



บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัยอาคาร ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ศึกษาข้อมูลทางด้านอุณหภูมิ จึงมีเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ดังนี้

เครื่องวัดอุณหภูมิประเภท Switcher

เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิ ที่ประกอบด้วย ส่วนต่อสาย Thermo Couple และส่วนอ่านค่า Digital ส่วนต่อสาย Thermo Couple จะเปลี่ยนนิ้วด้วยระบบ Switch และอ่านค่าด้วยการต่อสายกับเครื่อง สามารถอ่านค่าได้สะดวกและแม่นยำ เนื่องจากเป็นระบบ Digital อ่านค่าละเอียดถึงทศนิยม 1 ตำแหน่ง ต่างจากการวัดค่าใน Scale ของ Thermometer ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนจากผู้อ่านข้อมูลมีมากกว่า เป็นเครื่องมือที่ใช้แบตเตอรี่ จึงสะดวกในการวัดค่าอุณหภูมिनอกสถานที่ สามารถปรับเครื่องให้เหมาะสมกับสาย Thermo Couple ทั้ง Type J, K และ T และอ่านค่าอุณหภูมิได้ทั้งหน่วย องศาเซลเซียส (C) และองศาฟาเรนไฮน์ (F) (รูปภาพประกอบ รูปที่ 3-1)

สายวัดอุณหภูมิ

เป็นสาย Thermo Couple ประกอบด้วยสายลวดทองแดง กับนิเกิล ขนาดเส้น 0.65 เป็นชนิด Type J โดยแปรผลที่ได้จากค่าความต่างศักย์ของลวดแต่ละคู่ เป็นค่าของอุณหภูมิที่ต้องการวัดในแต่ละจุด สำหรับการเก็บข้อมูลโดยปลายสายที่วัดอุณหภูมิจะต้องพันลวดทั้ง 2 หรือเชื่อมให้เสมือนเป็นเนื้อเดียวกัน (รูปภาพประกอบ รูปที่ 3-2)

เครื่องวัด Radiation

เป็นเครื่องวัดค่าพลังงานที่แผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ คือเครื่องมือ Incident Solar Energy Meter หน่วยที่วัดทั้ง BTU/Hr.Sq.ft หรือ Watt/Sq.M. เพื่อเป็นการศึกษาสภาพท้องฟ้าที่มีผลกระทบมาจากดวงอาทิตย์ ประกอบการวิจัย (รูปภาพประกอบ รูปที่ 3-3)

เครื่องวัดความชื้น Hygro - Thermometer

เป็นเครื่องวัดความชื้น และอุณหภูมิในตัวเดียวกัน (Hygro - Thermometer) ควรตั้งอยู่กับที่ ทั้งภายในและภายนอก เนื่องจาก Sensor ที่วัดค่าความชื้นนั้น มีความไวไม่มากนัก (รูปภาพประกอบ รูปที่ 3-4)

เครื่องวัดอุณหภูมิ Thermometer

เป็น Thermometer ที่ใช้วัดกันทั่วไป ใช้ในการวัดประกอบเครื่องวัดแบบ Switcher และ Data Locker (รูปภาพประกอบ รูปที่ 3-5)

เครื่องวัดอุณหภูมิประเภท Data Locker

เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิ ที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ทันทีลงในกระดาษ Print ที่ใส่ไว้ภายใน โดยการติดตั้งโปรแกรมให้บันทึกเอง หรือ ให้บันทึกตามเวลาที่ต้องการ สะดวกที่ไม่ต้องบันทึกข้อมูลเอง แต่ยังไม่สามารถต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ให้บันทึกได้เลย การต่อสายเช่นเดียวกับแบบแรก โดยต่อสาย Thermo Couple กับขั้วต่อด้านหลังได้ทั้งหมด 12 ช่อง (รูปภาพประกอบ รูปที่ 3-6)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-1 เครื่องวัดอุณหภูมิประเภท Switcher



รูปที่ 3-2 สายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type J



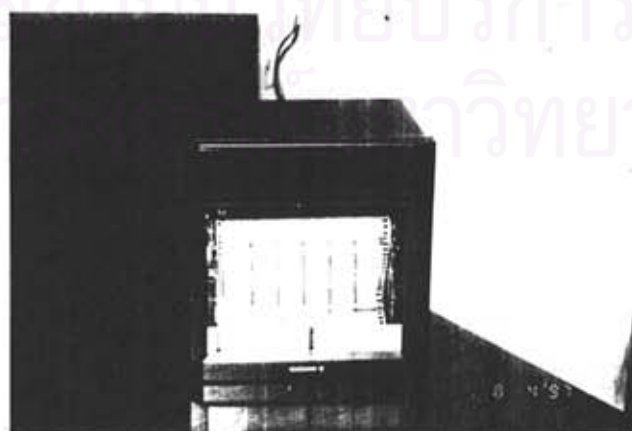
รูปที่ 3-3 เครื่องวัดพลังงานการแผ่รังสีความร้อน



รูปที่ 3-4 เครื่องวัดความชื้น Hygro-Thermometer



รูปที่ 3-5 เครื่องวัดอุณหภูมิ Thermometer



รูปที่ 3-6 เครื่องวัดอุณหภูมิประเภท Data Locker

3.2 การศึกษาจากอาคารจริง

จากสมมุติฐานข้อที่ 1-3 และวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล จากอาคารจริงของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของหลังคา 4 ประเภท ได้แก่ หลังคากระเบื้องลอนคู่ ,หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ,หลังคาแผ่นโลหะ และหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยดำเนินการเก็บ ข้อมูล ตามวันและสถานที่ (รูปภาพที่ 3-1) ดังนี้

1. หลังคากระเบื้องลอนคู่

- อาคารจามจุรี 1 (สำนักงานอธิการบดี) วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2540
- อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2540

2. หลังคากระเบื้องซีเมนต์

- อาคารจำลอง ชั้น 11 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ วันที่ 12 เมษายน 2540

3. หลังคาแผ่นโลหะ

- อาคารอักษรศาสตร์ 4 วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2540

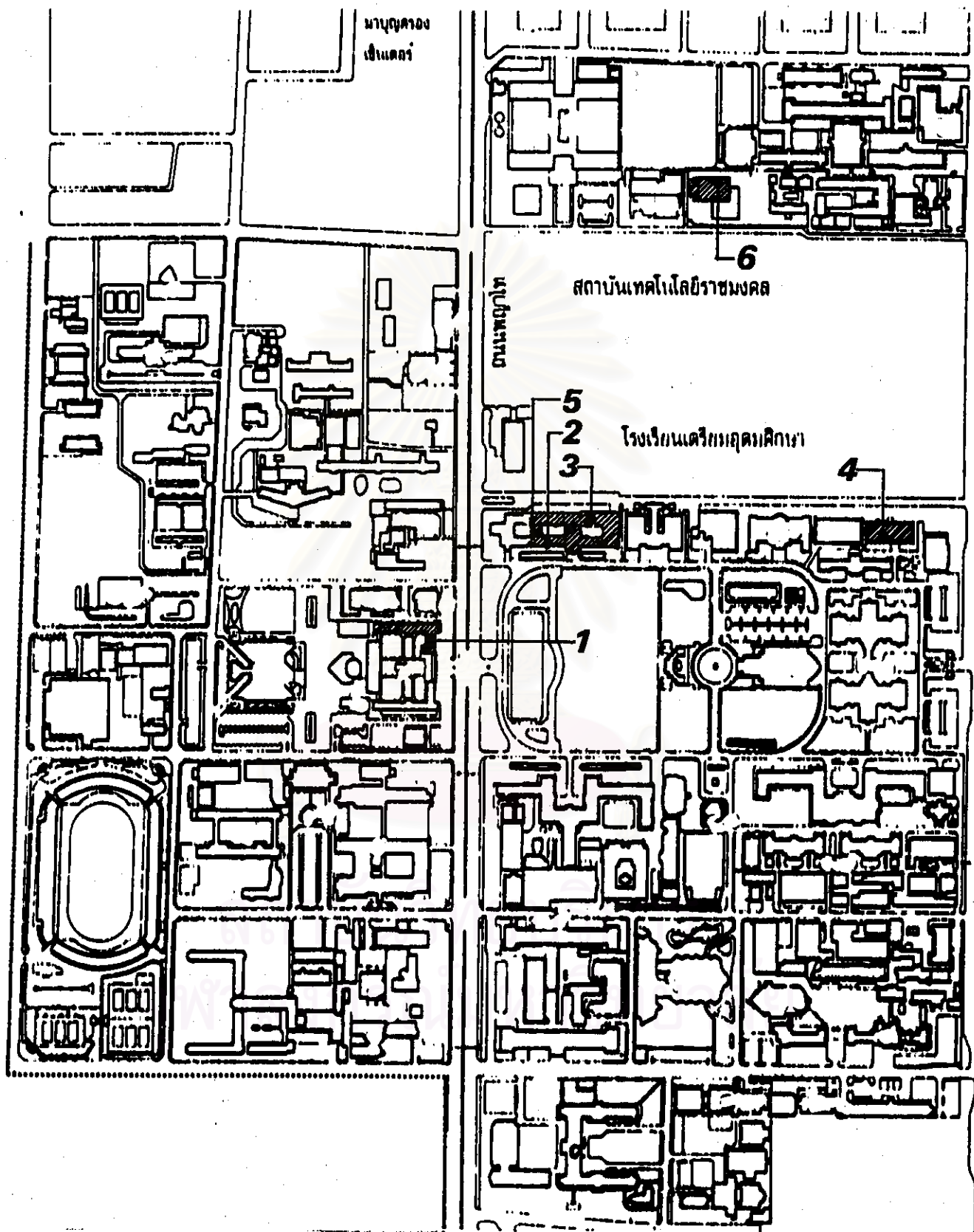
4. หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก

- อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2540
- อาคารสถาบัน 3 วันที่ 20 มีนาคม 2540

เนื่องจากข้อมูลที่เก็บได้ ผู้วิจัยได้พยายามเลือกตัวอย่างศึกษา เป็นห้องทำงานในชั้นใต้ หลังคา ที่มีการควบคุมอุณหภูมิภายในด้วยเครื่องปรับอากาศ และในส่วนหลังคาไม่มีการใส่ ฉนวนกันความร้อน ของหลังคาแต่ละประเภทมาเป็นตัวเปรียบเทียบเพื่อควบคุมตัวแปร แต่ยังมี ตัวแปรบางตัวที่ไม่สามารถควบคุมได้ เพราะเป็นข้อมูลจากอาคารจริง ได้แก่ กรณีหลังคาแผ่น โลหะ อาคารอักษรศาสตร์ 4 วัสดุฝ้าเพดานเป็นไม้ฉลวยทาสีหนา 4 มม. และมีช่องลมคอนกรีต บล็อกระบายอากาศด้านทิศเหนือ-ใต้ ซึ่งจะต่างจากกรณีศึกษาของหลังคาประเภทอื่น เป็นต้น โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ทางด้านการถ่ายเท ความร้อนผ่านทางหลังคาของห้องใต้หลังคา ดังนี้ คือ

1. อุณหภูมิอากาศภายในห้อง ระดับ +1.00 เมตร
2. อุณหภูมิอากาศภายในห้อง ระดับ +2.00 เมตร
3. อุณหภูมิอากาศภายนอกห้อง (ไม่มี Direcct Sun)

หมายเหตุ : เดิมกำหนดเก็บข้อมูลที่ของหลังคากระเบื้องคอนกรีต ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ แต่เนื่องจากความไม่ สะดวกในการเก็บ และความไม่ชัดเจนของข้อมูลที่จะได้ จึงเปลี่ยนมาศึกษาข้อมูลจากอาคารจำลองที่ สร้างขึ้นแทน.



รูปที่ 3-7 แผนที่แสดงตำแหน่งอาคารที่ดำเนินการเก็บข้อมูลห้องใต้หลังคา ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

4. อุณหภูมิผิวใต้ฝ้าเพดาน
5. อุณหภูมิผิวเหนือหลังคาภายนอก
6. อุณหภูมิผิวผนังภายในทั้ง 4 ด้าน
7. อุณหภูมิผิวกระจกภายในส่วนผนัง (ถ้ามี)
8. อุณหภูมิผิวพื้นภายใน

จากข้อมูลที่ได้ นำมาวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาแต่ละด้าน เมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายในห้อง (T_{in}) ซึ่งถูกควบคุมให้คงที่ด้วยเครื่องปรับอากาศ และวิเคราะห์หาค่า U-Value ของหลังคาแต่ละประเภท ดังจะได้กล่าวต่อไป

3.1.1 หลังคากระเบื้องลอนคู่

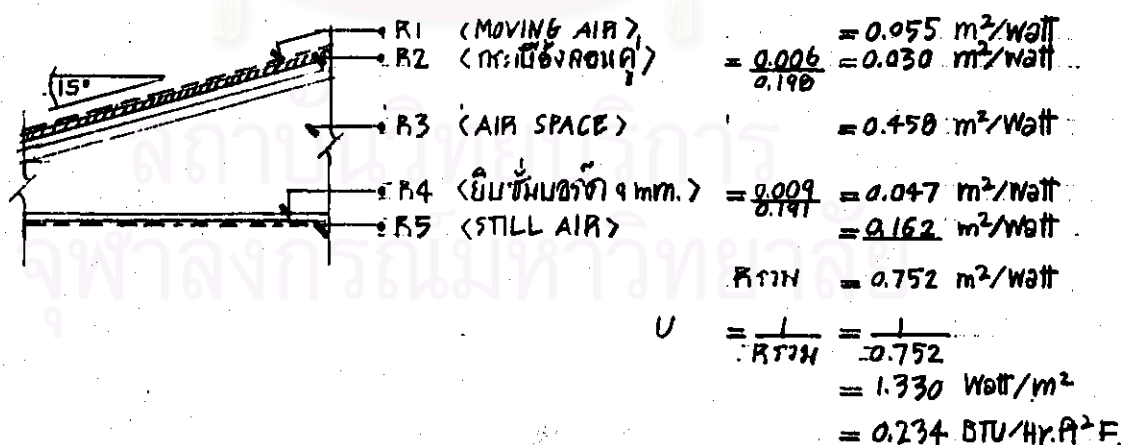
กรณีศึกษาที่ 1

สถานที่ : ห้องประชุมเล็ก หน้าห้องผู้อำนวยการกองกลาง อาคารจามจุรี 1

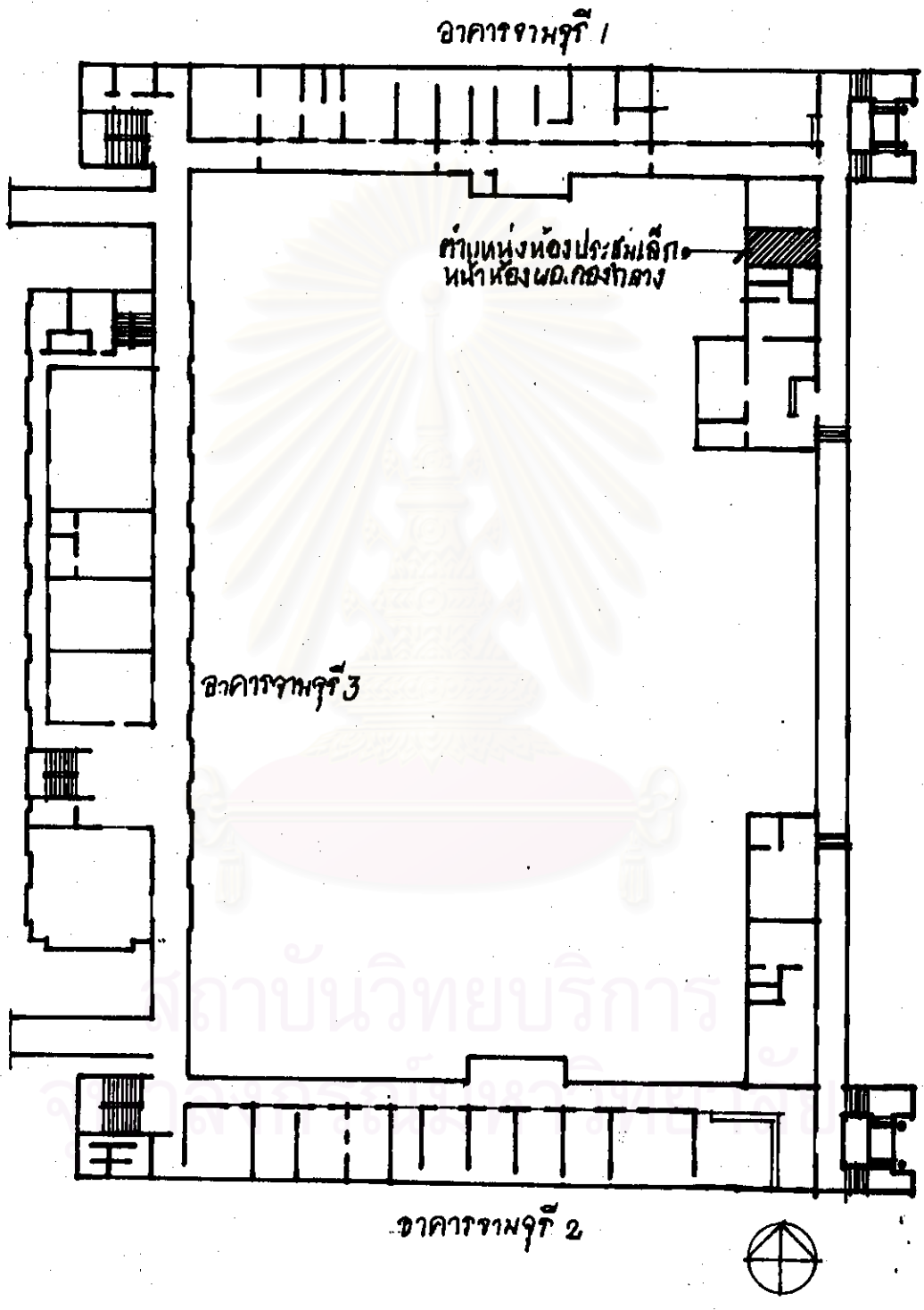
หลังคา : กระเบื้องลอนคู่ สีเทา โครงหลังคาไม้ ความเอียง 15° ไม่มีฉนวนกันความร้อน

ฝ้าเพดาน : ยิบซัมบอร์ด หนา 9 มม. โครงโครงเหล็กชุบสังกะสี T-bar # 0.60*1.20ม.

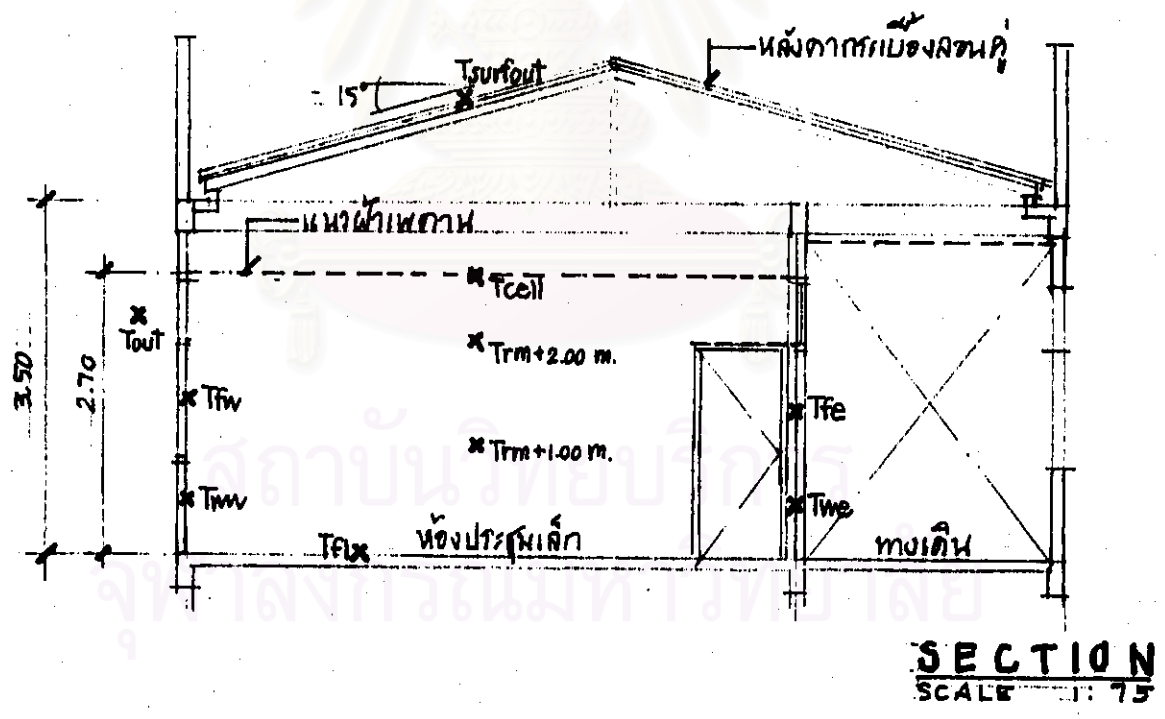
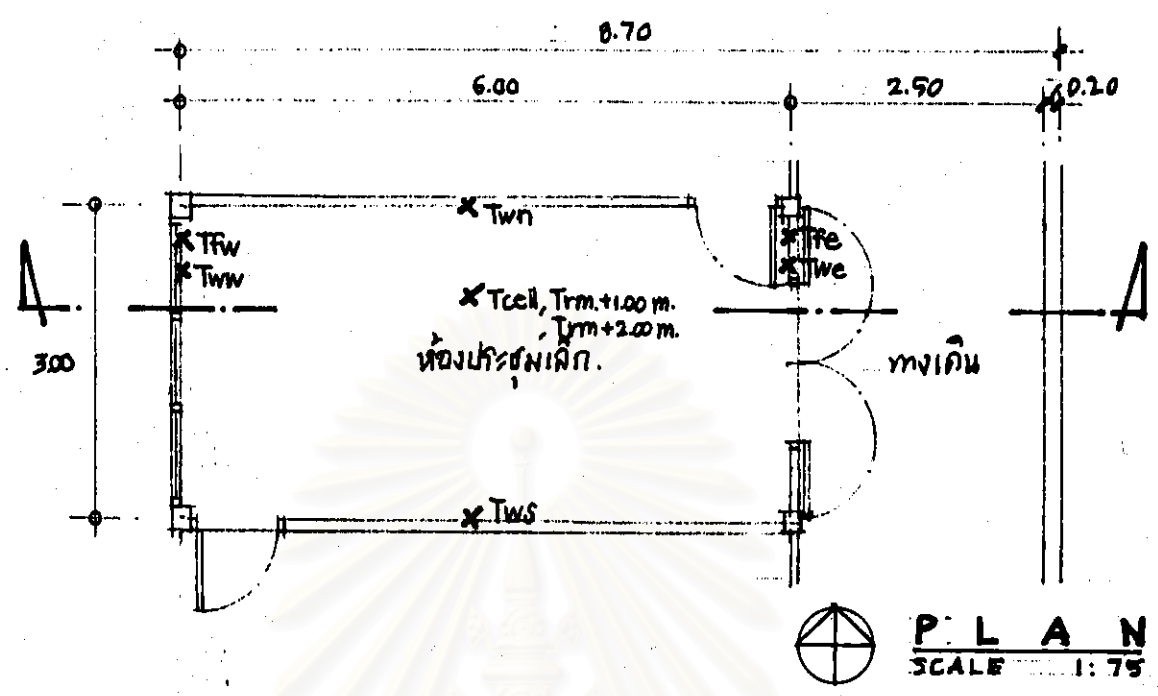
วันเดือนปี: 7 กุมภาพันธ์ 2540



รูปที่ 3-8 ภาพแสดงการหาค่า U-Value ของหลังคากระเบื้องลอนคู่ กรณีศึกษาที่ 1



รูปที่ 3-9 แผนผังตำแหน่งของห้องประชุมเล็ก ชั้น 2 อาคารจามจุรี 1

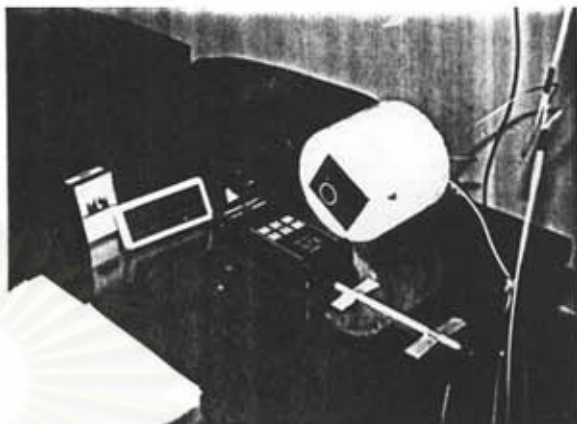


รูปที่ 3-10 ผังและรูปตัดทั่วไปของห้องประชุมเล็ก ชั้น 2 อาคารจามจุรี । แสดงตำแหน่งในการเก็บข้อมูลทางด้านอุณหภูมิตั้งแต่

รูปที่ 3-11(1) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังคากระเบื้องลอนคู่ 2 /ฟ้าเพดานวางแนวระนาบ ห้องประชุมเล็ก หน้าห้องผอ.กองกลาง อาคารจามจุรี 1



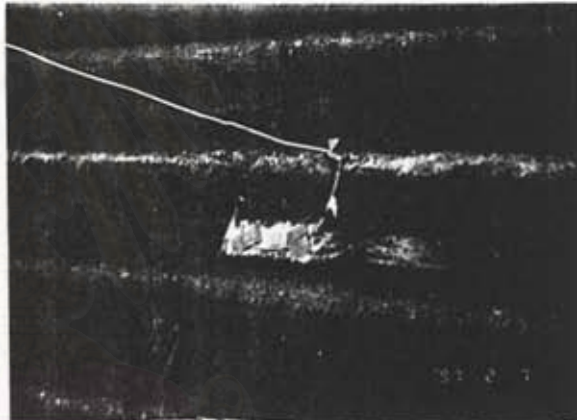
(1) สภาพห้องฟ้าแฉ่มใส มีเมฆปกคลุมบางส่วน



(2) เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ Switcher จากสาย Thermo-couple และเครื่องวัดค่าความชื้น Hygro-Thermometer



(3) สภาพหลังคากระเบื้องลอนคู่ อาคารจามจุรี 1



(4) การวัดอุณหภูมิผิวกระเบื้องหลังคาภายนอก



(5) การวัดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดาน



(6) สภาพภายในห้องประชุมเล็กโดยทั่วไป

รูปที่ 3-11(2) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังคากระเบื้องลอนคู่ 2 /ฟ้าเพดานวางแนวระนาบ ห้องประชุมเล็ก หน้าห้องหอ.กongsกลาง อาคารจามจุรี 1



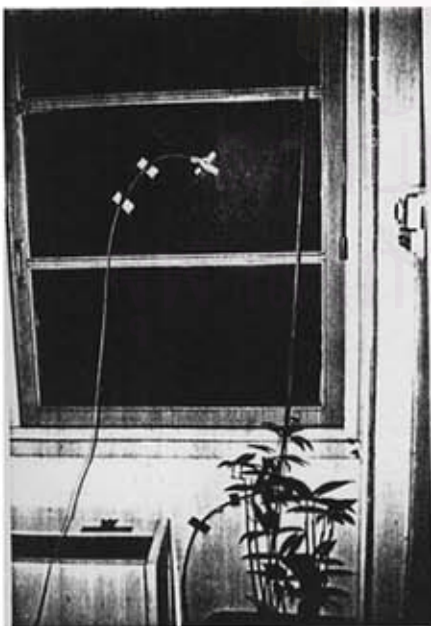
(8) การวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก



(7) การวัดอุณหภูมิผิวผนังทิศเหนือ



(9) การวัดอุณหภูมิผิวพื้นภายใน



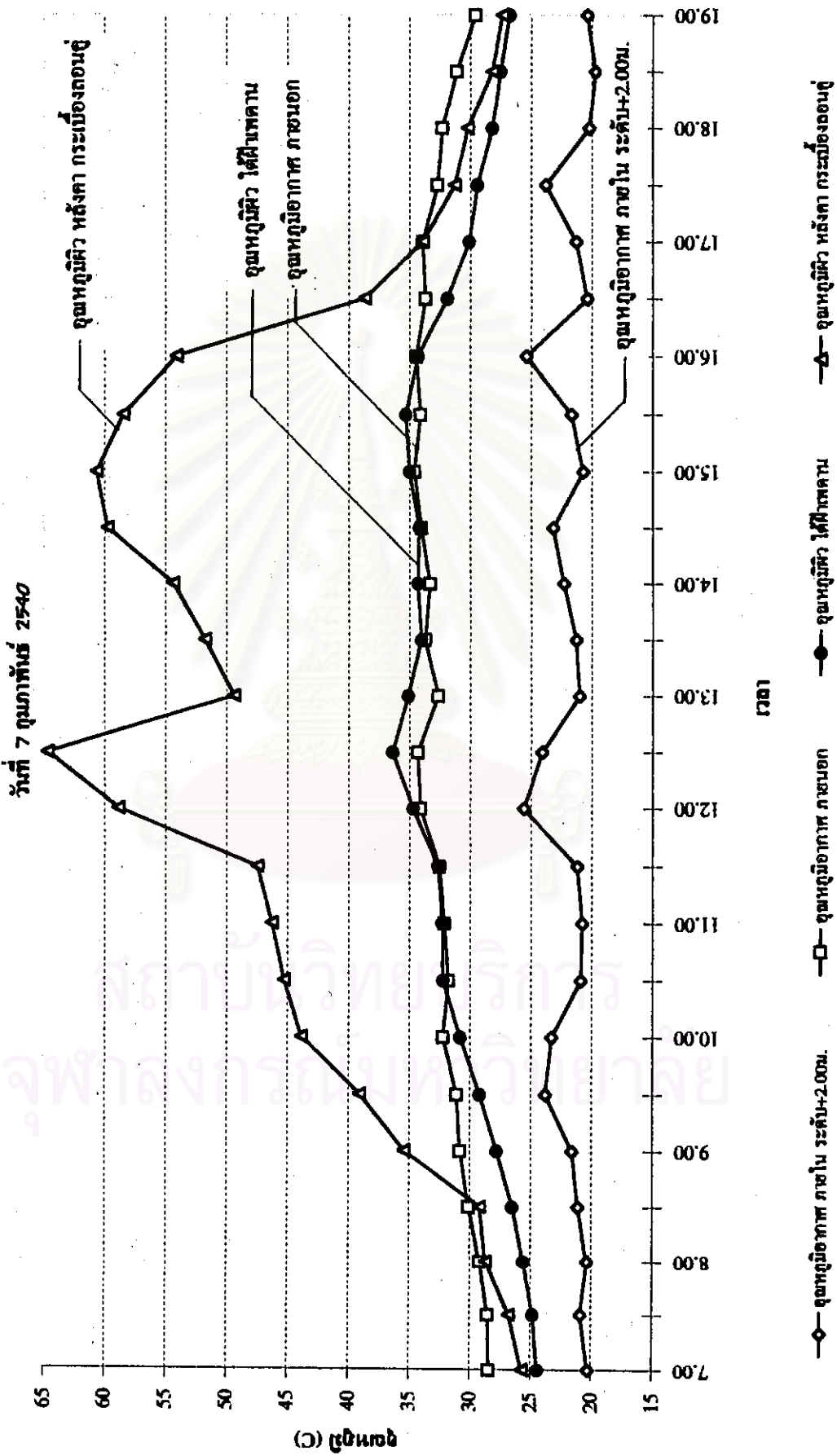
(10) การวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในทิศตะวันตก และผิวผนังภายในทิศตะวันตก



(11) การวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในทิศตะวันออก และผิวผนังภายในทิศตะวันออก

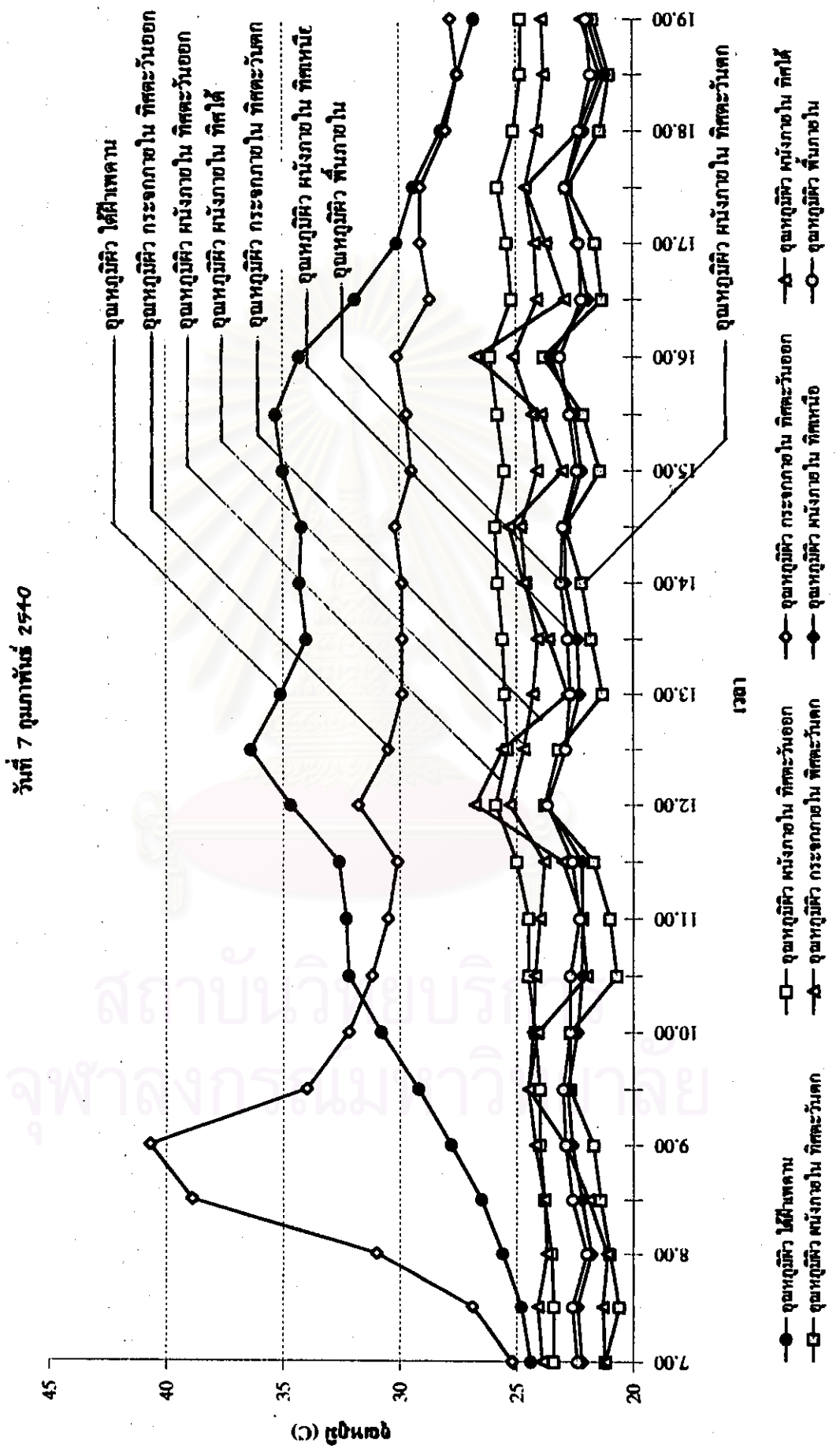
รูปที่ 3-12 กราฟแสดงค่าปริมาตรเทียบอุณหภูมิภายในภายนอก, มิได้เป็นไปตามและมิได้วิเคราะห์ของห้องประชุมเล็ก อาคารงานจตุรี 1 /

หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด วางแนวระนาบ (REF. ตาราง 3/4-1)



(C)

รูปที่ 3-13 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้อง ของห้องประชุมเด็ก อาคารอนุบาล 1 /
 หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานชั้นจัมเปอร์ วางแนวระนาบ (REF: ตาราง มท.2)



(C) อุณหภูมิ

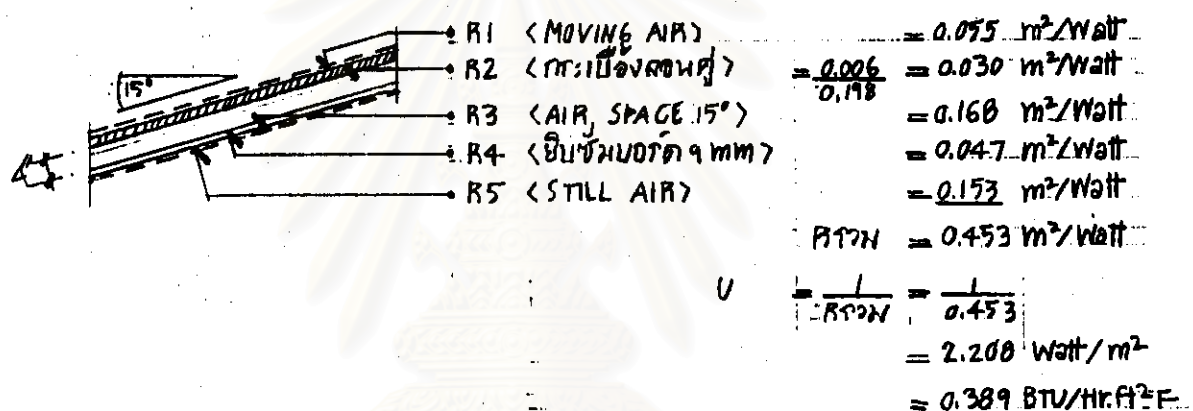
กรณีศึกษาที่ 2

สถานที่ : ห้องเรียน 327 ชั้น 3 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

หลังคา : กระเบื้องลอนคู่ สีเทา โครงเคร่าไม้ ความเอียง 15° ไม่มีฉนวนกันความร้อน

ฝ้าเพดาน : ขีบบ่มบอร์ดฉาบเรียบทาสีหนา 9 มม. โครงเคร่าไม้ วางเอียงตามโครงหลังคา

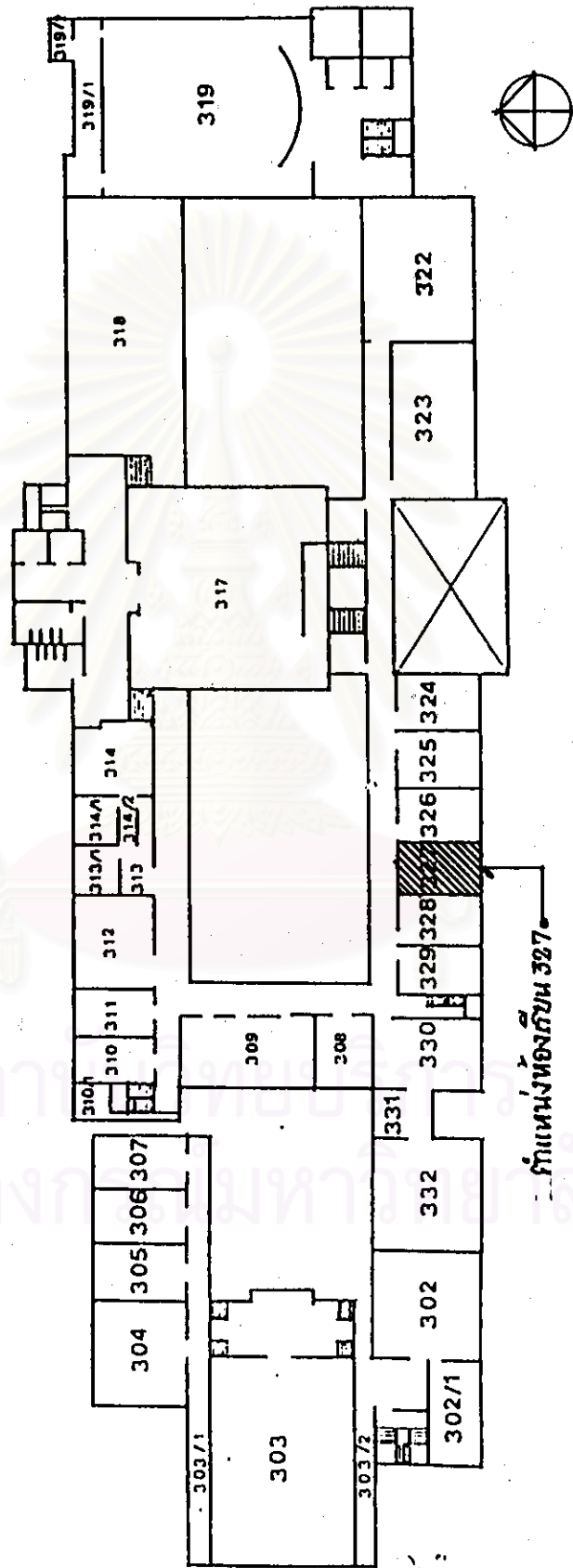
วันเดือนปี : 8 กุมภาพันธ์ 2540



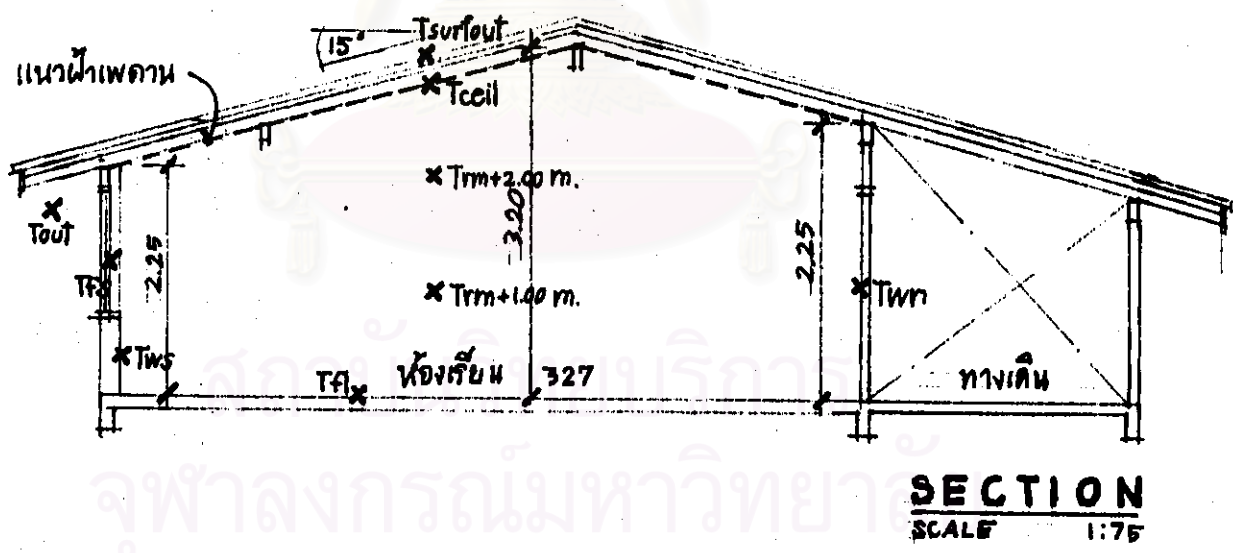
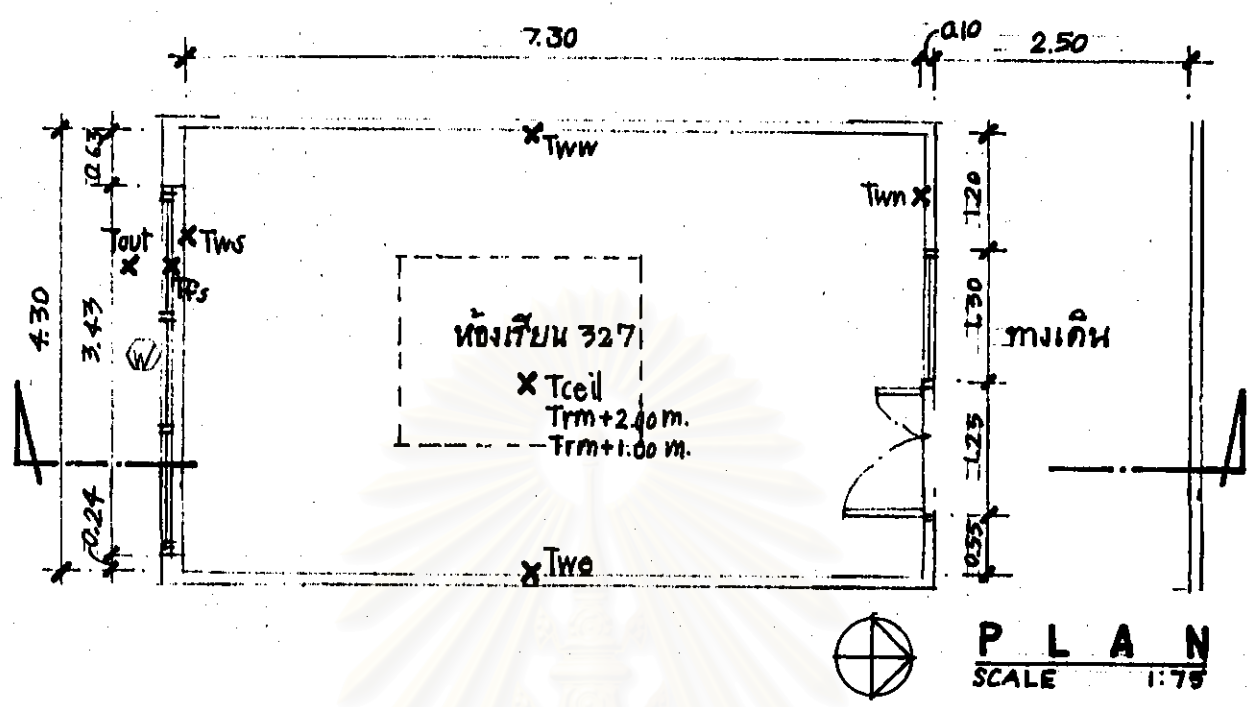
รูปที่ 3-14

ภาพแสดงการหาค่า U-Value ของหลังคากระเบื้องลอนคู่ กรณีศึกษาที่ 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-15 คังแสดงตำแหน่งของห้องเรียน 327 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



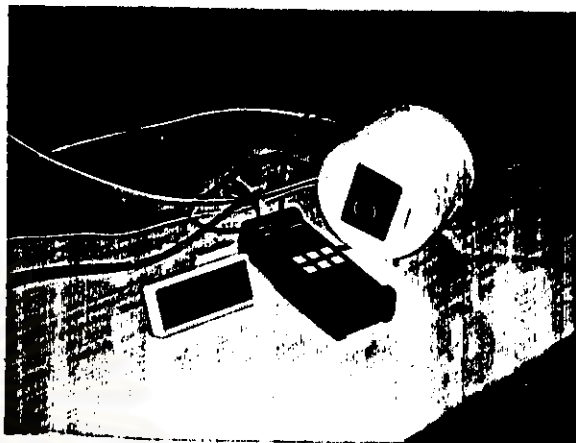
รูปที่ 3-16 ผังและรูปตัดทั่วไปของห้องเรียน 327 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ แสดงตำแหน่งในการเก็บข้อมูลทางด้านอุณหภูมิตั้งแต่ปี 2558

รูปที่ 3-17(1) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หอพักกระเบื้องลอนคู่ 1 /

ฝึกภาคสนามตามความเรียงหงศา ห้องเรียน 327 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



(1) สภาพห้องฟ้าเข้มใส



(2) เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ Switcher จากสาย Thermo-couple และเครื่องวัดค่าความชื้น Hygro-Thermometer



(3) การวัดอุณหภูมิผิวกระเบื้องภายนอก



(4) การวัดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานภายใน



(5) การวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก



(6) สภาพภายในห้อง 327 โดยทั่วไป

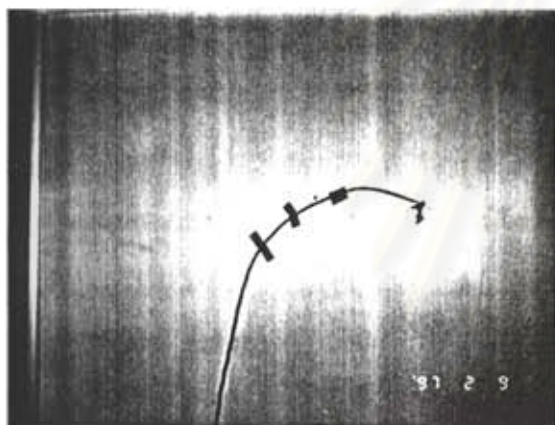
รูปที่ 3-17 (2) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังคากระเบื้องลอนคู่ 1 /
 ฝานพลาตันตามความเอียงหลังคา ห้องเรียน 327 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



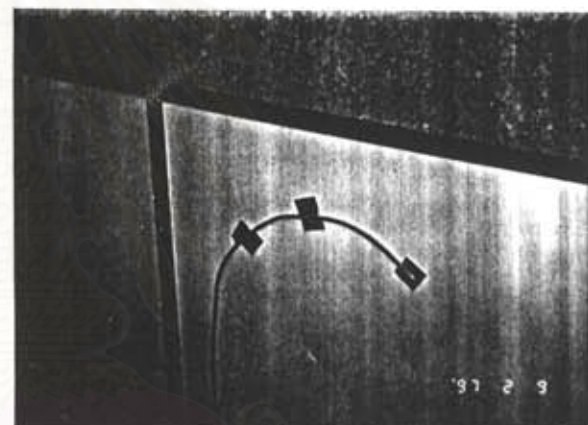
(7) การวัดจุดหมุมิผิวผนังทิศใต้



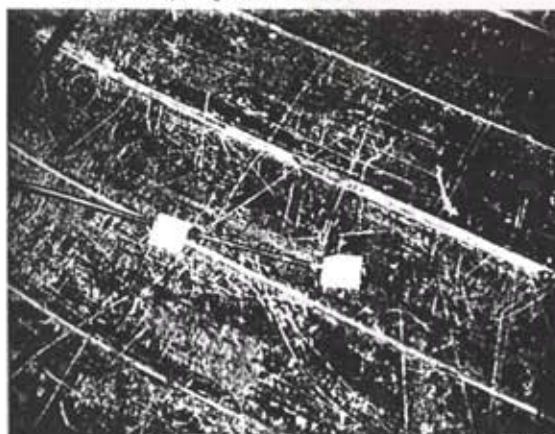
(8) การวัดจุดหมุมิผิวกระเบื้องภายในทิศใต้



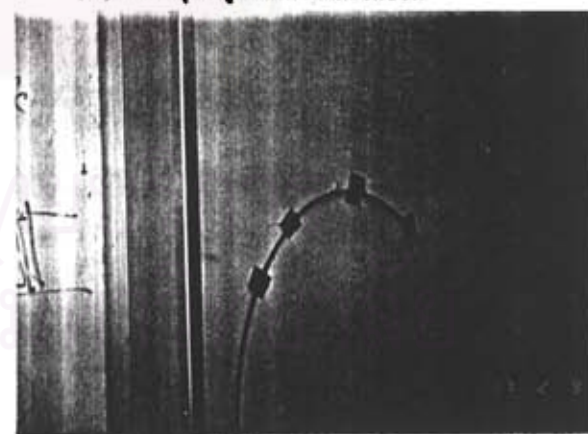
(9) การวัดจุดหมุมิผิวผนังทิศตะวันตก



(10) การวัดจุดหมุมิผิวผนังทิศตะวันออก



(11) การวัดจุดหมุมิผิวพื้นภายใน

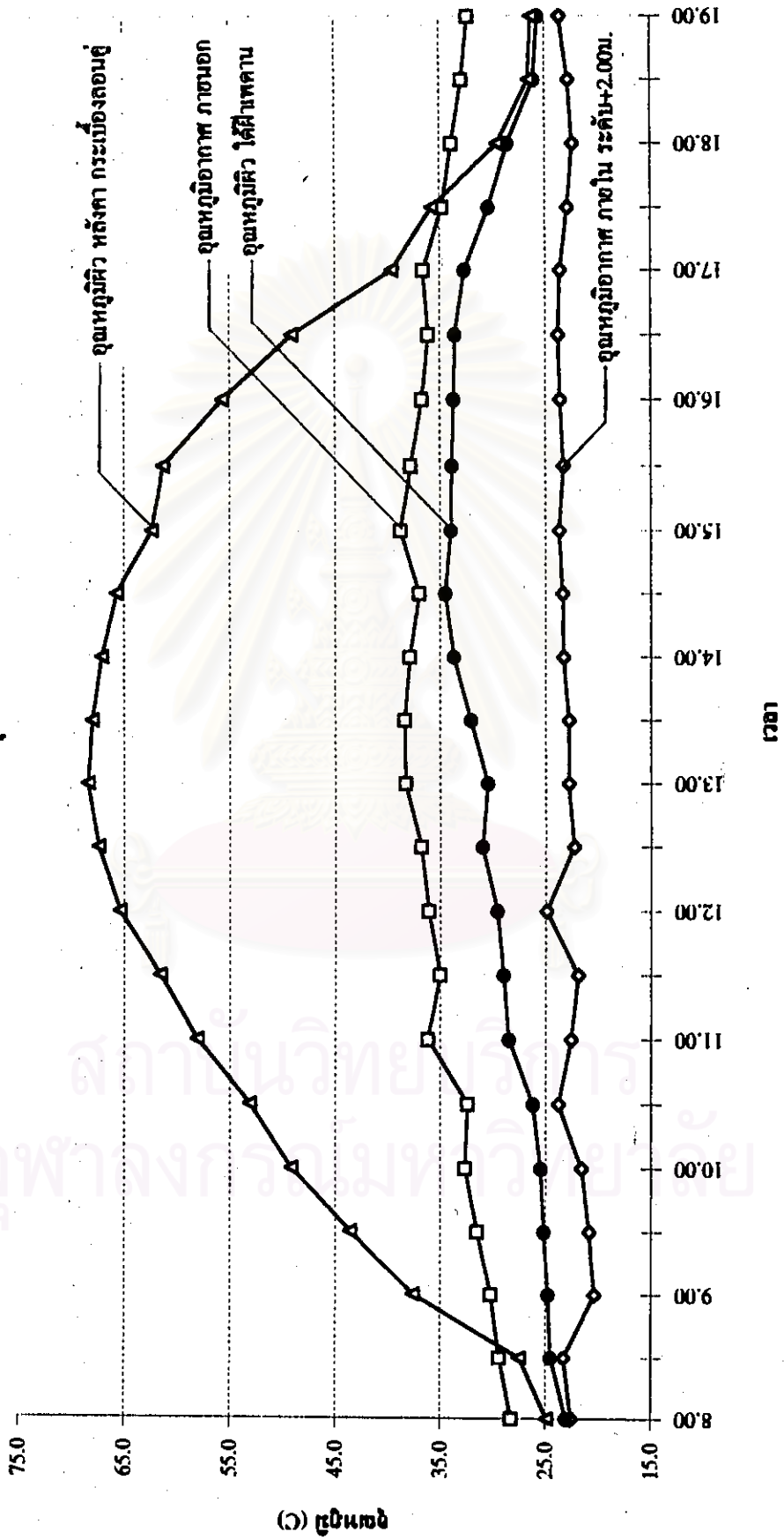


(12) การวัดจุดหมุมิผิวผนังทิศเหนือ

รูปที่ 3-18 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายใน,ภายนอก,ผิวใต้ฝ้าเพดานและผิวกระเบื้องภายในห้อง 327

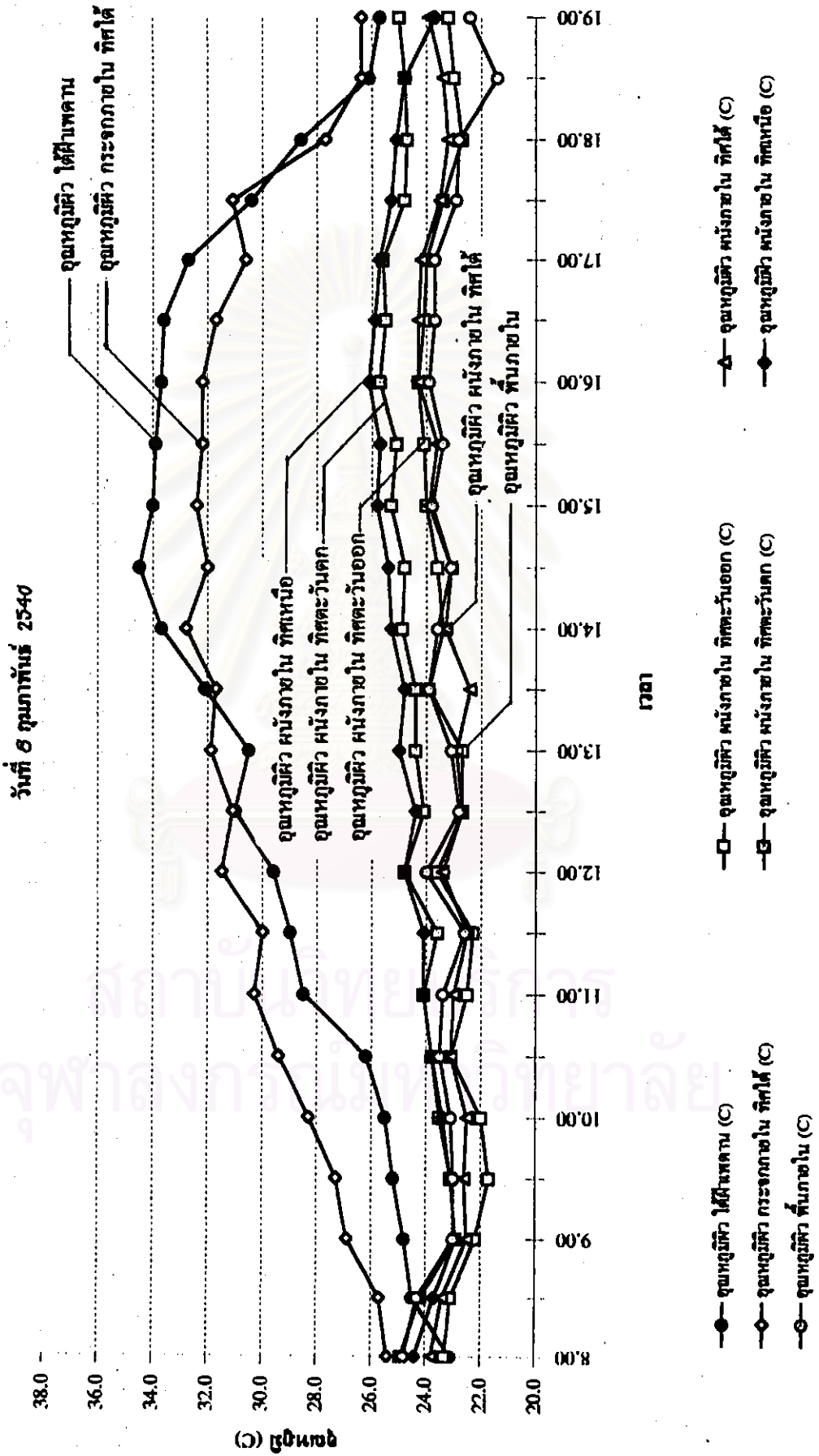
อาคารสถาบันวิศวกรรมศาสตร์ / องค์การกระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานฉาบฉวยพร้อมโครงหลังคา(REF:ตาราง M/4-5)

วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2540



อุณหภูมิอากาศ ภายใน ระดับ+2.00น. (◇) อุณหภูมิอากาศ ภายนอก (□) อุณหภูมิผิว ฝ้าเพดาน (○) อุณหภูมิผิว หลังคา กระเบื้องลอนคู่ (△) อุณหภูมิอากาศ ภายใน ระดับ+2.00น. (▽)

รูปที่ 3-ศ กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในห้อง ของห้องเรียน 327 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ /
 หลังคากระเบื้องอลูมิเนียม ฝ้าเพดานฉาบฉวยวอลล์เปเปอร์ วาดเขียนตามโครงการห้องคา (REF. สาราน ม./จ.5)



3.1.2 หลังคากระเบื้องซีเมนต์

กรณีศึกษาที่ 3

สถานที่ : อาคารจำลอง ชั้น 11 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

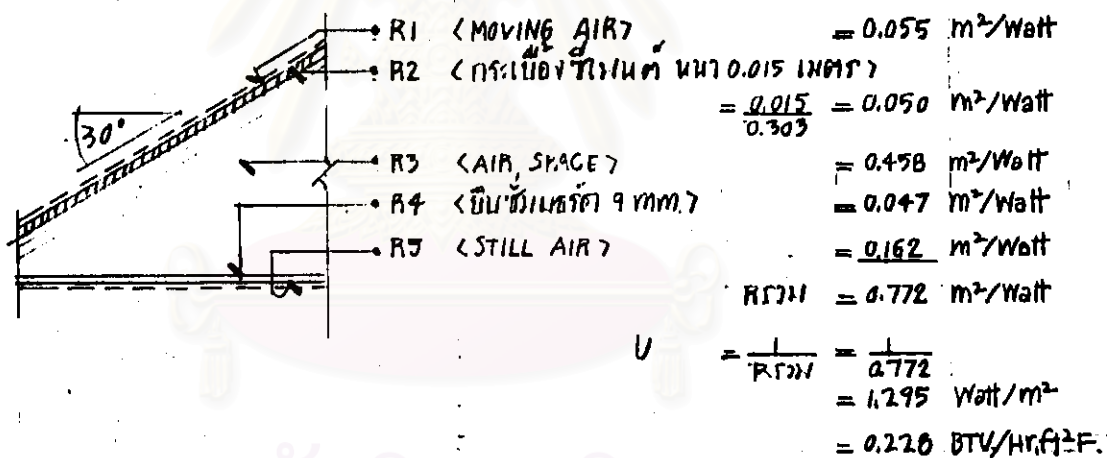
หลังคา : กระเบื้องซีเมนต์โมเนีย สีอิฐอำไพ โครงหลังคาเหล็ก ความเอียง 30°

ส่วนที่ศึกษาไม่มีฉนวนกันความร้อน

ฝ้าเพดาน : แผ่นยิปซัมบอร์ดทาสีหนา 9 มม. โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี # 0.60 เมตร

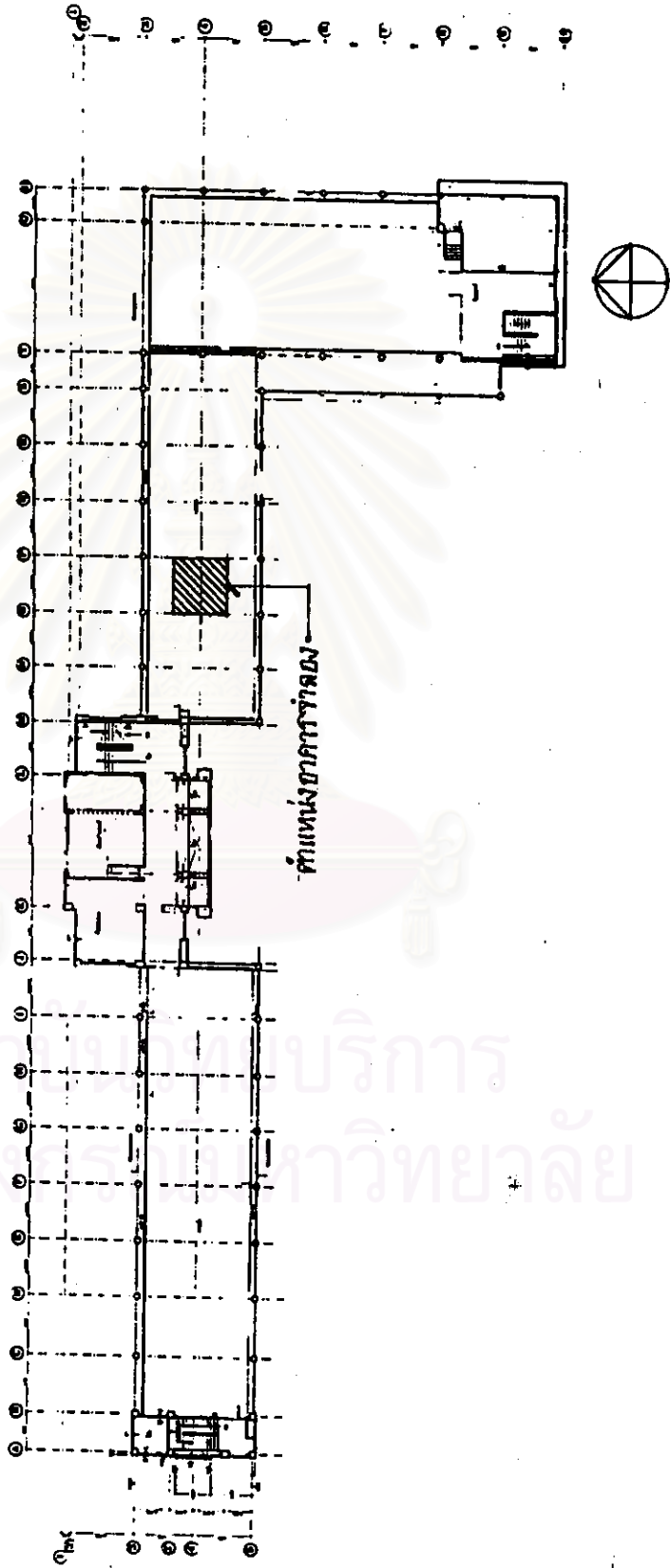
วางแนวระนาบ

วันเดือนปี: 12 เมษายน 2540



รูปที่ 3-20 ภาพแสดงการหาค่า U-Value ของหลังคากระเบื้องซีเมนต์ กรณีศึกษาที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-21 แผนผังตำแหน่งของอาคารจำลอง อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

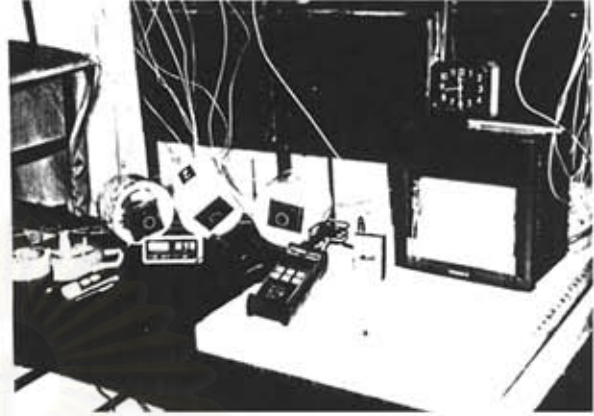
สถาบันช่างบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-23

รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังคากระเบื้องซีเมนต์
อาคารจำลอง ชั้น 11 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



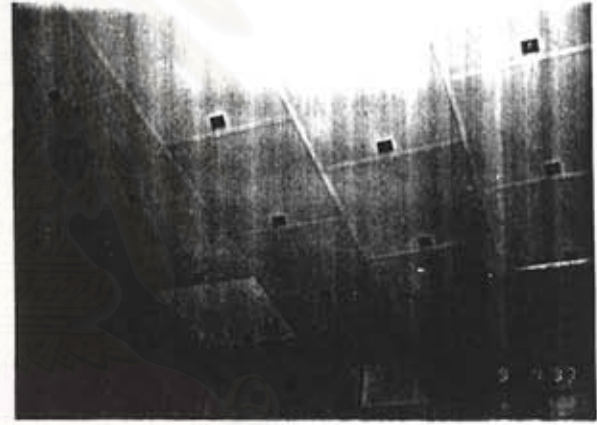
(1) สภาพท้องฟ้าแจ่มใส



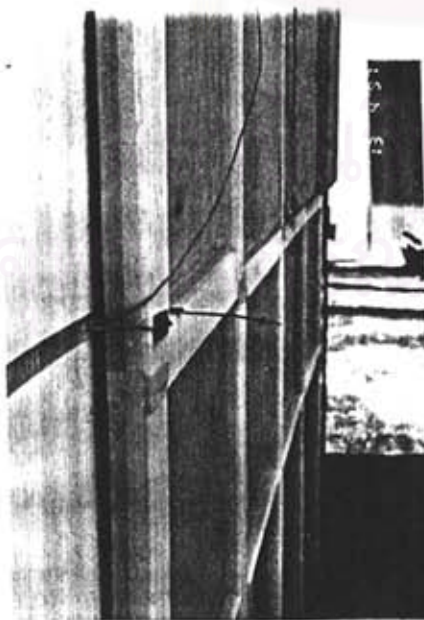
(2) เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ Switcher จากสาย Thermo-couple และเครื่องวัดค่าความชื้น Hygro-Thermometer



(3) การวัดอุณหภูมิผิวผนัง



(4) การวัดอุณหภูมิผิวฝ้า ค.ศ.ถ. ภายใน

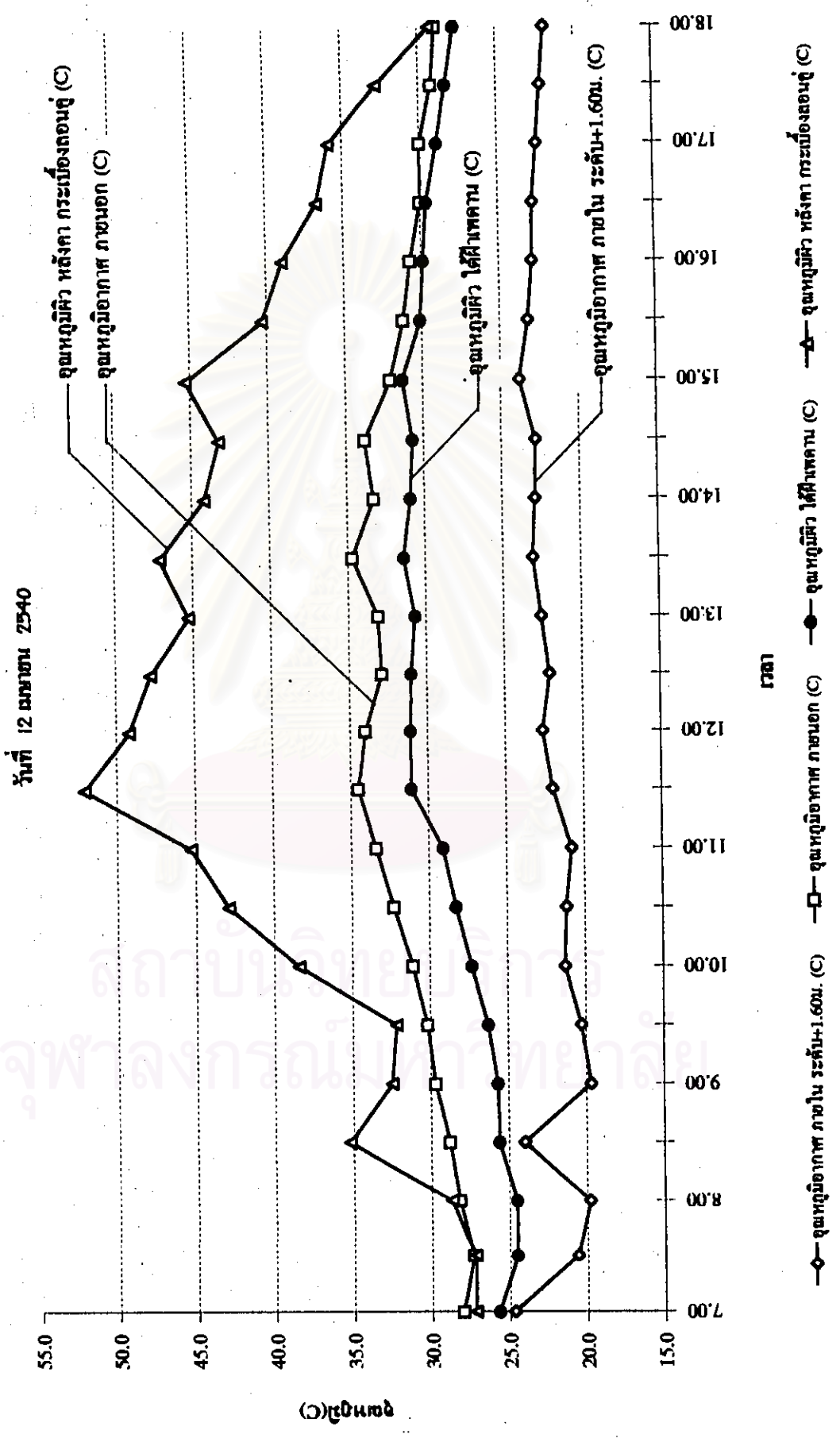


(5) การวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก

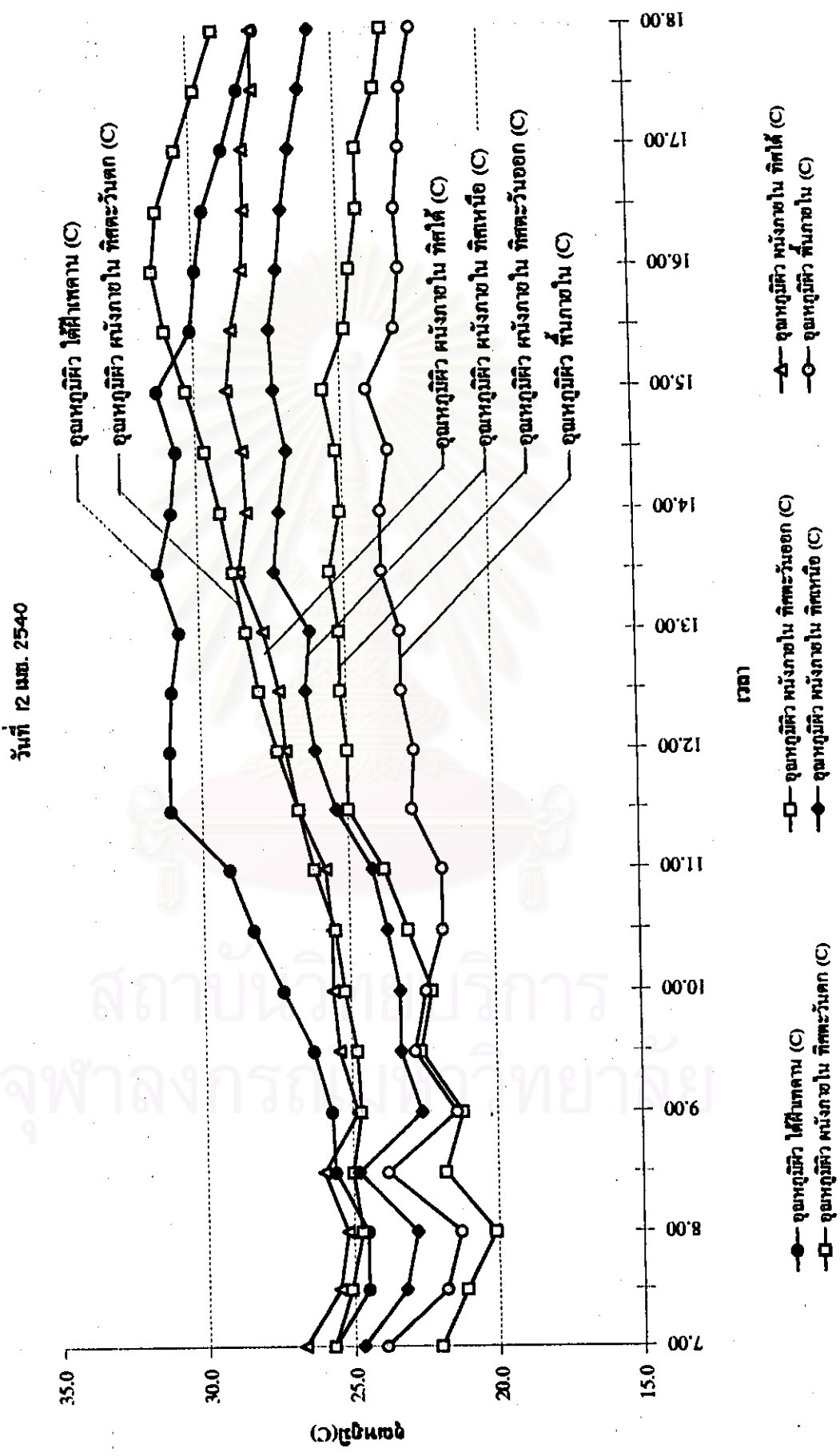


(6) การวัดอุณหภูมิอากาศภายในห้อง

รูปที่ 3-24 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในภายนอกและผิวกระเบื้องลอนคู่ ชั้น II อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ หลังคากระเบื้องคอนกรีต ฝันทคานฉาบฉิมอร์ค วางบนระแนง (ref:ตาราง/ข-9)



รูปที่ 3-25 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของ อาคารอ้างอิง ชั้น 1 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ /
 หนึ่งคาบระบอบองคกรีกค ฟันทดานอินซิมเมอร์ค วางแนวระนาบ (ref:ตารางผ/ง.๑)



3.1.8 หลังคาแผ่นโลหะ

กรณีศึกษาที่ 4

สถานที่ : ห้องแต่งตัวละคร อาคารอักษรศาสตร์ 4

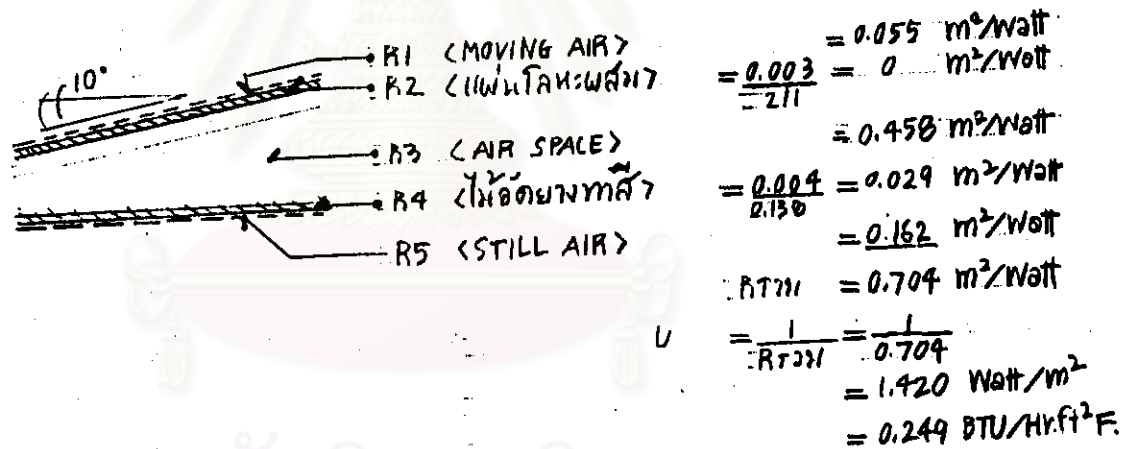
หลังคา : หลังคาแผ่นโลหะ โครงสร้างไม้

มีช่องลมคอนกรีตบล็อกระบายอากาศ สูง 0.80 เมตร แนวเหนือ-ใต้

ฝ้าเพดาน : ฝ้าไม้อัดยางทาสี โครงคร่าวไม้ 1 1/2" * 3" # 0.60 เมตร

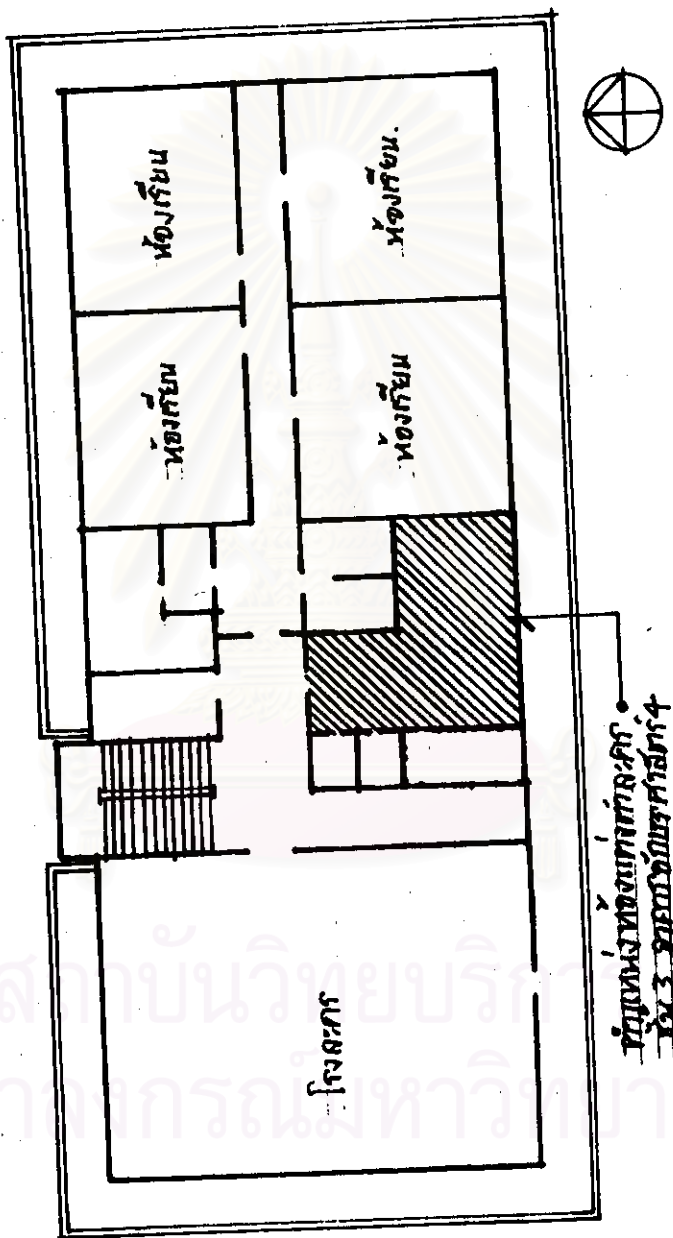
วางแนวระนาบ

วันเดือนปี: 14 กุมภาพันธ์ 2540



รูปที่ 3-26 ภาพแสดงการหาค่า U-Value ของหลังคาแผ่นโลหะ กรณีศึกษาที่ 4

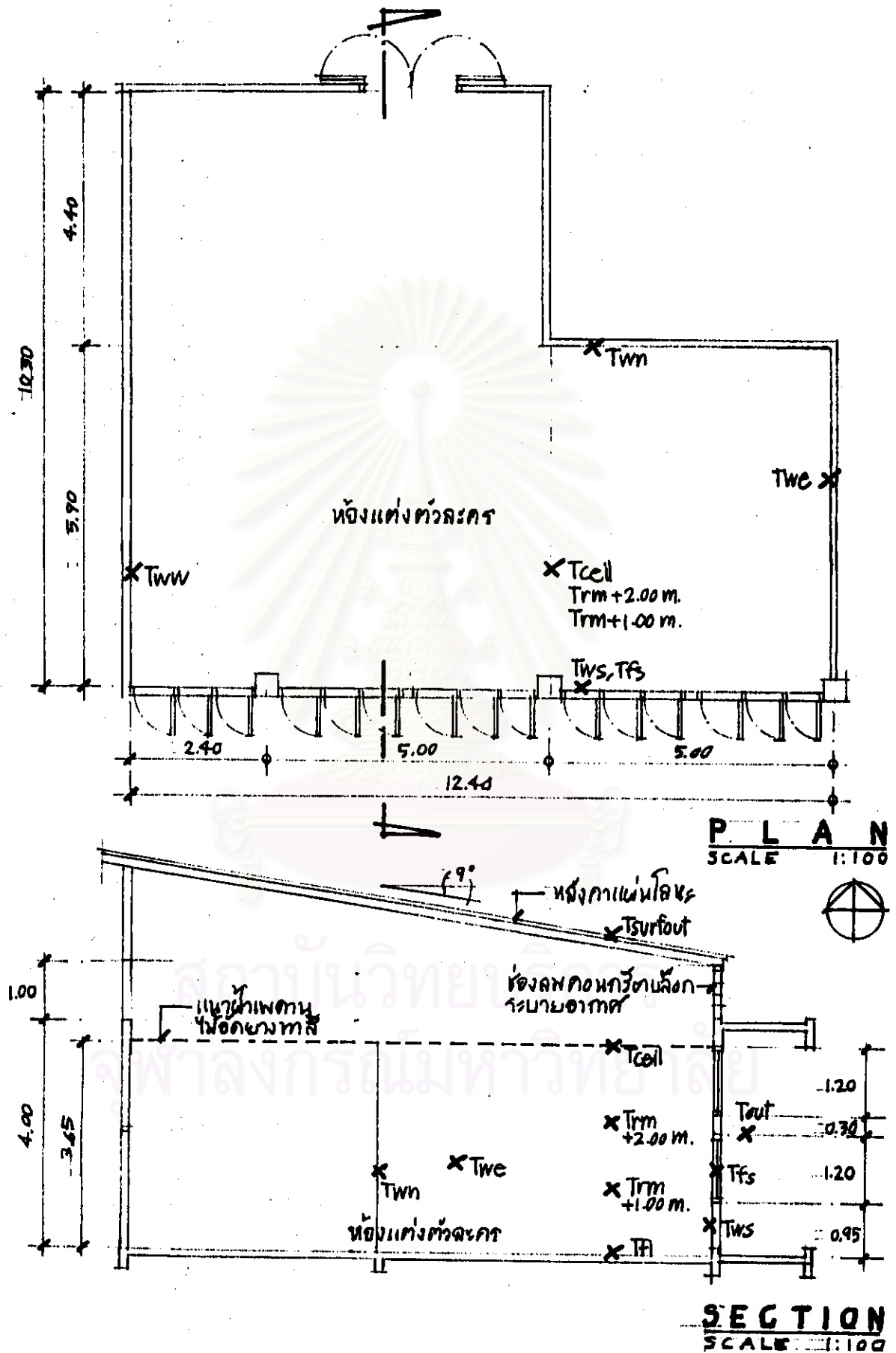
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ผังแสดงตำแหน่งของห้องแต่งตัวละคร อาคารอักษรศาสตร์

รูปที่ 3-27

สถาบันวิจัยบริษัท
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

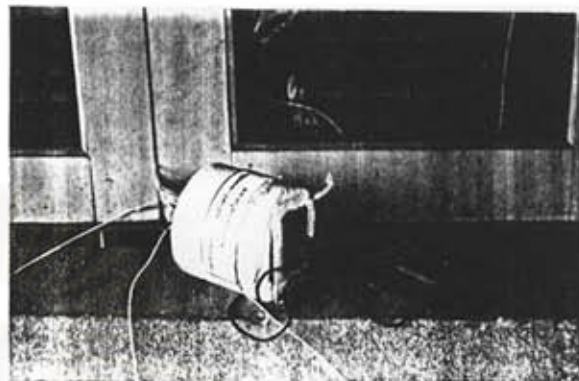


รูปที่ 3-20 ผังและรูปตัดทั่วไปของห้องแต่งตัวละคร อาคารอภิมหาธรรมศาสตร์ แสดงตำแหน่งในการเก็บข้อมูลทางด้านอุณหภูมิ

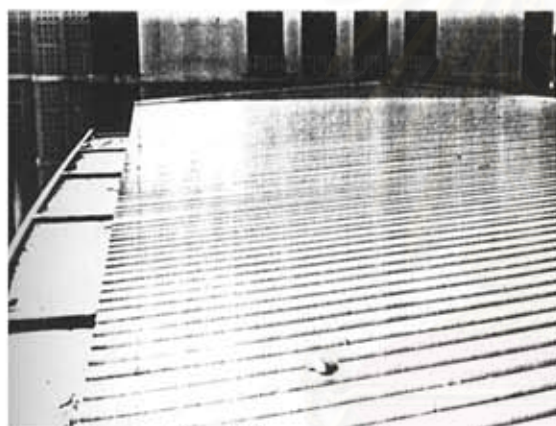
รูปที่ 3-29(1) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังคาแผ่นโลหะ พร้อมช่องระบายอากาศ / ฝ้าเพดาน
ไม้อัดยางทาสี วางแนวระนาบ ห้องแต่งตัวละคร อาคารอักษรสตรี 4



(1) สภาพของเพนแจม เสา มุมชนบถกลุ่มบางสวน



(2) เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ Switcher จากสาย Thermo-couple โดยเก็บข้อมูลจากภายนอกห้อง



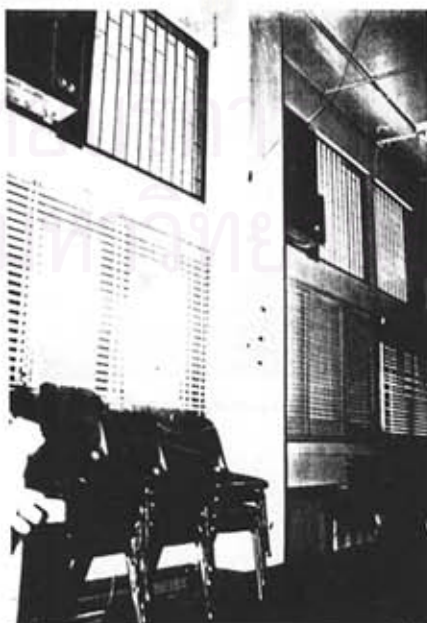
(3) สภาพหลังคาแผ่นโลหะ อาคารอักษรสตรี 4



(4) การระบายอากาศใต้หลังคา ช่วยลดอุณหภูมิเหนือฝ้า

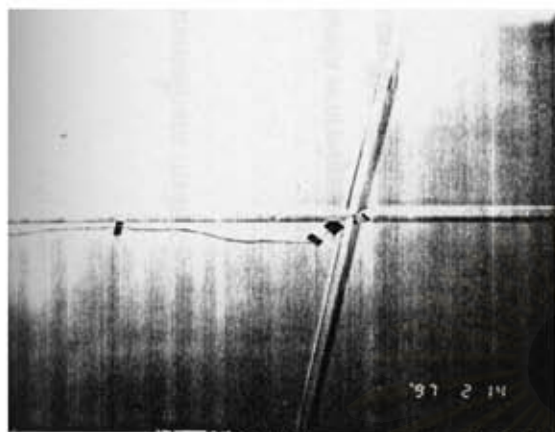


(5) การวัดอุณหภูมิผิวหลังคาแผ่นโลหะภายนอก



(6) สภาพภายในห้องแต่งตัวละครโดยทั่วไป

รูปที่ 3-29(2) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังคาม่นโตะ พร้อมช่องระบายอากาศ /ฝ้าเพดาน
ไม้ฉัตรทางสี วาจนวระนาม ห้องแต่งตัวละคร อาคารอักษรศาสตร์ 4



(6) การวัดอุณหภูมิฝ้าเพดาน



(7) การวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก



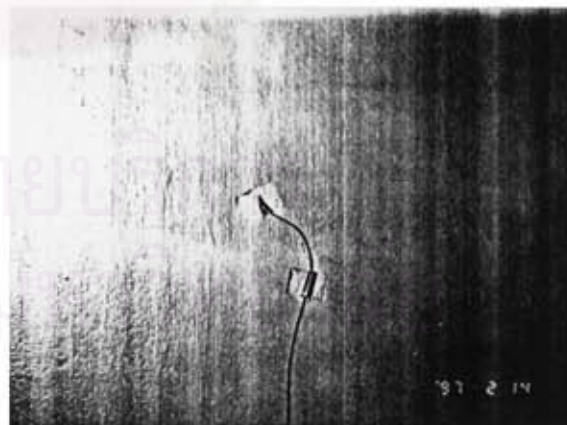
(8) การวัดอุณหภูมิอากาศภายใน



(9) การวัดอุณหภูมิผนังทิศตะวันตก



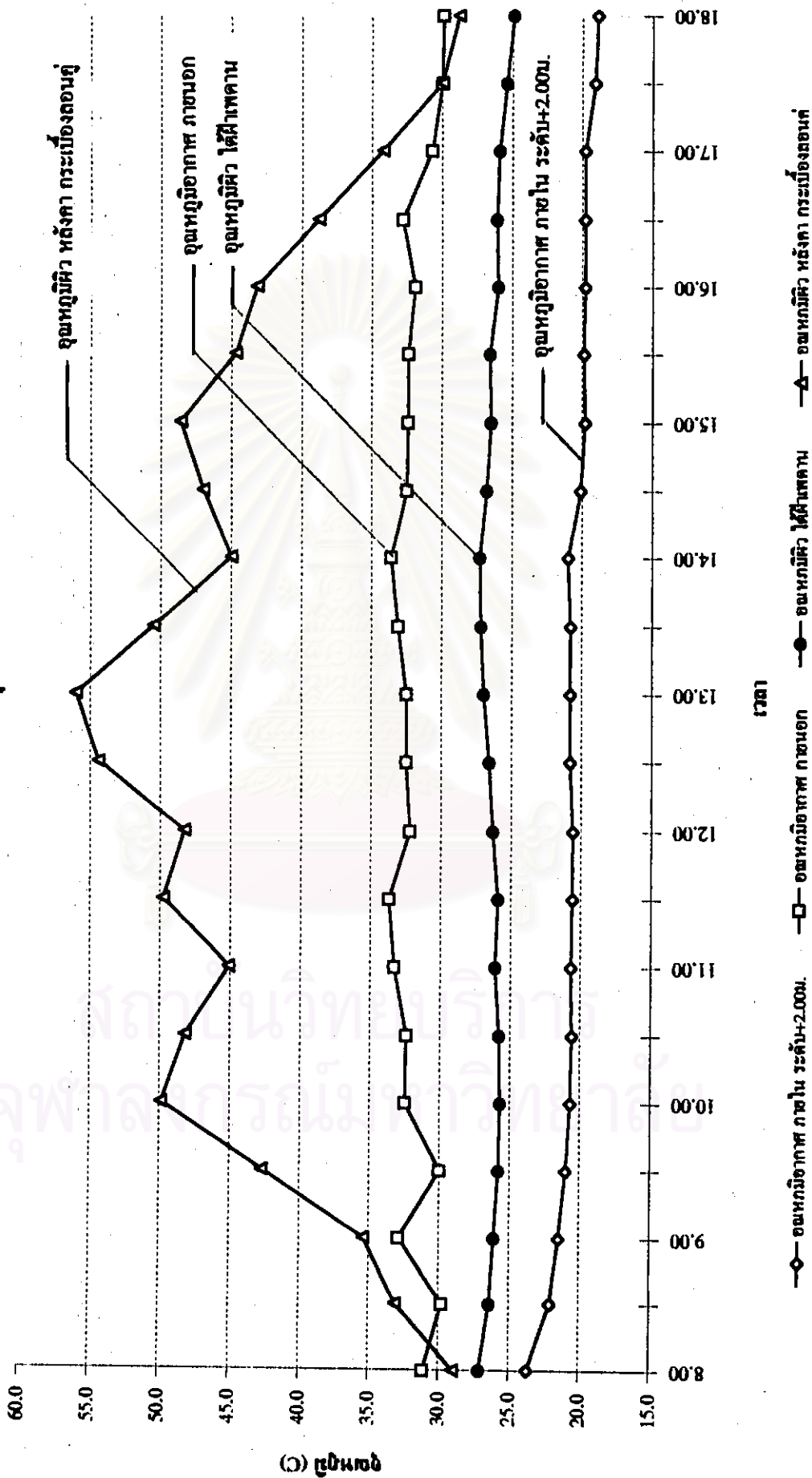
(10) การวัดอุณหภูมิผนังภายในทิศตะวันออก



(11) การวัดอุณหภูมิผนังภายในทิศเหนือ

รูปที่ 3-30 แสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน,ภายนอก,ผิวได้ฟ้าเทศามและผิวแผ่นโลหะภายนอก ของห้องแค่งตัวละคร อาคารอัครศาสตร์๔ /หลังคาแผ่นโลหะ ฟ้าเทศาไม้ยึดตายทางี วางแนวระนาบ (REF.ตารางท/๗-13)

วันที่ ๒๔ กุมภาพันธ์ 2540

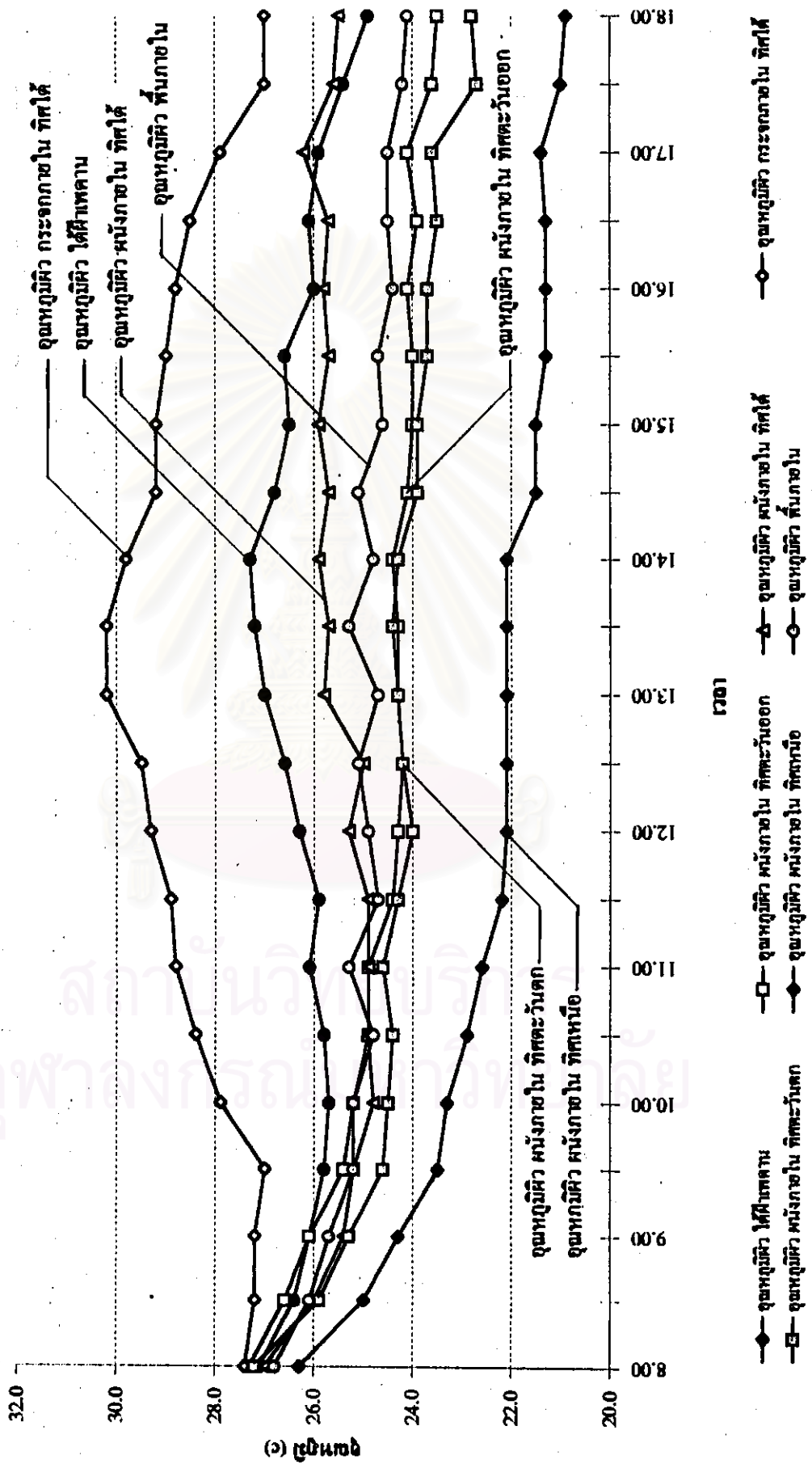


(C) อุณหภูมิ

รูปที่ 3-31 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้อง ของห้องตั้งตัวระกร อาคารอเนกประสงค์ 4 /

ห้องคาน้ำไอหระ ฝักเตลดานค้ำน้ำไอค่างทางสี่ วางแนวระนาบ (REF. ตาราง พว-13)

วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2540



3.1.4 หอพักคอนกรีตเสริมเหล็ก

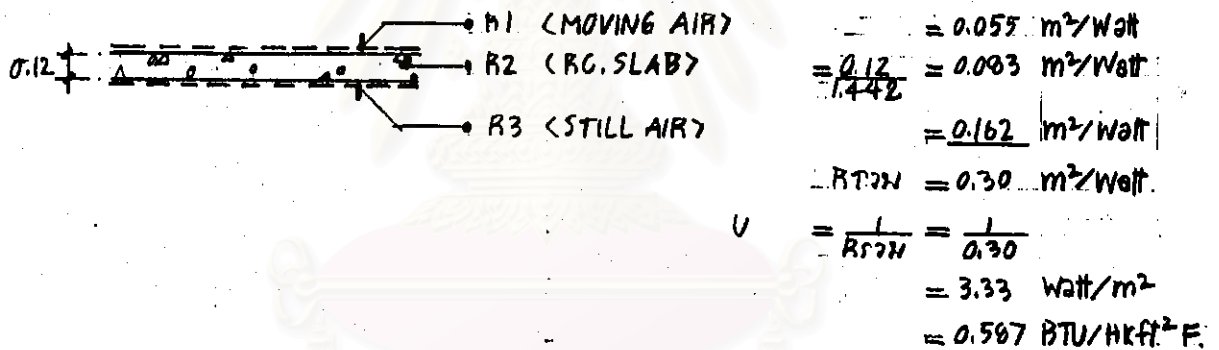
กรณีศึกษาที่ 5

สถานที่ : ห้องเรียน 308 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

หลังคา : คอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.12 เมตร วางแนวระนาบ

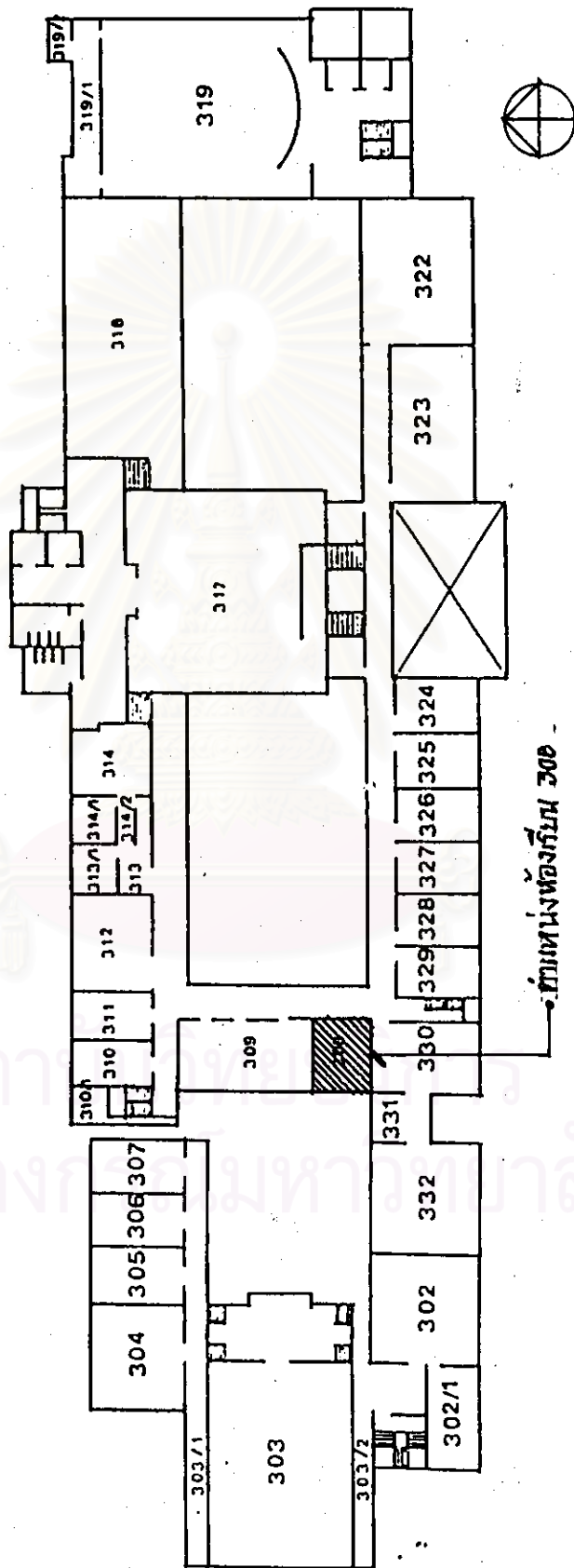
ฝ้าเพดาน : ไม่มี

วันเดือนปี: 8 กุมภาพันธ์ 2540

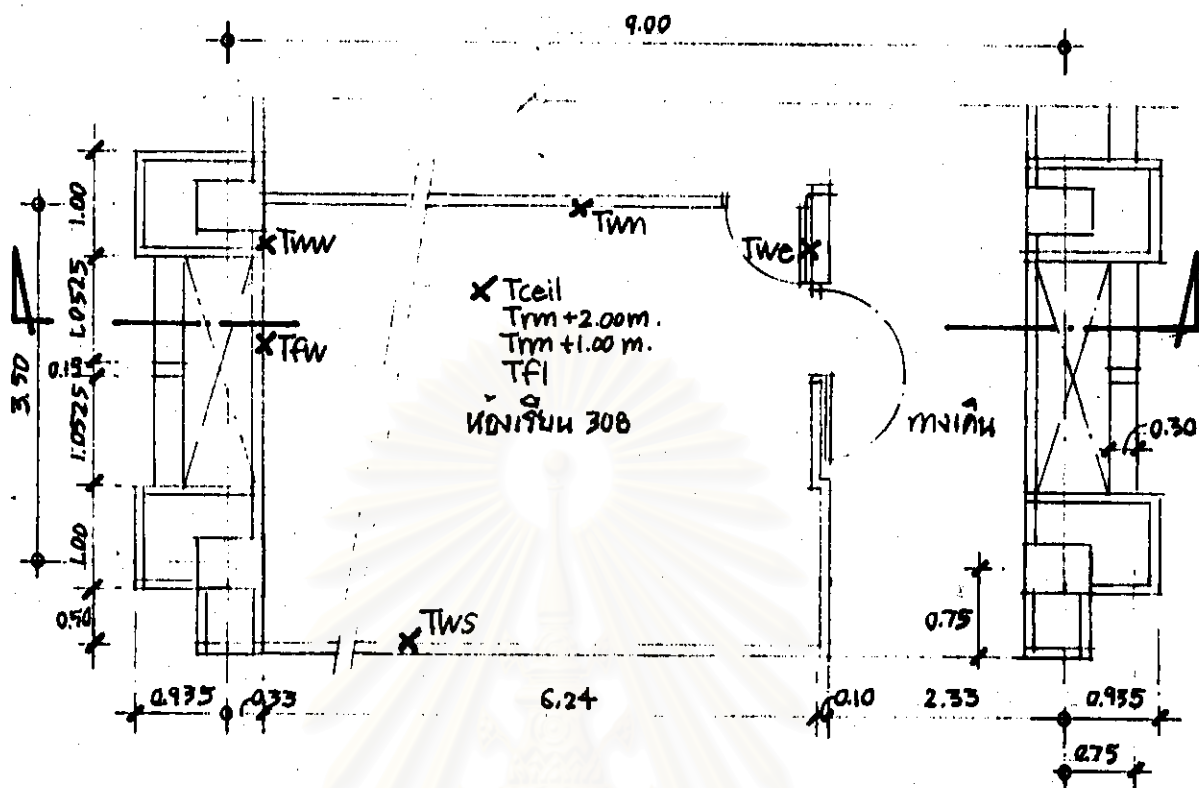


รูปที่ 3-32 ภาพแสดงการหาค่า U-Value ของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก กรณีศึกษาที่ 5

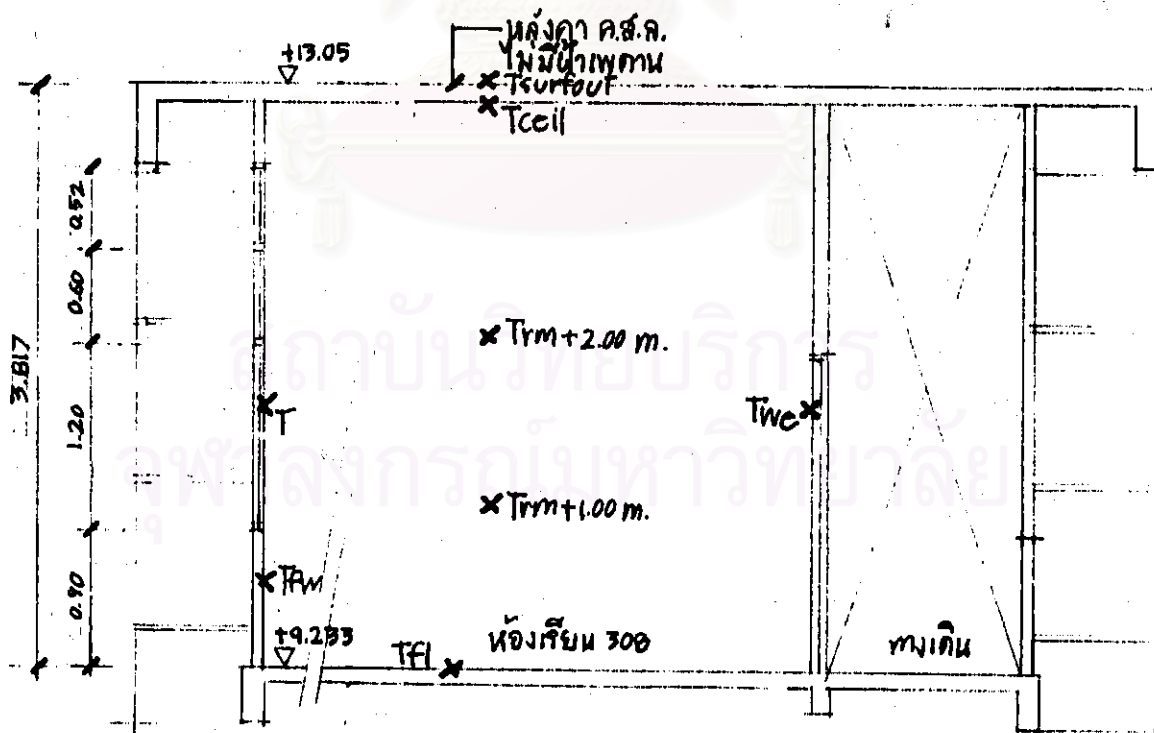
สถาบันนวัตกรรมการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-33 แผนผังตำแหน่งของห้องเรียน 308 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



PLAN
SCALE 1:75



SECTION
SCALE 1:75

รูปที่ 3-34 หังและรูปตัดทั่วไปของห้องเรียน 300 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ แสดงตำแหน่งในการเก็บข้อมูลทางด้านอุณหภูมิ.

รูปที่ 3-35 (1) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก
ห้องเรียน 308 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



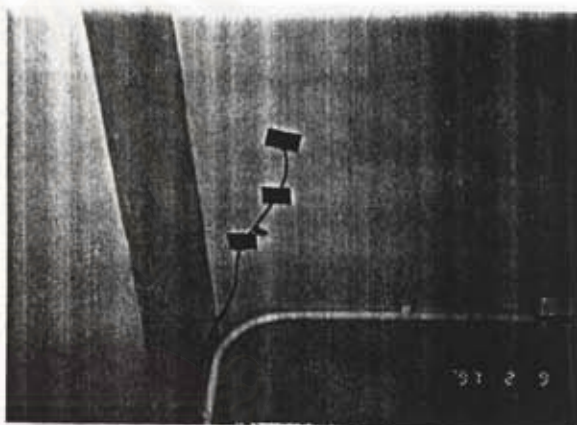
(1) สภาพห้องฟ้าเข้มใส



(2) เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ Switcher จากสาย Thermo-couple
และเครื่องวัดค่าความชื้น Hygro-Thermometer



(3) การวัดอุณหภูมิผิวพื้น ค.ส.ถ. ภายนอก



(4) การวัดอุณหภูมิผิวฝ้า ค.ส.ถ. ภายใน



(5) สภาพภายในห้อง 308 โดงทั่วไป

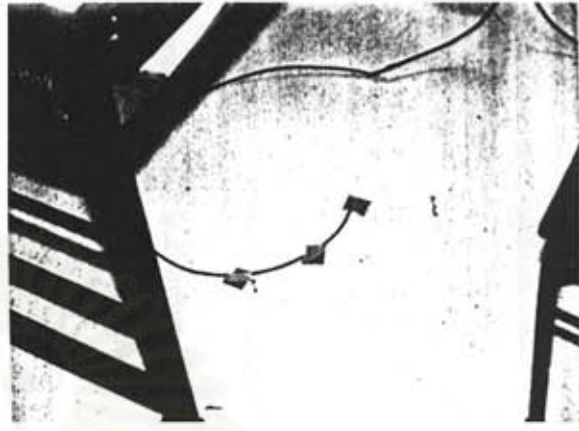


(6) การวัดอุณหภูมิภายในห้อง

รูปที่ 3-35 (2) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูล หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ห้องเรียน 308 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



(7) การวัดจุดหม้ออากาศภายนอก



(8) การวัดจุดหม้อผิวพื้นภายใน



(9) การวัดจุดหม้อผิวกระเบื้องภายใน ชั้นที่สาม



(11) การวัดจุดหม้อผิวผนังทาสี

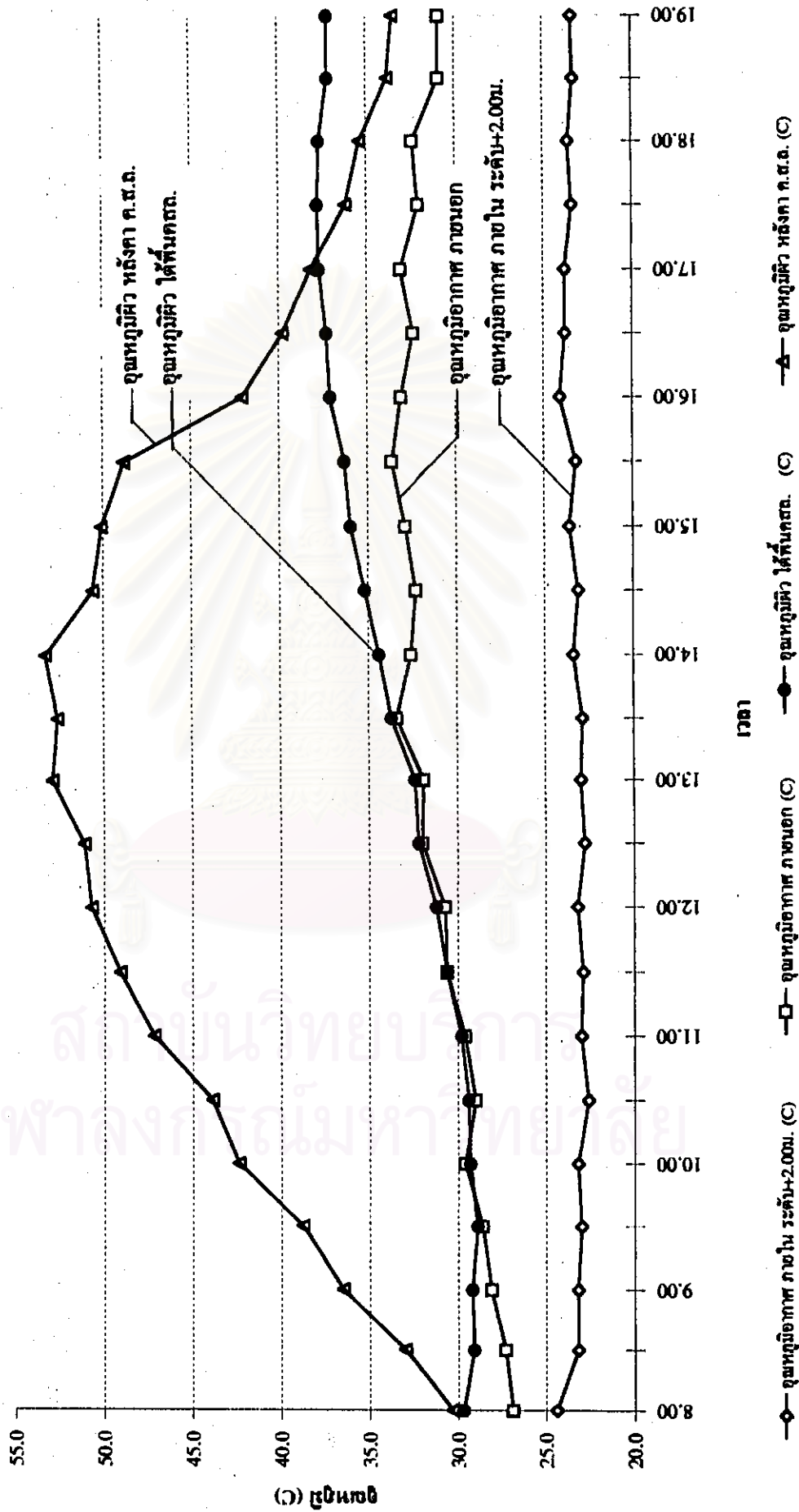


(12) การวัดความชื้นภายในโดยเครื่อง Hygro-Thermometer

รูปที่ 3-36 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายใน,ภายนอก,ผิวได้ฟ้าและผิวกระเบื้องภายนอกห้องเรียน

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.12 ม. ไม่มีฝ้าเพดาน (REF : ตาราง มท.17)

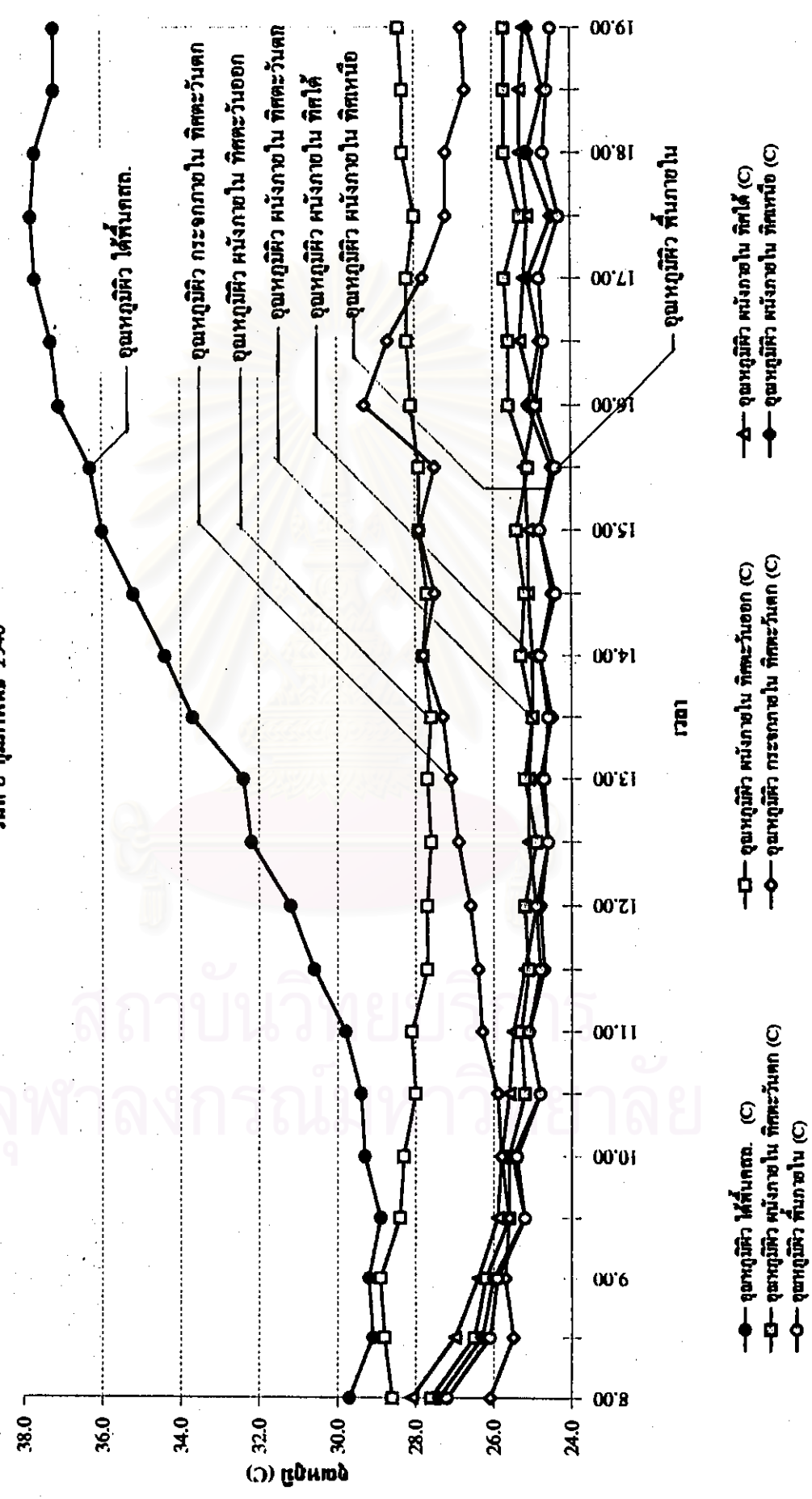
วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2540



รูปที่ 3-37 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้อง ของห้อง 308 อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ /

ห้องควบคุมการเสริมเหล็กหนา ๑.๕ ม. ไม่มีฝ้าเพดาน (REF : ตาราง ก/ข-๒)

วันที่ ๘ กุมภาพันธ์ 2540



กรณีศึกษาที่ 6

สถานที่ : ห้องรองผู้อำนวยการฝ่ายวิจัย สถาบันวิจัยพลังงานฯ อาคารสถาบัน 3

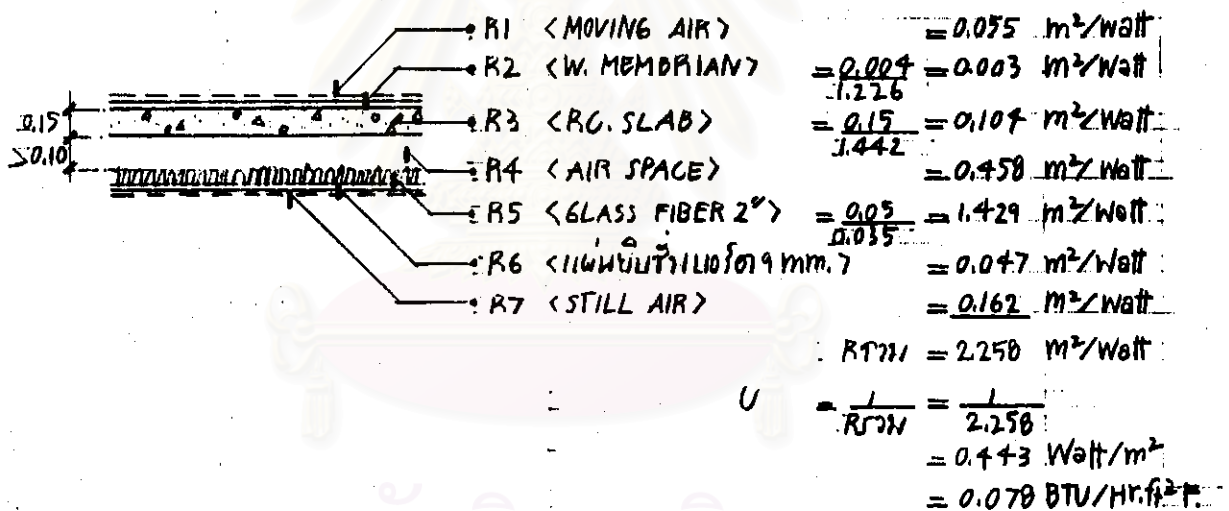
หลังคา : คอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.15 เมตร ปูด้วย Waterproof Membrain

วางแนวระนาบ

ฝ้าเพดาน : แผ่นยิปซัมบอร์ดฉาบเรียบทาสี บุลนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว

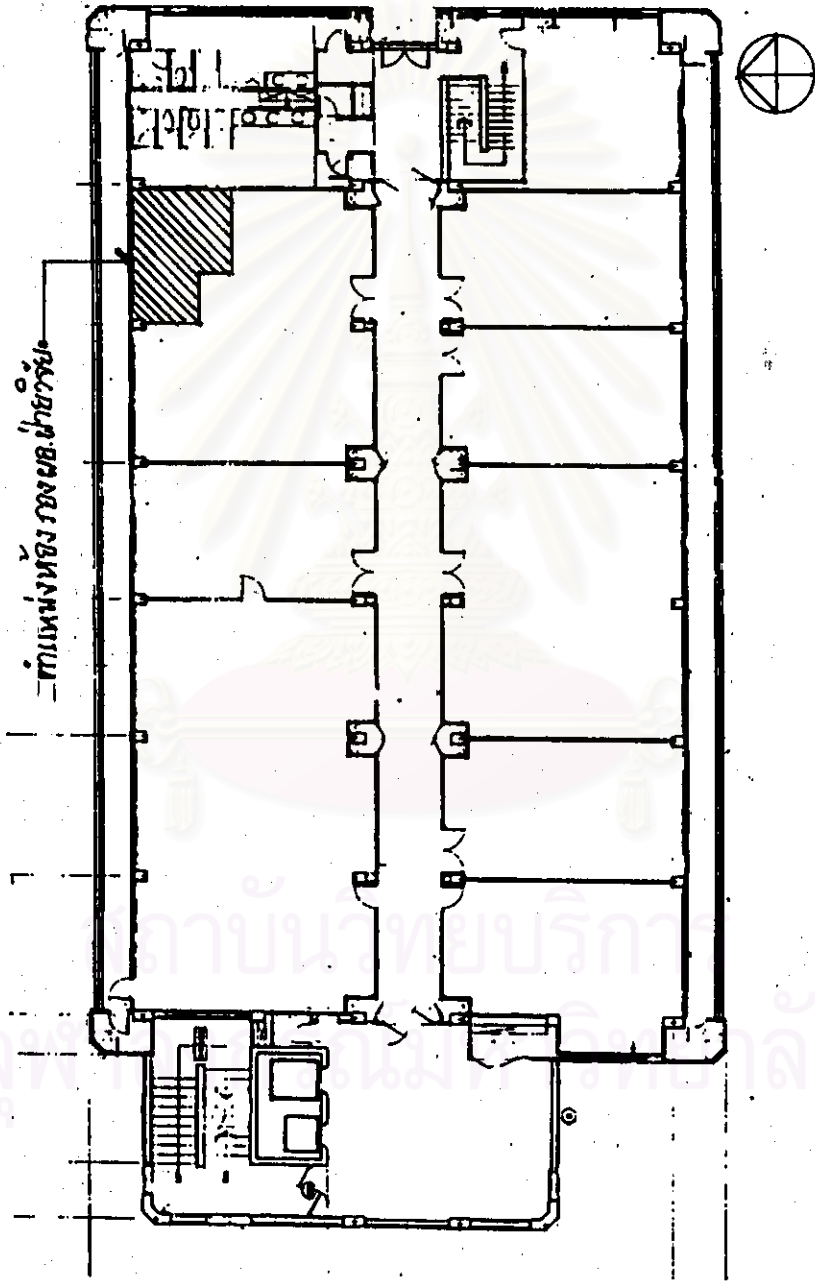
โครงเคร่าเหล็กชุบสังกะสี # 0.60 ม.

วันเดือนปี: 20 มีนาคม 2540

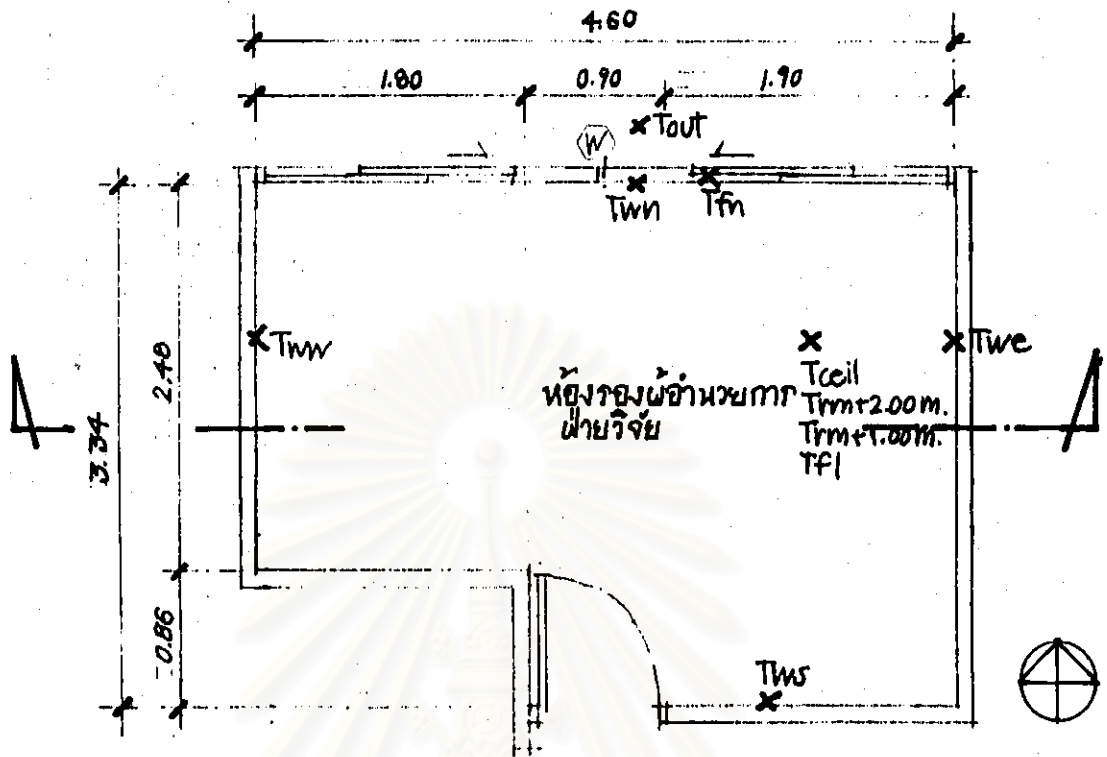


รูปที่ 3-38

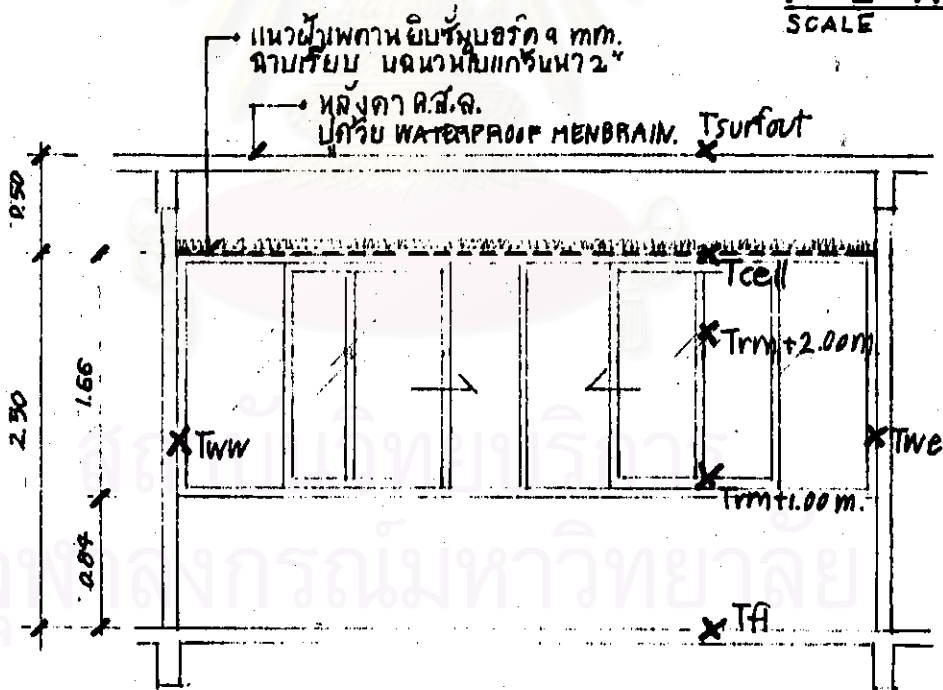
ภาพแสดงการหาค่า U-Value ของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก กรณีศึกษาที่ 6



รูปที่ 3-39 แผนผังตำแหน่งของห้องรองผอ.ฝ่ายวิจัย สถาบันวิจัยพลังงานฯ



PLAN
SCALE 1:50



SECTION
SCALE 1:50

รูปที่ 3-40 ผังและรูปตัดทั่วไปของห้องรองหอ.ฝ่ายวิจัย สถาบันวิจัยพลังงานฯ แสดงตำแหน่งในการเก็บข้อมูลทางด้านอุณหภูมิตั้งแต่

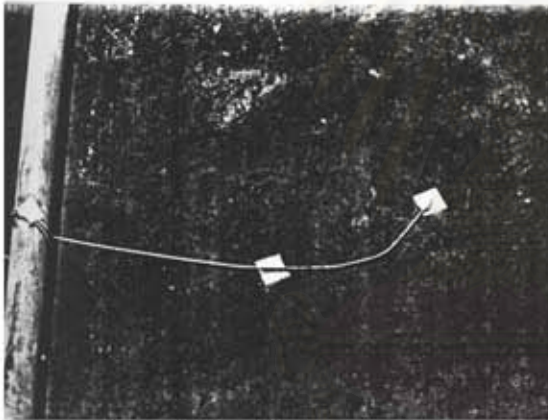
รูปที่ 3-41(1) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลหิ้งคาคอนกรีตเสริมเหล็กปูด้วย Waterproof Membrin ฝ้าเพดานฉิมชั้นบอร์ดเรียบทาสี บุนนวนใยแก้วกันความร้อนแนวระนาบ ทน 2" ห้องรองหอ.ฝ่ายวิจัย สถาบันวิจัยพลังงานฯ อาคารสถาบัน 3



(1) สภาพห้องฝ้าแฉมใส



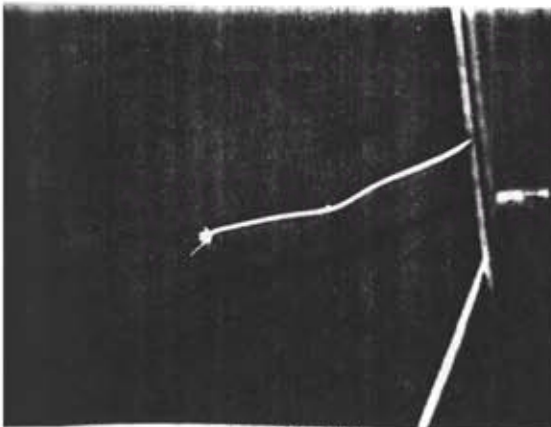
(2) เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิ Switcher จากสาย Thermo-couple และเครื่องวัดค่าความชื้น Hygro-Thermometer



(3) การวัดอุณหภูมิผิวกระเบื้องภายนอก



(4) การวัดอุณหภูมิผิวฝ้าเพดานภายใน

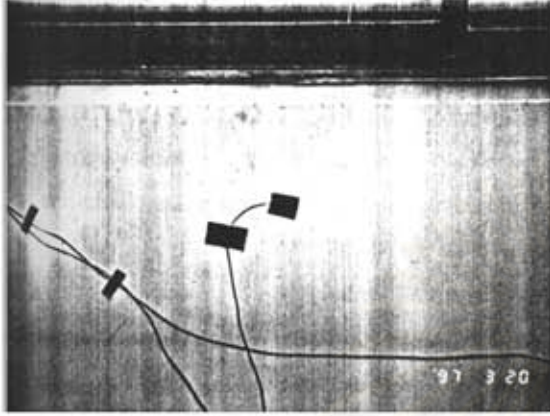


(5) การวัดอุณหภูมิอากาศภายนอก

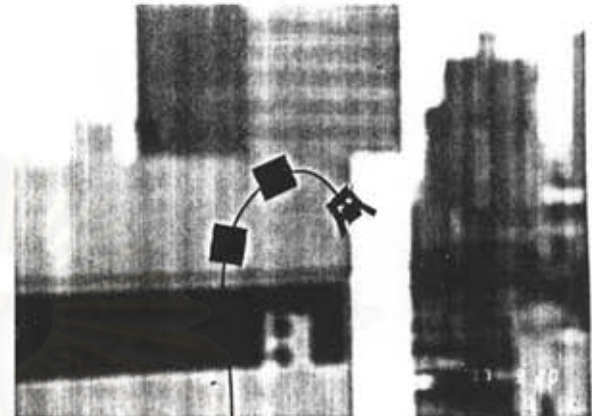


(6) สภาพทั่วไปภายในห้อง

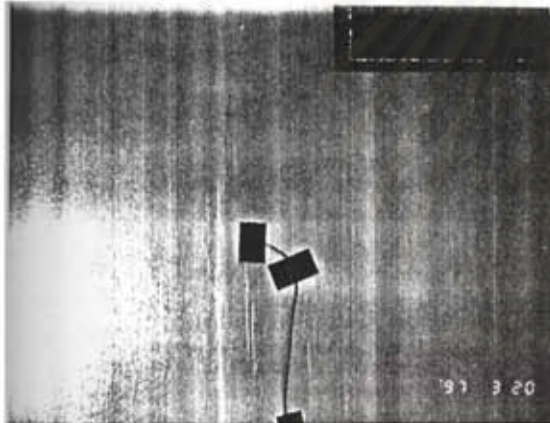
รูปที่ 3-41(2) รูปภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลดังคาคอนกรีตเสริมเหล็กปูด้วย Waterproof Membran
 ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดตามเรียบทาสี บุฉนวนใยแก้วกันความร้อนแนวระนาบหนา 2"
 ห้องรองหอ.ฝ้าวิจัย สถาบันวิจัยพลังงานฯ อาคารสถาบัน3



(7) การวัดอุณหภูมิผิวผนังทิศเหนือ



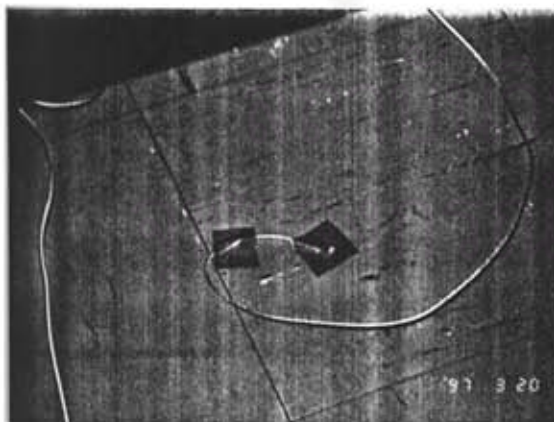
(8) การวัดอุณหภูมิผิวกระเบื้องภายในทิศเหนือ



(9) การวัดอุณหภูมิผิวผนังทิศตะวันตก



(10) การวัดอุณหภูมิและความชื้นภายนอก
 ฝ้าเตี๋ยง Huro-Thermometer



(11) การวัดอุณหภูมิผิวพื้นภายใน

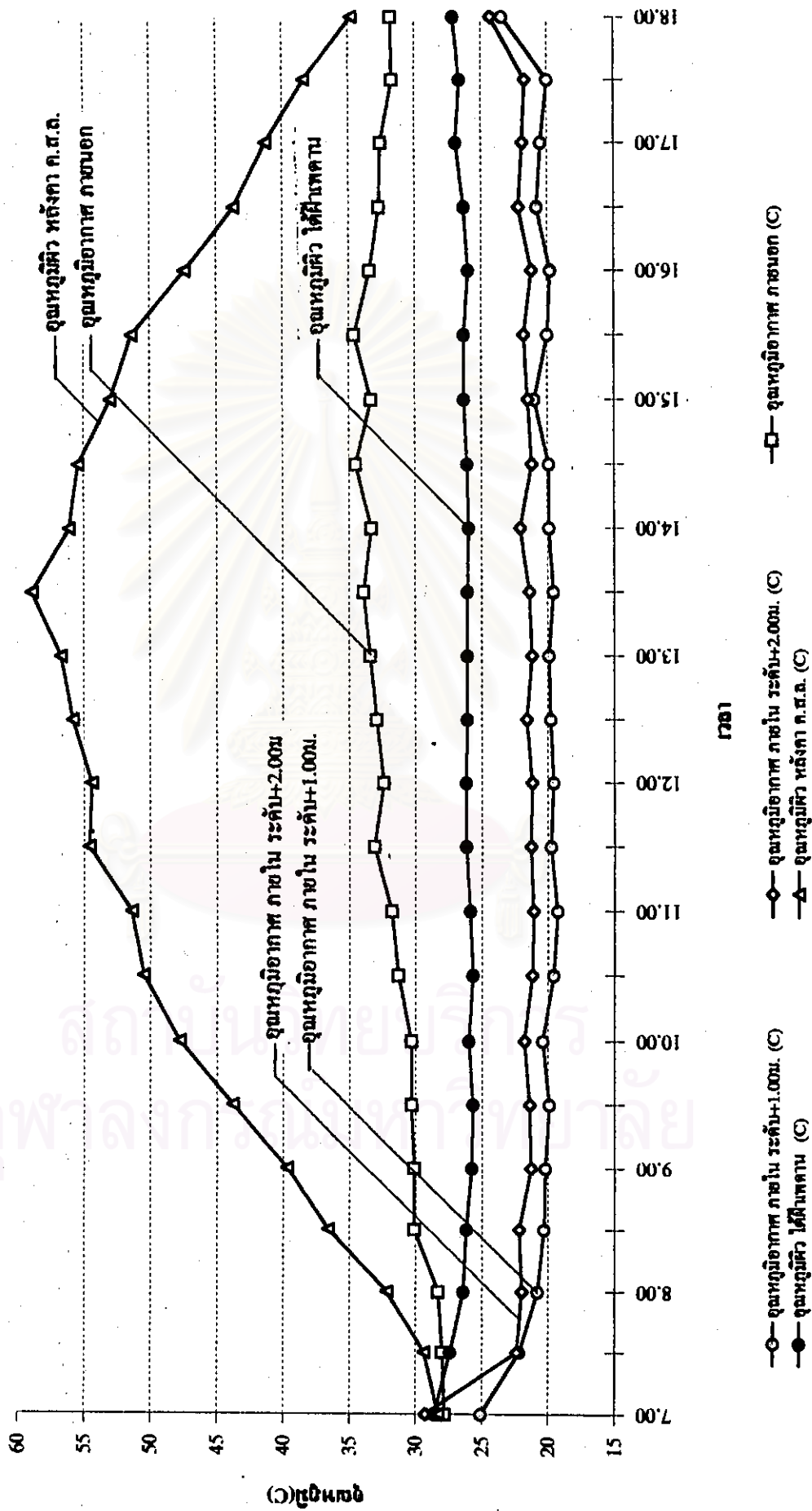


(12) การวัดอุณหภูมิภายในห้อง ระดับ +1.00และ+2.00 ม.

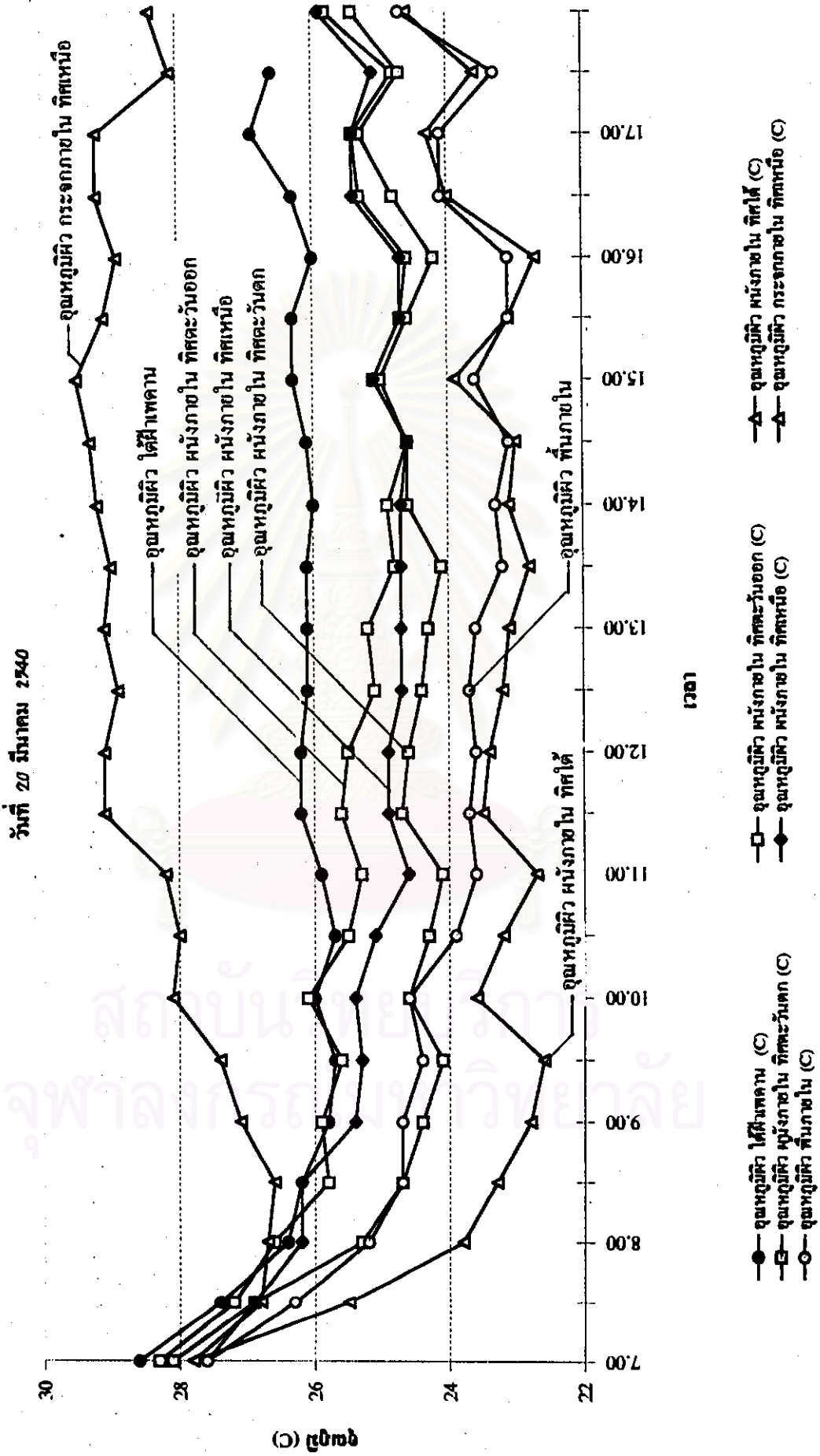
รูปที่ 3-42 แสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใน, ภายนอก, ผิวใต้ฝ้าเพดานและผิวที่นค.ส.อ.ภายนอก ของห้องรองหอ.ฝ่ายวิจัย

สถานีวิจัยพลังงานฯ / หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ฝ้าเพดานชั้นบนอร์ลดานเรียบที่สว่างแนวระนาบ (REF:ตาราง พท. 21)

วันที่ 20 มีนาคม 2540



รูปที่ 3-43 ภาพแสดงค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในห้อง ของห้องรองหอ.สายวิจัย สถาบันวิจัยพลังงานฯ /
 หอสังเกตการณ์ศรีนครินทร์ ฟ้าปกคณเฑียรธรรมวิทยาธิ ว่างแนวระนาบ (REF. ตาราง ม.พ. 21)



3.3 การวิเคราะห์และประเมินผล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล จากอาคารจริงของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ของหลังคาทั้ง 4 ประเภท จากกรณีศึกษาทั้ง 6 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 หลังคากระเบื้องลอนคู่ (15°) สีเทา ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด วางแนวระนาบ

กรณีที่ 2 หลังคากระเบื้องลอนคู่ (15°) สีเทา ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด เอียงตามโครงหลังคา

กรณีที่ 3 หลังคากระเบื้องซีเมนต์ (30°) สีแดง ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด วางแนวระนาบ

กรณีที่ 4 หลังคาแผ่นโลหะผสม (10°) สีเทา ฝ้าเพดานไม้ฉัตรขางทาสี วางแนวระนาบ พร้อมช่องระบายอากาศใต้หลังคา

กรณีที่ 5 หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (Flat Slab) หนา 0.12 เมตร ไม่มีฝ้าเพดาน

กรณีที่ 6 หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (Flat Slab) ปูด้วย Waterproof Membrane ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด บุลนวนไนแก้วหนา 2 นิ้ว วางแนวระนาบ

จากกรณีศึกษาทั้ง 6 กรณี เป็นเสมือนแทนอาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยส่วนรวม จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร และการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคา ดังนี้

3.3.1 ปริมาณพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามา

เนื่องจาก กรณีศึกษาทั้ง 6 เป็นห้องใต้หลังคาที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ จึงได้ศึกษาเปรียบเทียบ พลังงานความร้อนที่เข้ามาในแต่ละด้านของห้อง ได้แก่ พลังงานความร้อนที่เข้ามาทางฝ้าเพดาน, ผนังทึบ หรือกระจก (ถ้ามี) ทั้ง 4 ด้าน และจากพื้น โดยคำนวณหาพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาจากสมการ

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

โดยในกรณีนี้ เปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาต่อหน่วยพื้นที่ และจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา ศึกษาอุณหภูมิที่ผิวภายในของแต่ละด้าน ดังนั้น u-value ในที่นั้นเป็นค่า ส.ป.ส. การถ่ายเทความร้อนของผิววัสดุภายใน (h_i) จะได้

$$Q = h_i \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(5)$$

- โดยที่ Q = ปริมาณพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามา (BTU/Hr.)
 h_i = ส.ป.ส. การถ่ายเทความร้อนที่ผิววัสดุภายใน (BTU/Hr.Sqft.F)
 A = พื้นที่ที่ความร้อนถ่ายเทผ่าน (SQ.ft)
 ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิที่ผิวภายในกับอุณหภูมิของอากาศในห้อง (F)

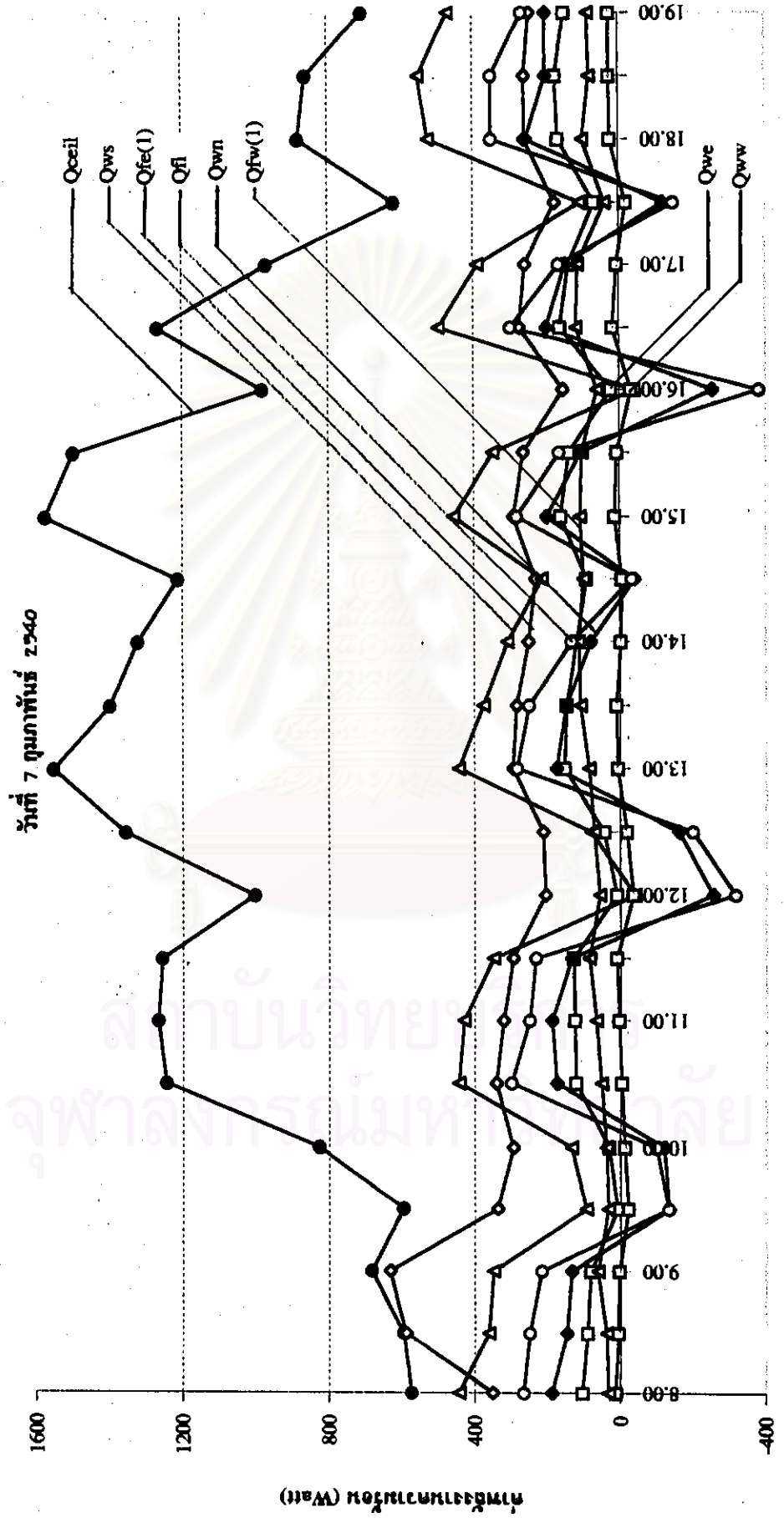
จากสมการ (2) นำไปพิจารณากับพื้นที่ของแต่ละห้องที่ศึกษา จะทำให้ได้ค่าพลังงานความร้อนจากการประเมินที่ถ่ายเทเข้ามา ในเวลาทุกครึ่งชั่วโมง เป็นดังกราฟประกอบ รูปที่ 3-44 ถึงรูปที่ 3-49

เมื่อเปรียบเทียบกันจะเห็นว่า พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาทางหลังคา ของห้องใต้หลังคา สำหรับอาคารที่ไม่มีการใส่ฉนวนความร้อนทางหลังคา ได้แก่ อาคารเก่าของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทั่วไป จะมีสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง (พิจารณา แผนภูมิวงกลม รูปที่3-50 ถึงรูปที่3-55 ประกอบ) จะเห็นว่ามีอัตราส่วนไม่น้อยกว่า ร้อยละ33 ของพลังงานที่ถ่ายเทเข้ามาในห้องทั้งหมด โดยเฉพาะหลังคากรณีศึกษาที่ 2(หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดเอียงตามหลังคา) จะมีอัตราส่วนสูงถึง ร้อยละ54 เพราะเป็นห้องขนาดเล็กและมีพื้นที่หลังคาเป็นสัดส่วนที่สูง, หลังคากรณีศึกษาที่ 4 (หลังคาแผ่นโลหะผสมฝ้าเพดานไม้ฉลวยาง 73 แนวระนาบ) มีอัตราส่วนที่ไม่สูงนัก ประมาณร้อยละ20 เพราะมีการระบายอากาศภายในหลังคา และหลังคาเป็นผิวสะท้อนแสงจะมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ส่วนหลังคาที่มีอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาทางหลังคาต่ำสุด ได้แก่ หลังคากรณีศึกษาที่ 6 (หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดฉาบเรียบบนฉนวนใยแก้วหนา 2" มีอัตราส่วนประมาณ ร้อยละ16 ของพลังงานที่ถ่ายเทเข้ามาทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

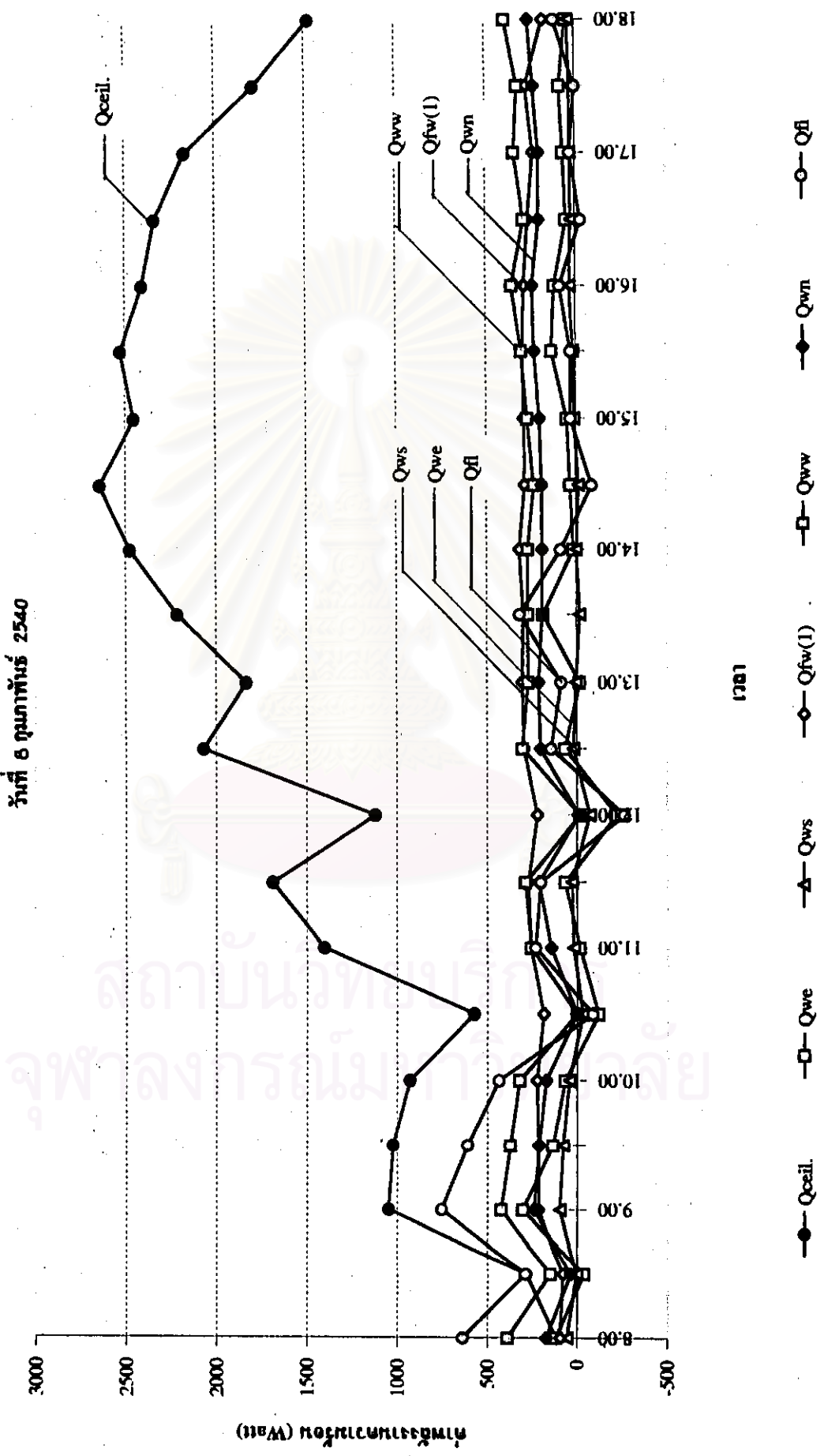
รูปที่ 3-44 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบพลังงานความร้อนจากการประเมินที่ถ่ายเทเข้ามาในห้อง ของห้องประชุมเล็ก อาคารงานศรี ๑ /

ห้องประชุมของศูนย์ ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ วังพระราม (REF : ตาราง M7-3)



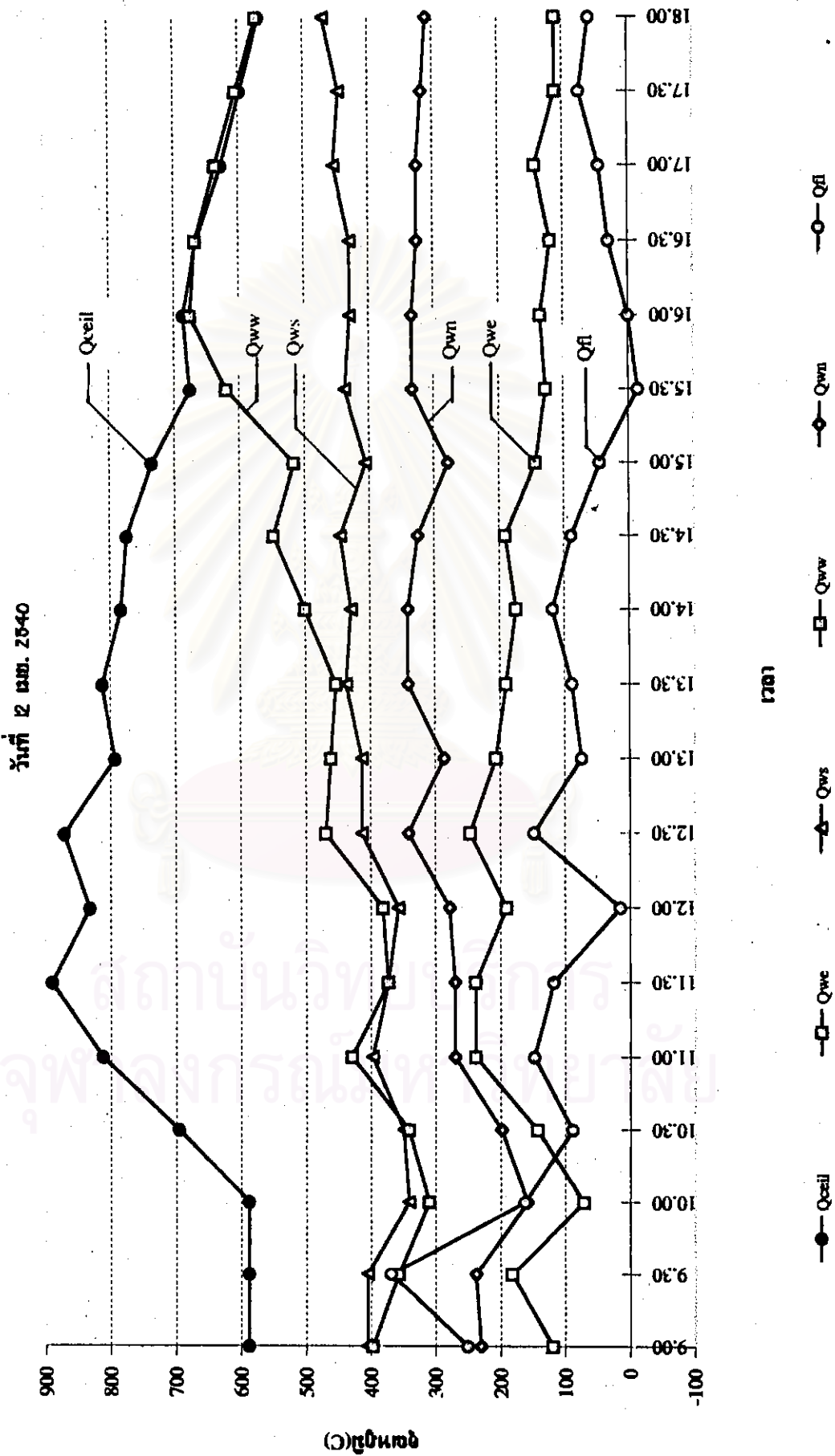
1707

รูปที่ 3-45 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบกับพลังงานรวมจากการประเมินที่ถ่ายเทเข้ามาในห้อง ของห้อง 327 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ /
 หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานฉาบเรียบ วังเสด็จมาโครงการรังสิต (REF:ตาราง M/7-7)



รูปที่ 3-46 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบพลังงานความร้อนจากการประเมินที่ต่ำกว่าเข้ามา ของอาคารจำลอง /

ห้องการป้องกันคอนกรีต ฝาทดามชิพซีเมนต์ ทางมะระหนาน(REF:ตาราง พ/ข-11)

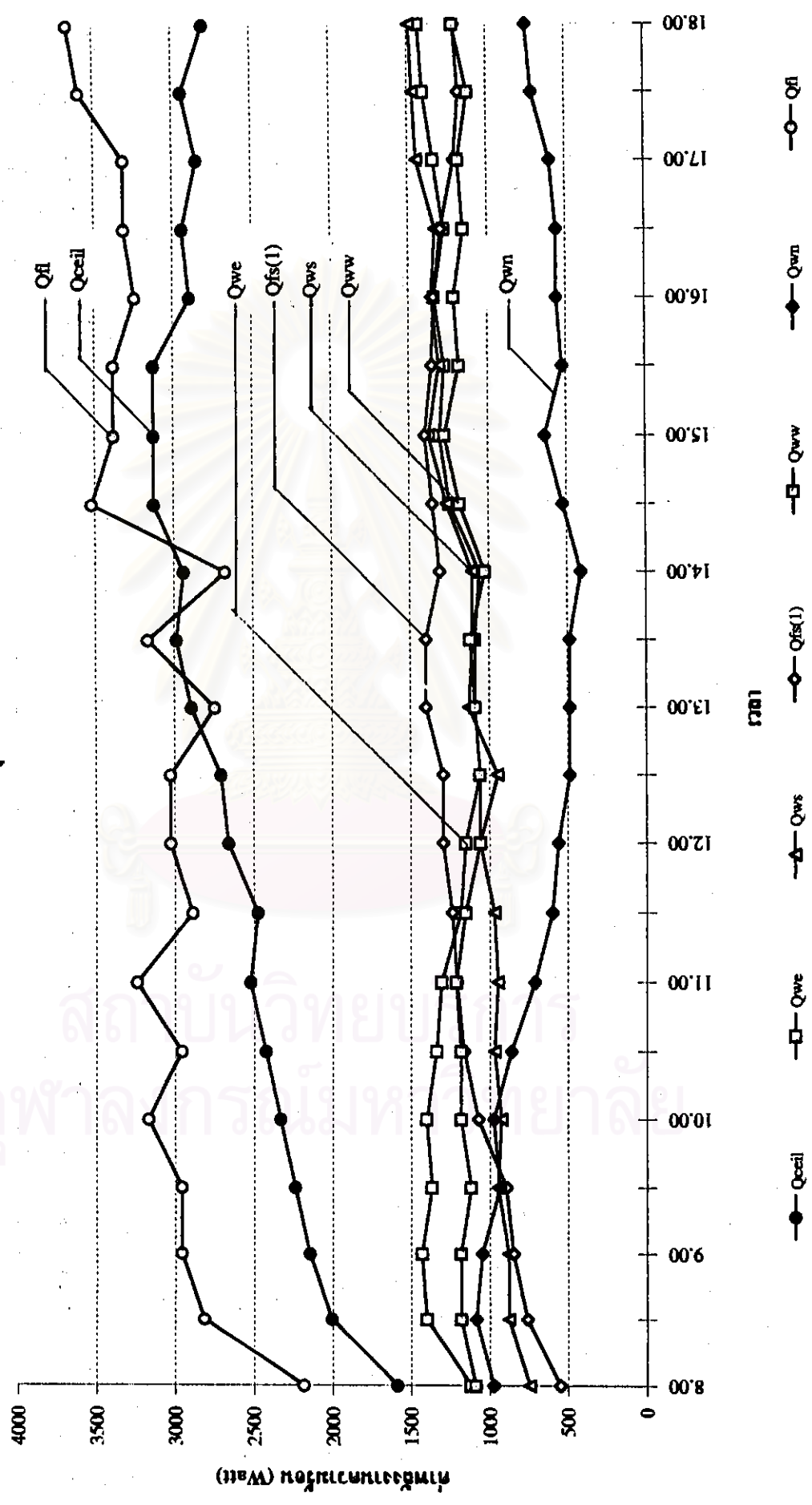


1701

รูปที่ 3-47 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบพลังงานรวมจากการประเมินที่อุณหภูมิในห้อง ของห้องเครื่องตัวละคร อาคารอำนวยการตึกที่ 4 /

ห้องควบคุมห้องระบอบอากาศ ฝ่าเพดานแผ่นไม้ฉลวยทางเข้าวางแนวระนาบ (REF. ตาราง M/4-15)

วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2540

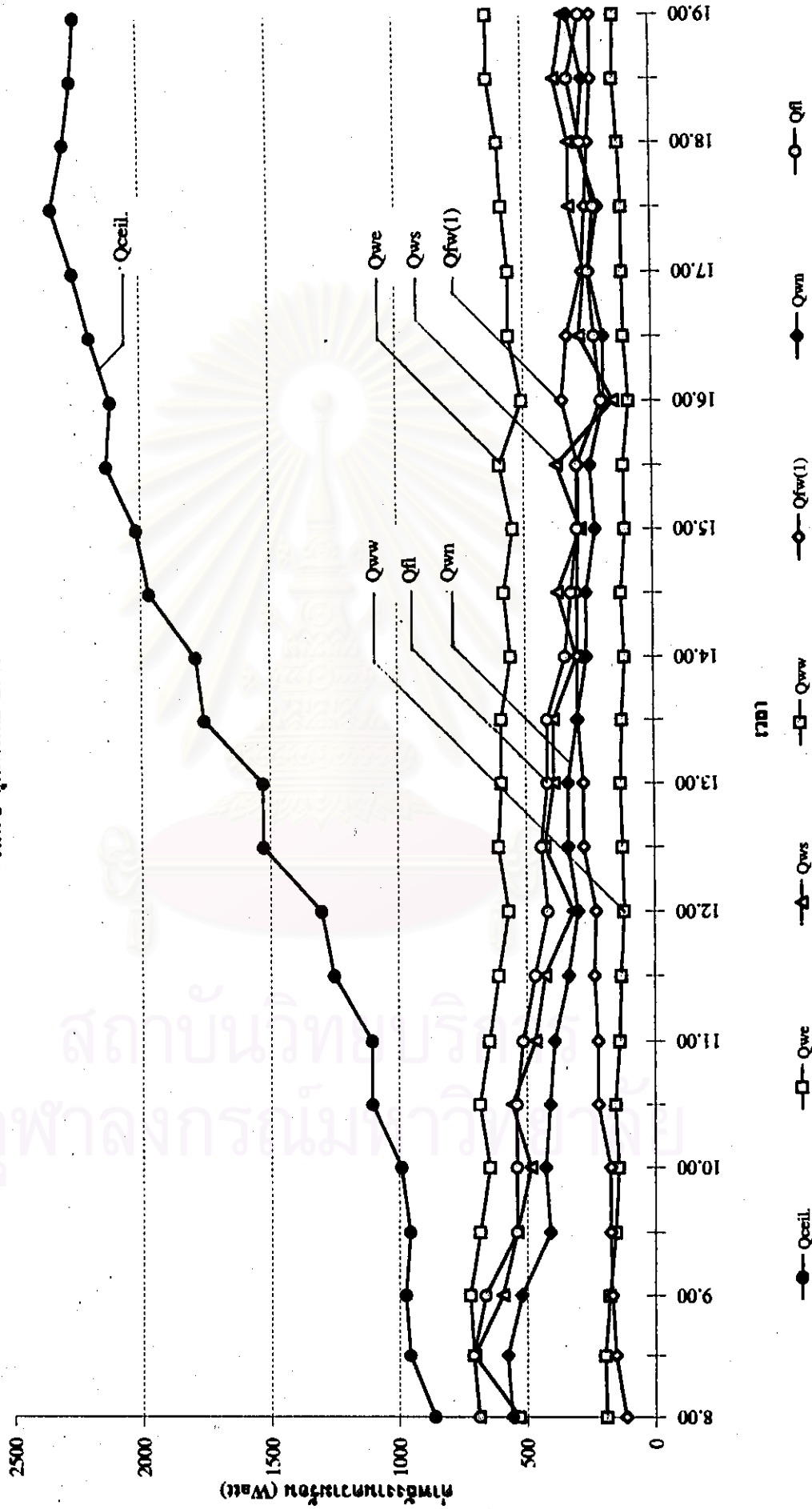


เวลา

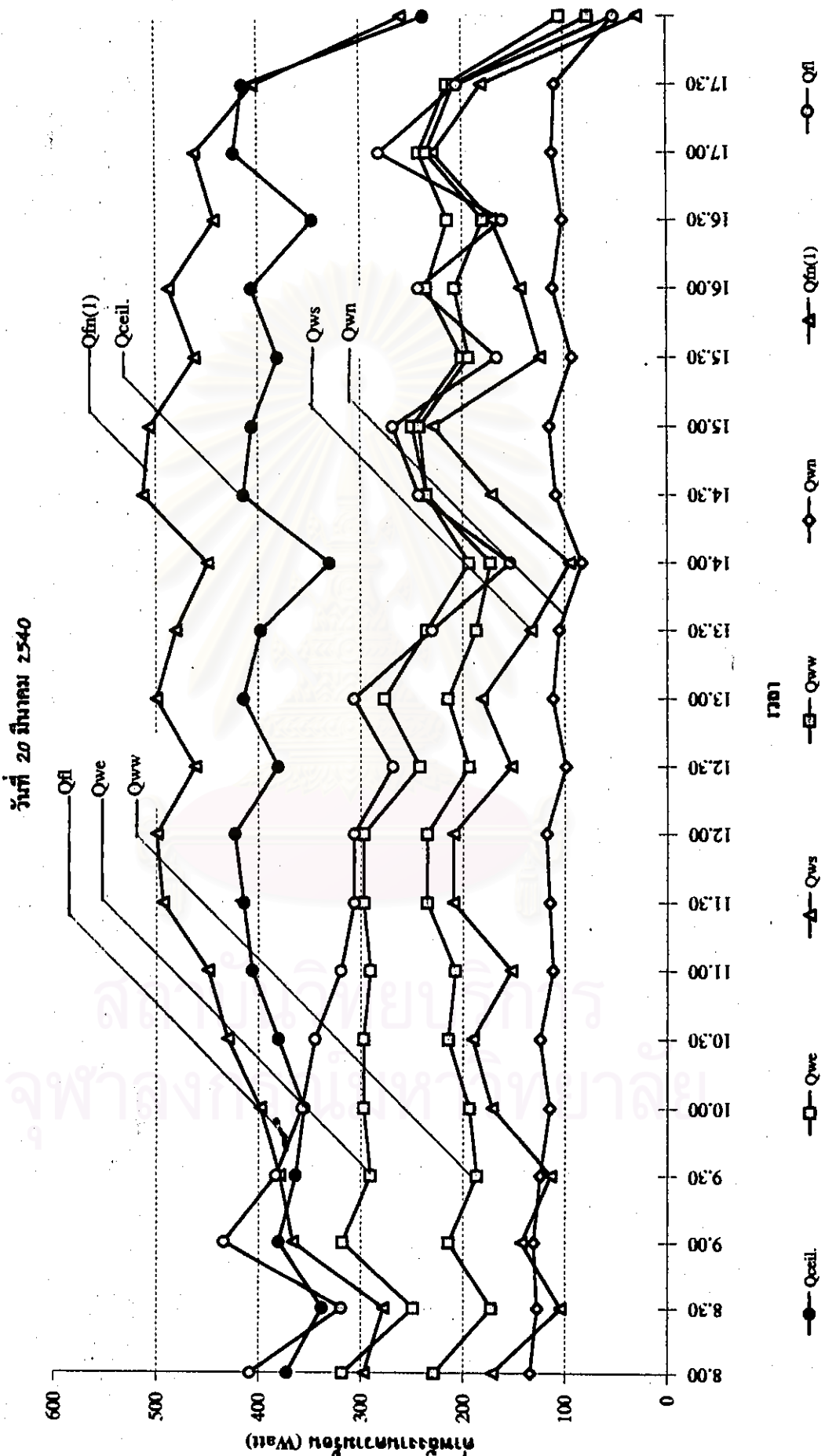
รูปที่ 3-48 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบพลังงานจากการประเมินที่อ่านเข้าไปถึง ของห้องเรียน 308

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ / หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.12 ม. ไม่มีฝ้าเพดาน (REF. ตาราง ม/ผ- 19)

วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2540



รูปที่ 3-49 กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบพลังงานความร้อนรวมจากการประเมินที่ถ่ายเข้ามาในห้อง ของห้องทดลองฝ่ายวิจัย
 สถาบันวิจัยพลังงานฯ หลังการคอนกรีตเสริมเหล็ก ผ่านตลาดฉนวนที่ล้อมรอบอาคาร(REF:ตาราง ก/พ.23)

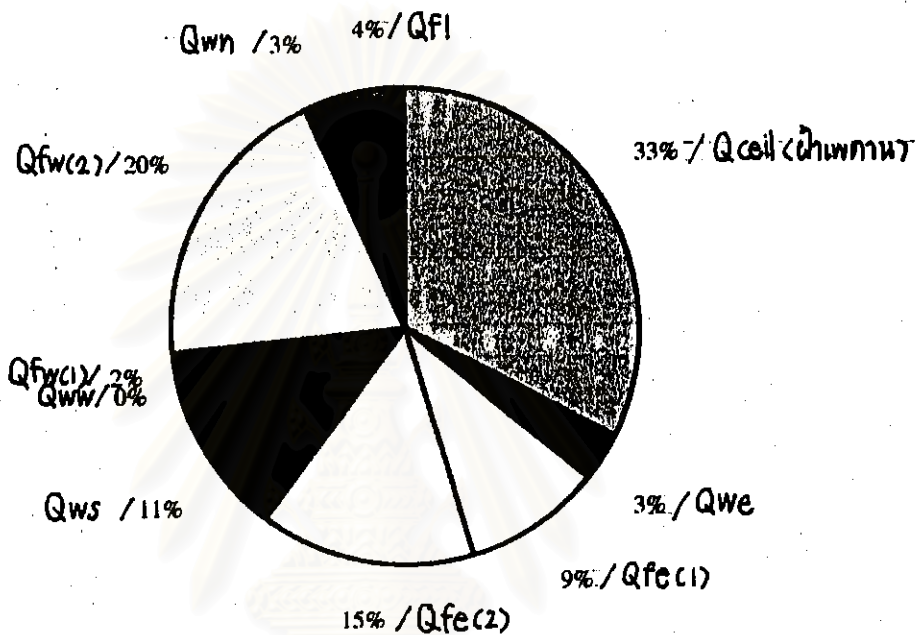


รูปที่ 3-50 แผนภูมิวงกลมแสดงค่าเปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ถ่ายเท

เข้ามาในแต่ละด้าน ช่วงเวลาทำงาน ของห้องคาริศึกษาที่ 1

(ห้องประชุมเด็ก/ห้องคาริกระบือองอนตุ่ ฝึาพคานยิบขั้มบอร์ควางแนวระนาบ)

วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2540 / เวลา 7.00- 10.00 น.

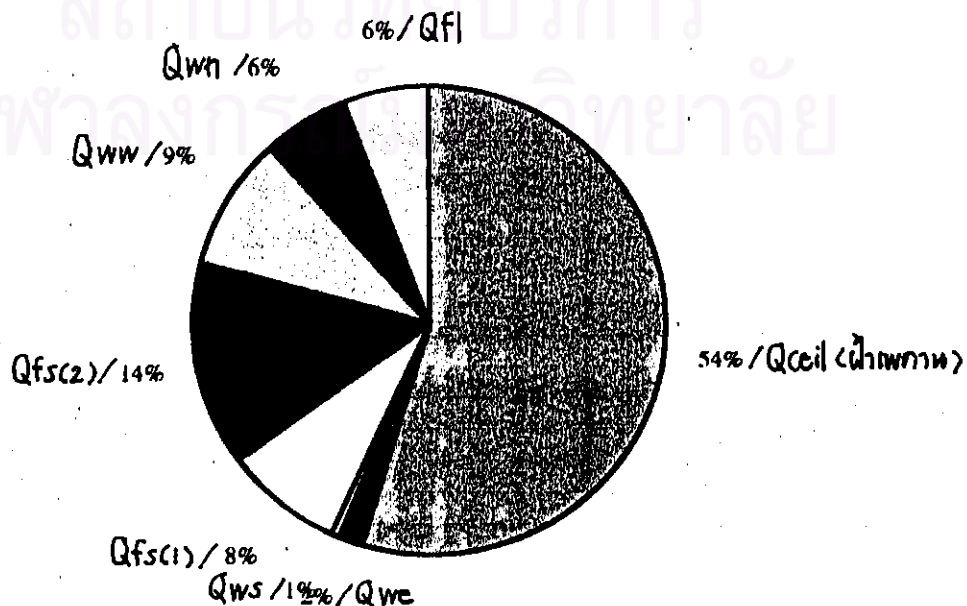


รูปที่ 3-51 แผนภูมิวงกลมแสดงค่าเปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ถ่ายเท

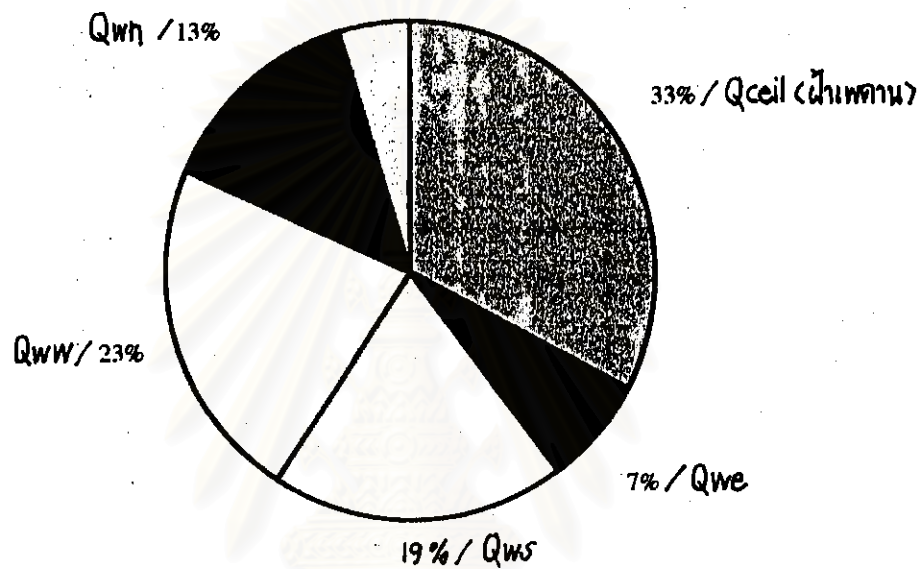
เข้ามาในแต่ละด้าน ช่วงเวลาทำงานของห้องคาริศึกษาที่ 2

(ห้องเรียน 327 / ห้องคาริกระบือองอนตุ่ ฝึาพคานยิบขั้มบอร์คเตียงคางหงังกา)

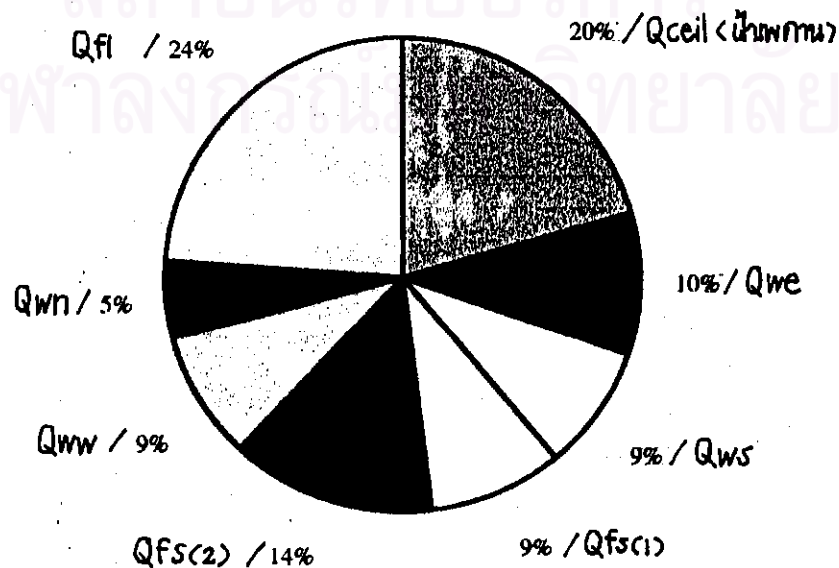
วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2540 / เวลา 7.00- 10.00 น.



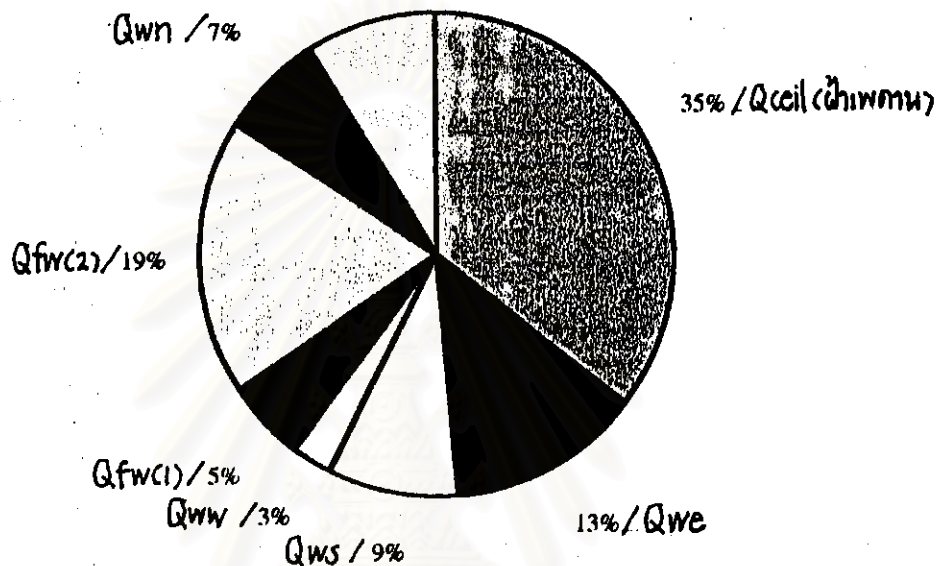
รูปที่ 3-52 แผนภูมิวงกลมแสดงค่าเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่ถ่ายเท
เข้ามาในแต่ละด้าน ช่วงเวลาทำงาน ของห้องอาคารนิเทศศึกษาที่ 3
(อาคารจำลอง / ห้องคาราโอเกะคอนกรีต ฝ้าเพดานยิบซัมบอร์ด วางแนวระนาบ)
วันที่ 12 เมษายน 2540 / เวลา 7.00 - 18.00 น.
5% / Qf1



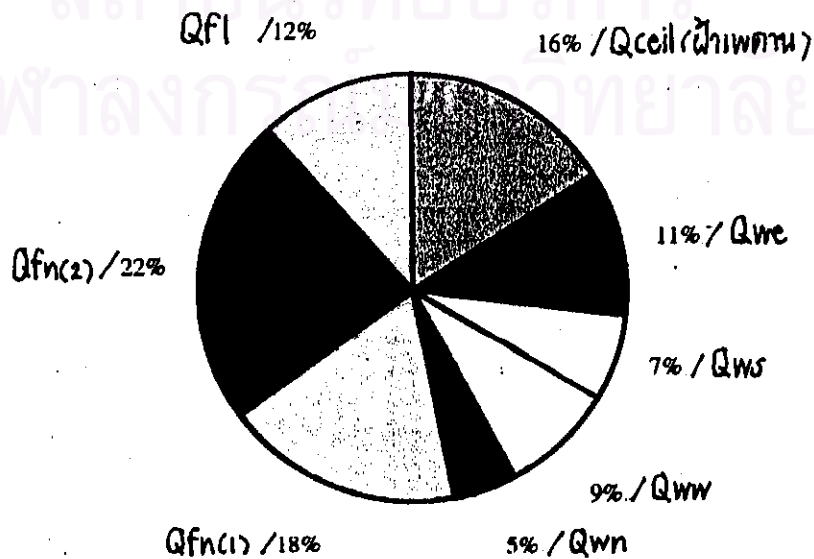
รูปที่ 3-53 แผนภูมิวงกลมแสดงค่าเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่ถ่ายเท
เข้ามาในแต่ละด้าน ช่วงเวลาทำงาน ของห้องอาคารนิเทศศึกษาที่ 4
(ห้องแต่งตัวละคร/ห้องคาเฟ่โตะผสม ฝ้าเพดานไม้อัดยาง วางแนวระนาบ)
วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2540 / เวลา 7.00 - 18.00 น.



รูปที่ 3-54 แผนภูมิวงกลมแสดงค่าเปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ถ่ายเท
 เข้ามาในแต่ละด้าน ช่วงเวลาทำงาน ของห้องคาถาการศึกษาที่ 5
 (ห้องเรียน 308 / ห้องคาถาอนุกรีตเสริมเหล็ก ไม่มีฝ้าเพดาน)
 วันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2540 / เวลา 7.00 - 18.00 น.
 9% / QFI



รูปที่ 3-55 แผนภูมิวงกลมแสดงค่าเปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ถ่ายเท
 เข้ามาในแต่ละด้าน ช่วงเวลาทำงานของห้องคาถาการศึกษาที่ 6
 (ห้องรองหอ. ฝ่ายวิจัย/ห้องคาถาอนุกรีตเสริมเหล็ก
 ฝ้าเพดานยิบซัมบอร์ดบุผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก)
 วันที่ 20 มีนาคม 2540 / 7.00 - 18.00 น.



พิจารณาค่า RTTV. หรือค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคากรณีศึกษา และตามกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน พศ. 2535 ของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม กำหนดค่า RTTV. สำหรับอาคารทั่วไป จะต้องมามีค่า $\leq 25 \text{ Watt/Sq.m.}$ ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลที่ศึกษามาเปรียบเทียบกับค่า RTTV. ของหลังคาทั้ง 6 กรณี ดังตารางที่ 3-1 กราฟประกอบรูปที่ 3- 56 และ 3-57 จะเห็นว่า ค่า RTTV. ที่กำหนดกันขึ้นมา นั้น มีตัวแปรสำคัญคือ อุณหภูมิภายในห้อง หากเราปรับอุณหภูมิในห้องให้ต่ำลงมาก ก็จะทำให้ค่า RTTV. อยู่ในเกณฑ์ที่สูง จากการใช้งานจริงหลังคาทั้ง 6 กรณี ได้แก่ หลังคากระเบื้องลอนคู่, หลังคากระเบื้องซีเมนต์ และหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก จะมีค่า RTTV. เฉลี่ยสูงกว่า 25 Watt/Sq.m. ตามที่กฎหมายกำหนด เรียงหลังคากรณีศึกษาที่มีค่า RTTV. จากน้อยไปมาก ได้ดังนี้

หลังคากรณีศึกษาที่ 6 หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดฉาบเรียบ
บุฉนวนใยแก้วหนา 2”

หลังคากรณีศึกษาที่ 4 หลังคาแผ่นโลหะผสม พร้อมช่องระบายอากาศ
ฝ้าเพดานไม้อัดยางทาสี

หลังคากรณีศึกษาที่ 3 หลังคากระเบื้องซีเมนต์ ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดฉาบเรียบ

หลังคากรณีศึกษาที่ 2 หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดฉาบเรียบตามหลังคา

หลังคากรณีศึกษาที่ 1 หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดฉาบเรียบ

หลังคากรณีศึกษาที่ 5 หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่มีฝ้าเพดาน

หากเมื่อเราเทียบกับอุณหภูมิอากาศในห้องประมาณ 25 องศาเซลเซียส จะได้ข้อมูลเปรียบเทียบกับค่า RTTV ของหลังคาทั้ง 6 กรณี ดังตารางที่ 3.2 และแผนภูมิประกอบรูปที่ 3-59 จะได้ว่าค่า RTTV ของหลังคากรณีศึกษาที่มีค่าเฉลี่ยเกิน 25 Watt/Sq.m. ได้แก่หลังคากรณีศึกษาที่ 1, 2, 3 และ 5 คือ หลังคากระเบื้องลอนคู่, หลังคากระเบื้องซีเมนต์ และหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่มีฝ้าเพดานและฉนวนกันความร้อน

การปรับปรุงหลังคากรณีศึกษามาตามมาตรฐาน RTTV

ข้อกำหนด ค่า RTTV ของอาคารทั่วไปจะต้องมีค่า ไม่เกิน 25 Watt/Sq.m. และจากค่า RTTV ที่ได้จากการวัดจริง ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่า RTTV. ที่ได้จากการคำนวณ ดังตารางที่ 3-3 จะเห็นว่าไม่ได้เป็นค่าเดียวกันนัก แต่ประเภทของหลังคาที่มีค่า RTTV สูงสุดและต่ำสุด เป็นหลังคาประเภทเดียวกัน ได้แก่ หลังคากรณีศึกษาที่ 5 (หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่มีฝ้าเพดาน) และหลังคากรณีศึกษาที่ 6 (หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดฉาบเรียบบุฉนวนใยแก้ว 2”) ตามลำดับ ส่วนกรณีอื่นๆก็มีแนวโน้มเดียวกัน

ตารางที่ 3-1 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมทางหลังคา(RITV.) จากการวัดจริง
ของหลังคากรณีศึกษา 6 กรณี

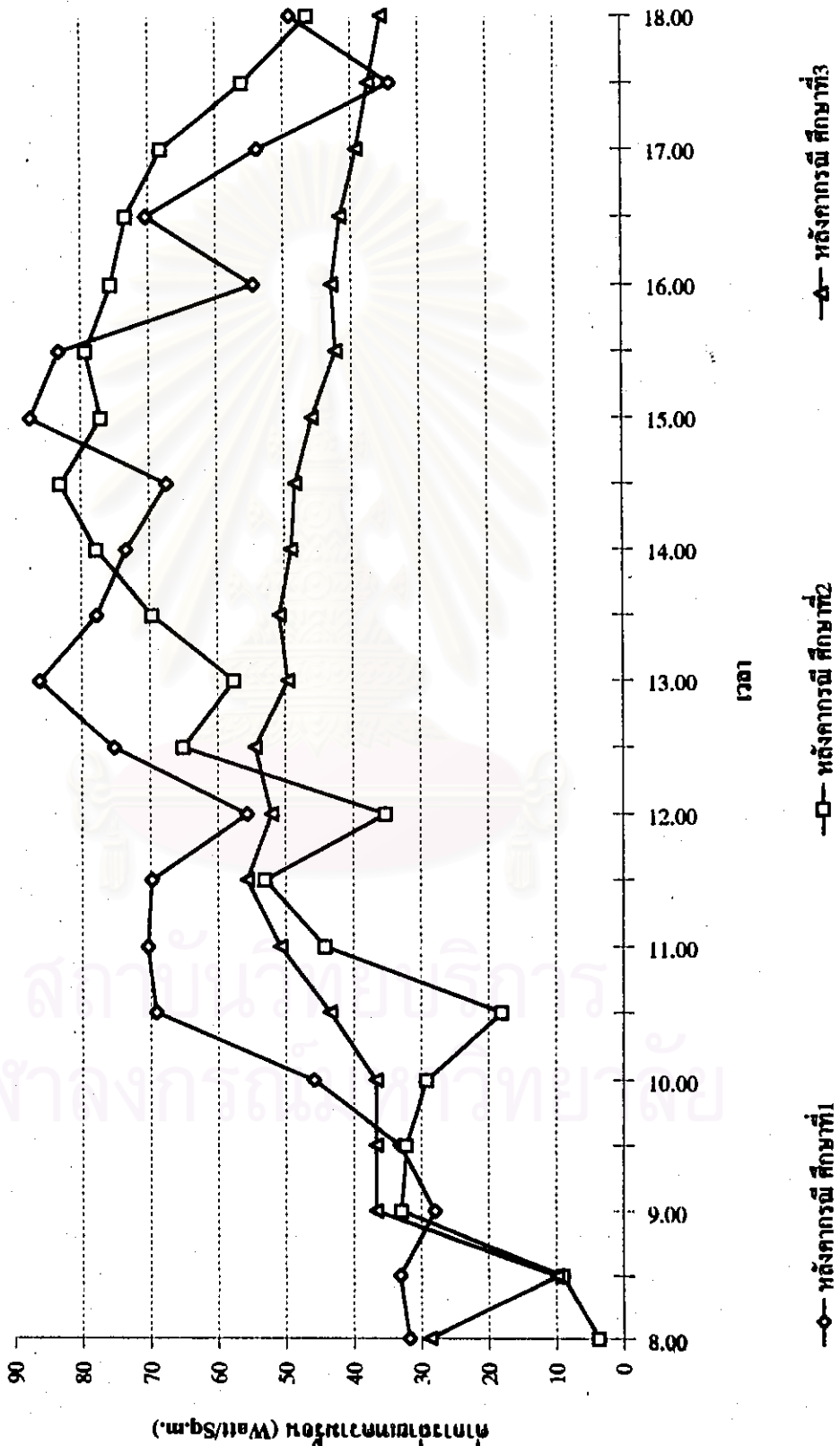
เวลา	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมทางหลังคา (RITV.)จากการวัดจริง (W/m ² .K.)					
	หลังคากรณี ศึกษาที่ 1	หลังคากรณี ศึกษาที่ 2	หลังคากรณี ศึกษาที่ 3	หลังคากรณี ศึกษาที่ 4	หลังคากรณี ศึกษาที่ 5	หลังคากรณี ศึกษาที่ 6
8.00	31.8	3.7	28.8	20.8	32.5	26.9
8.30	33.1	9	9.8	26.3	36.1	24.5
9.00	28	32.9	36.7	28.2	36.7	27.6
9.30	33.1	32.2	36.7	29.4	36.1	26.3
10.00	45.9	29.2	36.7	30.6	37.4	25.7
10.30	69.2	18	43.5	31.8	41.6	27.6
11.00	70.4	44.2	50.8	33.1	41.6	29.4
11.30	69.8	53.1	55.7	32.5	47.2	30
12.00	55.7	35.2	52.1	34.9	49	30.6
12.30	75.3	65.1	54.5	35.5	57.6	27.6
13.00	86.3	57.6	49.6	38	57.6	30
13.30	77.8	69.6	50.8	39.2	66.1	28.8
14.00	73.5	77.8	49	38.6	67.4	23.9
14.30	67.4	83.1	48.4	41	74.1	30
15.00	87.6	77.1	45.9	41	75.9	29.4
15.30	83.3	79.3	42.3	41	80.2	27.6
16.00	54.5	75.6	42.9	38	79.6	29.4
16.30	70.4	73.3	41.6	38.6	82.7	12.9
17.00	53.9	68.1	39.2	37.4	85.1	27.6
17.30	34.3	56.1	37.4	38.6	88.2	30
18.00	49	46.4	35.5	36.7	86.3	17.1
MAX	87.6	83.1	55.7	41	88.2	30.6
MID	67.4	56.1	42.9	36.7	57.6	27.6
MIN	28	3.7	9.8	20.8	32.5	12.9
AVERAGE	59.54	51.74	42.28	34.82	59.95	26.80

หมายเหตุ :

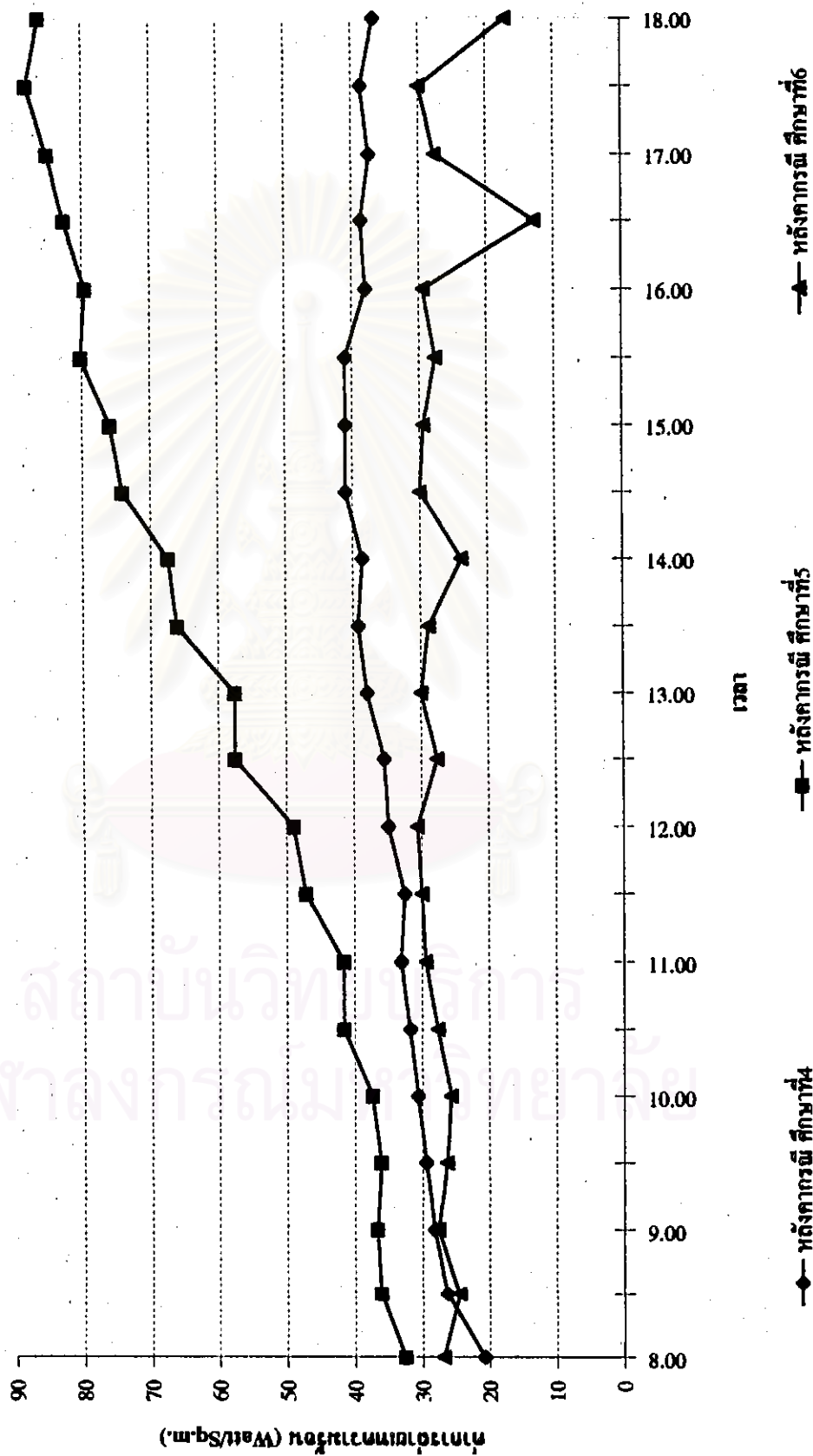
- หลังคากรณีศึกษาที่ 1 - ห้องประชุมเล็ก / หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด วางแนวระนาบ
 หลังคากรณีศึกษาที่ 2 - ห้องเรียน 327 / หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด เอียงตามโครงหลังคา
 หลังคากรณีศึกษาที่ 3 - อาคารจำลอง / หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด วางแนวระนาบ
 หลังคากรณีศึกษาที่ 4 - ห้องแต่งตัวละคร / หลังคาแผ่นโลหะผสม ฝ้าเพดานไม้ยัดขยายทางสี่ วางแนวระนาบ
 หลังคากรณีศึกษาที่ 5 - ห้องเรียน 308 / หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่มีฝ้าเพดาน
 หลังคากรณีศึกษาที่ 6 - ห้องรองหอผ้าอวิชัย / หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด

บูรณวณกันความร้อน วางแนวระนาบ

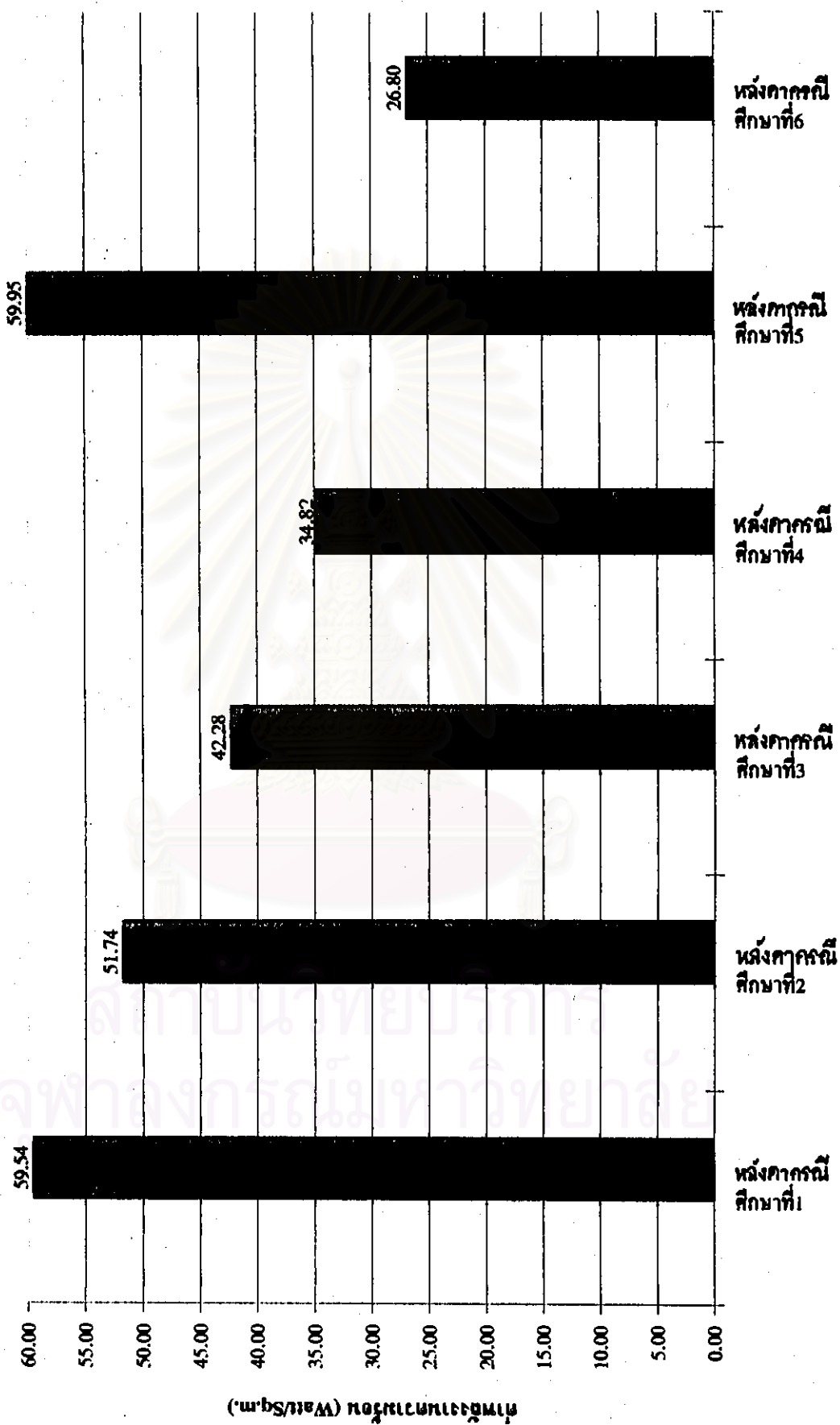
รูปที่ 3-56 กราฟแสดงค่า RTV. ของหลังคากรณีศึกษาที่ 1,2,3



รูปที่ 3-57 กราฟแสดงค่า RTTV. ของห้องคารณิศึกษาที่ 4,5,6



รูปที่ 3-58 แผนภูมิแสดงค่าประสิทธิผลการถ่ายเทความร้อนเฉลี่ย (R(TTV) ของห้องคอกหมูศึกษาทั้ง 6 กรณี จากการจัดเรียง



ตารางที่ 3-2 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมทางหลังคา (RTTV.) จากการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิห้อง 25 C ของหลังคากรณีศึกษา 6 กรณี

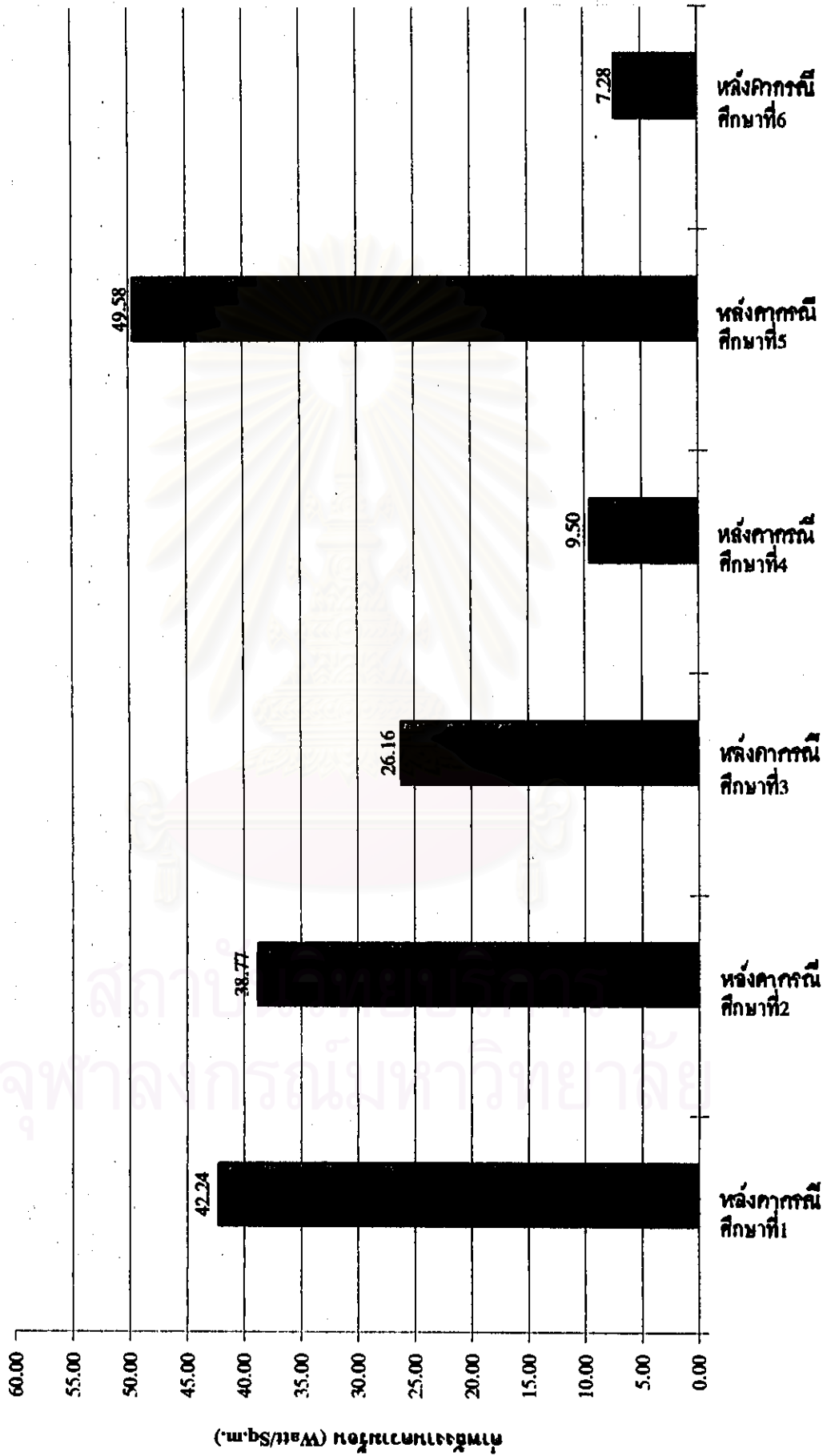
เวลา	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมทางหลังคา (RTTV.) จากการศึกษาจริงและเทียบอุณหภูมิห้อง 25C (Wau/Sq.m.)					
	หลังคากรณีศึกษาที่ 1	หลังคากรณีศึกษาที่ 2	หลังคากรณีศึกษาที่ 3	หลังคากรณีศึกษาที่ 4	หลังคากรณีศึกษาที่ 5	หลังคากรณีศึกษาที่ 6
8.00	3.7	3.7	28.8	12.9	28.8	8.6
8.30	9.2	9.0	3.7	8.6	25.1	7.3
9.00	17.1	32.9	4.3	6.7	25.7	4.9
9.30	25.7	1.5	8.0	4.9	23.9	4.3
10.00	35.5	3.7	14.1	4.3	26.3	6.1
10.30	44.1	9.0	20.2	4.9	26.9	4.3
11.00	44.7	26.2	25.1	6.7	29.4	5.5
11.30	46.5	29.9	37.4	5.5	34.3	7.3
12.00	59.4	34.4	37.4	8.0	38.0	7.3
12.30	69.8	44.9	36.7	9.8	44.1	6.7
13.00	61.8	41.2	34.9	12.2	45.3	6.7
13.30	55.1	53.1	39.2	13.5	53.3	6.7
14.00	56.9	65.1	36.1	14.1	57.6	6.1
14.30	56.3	71.1	34.9	11.0	62.5	6.7
15.00	61.2	67.4	38.6	9.2	67.4	8.0
15.30	63.1	66.6	31.2	9.8	69.2	8.0
16.00	56.9	65.1	30.0	6.1	74.1	6.1
16.30	42.3	64.4	28.2	6.7	75.3	8.0
17.00	31.2	57.6	23.9	5.5	77.8	11.6
17.30	26.9	40.4	20.2	2.4	78.4	9.8
18.00	19.6	26.9	16.5	36.7	77.8	12.9
MAX	69.8	71.1	39.2	36.7	78.4	12.9
MID	44.7	40.4	28.8	8.0	45.3	6.7
MIN	3.7	1.5	3.7	2.4	23.9	4.3
AVERAGE	42.2	38.8	26.2	9.5	49.6	7.3

หมายเหตุ :

- หลังคากรณีศึกษาที่ 1 - ห้องประชุมเล็ก / หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานอินซูลัมบอร์ด วางแนวระนาบ
 หลังคากรณีศึกษาที่ 2 - ห้องเรียน 327 / หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานอินซูลัมบอร์ด เยื้องคานาโครงหลังคา
 หลังคากรณีศึกษาที่ 3 - อาคารจำลอง / หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานอินซูลัมบอร์ด วางแนวระนาบ
 หลังคากรณีศึกษาที่ 4 - ห้องแต่งตัวละคร / หลังคาแผ่นโลหะผสม ฝ้าเพดานไม้ฉัดของทาสี วางแนวระนาบ
 หลังคากรณีศึกษาที่ 5 - ห้องเรียน 308 / หลังคาท่อนกริดเสริมเหล็ก ไม่มีฝ้าเพดาน
 หลังคากรณีศึกษาที่ 6 - ห้องรองหอ.ฝ้าฉนวน / หลังคาท่อนกริดเสริมเหล็ก ฝ้าเพดานอินซูลัมบอร์ด

มุลนวนกันความร้อน วางแนวระนาบ

รูปที่ 3-59 แผนภูมิแสดงค่าประเมินการถ่ายเทความร้อนรวมเฉลี่ย (RTTV) ของหลังคากรณีศึกษาทั้ง 6 กรณี
จากการวัดจริงและเทียบกับข้อมูลที่มีห้อง 25 องศาเซลเซียส



จากค่าRTTVที่ได้จากการวัดจริง พิจารณาลงค่าที่มีค่าRTTVเกินมาตรฐาน นำมาเทียบกับ
กันหาค่าRTTVที่ควรลดลง จะทราบค่า U-Value ที่ควรลดลง เพื่อหาค่า R-Value ที่ควรเพิ่มขึ้น
จากการคำนวณของหลังคากรณีศึกษาทั้ง 6 กรณีดังนี้ (ตารางที่ 3-4)

$$\begin{aligned} \text{จาก } U \text{ เดิม} &= 1 / R_{\text{เดิม}} \\ U_x &= U\text{-Value ที่ควรลดลงเพื่อให้ RTTV.}(25\text{Watt/Sq.m.}) \\ R_x &= R\text{-Value ที่ควรเพิ่มขึ้นเพื่อให้ RTTV.}(25\text{Watt/Sq.m.}) \\ \text{จะได้ } U_{\text{เดิม}} - U_x &= 1 / (R_{\text{เดิม}} + R_x) \\ R_{\text{เดิม}} + R_x &= 1 / (U_{\text{เดิม}} - U_x) \\ R_x &= 1 / (U_{\text{เดิม}} - U_x) - R_{\text{เดิม}} \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

ตัวอย่าง หลังคากรณีศึกษาที่ 1 มีค่า RTTV. จากการวัดจริงได้ 59.54 Watt/Sq.m. แสดงว่ามีค่า
RTTV. เกินกว่าที่กฎหมายกำหนด (25Watt/Sq.m.)

$$= 59.54 - 25.00 = 34.54 \text{ Watt/Sq.m.}$$

ในการปรับปรุงหลังคากรณีนี้ จะต้องทำให้ค่า RTTV.ลดลงอีก 34.54 Watt/Sq.m.

$$\begin{aligned} \text{จาก(1): } RTTV. &= U * A * T_{\text{Deq}} \\ \text{ค่า } T_{\text{deq}} &= 28 \quad C \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } U_x &= RTTV. / T_{\text{Deq.}} \\ &= 34.54 / 28 \\ &= 1.234 \text{ Watt/Sq.m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก(2) จะได้ } R_x &= (1 / 2.126 - 1.234) - 0.470 \\ &= (1 / 0.892) - 0.470 \\ &= 0.65 \text{ Sq.m./Watt} \dots\dots\dots\# \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า ; จาก } R_{\text{เดิม}} &= 0.470 \text{ Sq.m./Watt} \\ \text{ค่า R-Value ที่เพิ่ม, } R_x &= 0.65 \text{ Sq.m./Watt} \\ R \text{ ใหม่} &= 1.12 \text{ Sq.m./Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U \text{ ใหม่} &= 1 / 1.12 \\ &= 0.893 \text{ Watt/Sq.m} \\ \text{จะได้ } RTTV. \text{ ใหม่} &= U_{\text{ใหม่}} * A * T_{\text{Deq}} \\ &= 0.893 * 1 * 28 \\ &= 25.00 \text{ Watt/Sq.m.} \dots\dots\dots\# \end{aligned}$$

(เป็นไปตามค่าRTTV.ที่กฎหมายกำหนด)

ตารางที่ 3-3 แสดงค่าเปรียบเทียบค่า RTTV.,ค่าTDeq.,U-Value และR-value จากการคำนวณและจากการวัดจริง
ของหลังคากรณีศึกษา 6 กรณี

หลังคากรณีศึกษา	U-Value (Watt/Sq.m.)	TDeq. (C)	RTTV. (Watt/Sq.m.) (จากการคำนวณ)	RTTV. (Watt/Sq.m.) (จากการวัดจริง)	U-Value(U เดิม) (Watt/Sq.m.) (จากการวัดจริง)	R-Value (R เดิม) (Sq.m./Watt) (จากการวัดจริง)
1. หลังคากรณีศึกษาที่ 1	1.33	28	37.24	59.54	2.126	0.470
2. หลังคากรณีศึกษาที่ 2	2.208	28	61.82	51.74	1.848	0.541
3. หลังคากรณีศึกษาที่ 3	1.295	28	36.26	42.28	1.510	0.662
4. หลังคากรณีศึกษาที่ 4	1.42	24	34.08	34.82	1.451	0.689
5. หลังคากรณีศึกษาที่ 5	3.33	24	79.92	59.95	2.498	0.400
6. หลังคากรณีศึกษาที่ 6	0.443	24	10.63	26.8	1.117	0.896

หมายเหตุ : ค่า TDeq. ที่มาจากตาราง 4-4 หนังสือคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร

ตารางที่ 3-4 แสดงค่า R-Value ที่ควรเพิ่มขึ้น ในการปรับปรุงหลังคากรณีศึกษาทั้ง 6 กรณี ตามมาตรฐานกำหนด

หลังคากรณีศึกษา	RTTV. (Watt/Sq.m.) ที่ควรลดลง เทียบกับค่ามาตรฐาน (๒๕ Watt/Sq.m.)	U-Value (Ux) (Watt/Sq.m.) ที่ควรลดลง	R-Value (Rx) (Sq.m./Watt) ที่ควรเพิ่มขึ้น	R-Value (Rx) (Sq.m./Watt) ที่ควรเพิ่มขึ้น
1. หลังคากรณีศึกษาที่ 1	34.54	1.234	0.650	3.689
2. หลังคากรณีศึกษาที่ 2	26.74	0.955	0.579	3.287
3. หลังคากรณีศึกษาที่ 3	17.28	0.617	0.458	2.599
4. หลังคากรณีศึกษาที่ 4	9.82	0.409	0.271	1.537
5. หลังคากรณีศึกษาที่ 5	34.95	1.456	0.560	3.178
6. หลังคากรณีศึกษาที่ 6	1.80	0.075	0.064	0.366

หมายเหตุ : $1 \text{ BTU/Hr.Sq.ft.F} * 5.678 = 1 \text{ Watt/Sq.m.}$

$1 \text{ Watt/Sq.m.} * 0.176 = 1 \text{ BTU/Hr.Sq.ft.F}$

ดังนั้น หลังการฉาบที่ควรปรับปรุงให้ได้ค่า RTTV ตามมาตรฐานได้แก่

-หลังการฉาบที่ 1

(หลังการกระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดวางแนวระนาบ)

-หลังการฉาบที่ 2

(หลังการกระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดเรียงตามโครงหลังคา)

-หลังการฉาบที่ 3

(หลังการกระเบื้องซีเมนต์ ฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ดวางแนวระนาบ)

-หลังการฉาบที่ 5

(หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่มีฝ้าเพดาน)

เมื่อพิจารณาค่า R-Value ที่ควรเพิ่มขึ้น กับการเพิ่มฉนวนความร้อนแต่ละประเภทที่มีค่า R-Value ต่างๆ (พิจารณาดารงที่ 4.1 ประกอบ) จะพอสรุปได้ว่า สำหรับหลังการฉาบที่ 1,2,3 และ 5 นั้น การใส่ฉนวนใยแก้วหนา 1", ฉนวนใยหินหนา 1" หรือฉนวนเส้นใยเซลลูโลสหนา 1" ก็เพียงพอให้ค่า RTTV ของหลังคาที่ควรปรับปรุงไม่เกิน 25 Watt/mv ตามมาตรฐานแล้ว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8.8.2 การประเมินค่า ส.ป.ศ.การถ่ายเทความร้อน

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้วิเคราะห์หาค่า RTTV. ของหลังคาแต่ละประเภทแล้ว ยังไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ว่า หลังคาแต่ละประเภทภายใต้เงื่อนไขตามสภาพความเป็นจริงแล้ว หลังคาประเภทใดสามารถป้องกันความร้อนได้ดีกว่ากัน เนื่องจากจากการวัดจริง สภาพแวดล้อม และตัวแปรต่าง ๆ อยู่ในสภาพที่แตกต่างกัน หากอุณหภูมิห้องของห้องใดต่ำกว่า ก็จะทำให้ค่า RTTV. ของหลังคาห้องนั้นสูง ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการป้องกันความร้อนของหลังคา จากการประเมินค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั้ง 6 กรณี โดยการประเมินค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน วิธีต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการคำนวณจากทฤษฎี (U')

จากการตรวจสอบหลังคาของแต่ละประเภท นำมาคำนวณหาค่า U-Value ของหลังคาทั้ง 6 กรณี ดังนี้ (ดูรายละเอียด บทที่ 2.1.3 ประกอบ)

กรณีศึกษาที่ 1	ค่า U-Value =	0.234	BTU/Hr.Sq.ft.F
กรณีศึกษาที่ 2	ค่า U-Value =	0.389	BTU/Hr.Sq.ft.F
กรณีศึกษาที่ 3	ค่า U-Value =	0.228	BTU/Hr.Sq.ft.F
กรณีศึกษาที่ 4	ค่า U-Value =	0.249	BTU/Hr.Sq.ft.F
กรณีศึกษาที่ 5	ค่า U-Value =	0.587	BTU/Hr.Sq.ft.F
กรณีศึกษาที่ 6	ค่า U-Value =	0.078	BTU/Hr.Sq.ft.F

หลักการ Thermal Gradient (U1')

จากบทที่ 2.3.1 พิจารณาขั้นตอนการประเมินค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั้ง 6 กรณี จากหลักการ Thermal Gradient ดังตารางที่ 3.1

หลักการพิจารณา CLTD (U2')

จากบทที่ 2.3.1 พิจารณาขั้นตอนการประเมินค่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั้ง 6 กรณี หลังจากพิจารณาค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอก และอุณหภูมิห้อง (CLTD) ดังตารางที่ 3.1

จากการพิจารณาหลักการ Thermal Gradient และ CLTD แบบแรก ค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา จากค่าที่วัดได้จริง จะเป็นลักษณะที่เปลี่ยนไปตามเวลา เป็นลักษณะของ Dynamic U' โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ U' แทนค่า การประเมินค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เพราะจริง ๆ แล้ว จะไม่ใช่ค่า U เพราะค่า U หลังคาหรือผนัง จะมีค่าคงที่ในสถานะ Steady stage ที่สามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้ ซึ่งแตกต่างจากการวัดค่าจริง

ถึงแม้จะเป็นการประเมิน แต่ค่าที่ได้ก็ยังคงอยู่ใน Range ที่ใกล้เคียงกัน แต่ไม่สามารถเป็นค่าคงที่ได้ เนื่องจากมีผลกระทบจากตัวแปรต่าง ๆ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริง

หลักการพิจารณา CLTD 2 (U3')

ตัวแปรหนึ่ง ที่ผู้วิจัยได้พิจารณาแล้วว่ามีผลกระทบ ก็คืออุณหภูมิอากาศในห้อง เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอได้ เพราะบางกรณีศึกษาเก็บข้อมูลขณะทำงานจริง และระบบปรับอากาศในห้องไม่ได้ควบคุมอากาศได้อย่างสม่ำเสมอทุกช่วงเวลา เมื่ออุณหภูมิภายในห้องสูงเกินอุณหภูมิที่กำหนด Condensing Unit ก็จะควบคุมอุณหภูมิให้อุณหภูมิห้องต่ำลง เมื่อต่ำลงถึงอุณหภูมิที่พอเหมาะ Condensing Unit ก็จะหยุดทำงานอัตโนมัติ ทำให้อุณหภูมิในห้องจะขึ้นลงตลอดเวลา แต่จะอยู่ใน Range ที่ระบบปรับอากาศควบคุมควบคุมอยู่ในกรณีนี้จะหาค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา จากการให้อุณหภูมิภายในห้องเป็นค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3.1

หลักการพิจารณา CLTD/TREND (U4')

เนื่องจากหลักการประเมินที่ผ่านมา ค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา ทั้ง 6 กรณี ยังคงเป็นลักษณะ Dynamic U' อยู่ดี ผู้วิจัยจึงใช้หลักการทางสถิติเข้าช่วยในการสรุปหาค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคานี้ ให้เป็นค่าคงที่ค่าเดียว

หลักการ คือ หลักการของสมการการถดถอย (Regression) เบื้องต้น คือ

$$\text{จากสมการ} \quad Y = mX + b \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{พิจารณาจากสูตร} \quad Q = U \cdot A \cdot \text{CLTD}$$

$$\text{โดยกำหนด} \quad A = 1 \text{ หน่วยพื้นที่}$$

$$Q = \text{ปริมาณพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามา}$$

$$= h_i \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\text{CLTD} = \text{ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและอุณหภูมิห้อง} \\ (\text{T}_{\text{surfout}} - \text{T}_{\text{in}})$$

$$\text{แทนค่า} \quad Y = Q$$

$$X = \text{CLTD}$$

$$m = U'$$

$$\text{และ} \quad b = 0$$

เมื่อทราบค่า X หรือ Y ตัวใดตัวหนึ่ง ก็สามารถทำนายหาค่าอีกตัวได้ โดยใช้ข้อมูลที่เก็บมาเป็นข้อมูลพื้นฐาน และใช้วิธีทางสถิติ จากสมการ (8) เมื่อค่า Constant (b) = 0 จะได้

Y = mX(9)

แทนค่า Q = U' * CLID(10)

ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้โปรแกรม Excel ช่วยในการคำนวณ สามารถหาค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคาทั้ง 6 กรณี ได้ดังตารางที่ 3.5 และกราฟรูปที่ 3-60

จากสมมติฐานข้อ 3 จึงมาวิเคราะห์จากกราฟรูปที่ 3-58 ได้ค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา ทั้ง 6 กรณี จากมากไปน้อย ดังนี้

กรณีศึกษาที่ 6	ค่าประเมิน U'	= 0.169 BTU/Hr.Sq.ft.F.
กรณีศึกษาที่ 4	ค่าประเมิน U'	= 0.247 BTU/Hr.Sq.ft.F.
กรณีศึกษาที่ 2	ค่าประเมิน U'	= 0.289 BTU/Hr.Sq.ft.F.
กรณีศึกษาที่ 3	ค่าประเมิน U'	= 0.393 BTU/Hr.Sq.ft.F.
กรณีศึกษาที่ 1	ค่าประเมิน U'	= 0.417 BTU/Hr.Sq.ft.F.
กรณีศึกษาที่ 5	ค่าประเมิน U'	= 0.481 BTU/Hr.Sq.ft.F.

จากสมมติฐานข้อ 3 ที่ว่า “หลังคากระเบื้องซีเมนต์ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยในช่วงเวลาทำงานต่ำสุดเมื่อเทียบกับหลังคาประเภทอื่น” นั้นไม่จริง การวิเคราะห์ต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ จากสภาพจริงประกอบ จะพอสรุปความสามารถในการป้องกันความร้อนของหลังคาจากกรณีศึกษาทั้ง 6 กรณี จากมากไปน้อยดังนี้

1. หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (Flat Slab) ปูด้วย Waterproof Membrane ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด ผนังฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว วางแนวระนาบ
2. หลังคาแผ่นโลหะผสม (10 °) สีเทา ฝ้าเพดานไม้ยัดขางทาสี วางแนวระนาบ พร้อมช่องระบายอากาศใต้หลังคา
3. หลังคากระเบื้องลอนคู่ (15°) สีเทา ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด เอียงตามโครงหลังคา
4. หลังคากระเบื้องคอนกรีต (30 °) สีแดง ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด วางแนวระนาบ
5. หลังคากระเบื้องลอนคู่ (15°) สีเทา ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด วางแนวระนาบ
6. หลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก (Flat Slab) หนา 0.12 เมตร ไม่มีฝ้าเพดาน

จะเห็นว่าการใส่ฉนวนป้องกันความร้อนให้แก่หลังคา จะมีส่วนช่วยลดพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามาในอาคารได้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก ชนิดที่มีการใส่ฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว (กรณีศึกษาที่ 6) และชนิดที่ไม่มีฝ้าเพดาน (กรณีศึกษาที่ 5)

ตารางที่ 3-5 (1) แสดงค่าเปรียบเทียบที่ขบการประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายทอดความร่อนของห้องคา 5 วิธี จากกรณีศึกษาทั้ง 6 กรณี

เวลา	ค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายทอดความร่อน (U) (BTU/Hr.Sq.M.F)																				
	หลังคากรณีศึกษาที่ 1				หลังคากรณีศึกษาที่ 2				หลังคากรณีศึกษาที่ 3				U4'								
	U-Value	U1'	U2'	U3'	U4'	U-Value	U1'	U2'	U3'	U4'	U-Value	U1'	U2'	U3'	U4'	U-Value	U1'	U2'	U3'	U4'	
8.00		1.82	0.68	0.65			0.37	0.29	*			1.22	0.57	0.11							
8.30		2.17	0.72	0.73			0.53	0.38	0.36			0.18	0.15	0.15							
9.00		0.89	0.49	0.51			0.45	0.34	0.13			0.96	0.51	0.22							
9.30		0.59	0.38	0.49			0.31	0.25	0.12			1.11	0.54	0.30							
10.00		0.62	0.39	0.46			0.22	0.19	0.11			0.59	0.38	0.25							
10.30		0.94	0.50	0.50			0.12	0.11	0.13			0.53	0.35	0.25							
11.00		0.89	0.49	0.48			0.26	0.22	0.19			0.56	0.37	0.26							
11.30		0.86	0.47	0.47			0.29	0.24	0.19			0.47	0.33	0.27							
12.00	0.234	0.41	0.29	0.39	0.417	0.389	0.17	0.15	0.20	0.289	0.228	0.51	0.35	0.30	0.393						
12.30		0.47	0.33	0.38			0.31	0.26	0.23			0.58	0.37	0.32							
13.00		1.07	0.54	0.54			0.27	0.22	0.21			0.60	0.39	0.34							
13.30		0.78	0.45	0.46			0.34	0.27	0.26			0.57	0.37	0.35							
14.00		0.65	0.40	0.43			0.41	0.31	0.31			0.65	0.41	0.37							
14.30		0.47	0.33	0.37			0.47	0.35	0.35			0.69	0.42	0.38							
15.00		0.60	0.39	0.38			0.48	0.35	0.36			0.58	0.38	0.37							
15.30		0.64	0.40	0.41			0.51	0.37	0.37			0.74	0.44	0.40							
16.00		0.49	0.34	0.44			0.60	0.42	0.42			0.84	0.47	0.42							
16.30		1.84	0.68	0.67			0.83	0.51	0.52			1.04	0.53	0.48							
17.00		2.52	0.75	0.76			1.74	0.75	0.76			0.99	0.52	0.44							
17.30		3.20	0.80	0.88			1.83	0.77	0.75			1.47	0.62	0.58							
18.00		4.35	0.86	0.85			8.16	1.14	1.11			3.94	0.85	0.75							

หมายเหตุ :
 หลังคากรณีศึกษาที่ 1 - ห้องประชุมเด็ก /
 หลังคากรณีศึกษาที่ 2 - ห้องเรียน 327 /
 วานเนวระนาบ
 หลังคากรณีศึกษาที่ 3 - อาคารช่าง /
 ห้องเรียนช่าง
 หลังคากรณีศึกษาที่ 3 - อาคารช่าง /
 หลังคากรณีศึกษาที่ 3 - อาคารช่าง /
 หลังคากรณีศึกษาที่ 3 - อาคารช่าง /
 วานเนวระนาบ

ตารางที่ 3-5 (2) แสดงค่าเปรียบเทียบการประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายทอดความร้อนของหลังคา 5 วิธี จากกรณีศึกษาทั้ง 6 กรณี

เวลา	ค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายทอดความร้อน (U) (BTU/Hr.Sq.Ft)														
	หลังคากรณีศึกษาที่ 4				หลังคากรณีศึกษาที่ 5				หลังคากรณีศึกษาที่ 6						
	U-Value	U1'	U2'	U3'	U4'	U-Value	U1'	U2'	U3'	U4'	U-Value	U1'	U2'	U3'	U4'
8.00		1.95	0.69	0.67			9.60	0.97	0.99			0.83	0.47	0.37	
8.30		0.70	0.42	0.28			1.64	0.65	0.64			0.42	0.30	0.23	
9.00		0.54	0.36	0.20			0.89	0.49	0.48			0.35	0.26	0.16	
9.30		0.31	0.24	0.10			0.65	0.40	0.39			0.26	0.21	0.12	
10.00		0.22	0.18	0.07			0.51	0.34	0.34			0.21	0.17	0.12	
10.30		0.25	0.20	0.08			0.51	0.34	0.32			0.20	0.17	0.09	
11.00		0.31	0.24	0.11			0.42	0.30	0.29			0.21	0.17	0.10	
11.30		0.24	0.20	0.08			0.45	0.32	0.30			0.19	0.16	0.10	
12.00	0.249	0.28	0.22	0.10	0.247	0.59	0.45	0.31	0.31	0.481	0.078	0.19	0.16	0.10	0.169
12.30		0.23	0.19	0.09			0.54	0.36	0.34			0.17	0.14	0.09	
13.00		0.23	0.19	0.10			0.50	0.34	0.33			0.17	0.15	0.09	
13.30		0.30	0.23	0.13			0.62	0.39	0.38			0.16	0.14	0.08	
14.00		0.39	0.28	0.17			0.63	0.40	0.40			0.14	0.12	0.09	
14.30		0.36	0.27	0.13			0.85	0.48	0.47			0.18	0.16	0.09	
15.00		0.33	0.25	0.11			0.96	0.51	0.51			0.20	0.17	0.11	
15.30		0.40	0.29	0.14			1.14	0.55	0.55			0.20	0.16	0.11	
16.00		0.39	0.29	0.11			2.83	0.78	0.79			0.24	0.20	0.12	
16.30		0.54	0.36	0.15			5.87	0.91	0.92			0.13	0.12	0.16	
17.00		0.80	0.46	0.20			30.22	1.04	1.04			0.36	0.27	0.25	
17.30		149.00	0.62	0.25			-9.78	1.22	1.21			0.45	0.32	0.23	
18.00		1.67	0.65	0.20			-6.66	1.29	1.29			0.40	0.29	0.35	

หมายเหตุ :
 หลังคากรณีศึกษาที่ 4 - ห้องนั่งเล่น / ห้องนอน โถงรวม มีหน้าต่าง
 หลังคากรณีศึกษาที่ 5 - ห้องเรียน 308 / ห้องเรียน โถงรวม มีหน้าต่าง ไม่มีฝ้าเพดาน
 หลังคากรณีศึกษาที่ 6 - ห้องเรียน 308 / ห้องเรียน โถงรวม มีฝ้าเพดาน
 หลังคากรณีศึกษาที่ 6 - ห้องเรียน 308 / ห้องเรียน โถงรวม มีฝ้าเพดาน
 จำนวนหน้าต่างรวมทั้งหมด จากกรณีศึกษาที่ 6
 จำนวนหน้าต่างรวมทั้งหมด จากกรณีศึกษาที่ 6

รูปที่ 3-60 แผนภูมิแสดงค่าประเมินสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ของห้องปรับอากาศนี้ศึกษาทั้ง 6 กรณี

