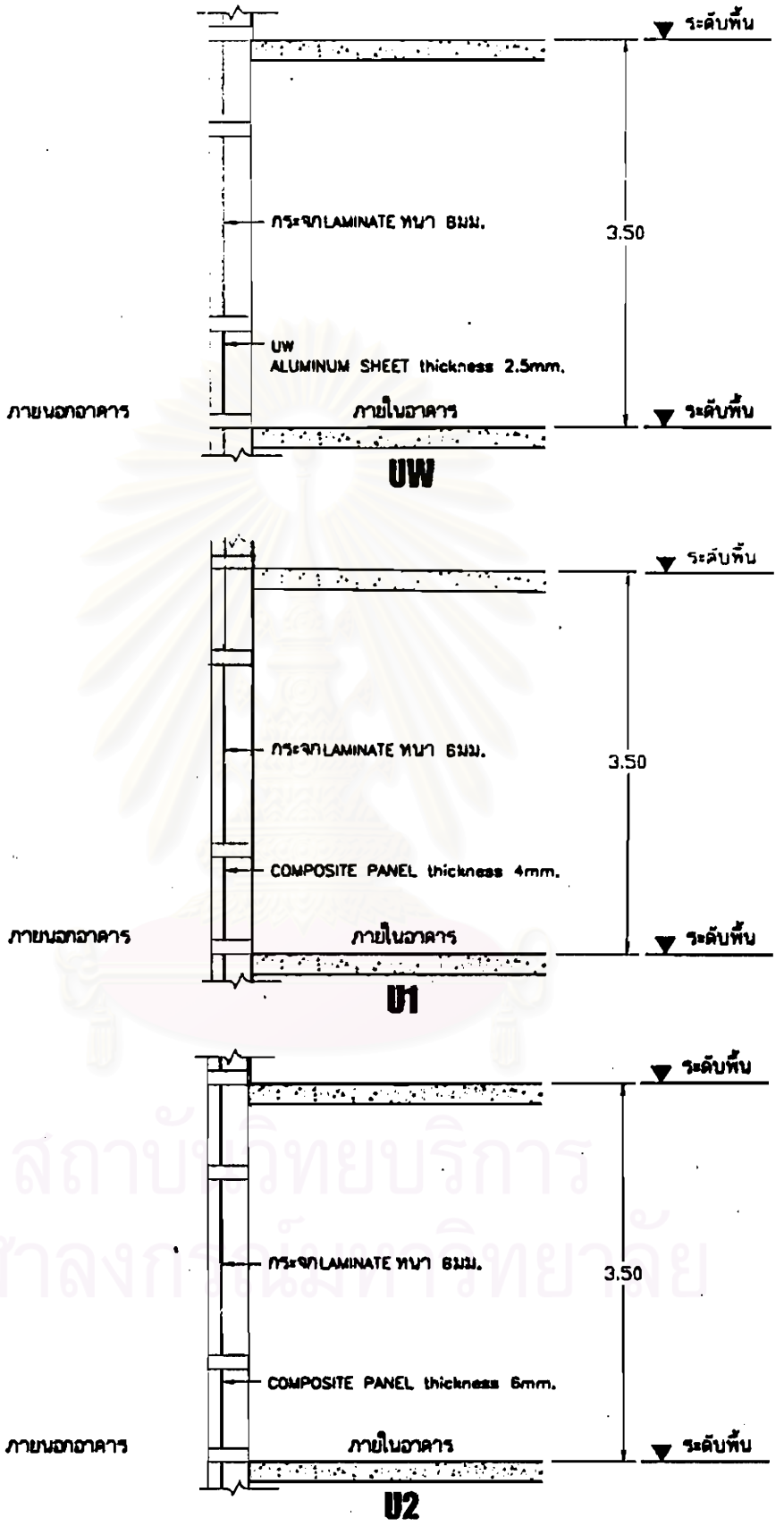
U5 - ผนัง Composite Panel 6 มม. + ช่องว่างอากาศ 100 มม. + ยิปซั่ม 9 มม.

U6 -ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.+ช่องว่างอากาศ 147.50 มม. + Vapor Barrier ชนิดสีดำ + ใยแก้ว 25 มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ ช่องว่างอากาศ 25 มม. + ยิปซั่ม 9 มม.

U7 - ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.+ช่องว่างอากาศ 122.50 มม. + Vapor Barrier ชนิดสีดำ + ใยแก้ว 50 มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ ช่องว่างอากาศ 25 มม. + ยิปซั่ม 9 มม.

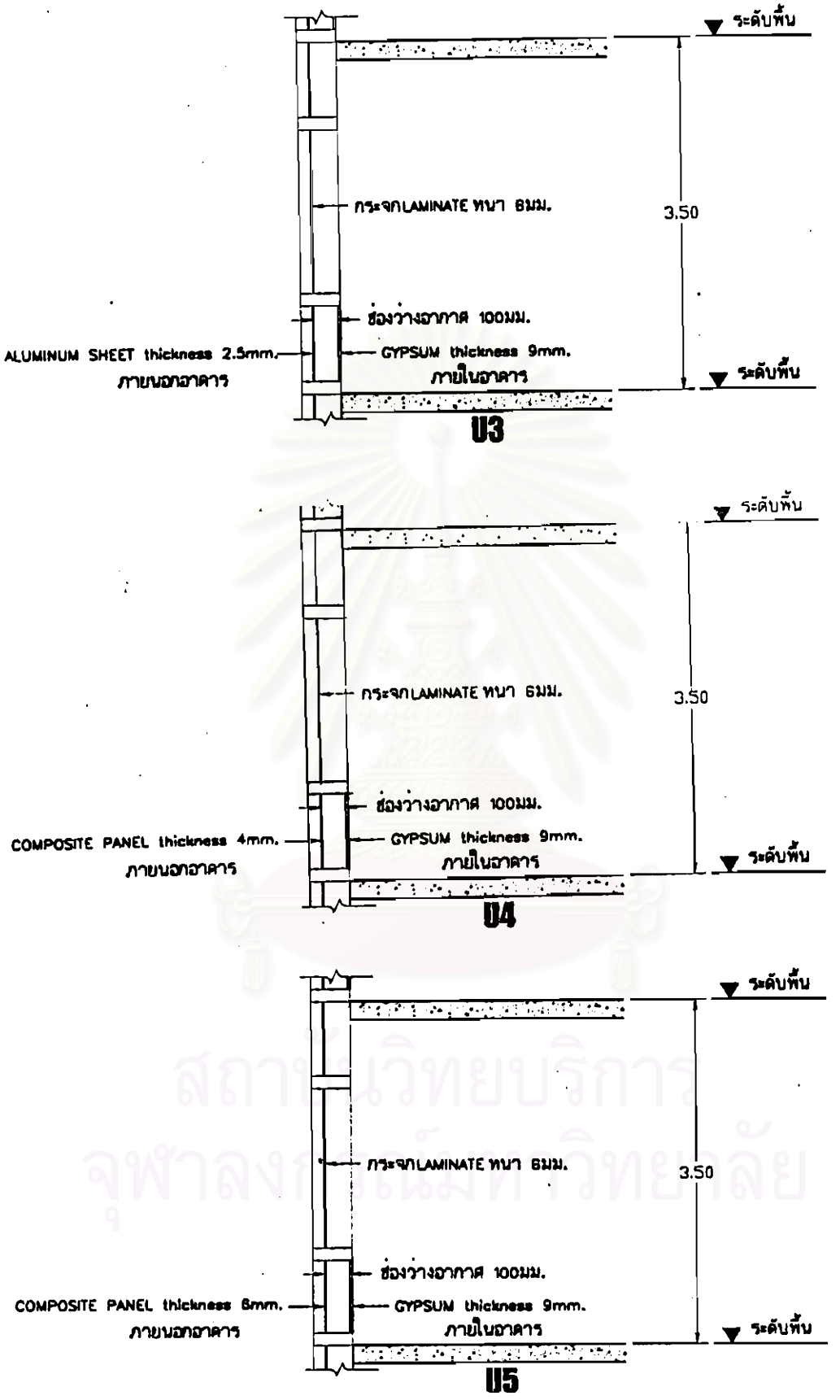
U8 - ผนัง Aluminum Sheet Alloy 1100 2.5 มม.+ช่องว่างอากาศ 122.50 มม. + Vapor Barrier ชนิดสีดำ + ROCKWOOL 50 มม.+สังกะสี 1.60 มม.+ ช่องว่างอากาศ 25 มม. + ยิปซั่ม 9 มม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



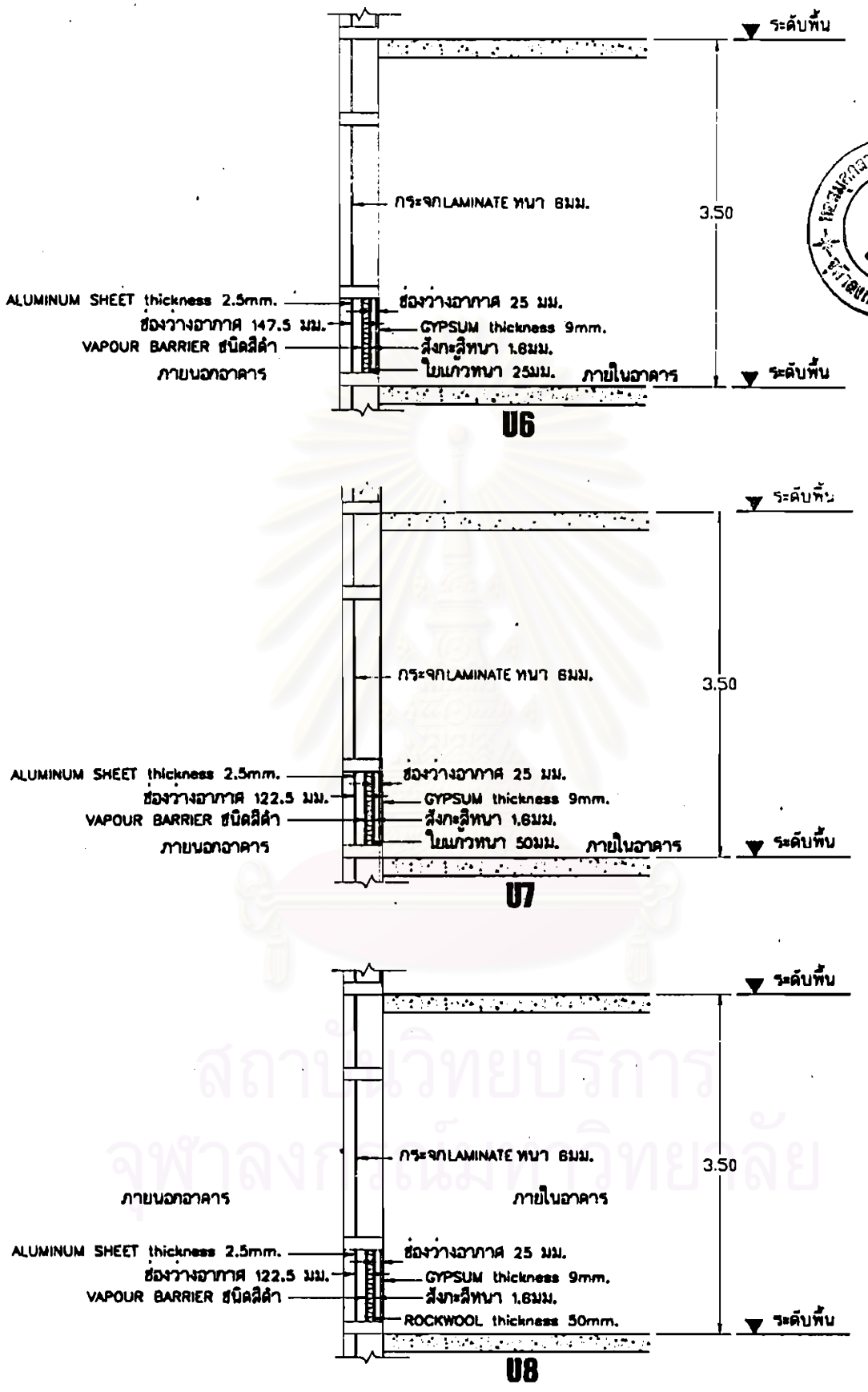
รูปที่ 3.4 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 4

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลชัย



รูปที่ 3.4 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 4(ต่อ)

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลไชย



รูปที่ 3.4 แสดงรูปตัดผนังแนวทางปรับปรุงที่ 4(ต่อ)

ที่มา : กอบกุล วิวิธมงคลไชย

3.5 การประยุกต์การใช้ค่าความร้อนที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง

ค่าความร้อนที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง เป็นค่าความร้อนที่ ความสูง 1 ชั้น 3.50 ม. พื้นที่ชั้น 1 ตรม. แต่ในความเป็นจริงอาคารบางหลังอาจมีความสูงที่แตกต่างไป หรือ มีพื้นที่ชั้นมากกว่า 1 ตรม. ตลอดจนการคำนวณค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรของปริมาณความร้อนที่ผ่านผนัง (OTTVi) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การคำนวณค่าความร้อนผ่านผนังแบบจำลองกรณีความสูงแตกต่างไป

เริ่มต้นจากการนำค่าความร้อนที่ได้จากการคำนวณ ในที่นี้ยกตัวอย่างที่ค่าสัดส่วน 5.00:1.00 ของแนวทางการปรับปรุงที่ 2 ที่ส่วนทึบเป็นแบบ U5 ผนังโปร่งแสงใช้กระจกSC1 ค่า WWR 10% ทิศเหนือ ที่ความสูง 3.50 เมตรซึ่งมีค่า 96.948 วัตต์ (ตารางที่4.10) ถ้าต้องการเปลี่ยนความสูงของอาคารให้อยู่ที่ 3.20 เมตร สามารถทำได้โดยจัดให้อยู่ในรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ คือ

(96.948/7.826)*7.155 = 88.636 วัตต์ (ที่พื้นที่ชั้นแบบจำลอง 1 ตรม.)

เมื่อ

ค่า 7.826 ตรม. คือ ค่าพื้นที่ผนังแบบจำลอง (Ao) ที่ความสูง 3.50 ม. ที่สัดส่วน 5.00:1.00 (ตารางที่3.1)

ค่า 7.155 ตรม. คือ ค่าพื้นที่ผนังแบบจำลอง (Ao)ที่ความสูง 3.20 ม. ที่สัดส่วน 5.00:1.00 (ตารางที่3.1)

นั่นคือ เมื่อความสูงของแบบจำลองลดต่ำลงจาก 3.50 ม. ไปที่ 3.20 ม. ค่าความร้อนที่ส่ายเทผ่านผนังจะลดต่ำลงจาก 96.948 วัตต์ ไปที่ 88.636 วัตต์ เป็นต้น

การคำนวณค่าความร้อนผ่านผนังแบบจำลองกรณีที่พื้นที่ชั้นแตกต่างไป

เนื่องการคำนวณค่าความร้อนผ่านผนังของแบบจำลอง เป็นการคำนวณที่กำหนดให้พื้นที่ชั้นมีค่า 1 ตรม. ในกรณีที่ต้องการหาปริมาณค่าความร้อนที่ผ่านผนังของอาคารที่มีพื้นที่ชั้นมากกว่า 1 ตรม. สามารถทำได้โดยการนำพื้นที่ที่ต้องการเพิ่มขึ้นโดยนำมาคูณได้เลย เช่น ที่ค่าสัดส่วน 5.00:1.00 ของแนวทางการปรับปรุงที่ 2 ที่ผนังส่วนทึบเป็นแบบ U5 ผนังโปร่งแสงใช้กระจกSC1 ค่า WWR 10% ทิศเหนือ ที่ความสูง 3.50 เมตรซึ่งมีค่า 96.948 วัตต์ (ตารางที่4.10) ถ้าต้องการเปลี่ยนพื้นที่ชั้นของอาคารให้อยู่ที่ 100 ตรม. สามารถทำได้โดยจัดให้อยู่ในรูปแบบสมการคณิตศาสตร์ คือ 96.948*100 = 9694.80 วัตต์ ที่พื้นที่ชั้น 100ตรม. เป็นต้น

การคำนวณค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรของปริมาณความร้อนที่ผ่านผนัง 1ด้านใด ๆ (OTTVi)

ในที่นี้จะแสดงวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรของปริมาณความร้อนที่ผ่านผนัง (OTTVi) ของแบบจำลอง ที่ค่าสัดส่วน 5.00:1.00 ของแนวทางการปรับปรุงที่ 2 ที่ผนังส่วนทึบเป็นแบบ U5 ผนังโปร่งแสงใช้กระจกSC1 ทิศเหนือ ค่า WWR 10% ที่ความสูง 3.50 เมตรซึ่งมีค่า 96.948 วัตต์ (ตารางที่4.10) จากสูตร

OTTVi = [(1-WWR)*Uw*Tdeq + WWR*Uf*ΔT + WWR*SC*SF]

ซึ่งจะเห็นได้ว่า สูตรข้างต้นมาจากสูตรการหาค่าความร้อนของแบบจำลองหารด้วยพื้นที่ผนัง A_o ซึ่งจัดอยู่ในรูปสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

Q = [(1-WWR)*Uw*Tdeq + WWR*Uf*ΔT + WWR*SC*SF] * A_o)/ A_o

นั่นคือ สามารถจัดให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ คือ 96.948/7.826 = 12.388 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยที่ค่า 7.826 ตรม. คือ ค่า พื้นที่ผนังแบบจำลอง (Ao) ที่ความสูง 3.50 ม. ที่สัดส่วน 5.00:1.00 (ตารางที่3.1) เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แสดงพื้นที่ผนังแบบจำลองที่ค่าสัดส่วน 5.00:1.00-1.00:5.00 (พื้นที่ชั้น 1 ตารางเมตร)

P กว้าง:ยาว	Ao (ตรม.) (N-S),(NE-SW) H = 2.5 เมตร	Ao (ตรม.) (E-W),(NW-SE) H = 2.5 เมตร	Ao (ตรม.) (N-S),(NE-SW) H = 3.2 เมตร	Ao (ตรม.) (E-W),(NW-SE) H = 3.2 เมตร	Ao (ตรม.) (N-S),(NE-SW) H = 3.3 เมตร	Ao (ตรม.) (E-W),(NW-SE) H = 3.3 เมตร	Ao (ตรม.) (N-S),(NE-SW) H = 3.4 เมตร	Ao (ตรม.) (E-W),(NW-SE) H = 3.4 เมตร	Ao (ตรม.) (N-S),(NE-SW) H = 3.5 เมตร	Ao (ตรม.) (E-W),(NW-SE) H = 3.5 เมตร
5.00:1.00	5.590	1.118	7.155	1.431	7.379	1.476	7.603	1.521	7.828	1.565
4.75:1.00	5.449	1.147	6.974	1.468	7.192	1.514	7.410	1.560	7.628	1.606
4.50:1.00	5.303	1.179	6.788	1.508	7.000	1.556	7.212	1.603	7.425	1.650
4.25:1.00	5.154	1.213	6.597	1.552	6.803	1.601	7.009	1.649	7.216	1.698
4.00:1.00	5.000	1.250	6.400	1.600	6.600	1.650	6.800	1.700	7.000	1.750
3.75:1.00	4.841	1.291	6.197	1.652	6.390	1.704	6.584	1.756	6.778	1.807
3.50:1.00	4.677	1.336	5.987	1.710	6.174	1.764	6.361	1.817	6.548	1.871
3.25:1.00	4.507	1.387	5.769	1.775	5.949	1.831	6.129	1.886	6.310	1.941
3.00:1.00	4.330	1.443	5.543	1.848	5.716	1.906	5.889	1.963	6.062	2.021
2.75:1.00	4.146	1.508	5.307	1.930	5.472	1.990	5.638	2.050	5.804	2.111
2.50:1.00	3.958	1.581	5.066	2.024	5.218	2.087	5.378	2.150	5.534	2.214
2.25:1.00	3.750	1.667	4.800	2.133	4.950	2.200	5.100	2.267	5.250	2.333
2.00:1.00	3.536	1.768	4.525	2.263	4.667	2.333	4.808	2.404	4.950	2.475
1.75:1.00	3.307	1.890	4.233	2.419	4.365	2.495	4.498	2.570	4.630	2.646
1.50:1.00	3.062	2.041	3.919	2.613	4.042	2.694	4.164	2.776	4.287	2.858
1.25:1.00	2.795	2.236	3.576	2.862	3.690	2.952	3.801	3.041	3.913	3.130
1.00:1.00	2.500	2.500	3.200	3.200	3.300	3.300	3.400	3.400	3.500	3.500
1.00:1.25	2.236	2.795	2.862	3.576	2.952	3.690	3.041	3.801	3.130	3.913
1.00:1.50	2.041	3.062	2.613	3.919	2.694	4.042	2.776	4.164	2.858	4.287
1.00:1.75	1.890	3.307	2.419	4.233	2.495	4.365	2.570	4.498	2.646	4.630
1.00:2.00	1.768	3.536	2.263	4.525	2.333	4.667	2.404	4.808	2.475	4.950
1.00:2.25	1.667	3.750	2.133	4.800	2.200	4.950	2.267	5.100	2.333	5.250
1.00:2.50	1.581	3.953	2.024	5.066	2.087	5.218	2.150	5.378	2.214	5.534
1.00:2.75	1.508	4.146	1.930	5.307	1.990	5.472	2.050	5.638	2.111	5.804
1.00:3.00	1.443	4.330	1.848	5.543	1.906	5.716	1.963	5.889	2.021	6.062
1.00:3.25	1.387	4.507	1.775	5.769	1.831	5.949	1.886	6.129	1.941	6.310
1.00:3.50	1.336	4.677	1.710	5.987	1.764	6.174	1.817	6.361	1.871	6.548
1.00:3.75	1.291	4.841	1.652	6.197	1.704	6.390	1.756	6.584	1.807	6.778
1.00:4.00	1.250	5.000	1.600	6.400	1.650	6.600	1.700	6.800	1.750	7.000
1.00:4.25	1.213	5.154	1.552	6.597	1.601	6.803	1.649	7.009	1.698	7.215
1.00:4.50	1.179	5.303	1.508	6.788	1.556	7.000	1.603	7.212	1.650	7.425
1.00:4.75	1.147	5.449	1.468	6.974	1.514	7.192	1.560	7.410	1.606	7.628
1.00:5.00	1.118	5.590	1.431	7.155	1.476	7.379	1.521	7.603	1.565	7.828