# บทที่ ๔

## วิเคราะห์ผลการทดลองและรายงานผล

แยกการวิเคราะห์ผลการทดลองออกเป็นดังนี้

### การทดลองชุดที่ ๑ : Test of Ventilation

เมื่อพิจารณากราฟที่ได้ พบว่า

๑.) อุณหภูมิช่องใต้หลังคา (Attic Space)

<u>กลางวัน</u> เรียงลำดับอุณหภูมิต่ำไปหาสูงได้ดังนี้ เปิดโล่ง-ระแนไม้ตีตามยาว-ระแนงไม้ตีตามขวาง-เจาะเกล็ดหน้าจั่ว-ปิดทึบ นอกจากนั้นยังพบว่า ช่วงเวลาประมาณ ๑๒.๐๐-๑๗.๐๐ น. ซึ่งมีค่า Wind Speed ค่อนข้างสูงนั้น ค่ามัชฌิมเลขคณิต (Mean) ของ Test Cell "เปิดโล่ง" มีค่าใกล้เคียงกับมัชฌิมเลขคณิต ของอุณหภูมิอากาศภายนอก ณ ช่วงเวลาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าการที่มี Through Ventilation ช่วยให้อุณหภูมิ Attic Space แทบจะไม่เก็บสะสมความร้อนที่รับมาจาก Mass ของวัสดุมุง

<u>กลางคืน</u> พบว่าอุณหภูมิ Attic Space ของแต่ละ Test Cell ใกล้เคียงกันมาก และเกือบจะไม่ต่างจากอุณหภูมิอากาศภายนอกเลย เมื่อช่วงเวลาประมาณ ๓.๐๐-๗.๐๐ น. ทั้ง ๆ ที่อุณหภูมิ Attic Space ควรจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศตั้งแต่ไม่มีรังสีจากแสงอาทิตย์ คือตั้งแต่ ๑๙.๐๐ น. ที่เป็นเช่นนี้เพราะช่วงกลางคืนค่าความเร็วลมเข้าใกล้ศูนย์ ดังนั้นความร้อนที่เก็บสะสมอยู่ในวัสดุมุงตั้งแต่ ช่วงกลางวัน (Time Lag ของกระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต) จึงถ่ายเทลงสู่ Attic Space และโดยที่ไม่มีลมมากพอที่จะพาความร้อนออกในทันทีทันใด อุณหภูมิ Attic Space จึงยังคงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศไปจนถึงเวลาประมาณ ๓.๐๐ น.

๒. **อุณหภูมิผิวฝ้าด้านล่าง** (Ceilling Surface Temperature)

<u>กลางวัน</u> เรียงลำดับอุณหภูมิจากต่ำไปหาสูง ได้ลำดับเช่นเดียวกัน กับอุณหภูมิ Attic Space

<u>กลางคืน</u> อุณหภูมิของผิวฝ้าเพดานของทุก Test Cell ใกล้เคียงกัน ณ ช่วงเวลาประมาณ ๒.๐๐-๑๐.๓๐ น. โดยที่ช่วงกลางคืน วัสดุมุงจะสูญเสียความร้อนให้กับท้องฟ้า ฝ้าเพดานจึงสูญเสียความร้อนให้กับวัสดุมุงเช่นกัน เมื่ออุณหภูมิฝ้าเพดานของทุก กล่องมีหลักการสูญเสียความร้อนด้วยวิธีการเช่นเดียวกัน อุณหภูมิดังกล่าวจึงใกล้เคียงกัน ส่วนจากช่วงที่เริ่มมีแสงอาทิตย์ไปจนถึง ๑๐.๓๐ น. นั้น อุณหภูมิ Attic Space ยังต่ำอยู่ เป็นผลมาจากการที่วัสดุมุงเก็บสะสมความเย็นจากช่วงกลางคืน เป็นช่วง Time Lag ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิ Attic Space ต่ำ อุณหภูมิฝ้าเพดานจึงต่ำตามลงมาด้วย

๓. **อุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดสอบ** (Center Point of the Box)

<u>กลางวัน</u> เป็นเช่นเดียวกับอุณหภูมิช่องใต้หลังคาและอุณหภูมิผิวฝ้าด้านล่าง

<u>กลางคืน</u> อุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดสอบทุกกล่องเข้าใกล้กันเมื่อเวลาประมาณ ๒๒.๐๐ น. จนถึงเช้า ซึ่งเป็นเพราะเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ค่า Radiation เป็นศูนย์ และเป็น ช่วงเวลาที่พ้นจาก Time Lag ของการสะสมความร้อนในช่วงกลางวัน แต่ในช่วงกลางคืน นี้ความเร็วลมเข้าใกล้ศูนย์ดังนั้นอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดสอบทุกกล่องจึงแทบไม่แตกต่างกัน

๔. **เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ภายในแต่ละ Test Cell พบว่า**

<u>กลางวัน</u>

๑.) Test Cell ที่มี Ventilation ดี จะให้ค่าอุณหภูมิผิวฝ้า กับอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องใกล้เคียงกันมาก (ไม่เฉพาะแต่กลางวันเท่านั้น กลางคืนก็เช่นกัน) ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด (Peak) ซึ่งก็เป็นช่วง Peak ของทุก ๆ ค่า อุณหภูมิภายใน Test Cell ด้วย

๒.) Test Cell ที่มี Ventilation ไม่ดี จะให้ผลอุณหภูมิผิวฝ้า กับอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องต่างกันพอควร โดยที่ช่วง Peak ของอุณหภูมิอากาศภายนอกกับ Peak ของอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ทั้ง ๓ จุดภายใน Test Cell จะไม่ตรงกัน อันเป็นผลมาจาก Mass Effect ซึ่งสะสมความร้อน มีช่วง Time Lag เมื่อไม่มี Ventilation ที่ดี ความร้อน จึงส่งต่อถึงกันโดยแทบจะไม่ถูกพาออกไป โดยเป็นลำดับ ดังนั้นช่วง Peak จึงไม่ตรงกัน อุณหภูมิ Attic Space จะถึงช่วง Peak เร็วกว่าและกินช่วงเวลานาน จากนั้นก็ส่งต่อความร้อนมายังส่วนอื่น ๆ ใน Test Cell

<u>กลางคืน</u> พบว่า Test Cell ที่ไม่มีการระบายอากาศสำหรับช่องใต้หลังคาหรือมีแต่น้อย ช่วงเวลา ๑๙.๐๐ จนถึง ๗.๓๐ โดยประมาณ อุณหภูมิผิวฝ้าจะต่างกับอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดสอบอย่างเห็นได้ชัด โดยที่อุณหภูมิกึ่งกลางกล่องจะไปใกล้เคียง (ในทางสูงกว่า) กับอุณหภูมิ Attic Space

จากผลการทดลองที่ได้พบว่า การจัดให้มีการระบายอากาศที่ดี ให้กับช่องใต้หลังคาเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะช่วยให้อุณหภูมิช่องใต้หลังคาต่ำ และส่งต่อความร้อนมายังพื้นที่ใช้สอยน้อย ทำให้อุณหภูมิในส่วนใช้สอยหรืออยู่อาศัยเข้าใกล้ Comfort Zone ได้วิธีหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# A REDUCTION OF HEAT GAIN IN BUILDINGS THROUGH ROOFS

## TEST I : TEST OF VENTILATION

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

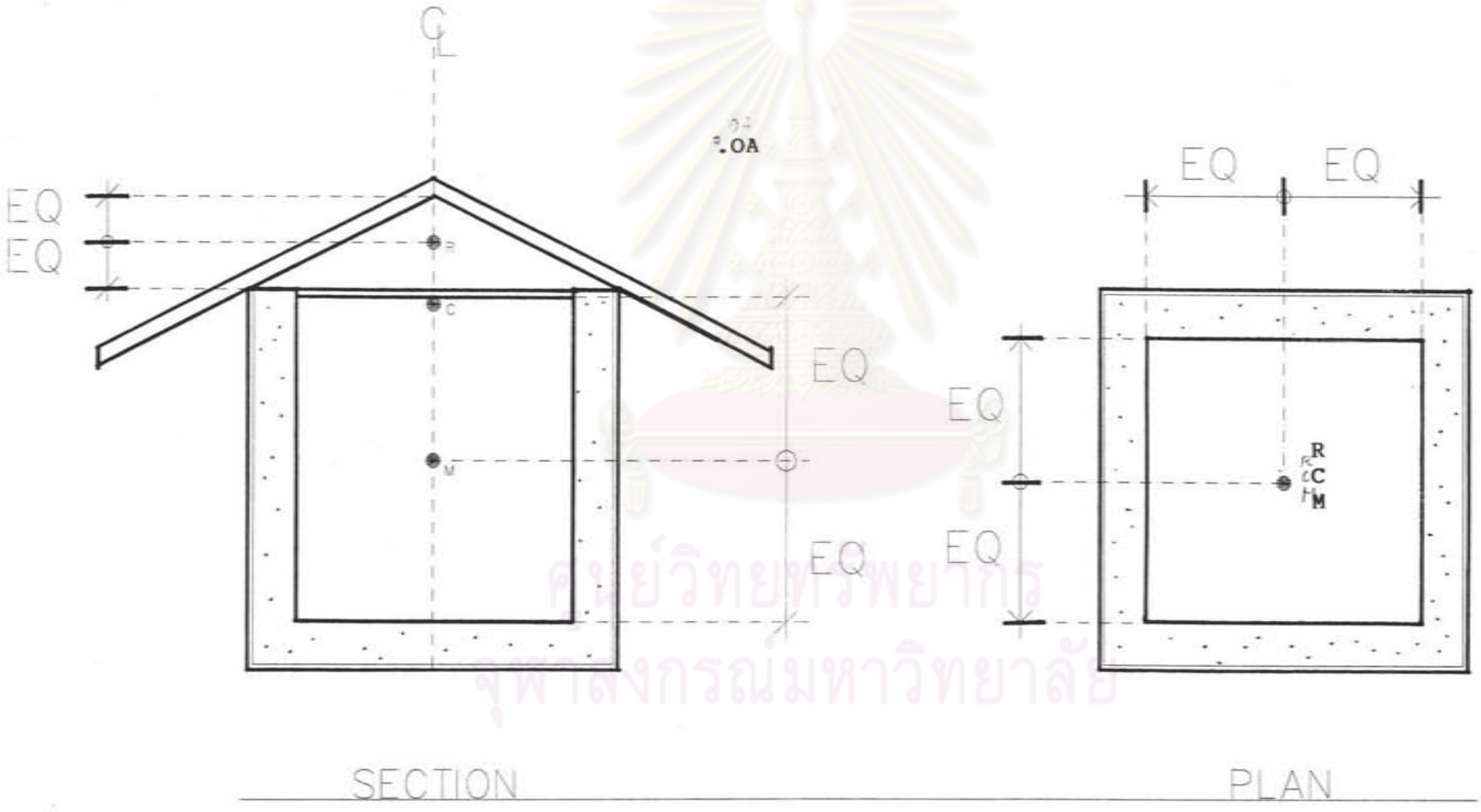
**DATA-COLLECTED PERIOD :**
MARCH 15-19,1994.

ภาพที่ 4.1

TEST I : TEST OF VENTILATION

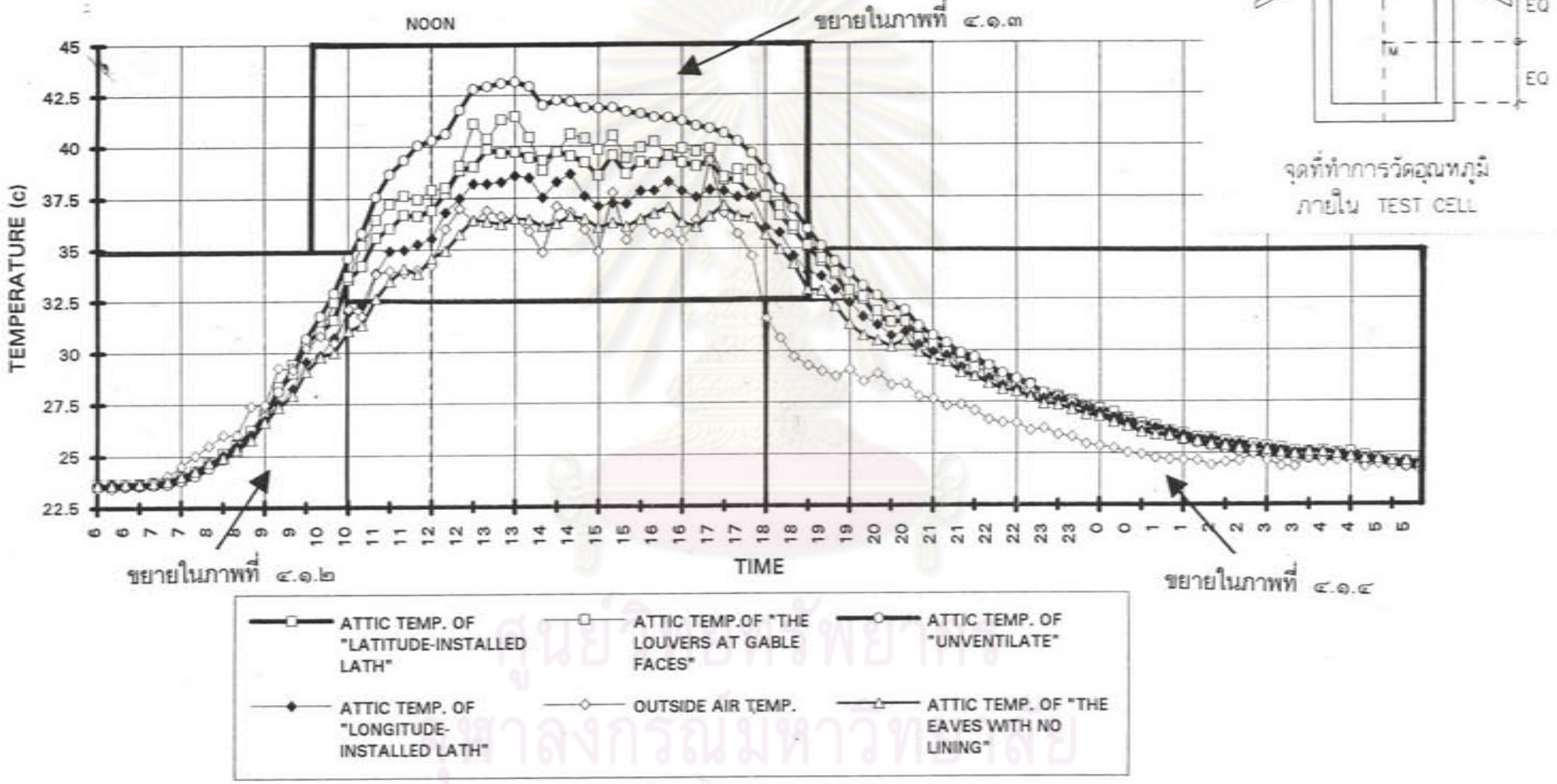
ภาพที่ 4.1

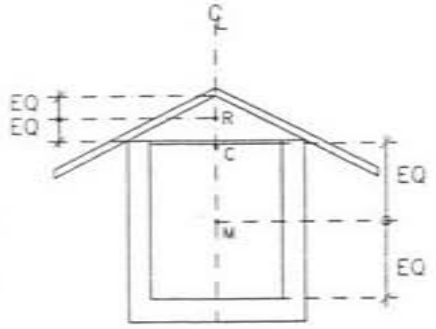
จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ๔.๑.๑ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิห้องใต้หลังคา สำหรับการทดลองชุดที่ ๑



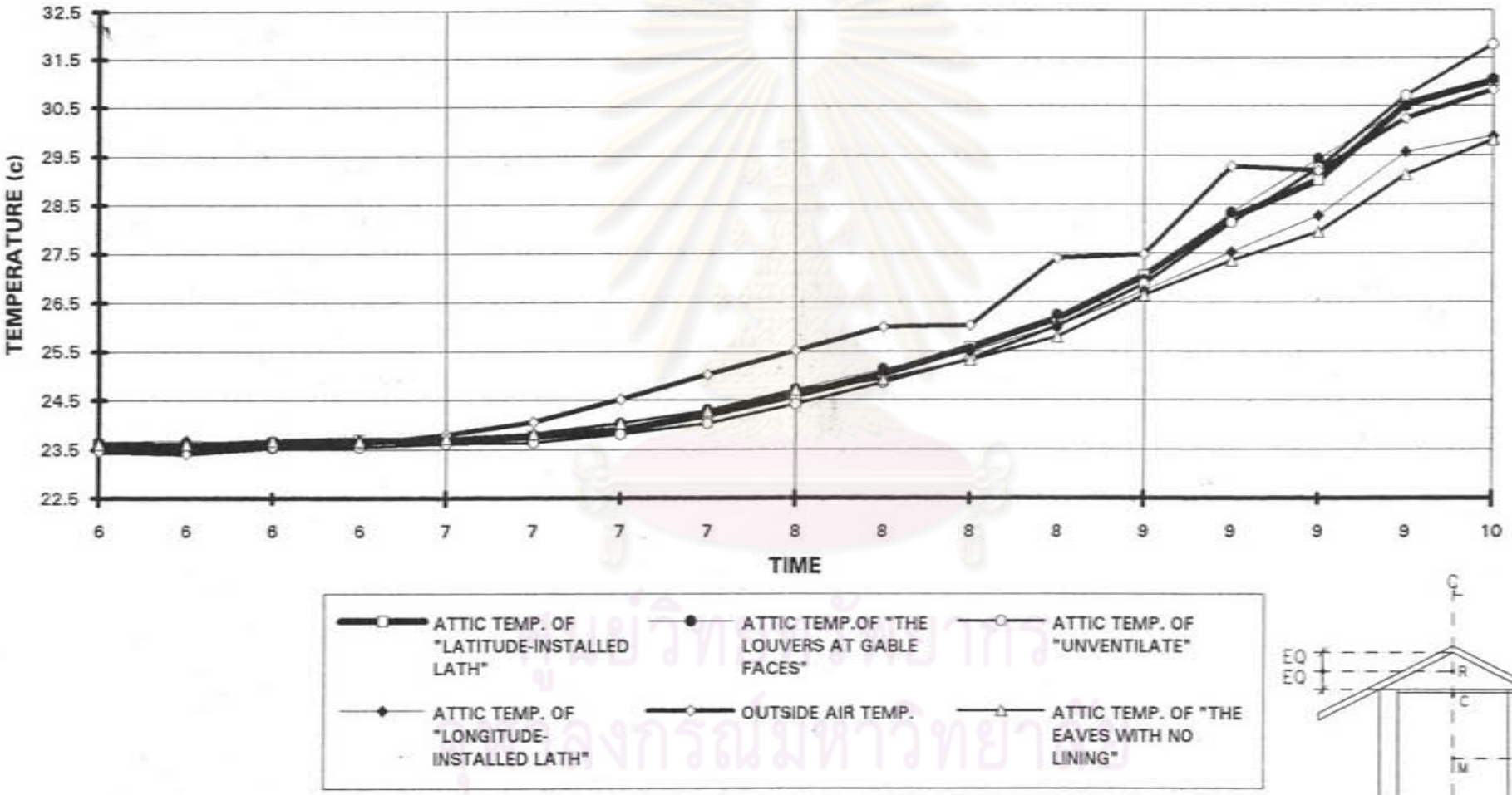

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

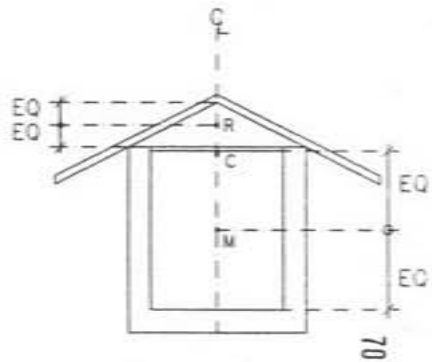
From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๒ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิห้องใต้หลังคา ( ส่วนขยาย )

สำหรับการทดลองชุดที่ ๒

## The Comparison of Attic Space Temperature



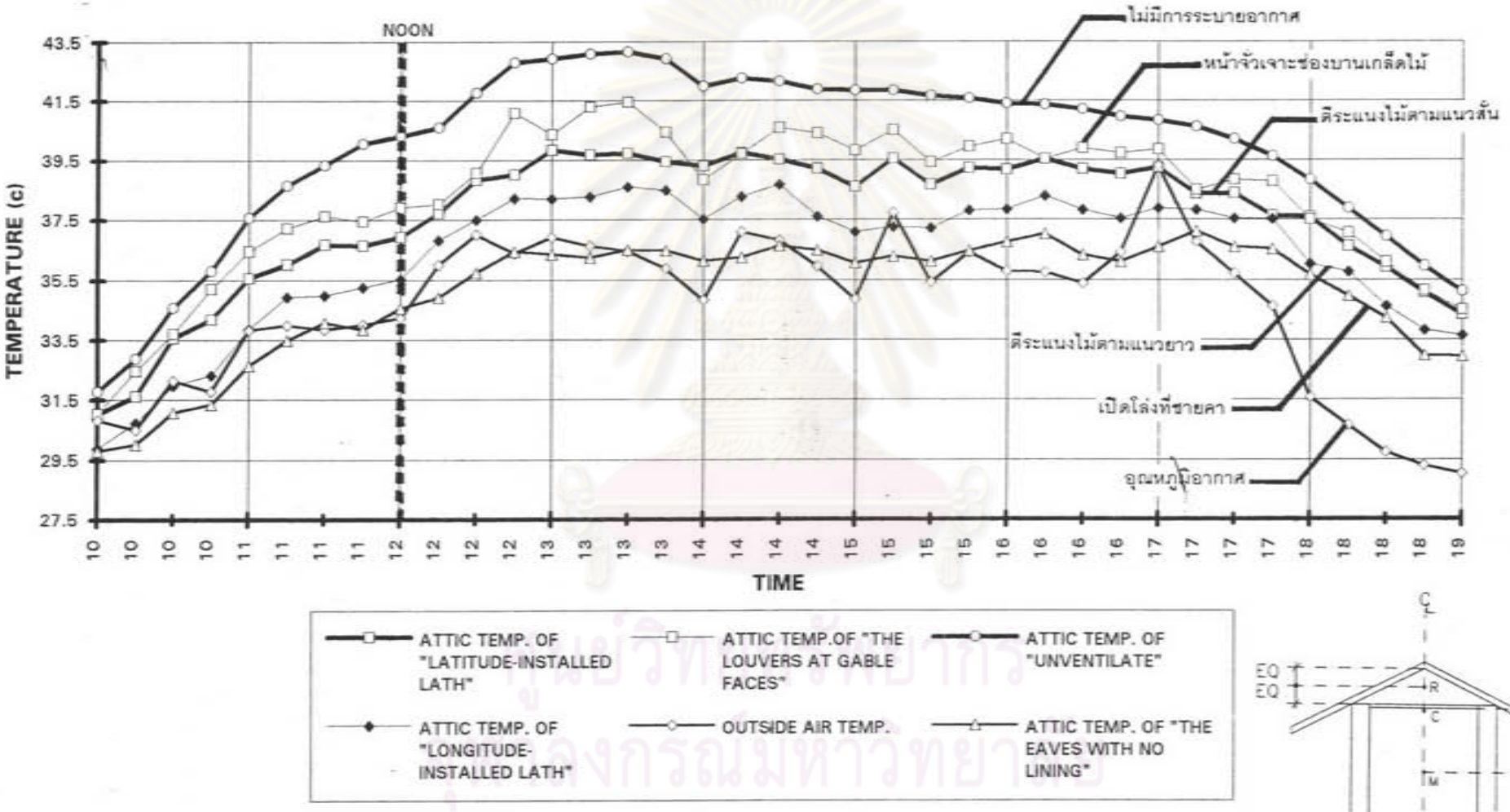

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

From 6:00am of Mar.15 to 10:00am of Mar.15,1994.

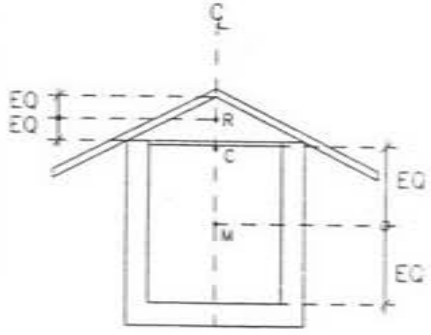
ภาพที่ ๔.๑.๓ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิห้องใต้หลังคา ( ส่วนขยาย )

สำหรับการทดลองชุดที่ ๒

**The Comparison of Attic Space Temperature**




From 10:00am of Mar.15 to 19:00pm of Mar.15,1994.

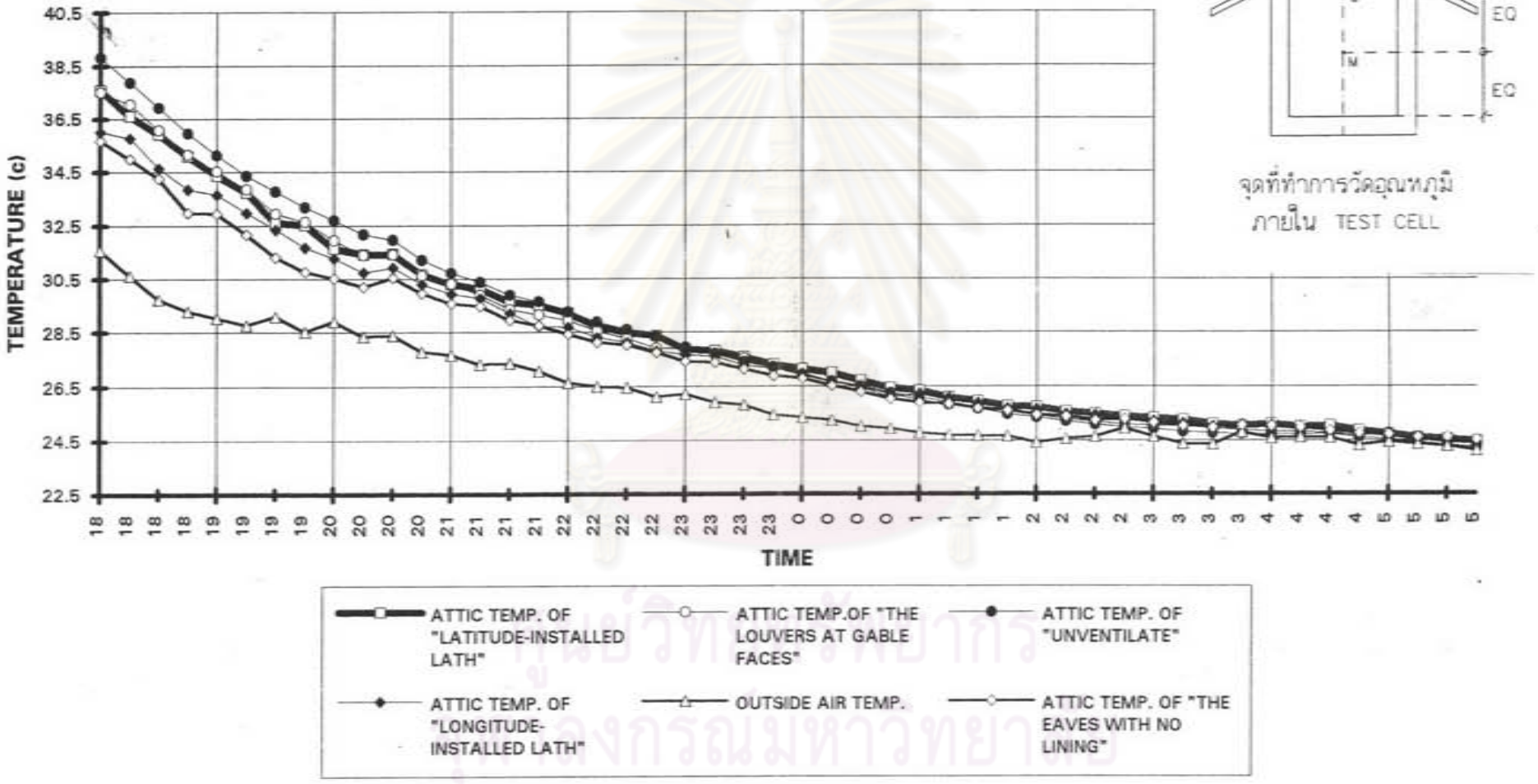



จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

ภาพที่ ๔.๑.๔ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิห้องใต้หลังคา ( ส่วนขยาย )

สำหรับการทดลองชุดที่ ๒

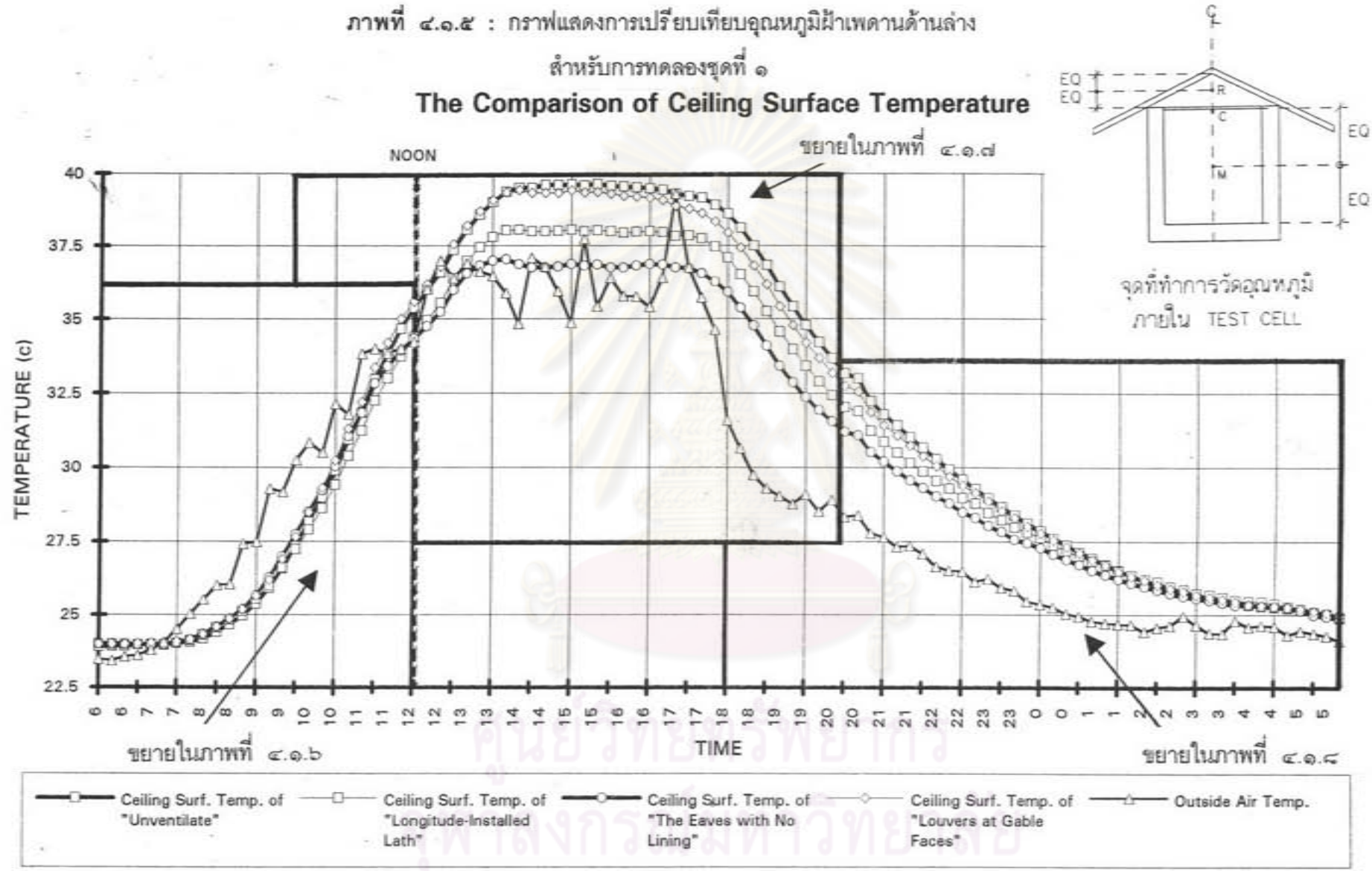
**The Comparison of Attic Space Temperature**




From 18:00pm of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๕ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิฝ้าเพดานด้านล่าง
สำหรับการทดลองชุดที่ ๑

**The Comparison of Ceiling Surface Temperature**







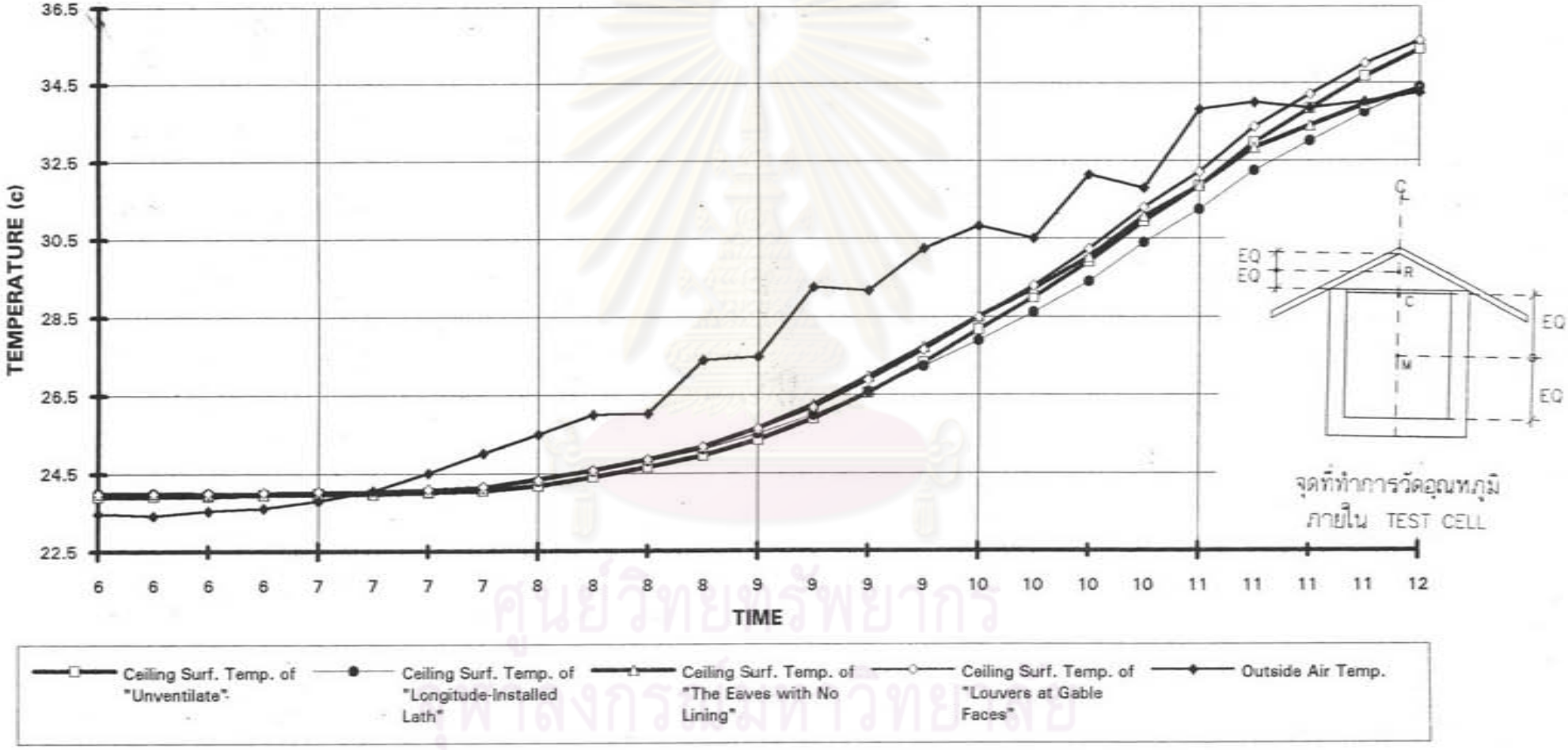
จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994

ภาพที่ ๔.๑.๖ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิฝ้าเพดานด้านล่าง ( ส่วนขยาย )

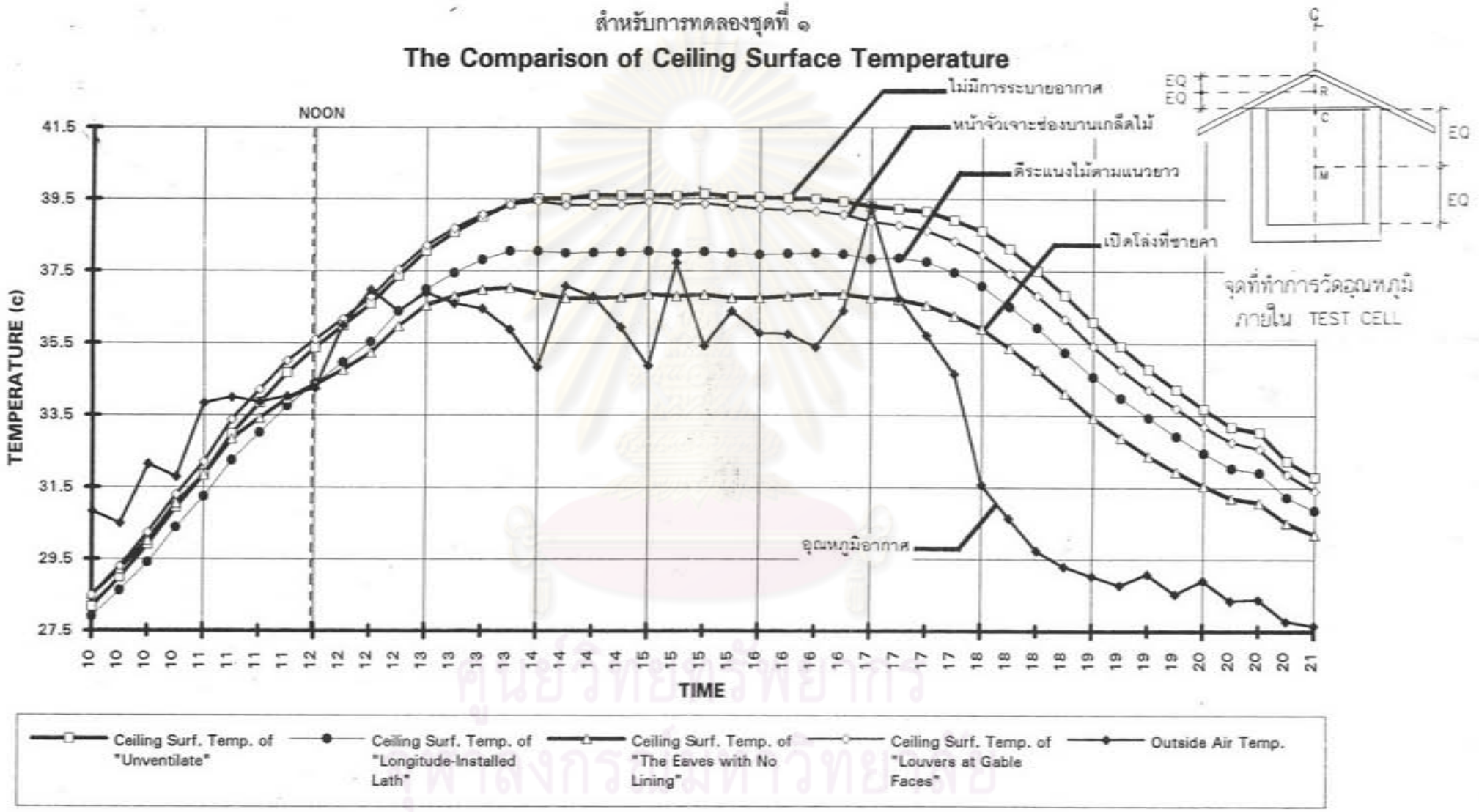
สำหรับการทดลองชุดที่ ๑

**The Comparison of Ceiling Surface Temperature**




From 6:00am of Mar.15 to 12:00pm of Mar.15,1994.

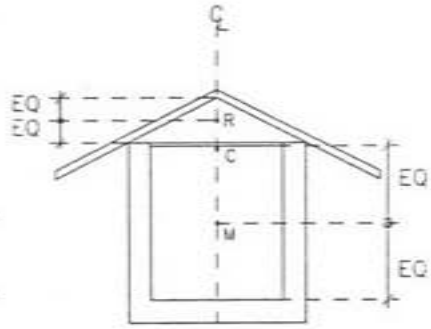
ภาพที่ ๔.๑.๗ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิฝ้าเพดานด้านล่าง ( ส่วนขยาย )
สำหรับการทดลองชุดที่ ๑



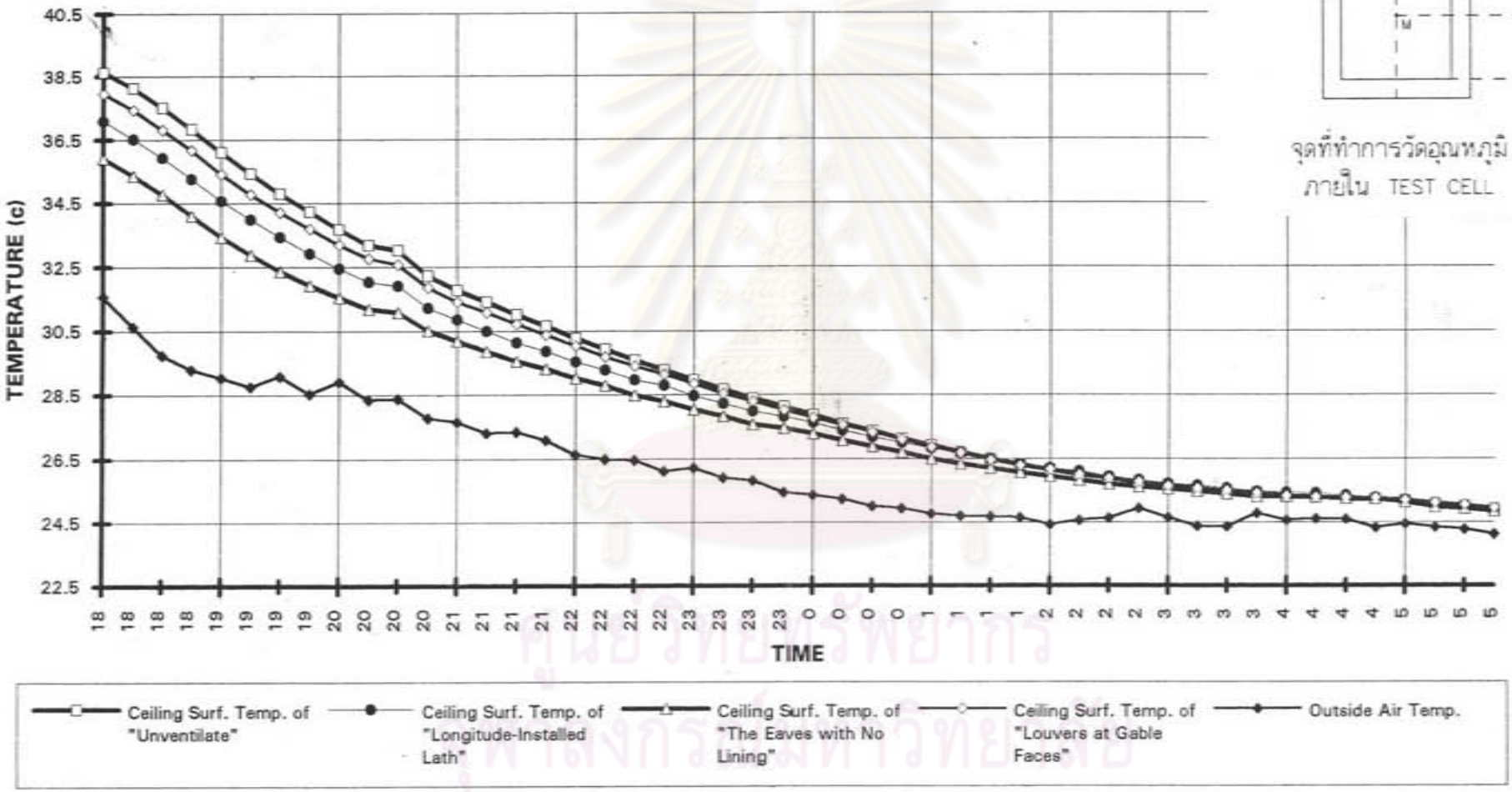

From 10:00am of Mar.15 to 21:00pm of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๘ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิฝ้าเพดานด้านล่าง ( ส่วนขยาย )
สำหรับการทดลองชุดที่ ๑

## The Comparison of Ceiling Surface Temperature



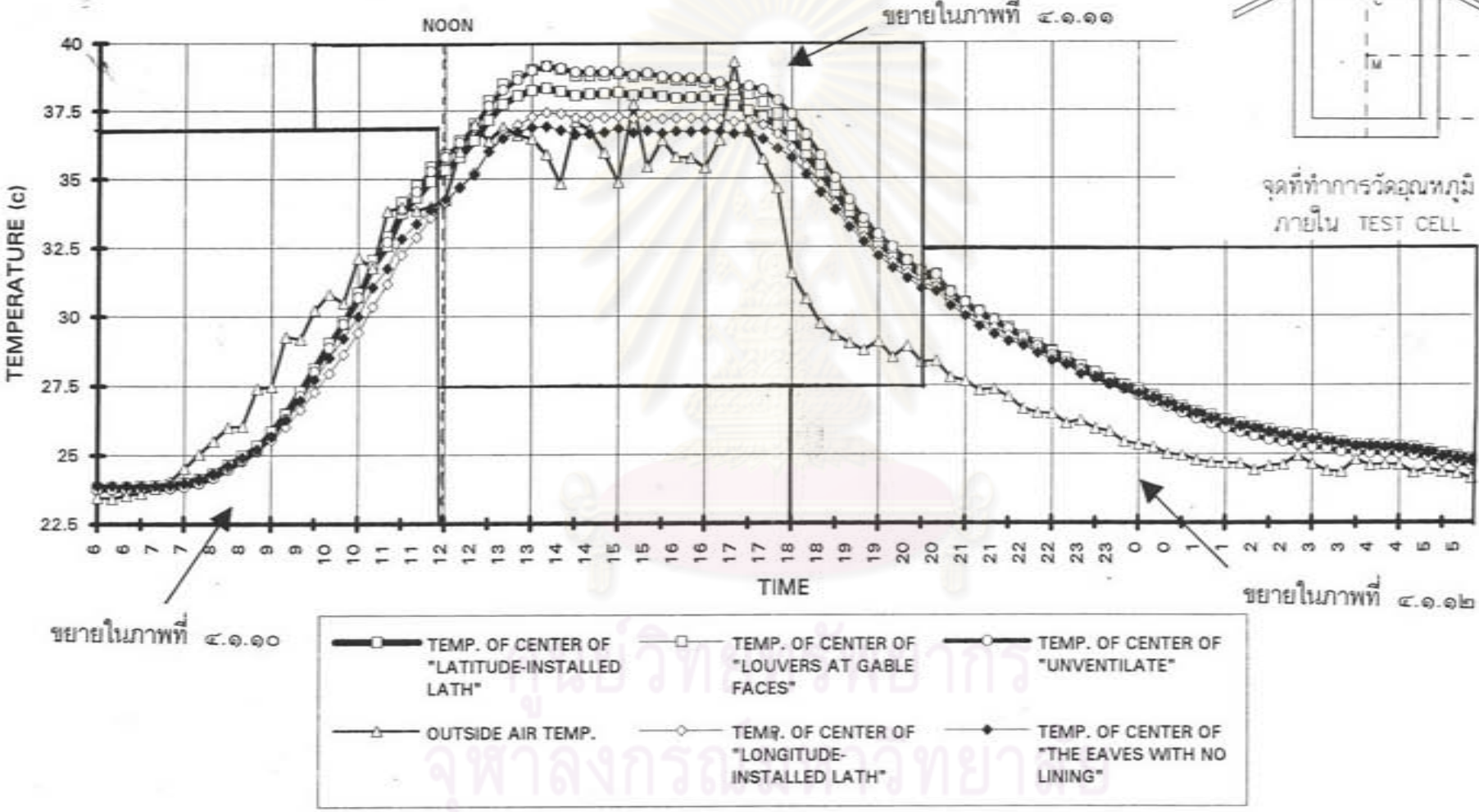

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

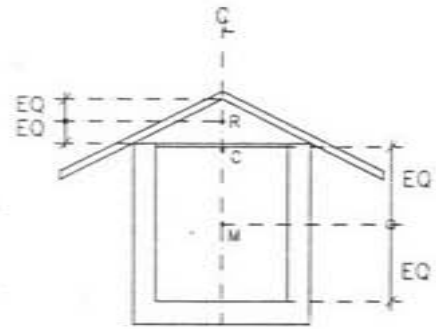



From 18:00pm of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994

ภาพที่ ๔.๑.๙ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดลอง
สำหรับการทดลองชุดที่ ๑

**The Comparison of Temperature of Center of Boxes**



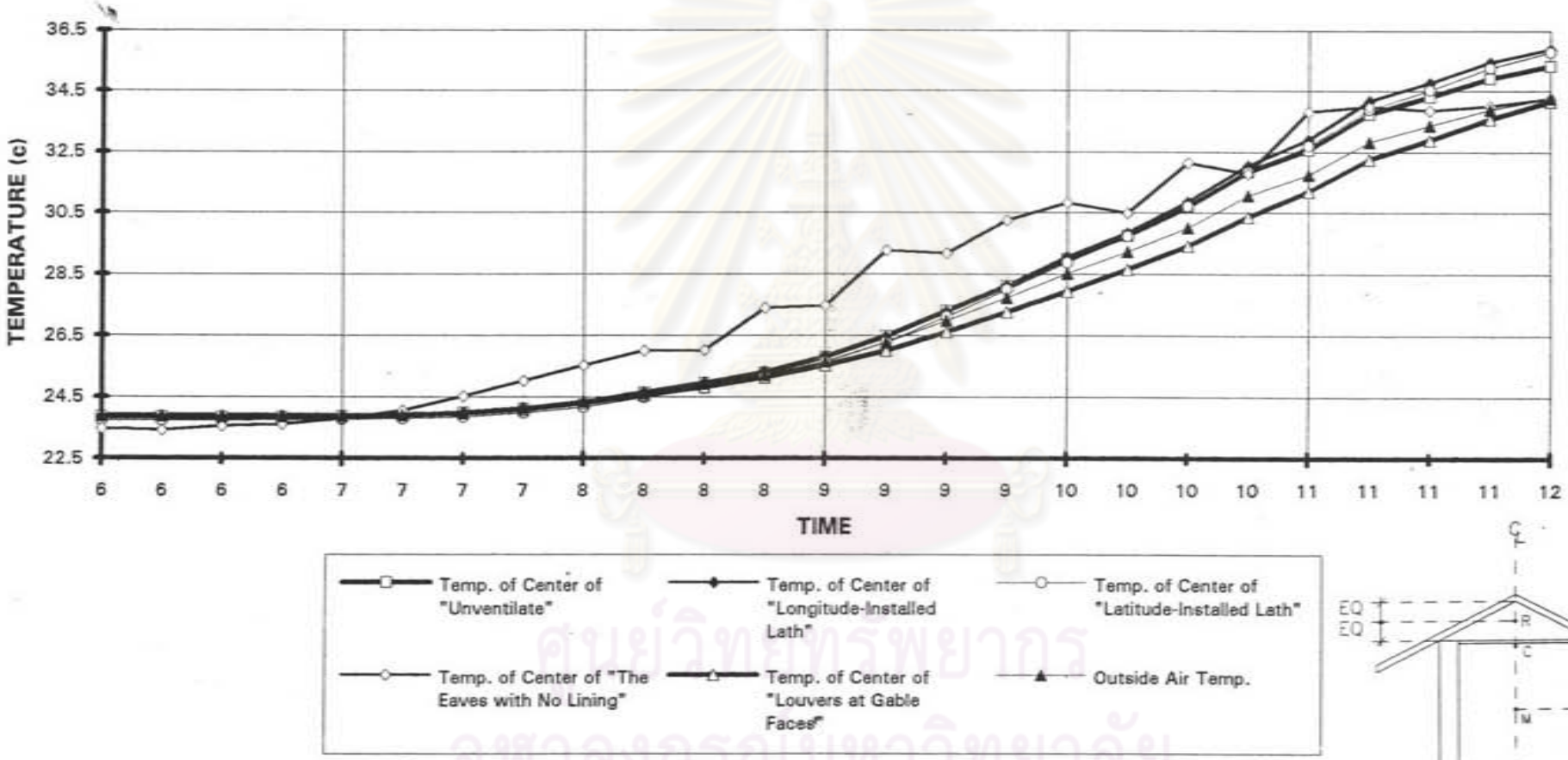

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

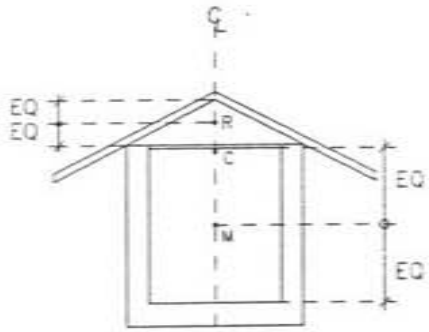
From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๑๐ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดลอง

( ส่วนขยาย ) สำหรับการทดลองชุดที่ ๑

**The Comparison of Temperature of Center of Boxes**



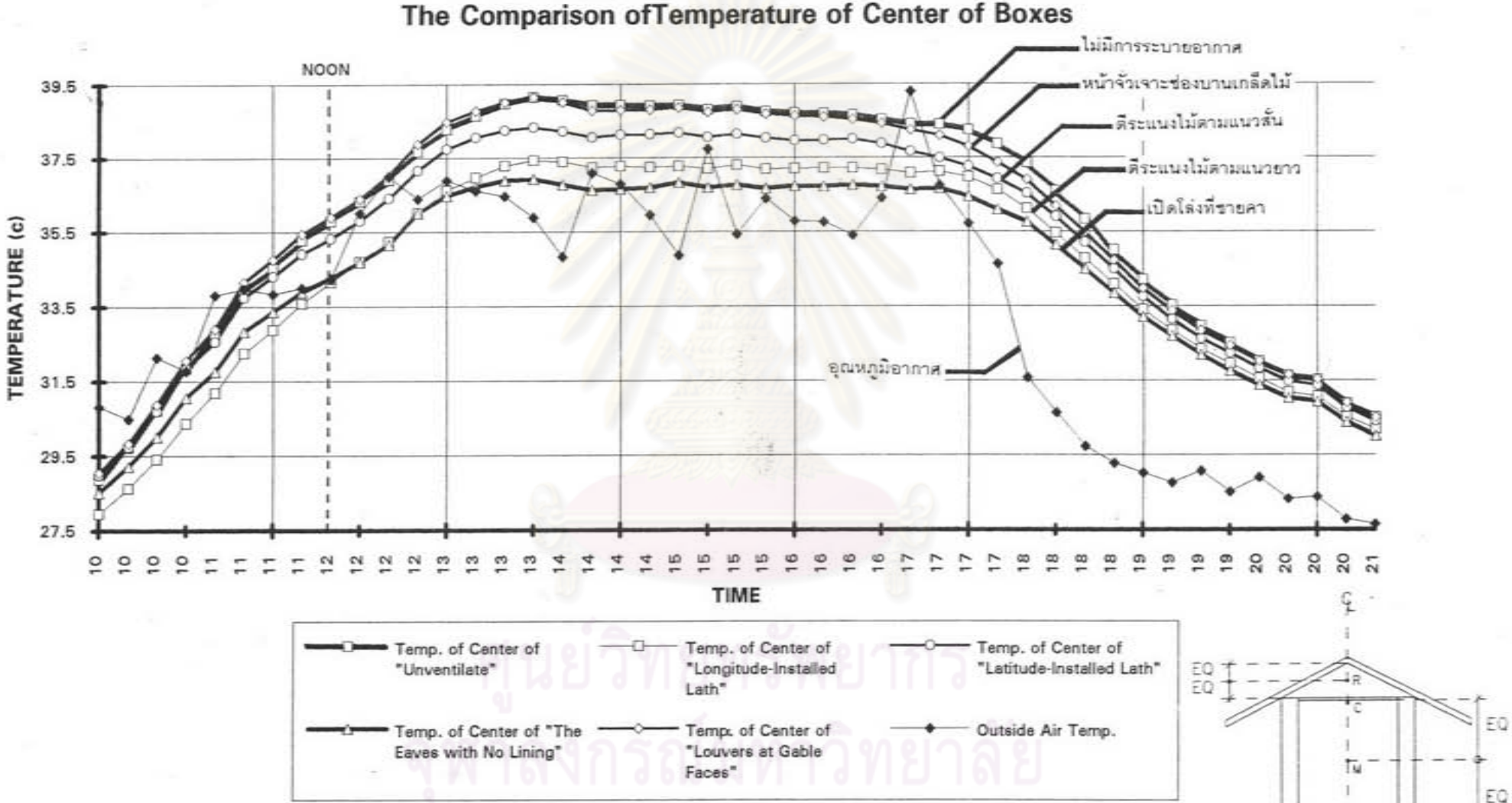

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

From 6:00am of Mar.15 to 12:00pm of Mar.15,1994.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ๔.๑.๑๑ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดลอง

( ส่วนขยาย ) สำหรับการทดลองชุดที่ ๑



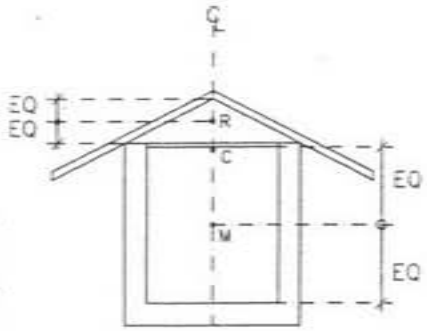

From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

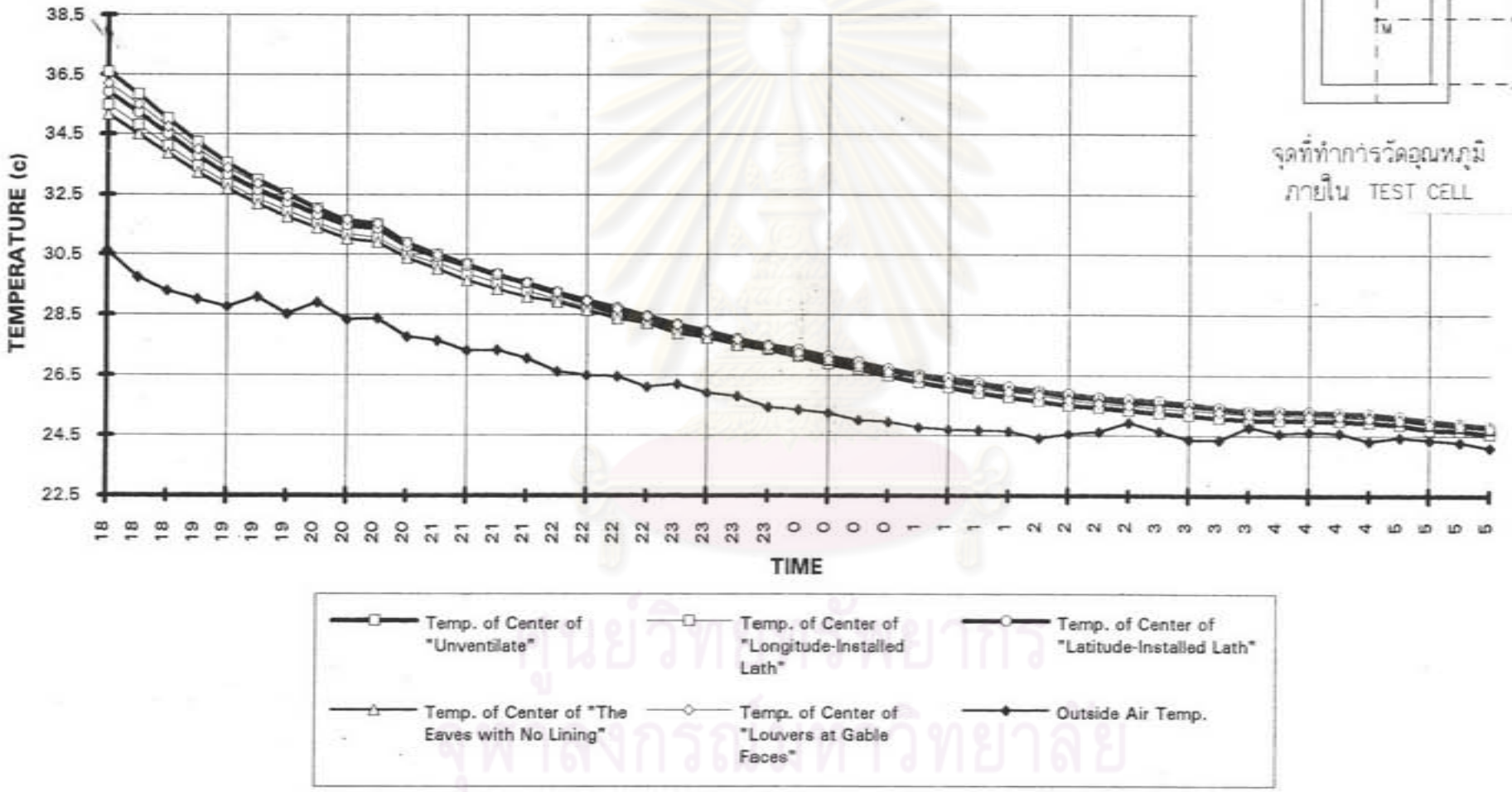
ภาพที่ ๔.๑.๑๒ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดลอง

( ส่วนขยาย ) สำหรับการทดลองชุดที่ ๑

**The Comparison of Temperature of Center of Boxes**




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

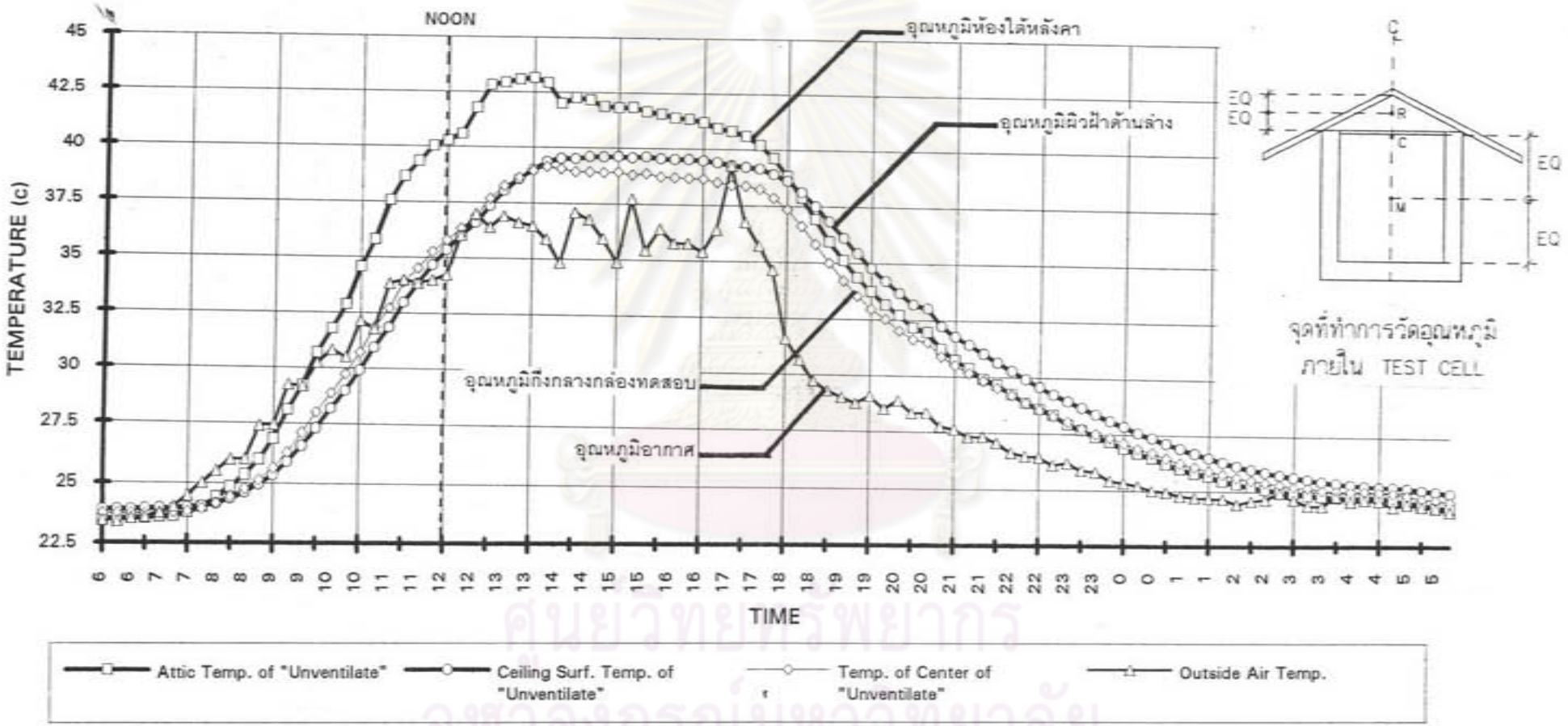



From 18:00pm of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๑๓ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ ภายในกล่องทดสอบ

"ไม่มีการระบายอากาศ"

**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test Cell of "Unventilate"**

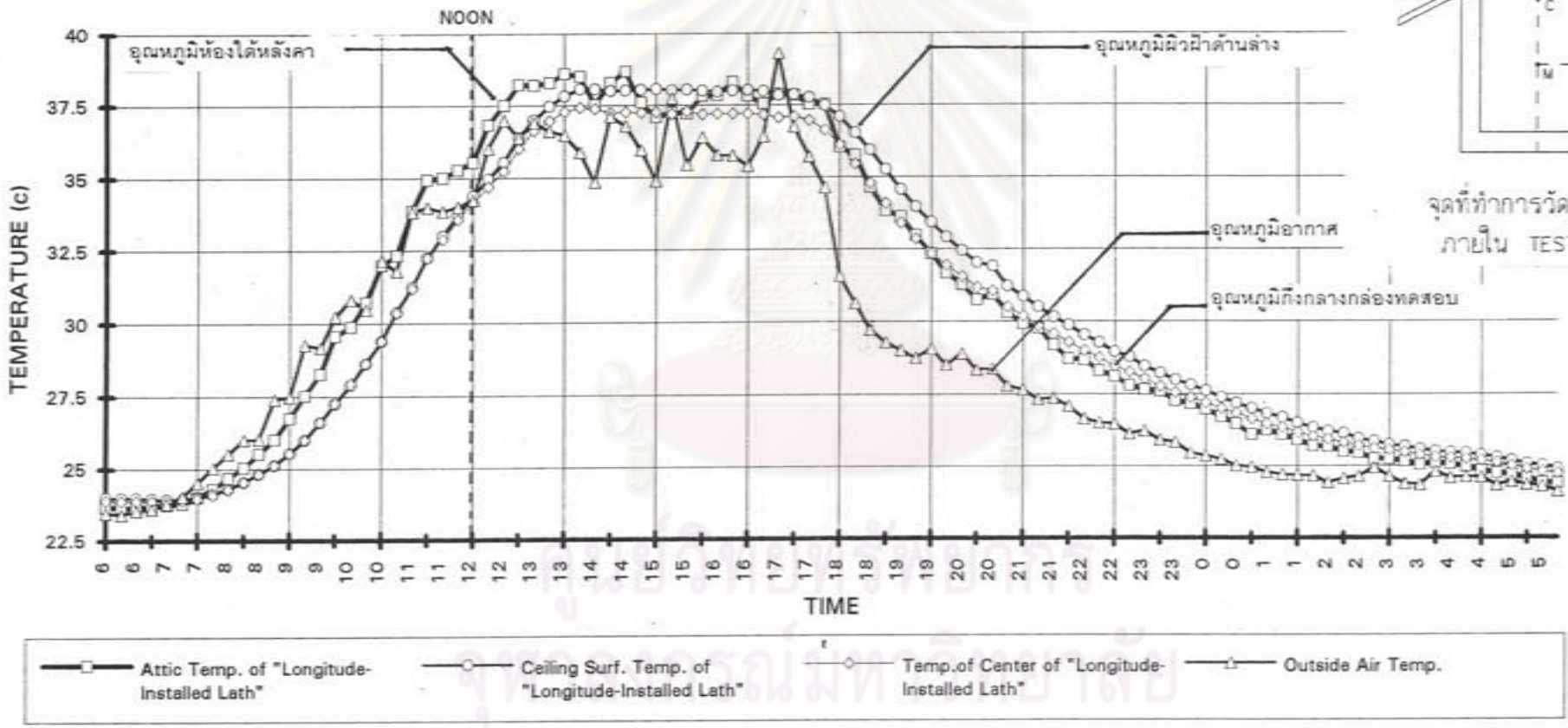


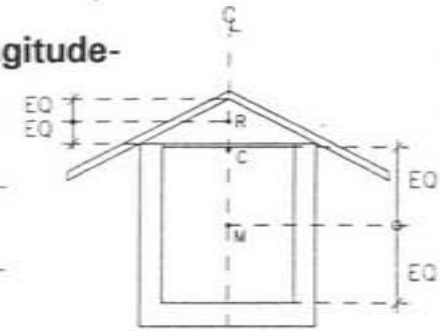

From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๑๔ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ ภายในกล่องทดสอบ

"ตีระแนงตามยาว"

**The Comparison of Temperature Of Various Points in The Test-Cell of "Longitude-Installed Lath"**



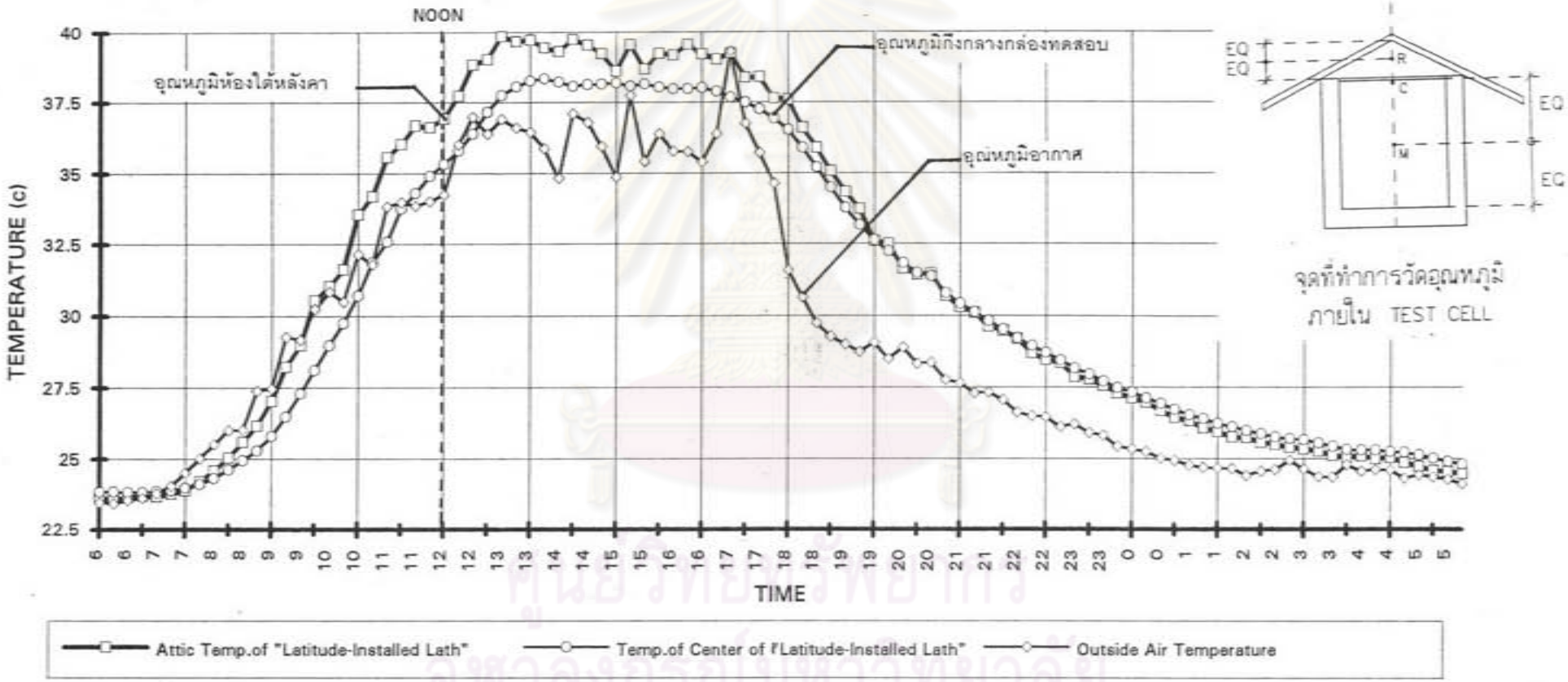

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๑๕ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ ภายในกล่องทดสอบ

"ตีระแนงตามขวาง"

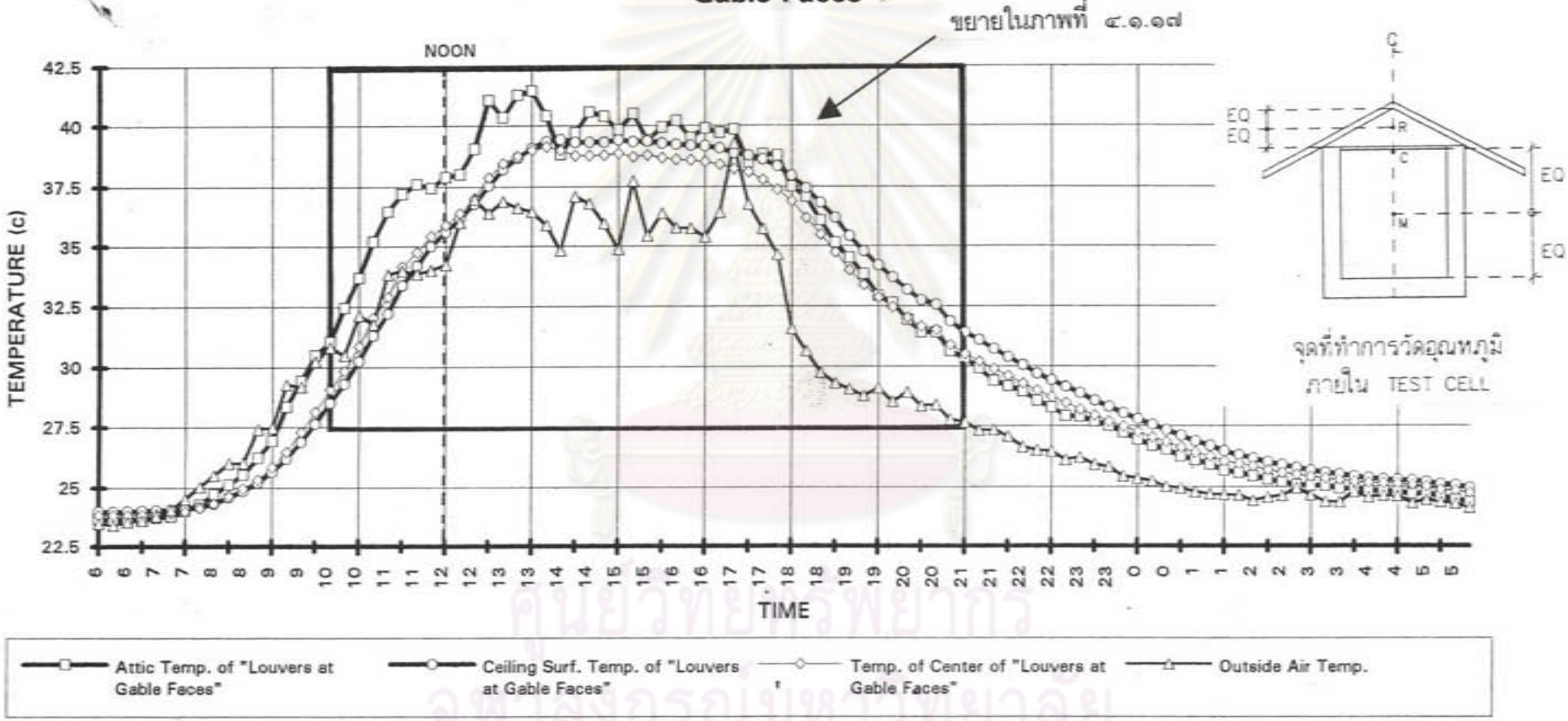
**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "Latitude-Installed Lath"**




From 6:00am of Mar.15 to 5:45 of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๑๖ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ ภายในกล่องทดสอบ "บานเกล็ดที่หน้าจั่ว"

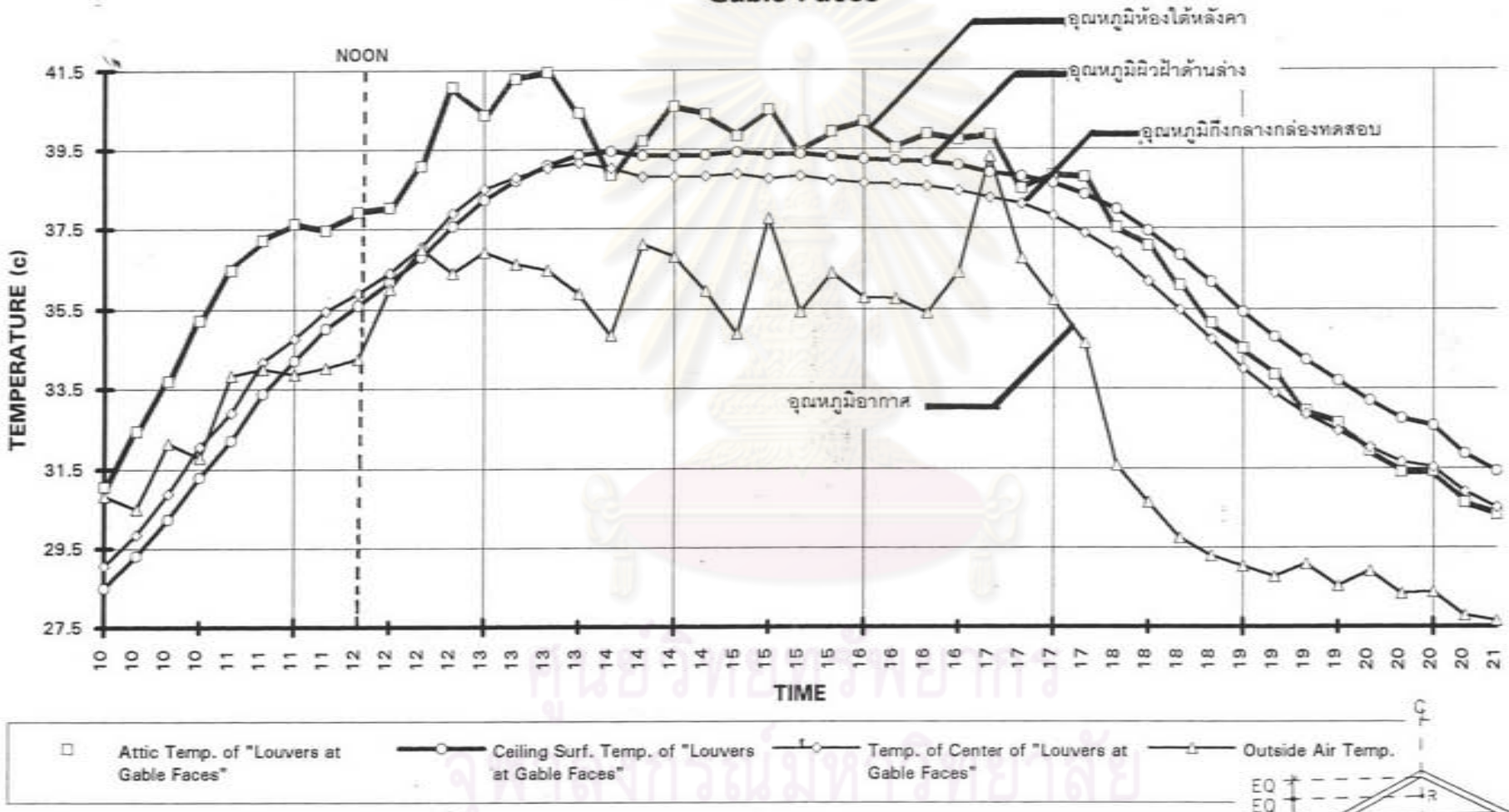
**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "Louvers at Gable Faces"**

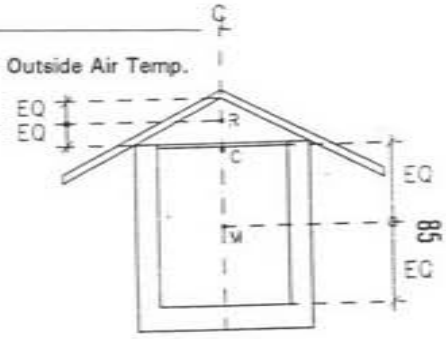



From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๑๗ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ ภายในกล่องทดสอบ "บานเกล็ดที่หน้าจั่ว" ( ส่วนขยาย )

**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "Louvers at Gable Faces"**

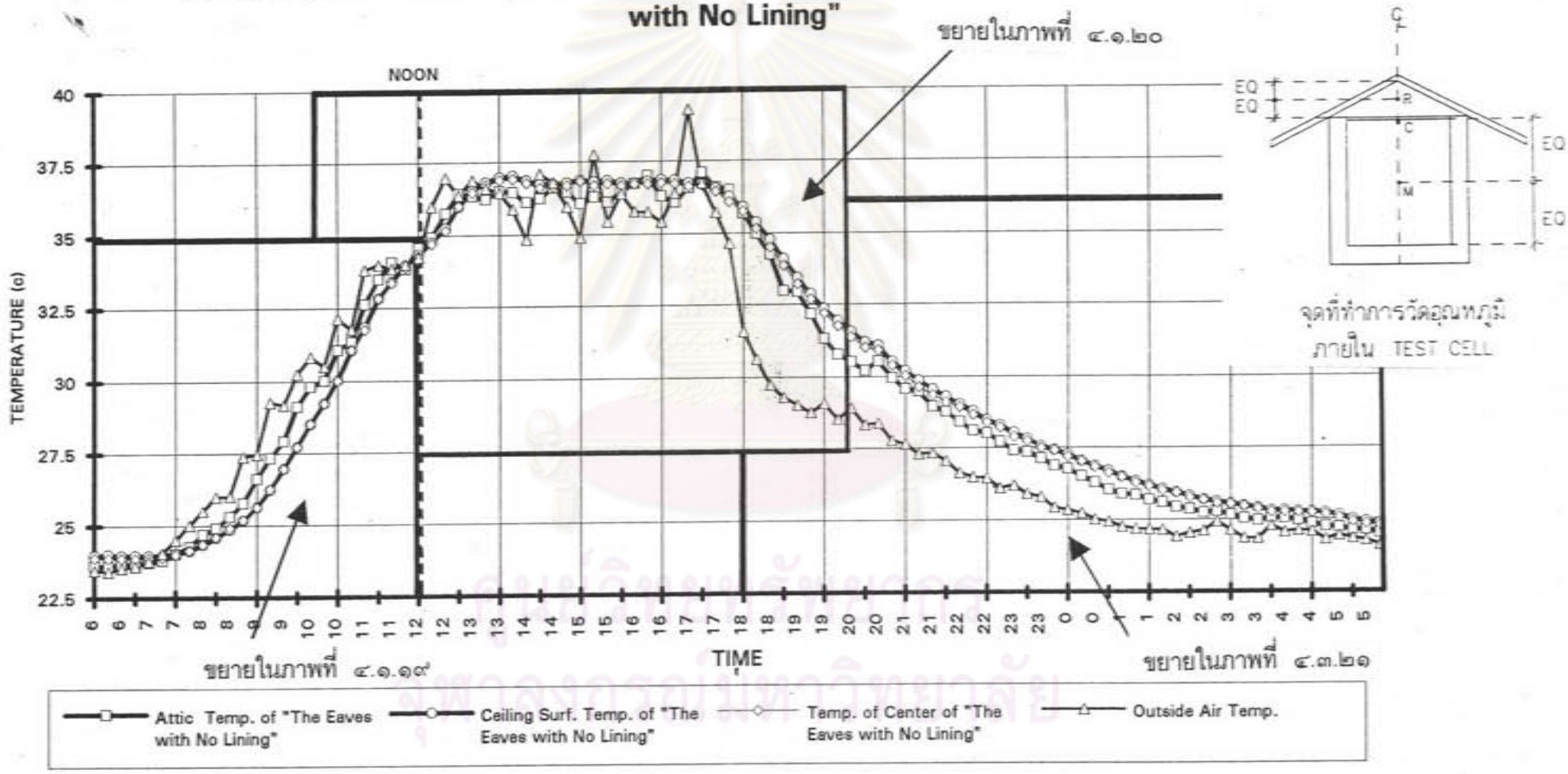



From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๑๘ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ ภายในกล่องทดสอบ
"เปิดโล่งที่ฝ้าชายคา"

**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "The Eaves with No Lining"**

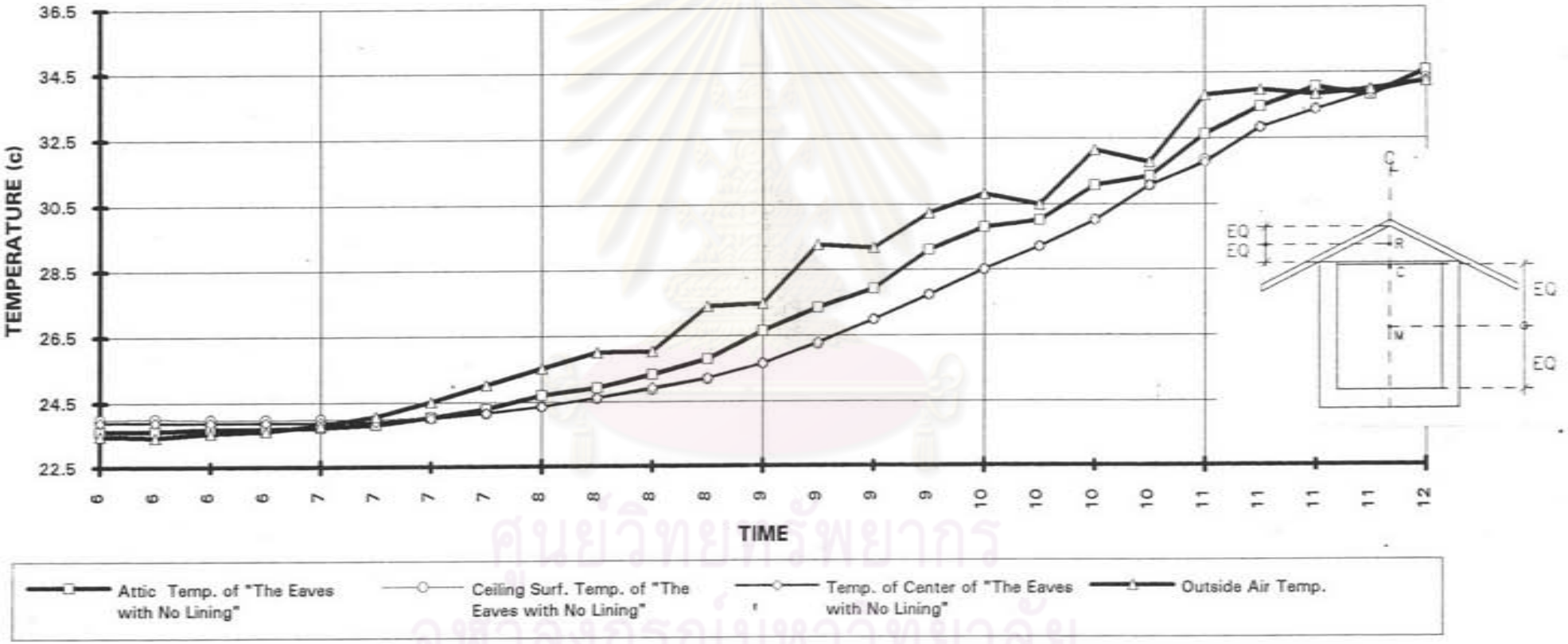



From 6:00am of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๑๙ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภายในกล่องทดสอบ "เปิดโล่งที่ฝ้าชายคา" ( ส่วนขยาย )

**The Comparison of Temperature of Various Points of The Test-Cell of "The Eaves with No Lining"**

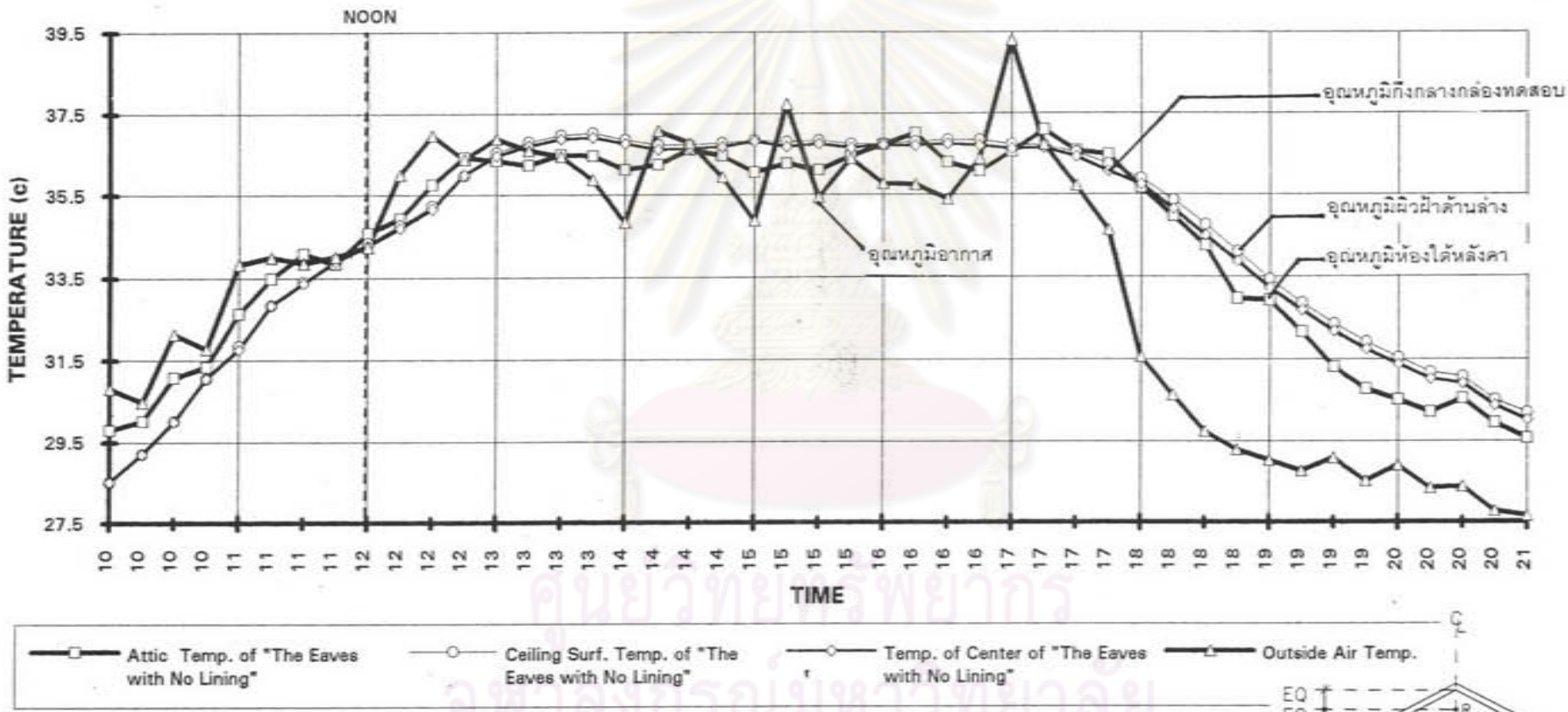


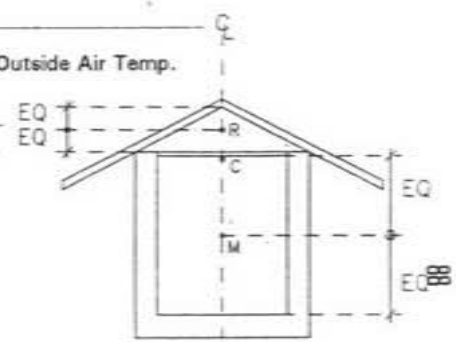

From 6:00am of Mar.15 to 12:00pm of Mar.15,1994.

ภาพที่ ๔.๑.๒๐ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภายในกล่องทดสอบ "เปิดโล่งที่ฝ้าชายคา" ( ส่วนขยาย )

**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "The Eaves with No Lining"**



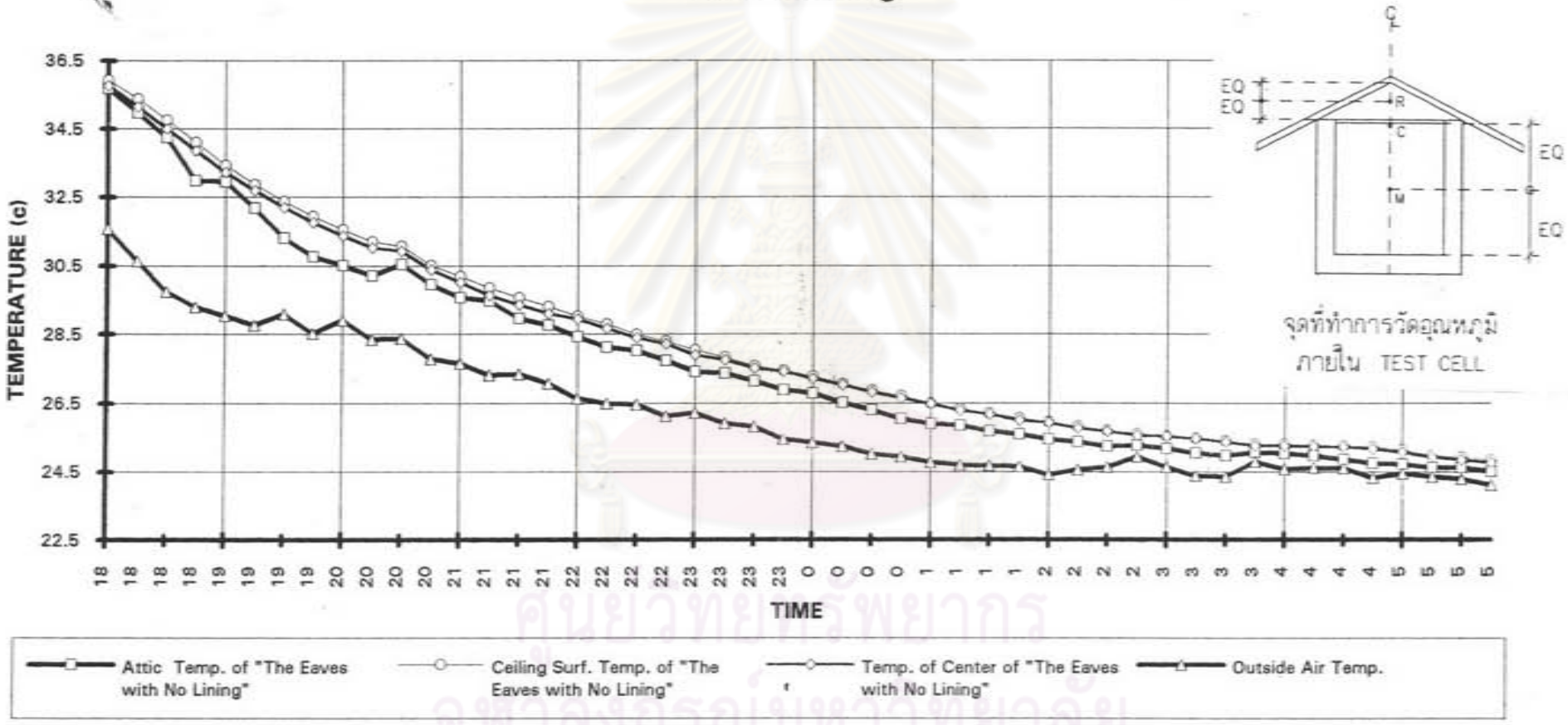

From 10:00am of Mar.15 to 21:00pm of Mar.15,1994.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ๔.๑.๒๑ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภายในกล่องทดสอบ "เปิดโล่งที่ฝ้าชายคา" ( ส่วนขยาย )

**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "The Eaves with No Lining"**




From 18:00pm of Mar.15 to 5:45am of Mar.16,1994.

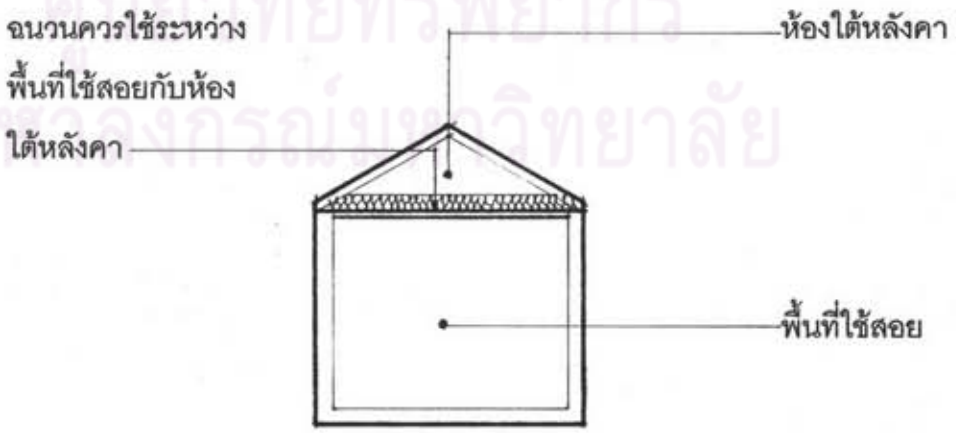
**การทดลองชุดที่ ๒ : Test of Insulation**

พิจารณากราฟที่ได้ พบว่า

๑). ในเวลากลางวัน ลักษณะการติดตั้งและชนิดของฉนวนที่ให้ค่าอุณหภูมิภายในพื้นที่ใช้สอย (จุดกึ่งกลางกล่องทดลอง ) จากสูงสุดไปต่ำสุด คือ:- ไม่มีฉนวน, อลูมินั่มฟอล์ยติดใต้จันทัน, ฉนวนใยแก้ว ค่าความต้านทาน ( R )=๗ วางในแนวลาดเอียง ( ใต้จันทัน ), ฉนวนใยแก้ว ค่าความต้านทาน ( R )=๗ วางในแนวราบบนฝ้าเพดาน, และฉนวนใยแก้ว ค่าความต้านทาน ( R )=๑๐ วางในแนวราบบนฝ้าเพดาน ตามลำดับ

๒). จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดภายในกล่องทดสอบแต่ละกล่องพบว่า การใช้ฉนวนใยแก้ว ค่าความต้านทาน R-10 วางแนวระนาบบนฝ้าเพดาน ให้อุณหภูมิต่ำกว่ากล่องทดสอบที่ไม่ใช้ฉนวนใด ๆ ประมาณ ๙ องศาเซลเซียส ในระบบปิด แสดงให้เห็นว่าการใช้ฉนวนกันความร้อนกับระบบหลังคา เป็นการทำให้พื้นที่ใช้สอย เข้าใกล้สภาวะน่าสบาย ( Comfort Zone ) ได้วิธีหนึ่ง

๓.) ถึงแม้การที่ติดตั้งฉนวนหรือวัสดุสกัดกั้นรังสีความร้อนในแนวลาดเอียง ของหลังคาจะทำให้อุณหภูมิห้องใต้เพดานต่ำก็จริง แต่อุณหภูมิด้านล่างของผิวฝ้าเพดานจะสูง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูงไปด้วย แสดงให้เห็นว่าการป้องกันความร้อนให้กับพื้นที่ใช้สอยเบื้องล่างต้องกระทำในแนวที่ไม่ให้ความร้อนส่งผ่านลงมาเบื้องล่างได้ การวางฉนวนกั้นระหว่างพื้นที่ใช้สอยกับห้องใต้หลังคาจึงเป็นสิ่งที่เหมาะสม




ภาพประกอบคำอธิบายข้อ ๓

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# A REDUCTION OF HEAT GAIN IN BUILDINGS THROUGH ROOFS

## TEST II : TEST OF INSULATION

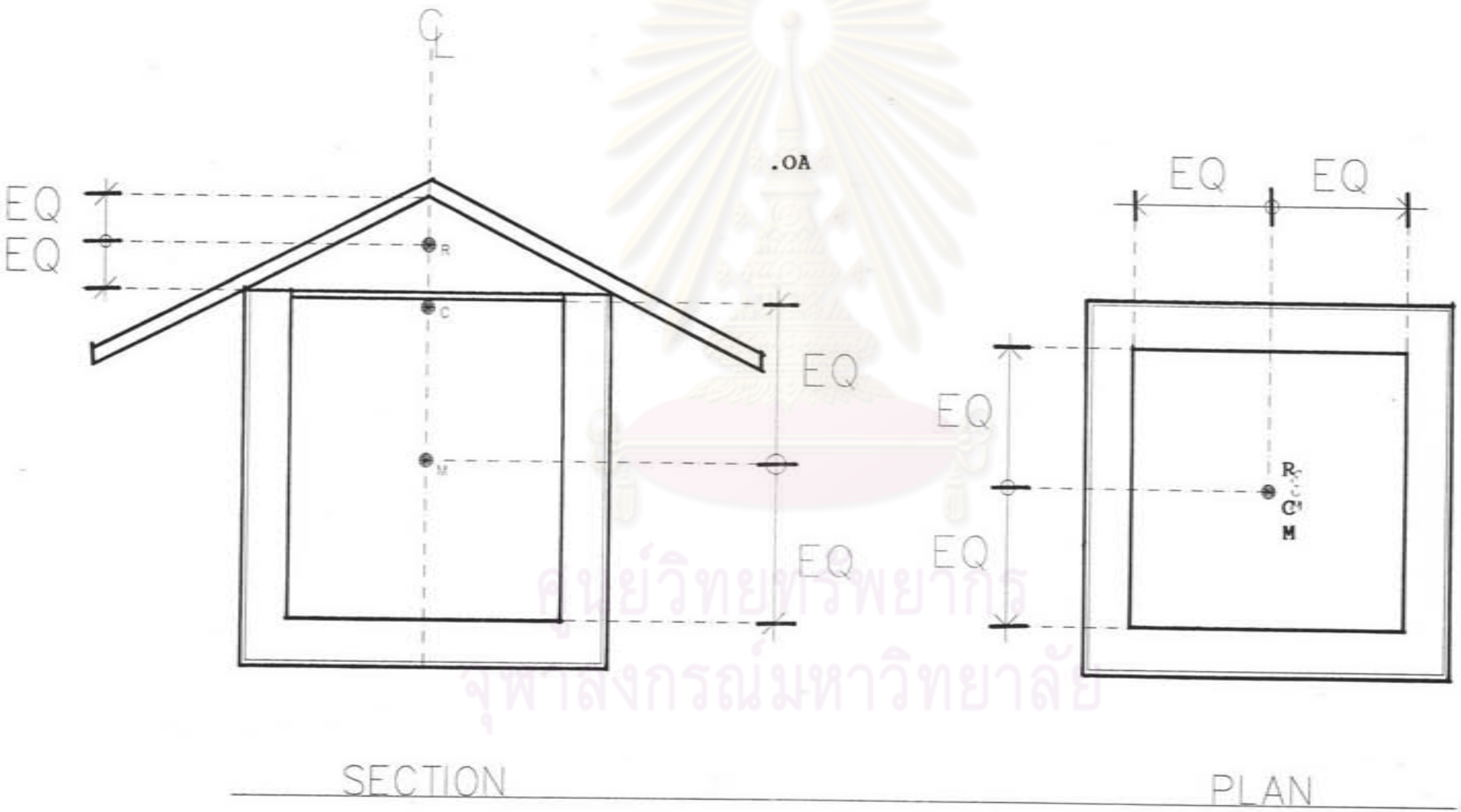
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DATA-COLLECTED PERIOD :**
MAR.30 - APR.2 ,1994

TEST II : TEST OF INSULATION

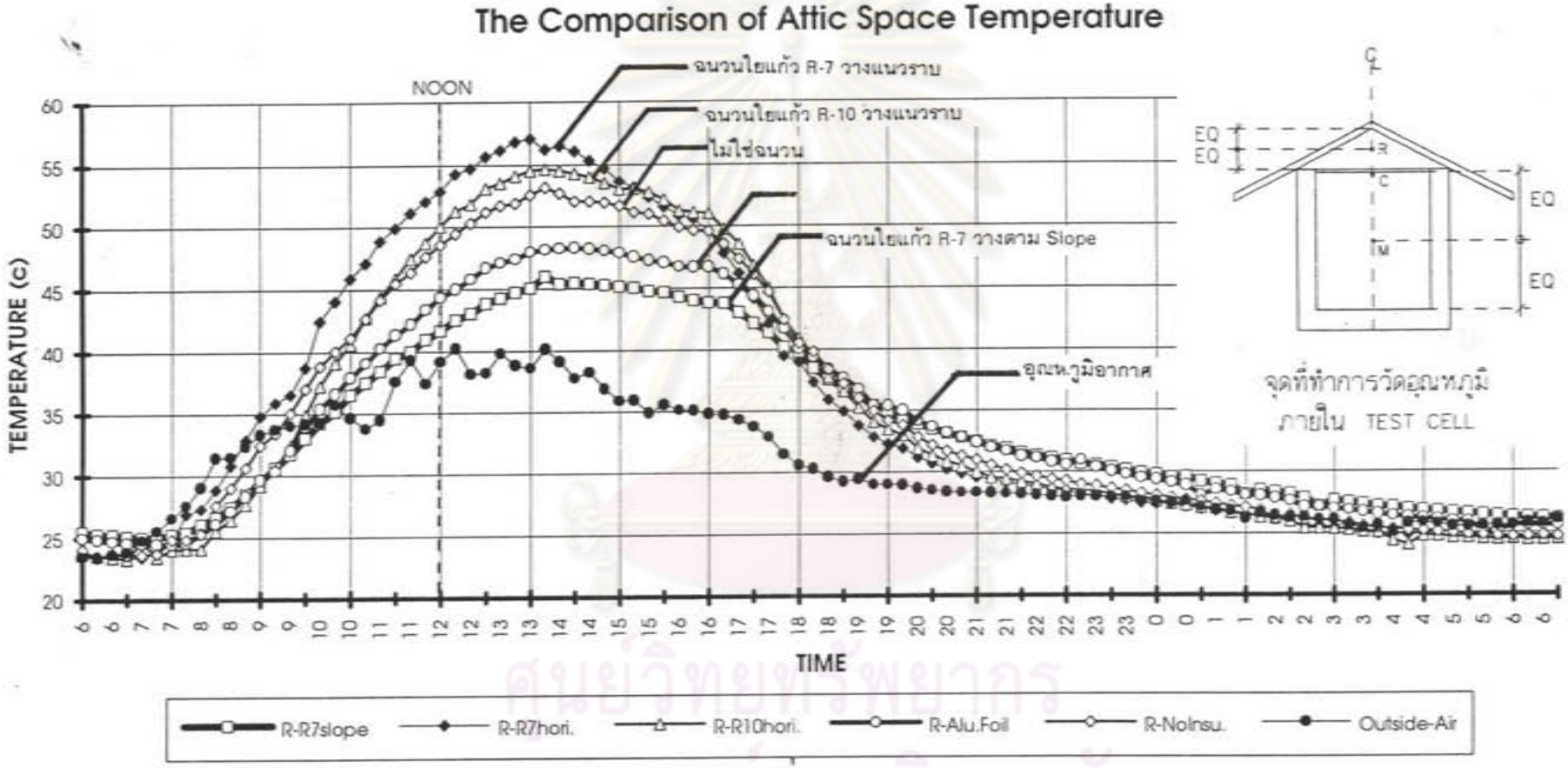
ภาพที่ 4.2

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ๔.๒.๑ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิห้องใต้หลังคา สำหรับการทดลองชุดที่ ๒

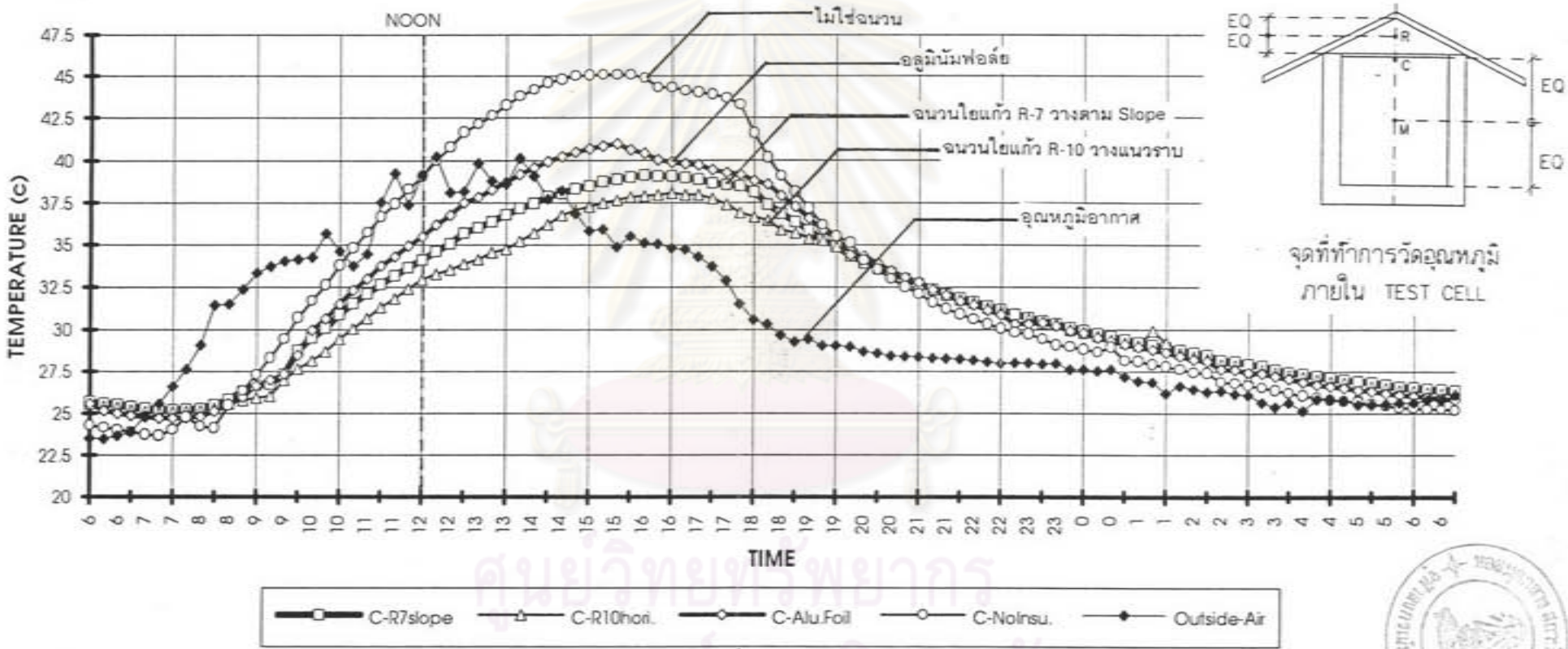



From 6:00am of Mar.31 to 6:00am of Apr.1,1994.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ๔.๒.๒ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิฝ้าเพดานด้านล่าง
สำหรับการทดลองชุดที่ ๒

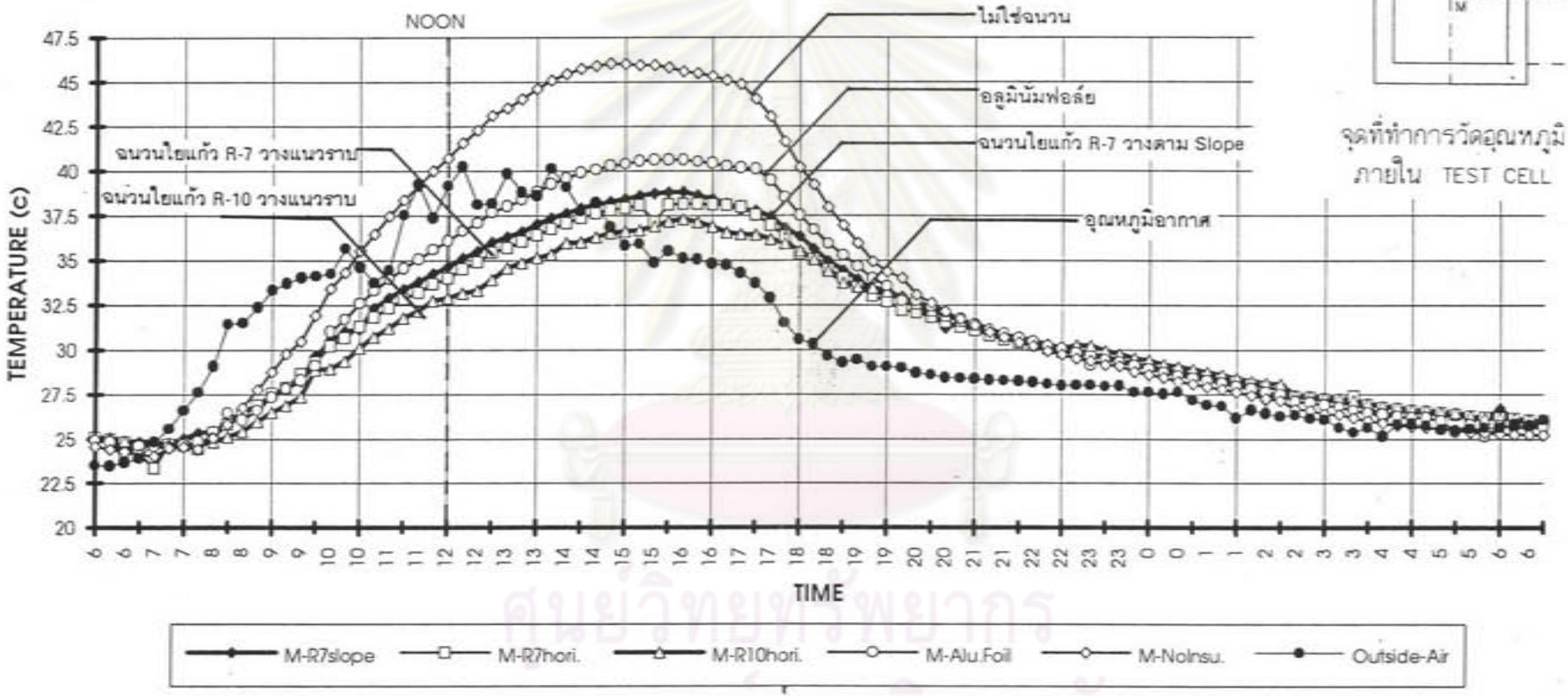
## The Comparison of Ceiling Surface Temperature

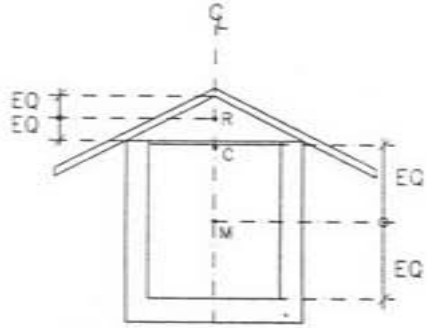



From 6:00am of Mar.31 to 6:00am of Apr.1,1994.

ภาพที่ ๔.๒.๓ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกึ่งกลางกล่องทดลอง
สำหรับการทดลองชุดที่ ๒

## The Comparison of Temperature of Center of Boxes



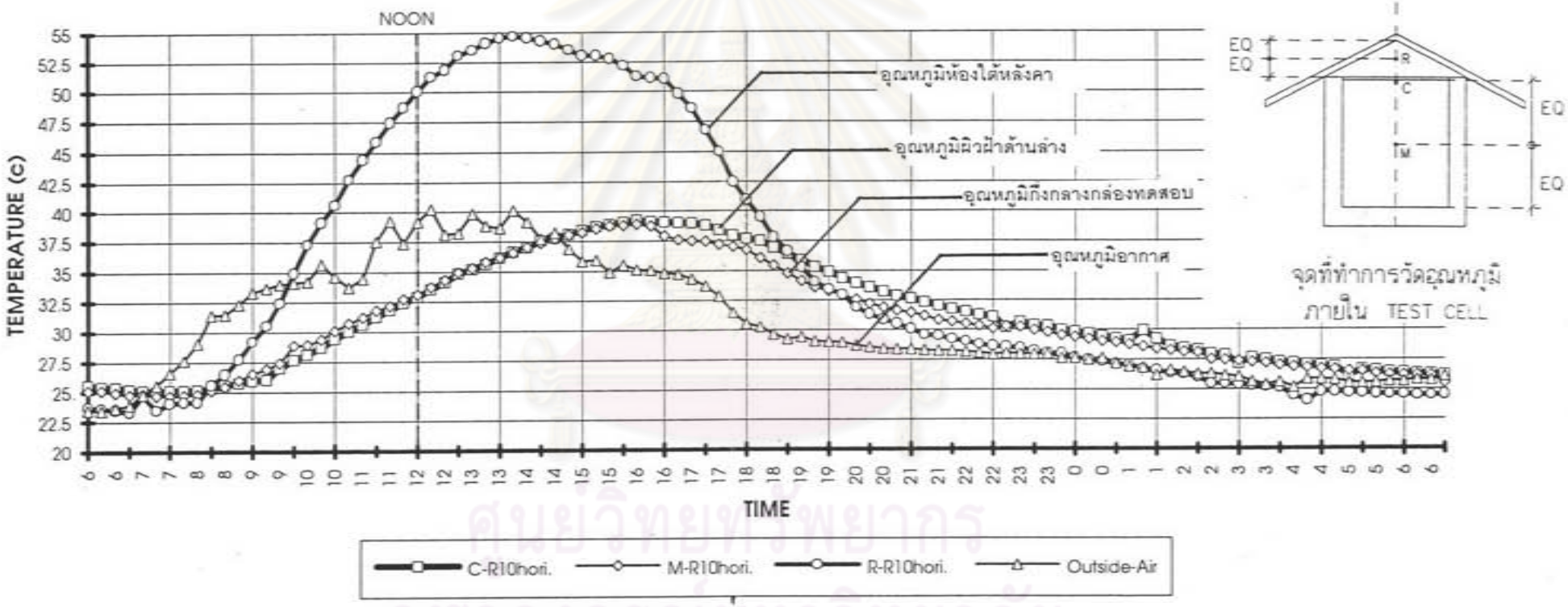




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

From 6:00am of Mar.31 to 6:00am of Apr.1,1994.

ภาพที่ ๔.๒.๔ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ
ภายในกล่องทดสอบ "ฉนวนใยแก้ว R-10 วางในแนวราบ"

## The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "R-10 Horizontal Installed"




From 6:00am of Mar.31 to 6:00am of Apr.1,194.

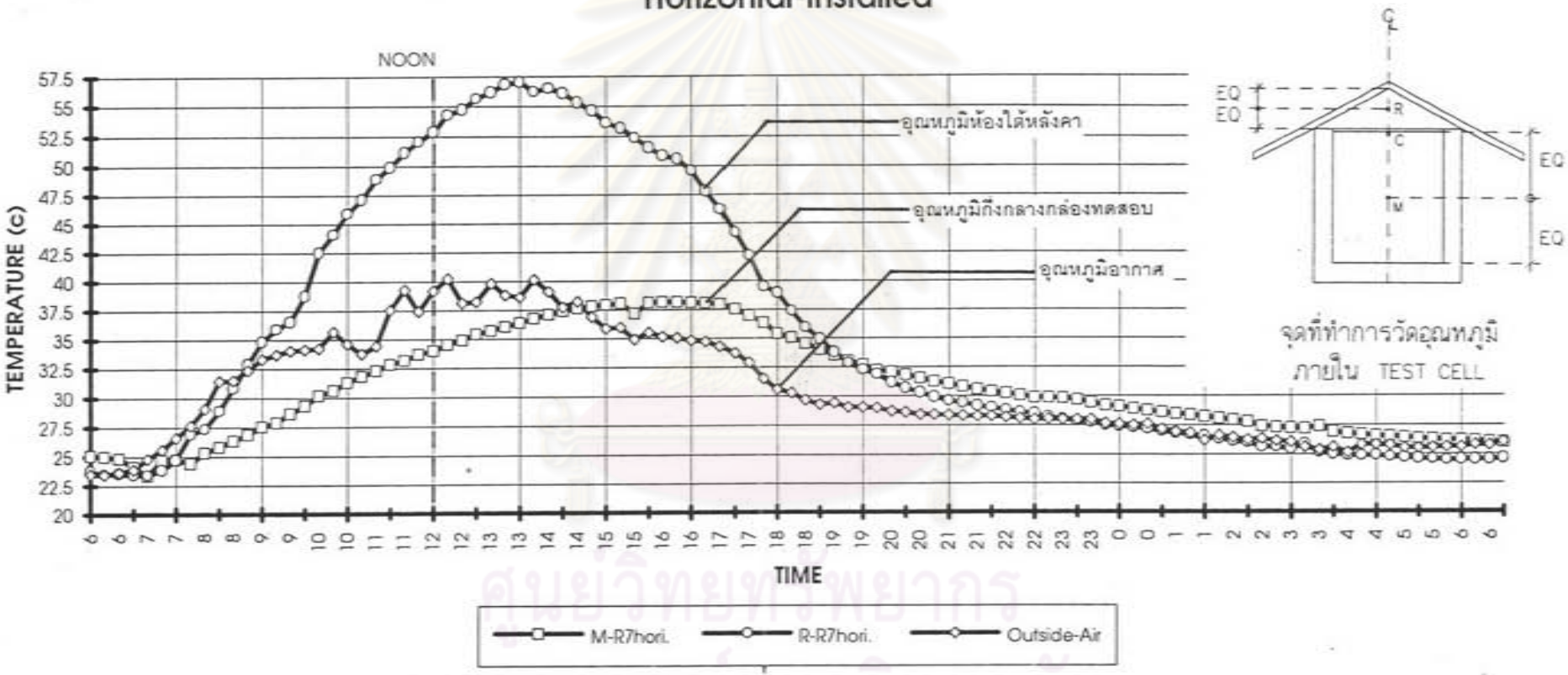


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาพที่ ๔.๒.๕ :** กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภายในกล่องทดสอบ "ฉนวนใยแก้ว R-7 วางในแนวราบ"

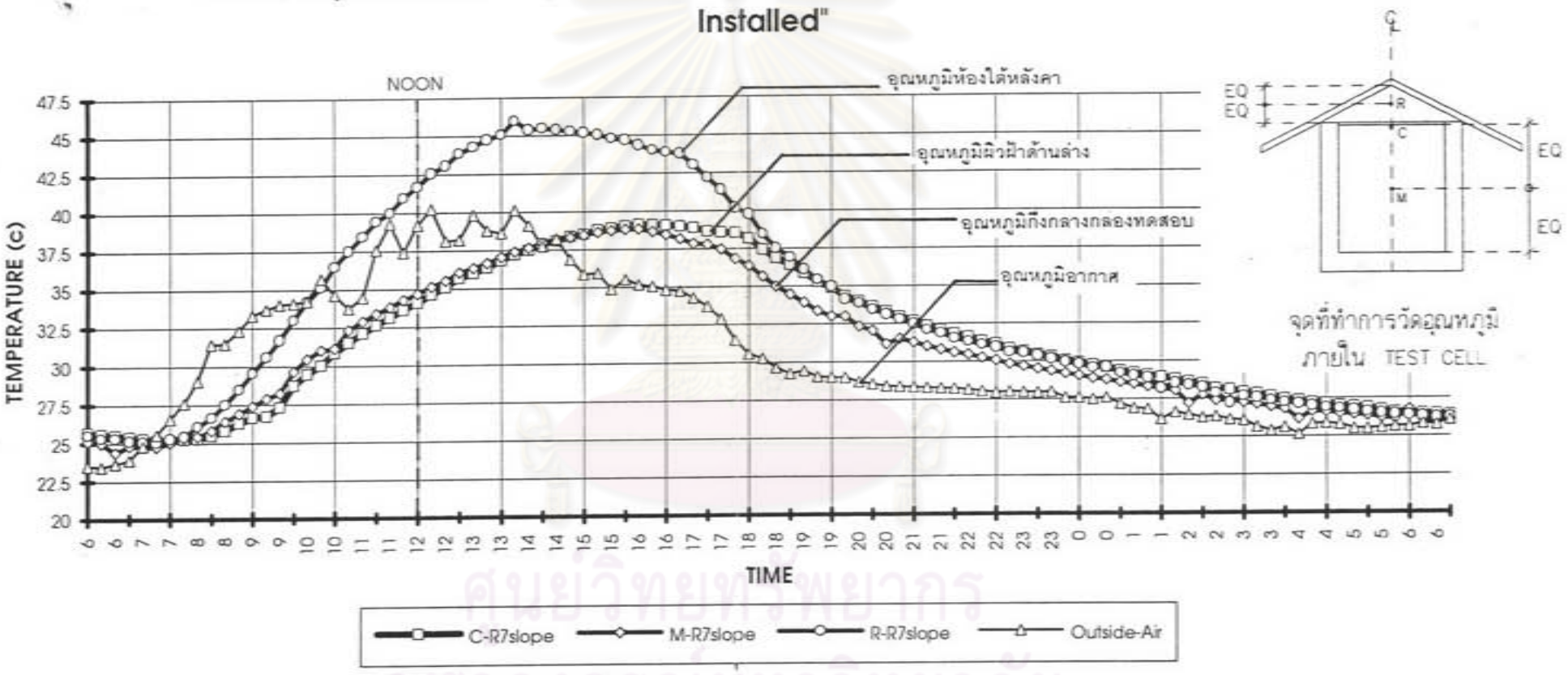
**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "R-7 Horizontal-Installed"**




From 6:00am of Mar.31 to 6:00am of Apr.1,1994.

ภาพที่ ๔.๒.๖ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ
ภายในกล่องทดสอบ "ฉนวนใยแก้ว R-7 วางในแนวลาดเอียง"

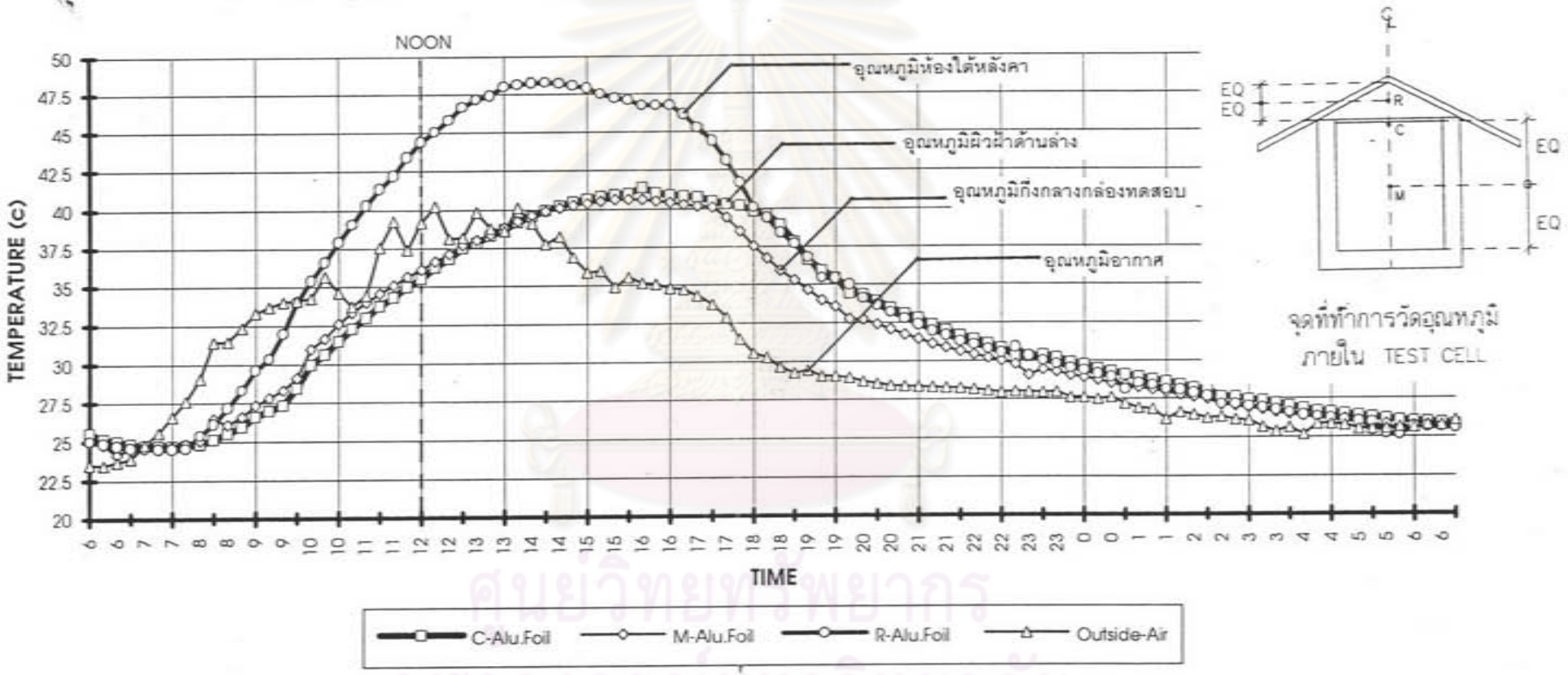
**The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "R-7 Slope Installed"**




From 6:00am of Mar.31 to 6:00am of Apr.1,1994.

ภาพที่ ๔.๒.๗ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ
ภายในกล่องทดสอบ "อลูมินั่มฟอล์ย"

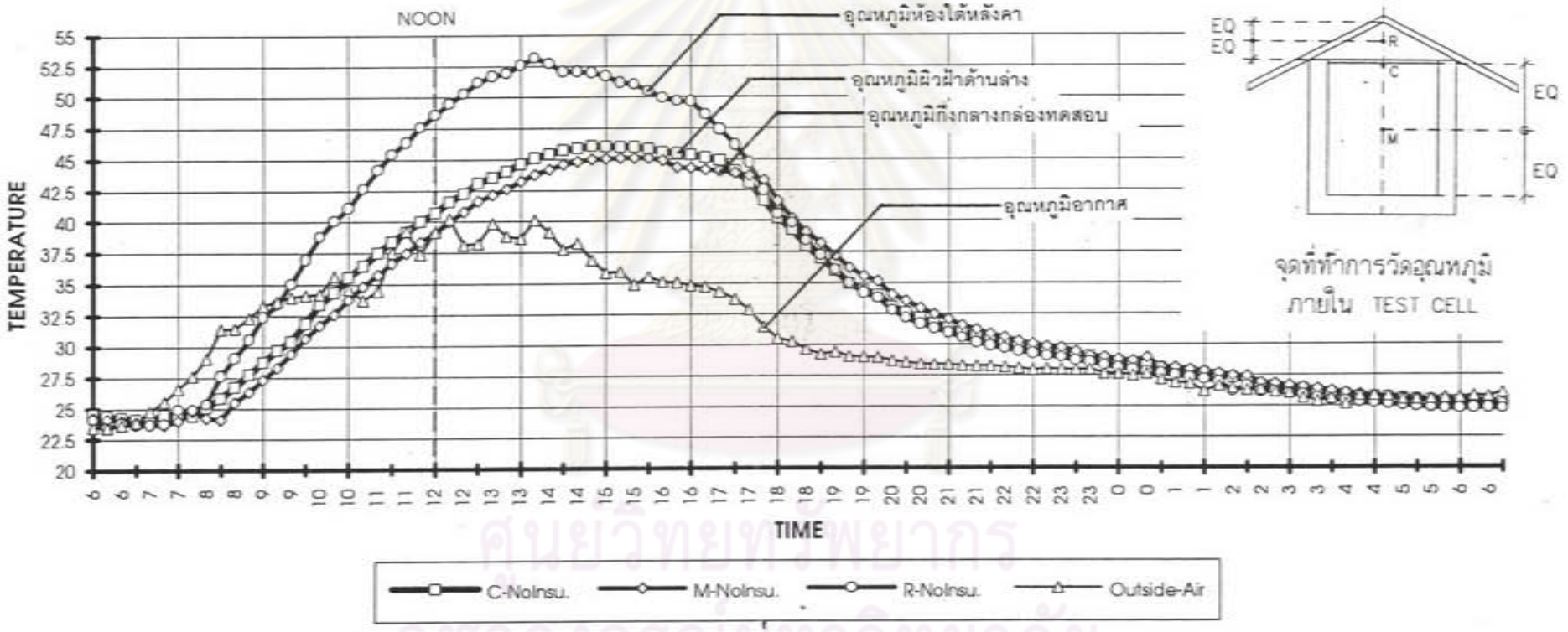
The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "Alu.Foil"




From 6:00am of Mar.31 to 6:00am of Apr.1,1994.

ภาพที่ ๔.๒.๔ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ
ภายในกล่องทดสอบ "ไม่มีฉนวน"

The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "No -Insulation"




From 6:00am of Mar.31 to 6:00am of Apr.1,1994.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**การทดลองชุดที่ ๓ : Test of Materials**

**จากการพิจารณาเส้นกราฟเปรียบอุณหภูมิของทุก Test-Cell พบว่า** เรียงลำดับอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบจากสูงไปต่ำในเวลากลางวัน ได้ดังนี้ :- กระจกใส, กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต, หลังคาเหล็ก, กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน และหลังคามุงจาก โดยจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิของ Test-Cell "กระจกใส" สูงกว่า Test-Cell อื่นๆมาก จึงอาจแบ่งวัสดุมุงหลังคาจากอุณหภูมิที่แตกต่างนี้ได้ ๒ กลุ่ม คือ กลุ่ม Opaque กับ กลุ่ม Transparency และพบว่า เมื่อทำการทดลองในระบบปิด และหลังคาทุก Test-Cell ทาสีขาว ( ยกเว้น จาก กับ กระจก ) ซึ่งทำให้ค่าดูดซึมความร้อนต่ำทุก Test-Cell แล้ว ประเภทของวัสดุมุงที่ต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นโลหะกับอโลหะ หรือวัสดุมวลมากกับมวลน้อย ไม่ให้ค่าการกันความร้อนต่างกันในทางที่ควรจะเป็นในทางทฤษฎี อย่างไรก็ตาม ก็ยังสามารถสรุปทางเลือกของวัสดุที่ควรจะเลือกไปใช้ออกแบบระบบหลังคาได้ โดยตัดวัสดุที่มีความไม่เหมาะสมในระดับต่างๆออก เช่น จาก เป็นวัสดุไม่คงทน, กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน มีพิษทางเคมี ดังนั้นทางเลือกที่ดีที่สุดในกลุ่มนี้ คือ การเลือกหลังคาเหล็ก ผิวด้านบนสีขาวมัน และด้านล่างมีผิว อลูมินั่มฟอล์ย

**เมื่อพิจารณากราฟของแต่ละ Test-Cell พบว่า**

**ก. กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต**

- อุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องทดลอง { Tavg. หรือ ( Upper+Lower )/2 } แปรผันตามอุณหภูมิผิวหลังคาด้านล่าง ที่ช่วงเวลา ๘.๐๐ - ๑๗.๐๐ น. ซึ่งเป็นเวลาที่หลังคาได้รับแดดอย่างเต็มที่ โดยมีช่วง Time Lag ประมาณ ๒ ชม.

**ข. แผ่นเหล็กลอนมุงหลังคา**

**ในช่วงกลางวัน** เนื่องจาก แผ่นหลังคาเหล็กเป็นโลหะ จึงมีคุณสมบัติในการเป็นตัวนำที่ดี อย่างไรก็ตาม แผ่นหลังคาเหล็กที่นำมาทดสอบนี้ มีผิวด้านบนมันและเป็นสีขาว จึงทำให้แสงอาทิตย์สะท้อนกลับได้ค่อนข้างมาก และดูดซึมไว้น้อย ประกอบกับผิวด้านล่างเป็นฟอล์ย มีค่า Emmissivity ต่ำ ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องทดลอง ไม่สูงมากไปตามอุณหภูมิผิวหลังคา

**ค. กระเบื้องซีเมนต์ไยหิน**

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆภายในกล่องทดสอบที่มุงหลังคากระเบื้องซีเมนต์ไยหิน พบว่า วัสดุมุงหลังคาชนิดนี้ มีค่าการหน่วงเวลา ( Time Lag ) ประมาณ ๑ ชม. ซึ่งน้อยกว่ากระเบื้องคอนกรีต เพราะมีมวลน้อยกว่า

**ง. หลังคามุงจาก**

"จาก" มีค่าความเป็นฉนวนสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆที่นำมาทดสอบ ในช่วงกลางวันจึงดูดซึมความร้อนไว้ไม่มาก อุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องทดลองจึงค่อนข้างต่ำ ส่วนในช่วงกลางคืน ด้วยความเป็นฉนวนอีกเช่นกัน ผิวของหลังคาจึงไม่ค่อยจะสูญเสียความร้อนให้กับท้องฟ้า ส่งผลให้ทั้งอุณหภูมิผิวหลังคา และอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง ไม่แตกต่างจากในเวลากลางวันมากนัก

**จ. หลังคากระจกใสหนา ๖ มม.**

โดยปกติแล้ว กระจกใสจะไม่ดูดกลืนความร้อน แสงอาทิตย์สามารถทะลุทะลวงกระจกได้ ถ้าเรานำกระจกใสไปวางกลางแจ้ง ผิวกระจกไม่ควรจะร้อน

แต่ในการทดลองครั้งนี้ ทำในระบบปิด อุดรอยรั่วสนิททุกแห่ง เมื่อแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นรังสีคลื่นสั้นผ่านกระจกเข้ามากระทบวัตถุทึบตัน ( Opaque Surface ) คือ โฟมภายในกล่องทดสอบ แสงอาทิตย์ก็จะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว และกลับออกไปไม่ได้ ทำให้มวลสารภายในกล่องทดสอบทั้งหมดร้อนขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบสูงขึ้นถึง ๘๕ องศาเซลเซียส และส่งผลให้ผิวกระจกร้อนตามไปด้วย เนื่องจากความร้อนที่สะสมโดยมวลสารภายใน Stratified ขึ้นไป เป็นการเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Green House Effect

ช่วงกลางคืน อุณหภูมิผิวหลังคาจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของผิวอากาศอย่างเห็นได้ชัด เนื่องมาจาก การที่กระจกมีค่าความเป็นฉนวนน้อยที่สุด ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิท้องฟ้าต่ำลงในเวลากลางคืน กระจกก็จะสูญเสียความร้อน ( Long Wave Radiation Heat Exchange ) ให้กับท้องฟ้าเร็วที่สุด เมื่อเทียบกับวัสดุอื่นๆ

# A REDUCTION OF HEAT GAIN IN BUILDINGS THROUGH ROOFS

## TEST III : TEST OF MATERIALS

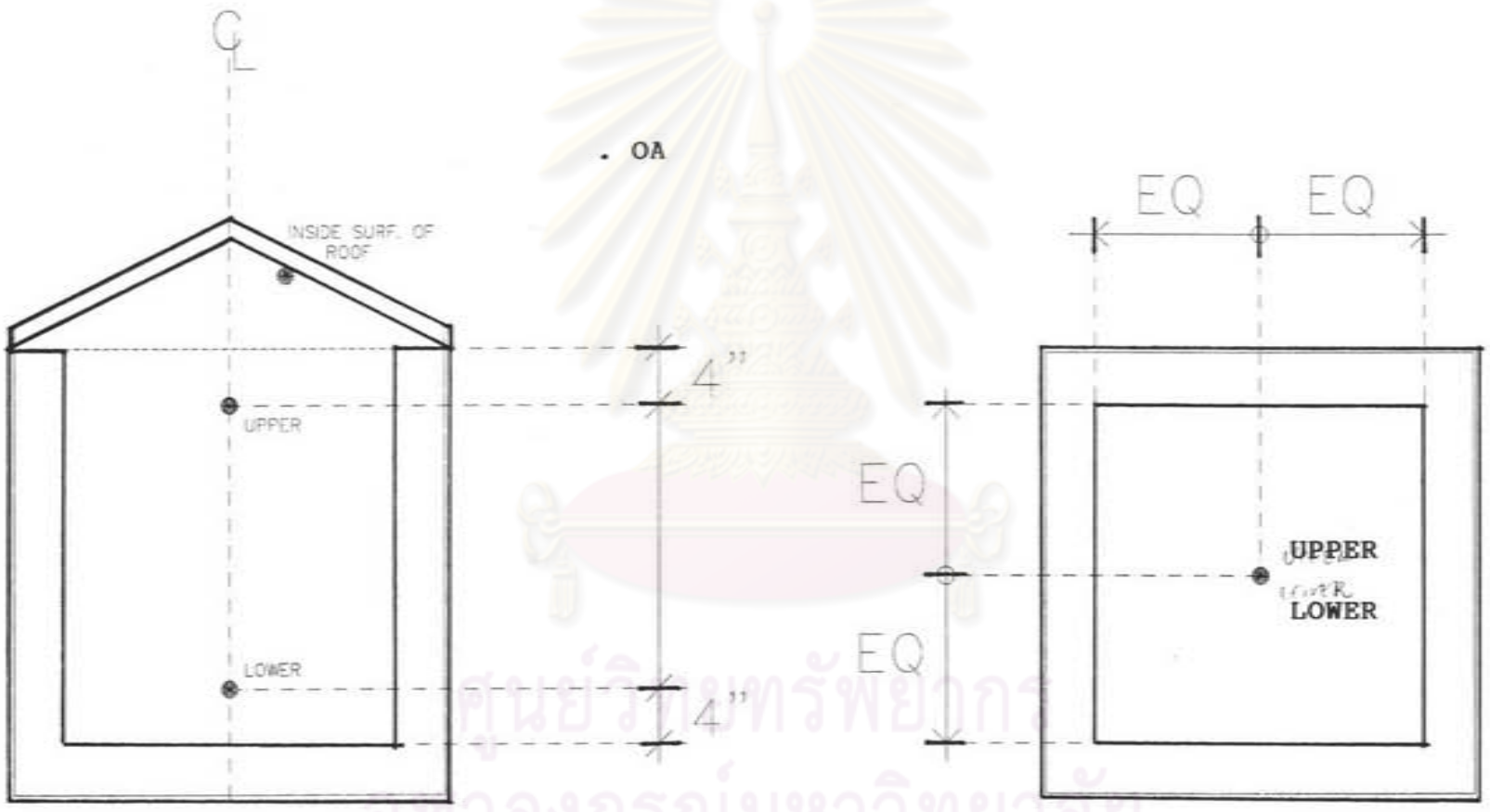
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DATA-COLLECTED PERIOD :**
APR.6 - 9 ,1994

ภาพที่ 4.3

TEST III : TEST OF MATERIAL

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL



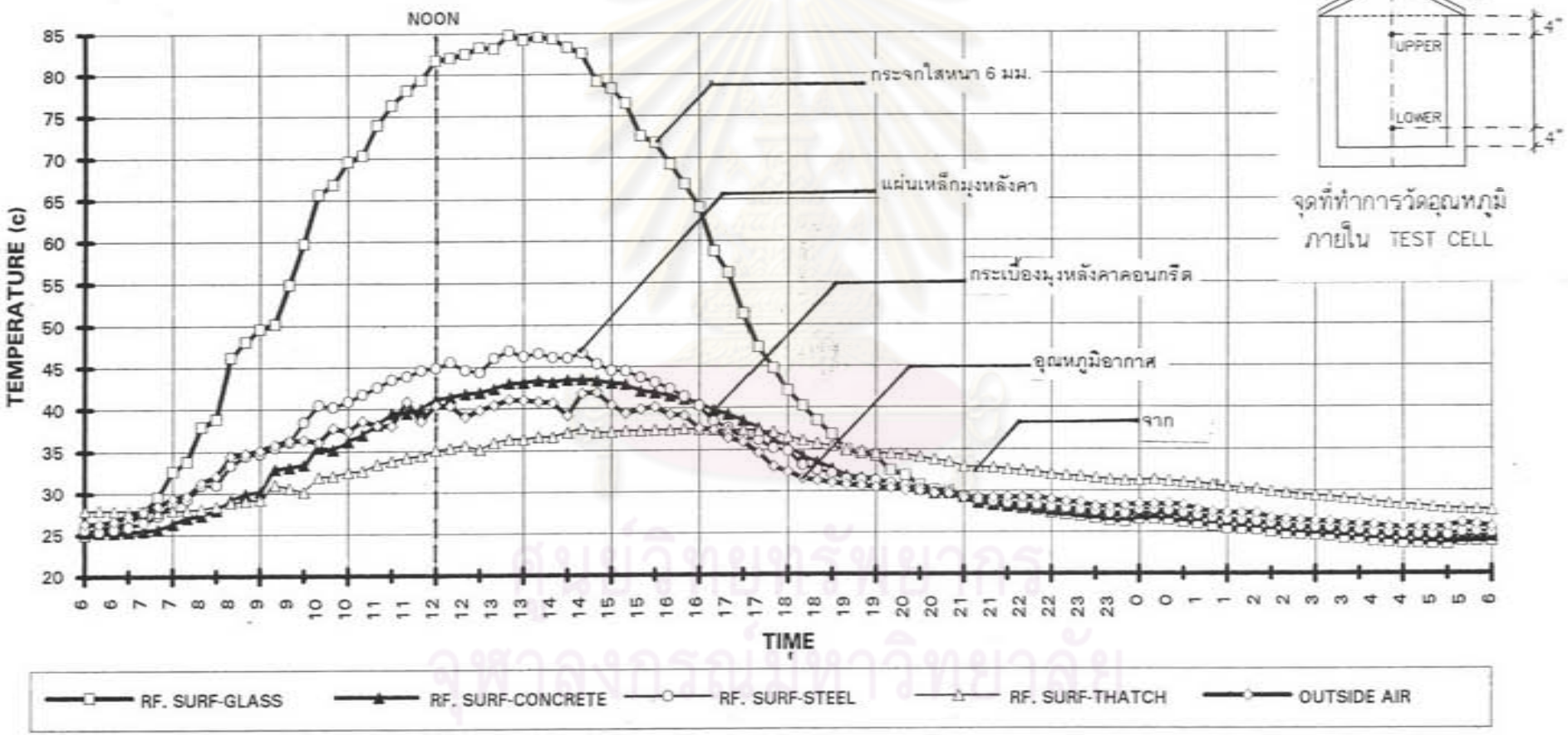

SECTION

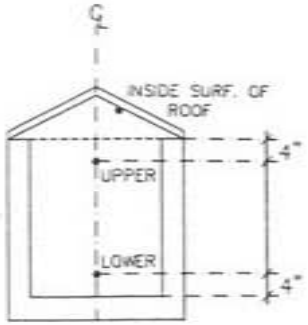
PLAN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ๔.๓.๑ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหลังคาด้านล่าง

**The Comparison of Temperature of Roof Surface**



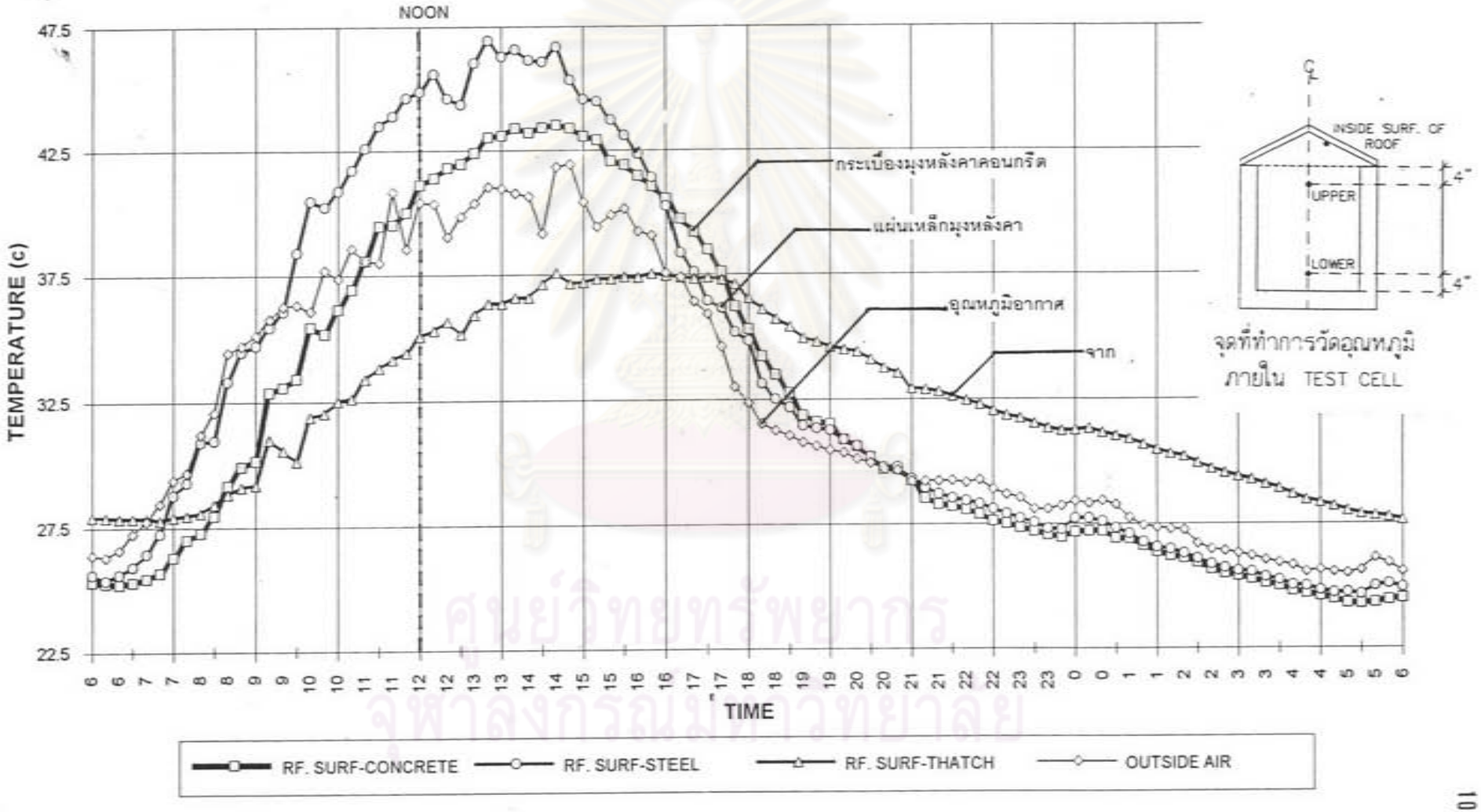




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

From 6:00am of Apr.6 to 6:00am of Apr.7,1994.

ภาพที่ ๔.๓.๒ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหลังคาด้านล่าง ยกเว้นกระจกใส

## The Comparison of Temperature of Roof Surface ( without "Glass" Box)



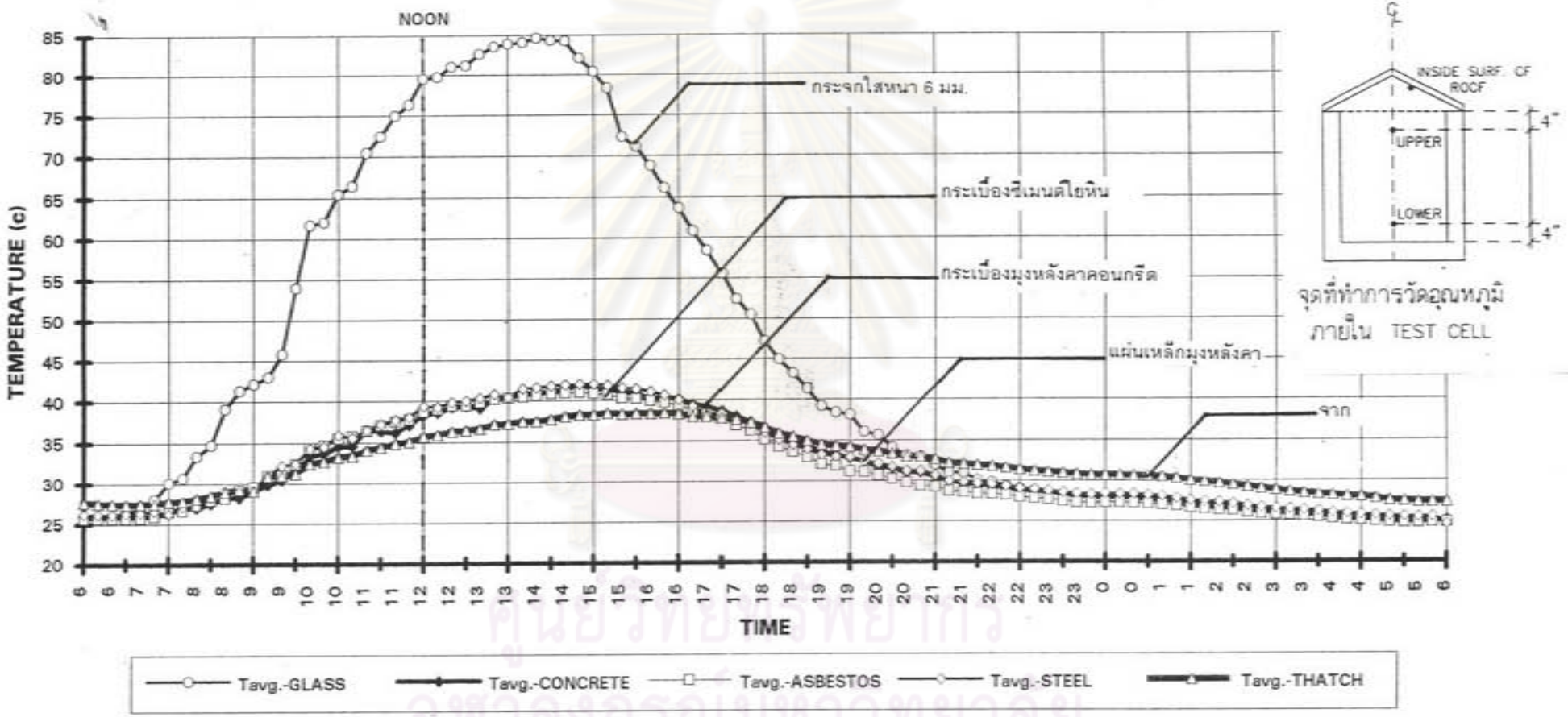

From 6:00am of Apr.6 to 6:00am of Apr.7,1994.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ๔.๓.๓ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องทดลอง

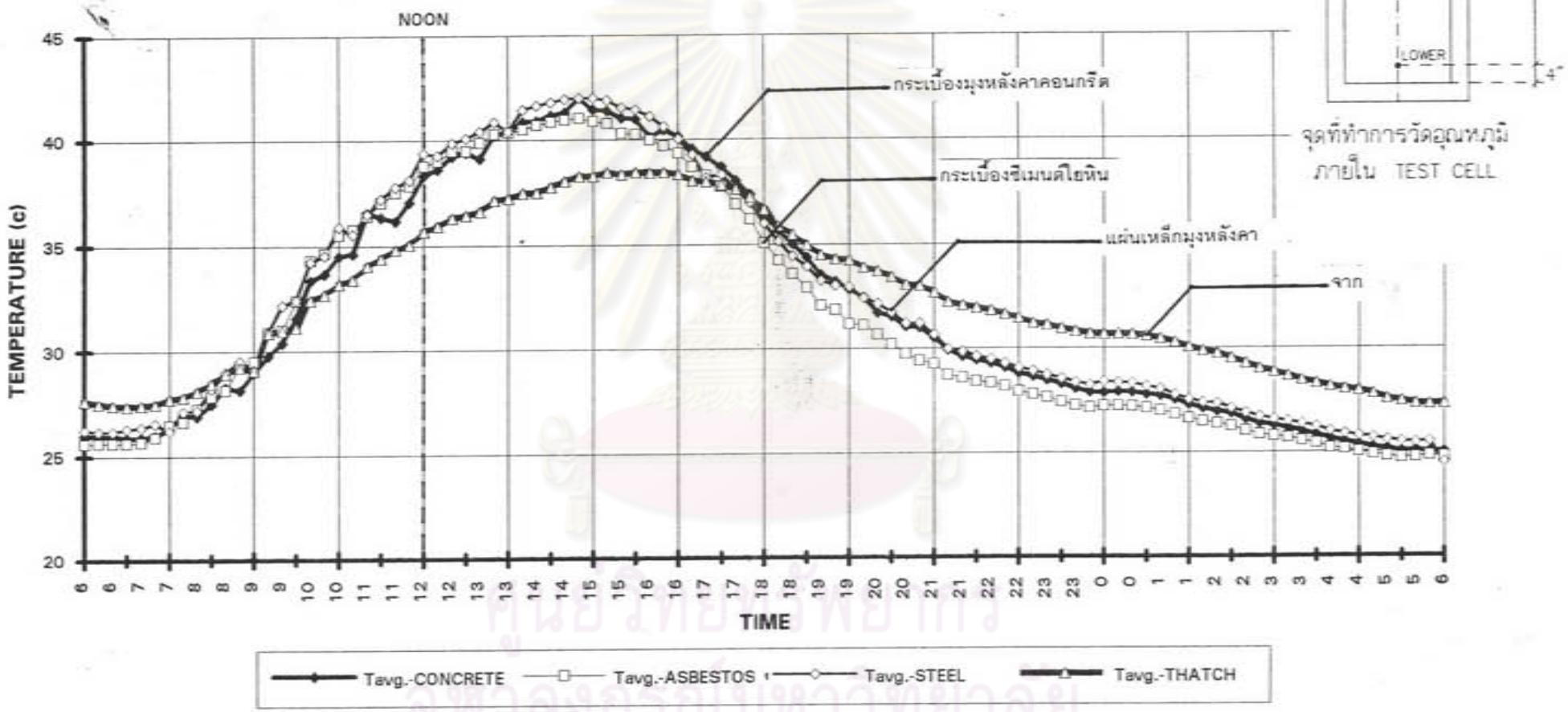
**The Comparison of Average Temperature of of Boxes**

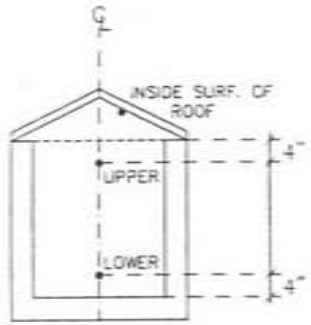



From 6:00am of Apr.6 to 6:00am of Apr.7,1994.

ภาพที่ ๔.๓.๔ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ย
ภายในกล่องทดลอง ยกเว้นกระจกใส

**The Comparison of Average Temperature of Boxes ( without "Glass" Box )**



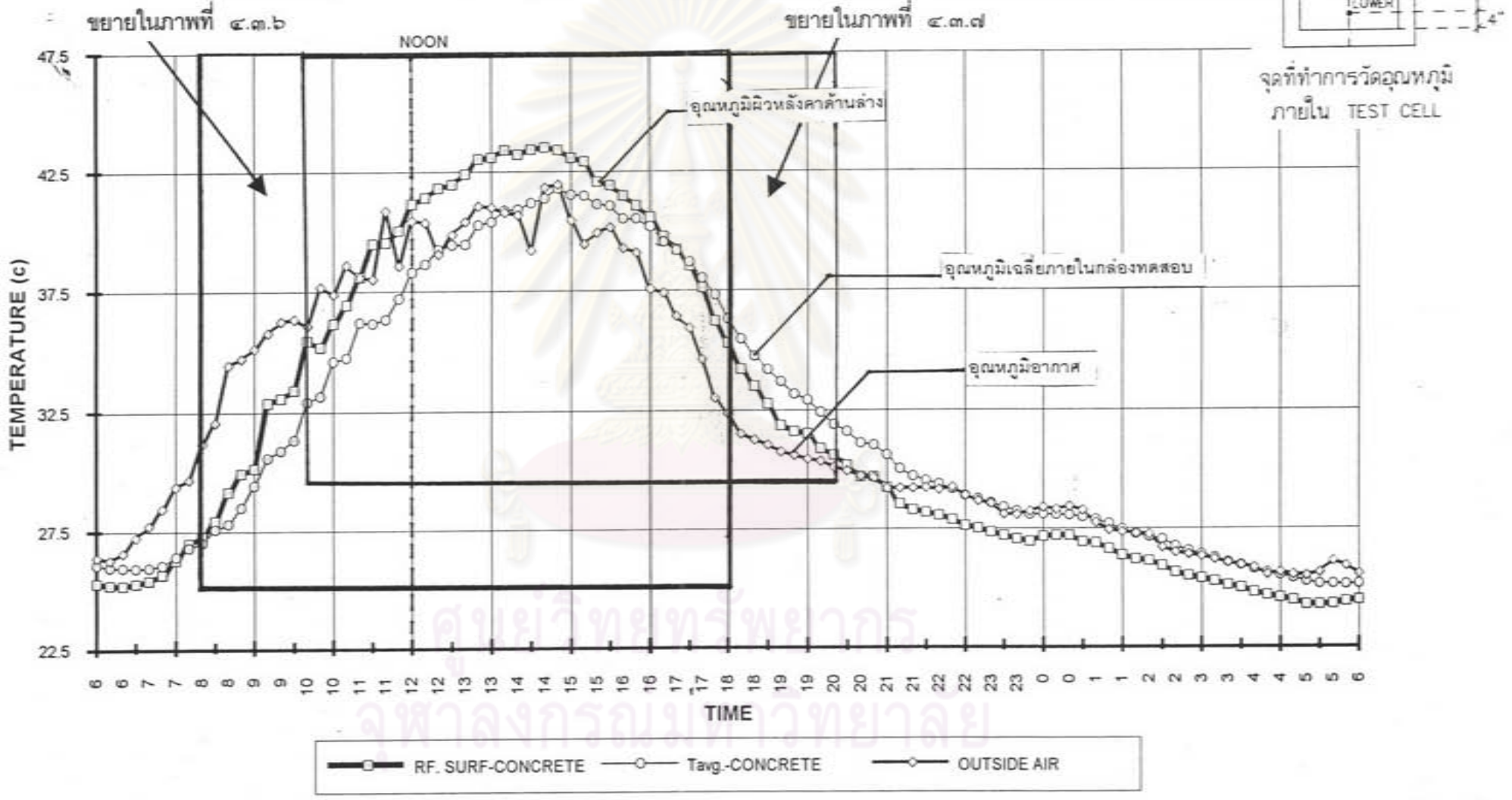

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ
ภายใน TEST CELL

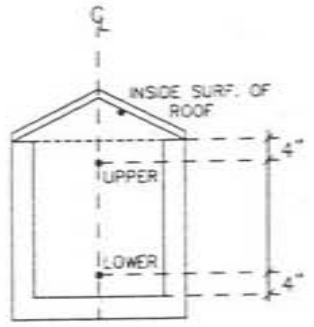
From 6:00am of Apr.6 to 6:00am of Apr.7,1994.

ภาพที่ ๔.๓.๕ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภายในกล่องทดสอบ "กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต"

## The Comparison of Temperature of Various Points in "Concrete Tile" Test-Cell




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

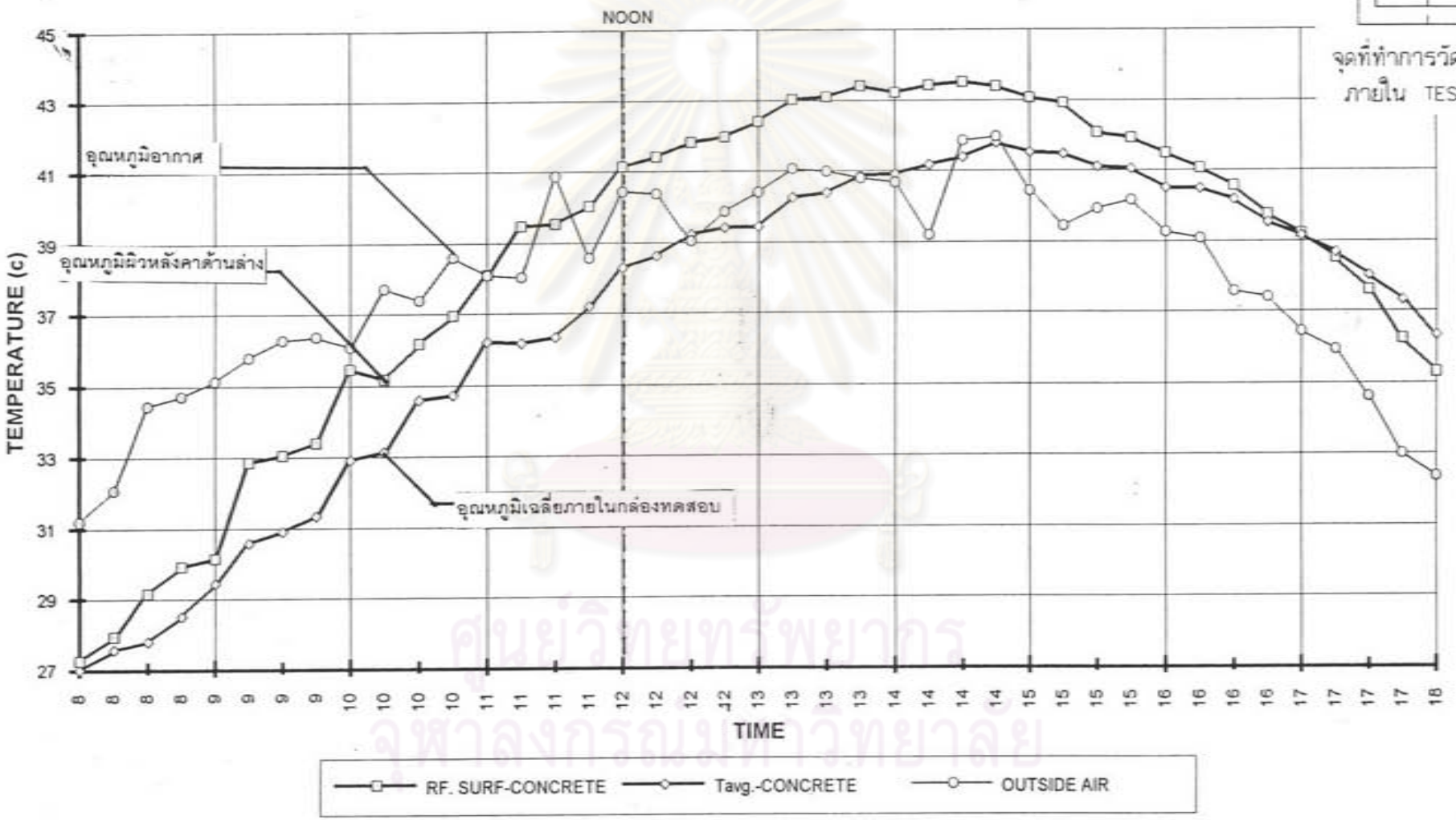
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

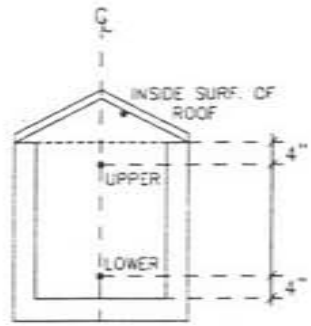
From 6:00am of Apr.6 to6:00am of Apr.7,1994.

**ภาพที่ ๔.๓.๖ :** กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภายในกล่องทดสอบ "กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต" ( ส่วนขยาย )

## The Comparison of Temperature of Various Points in "Concrete Tile" Test-Cell




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL



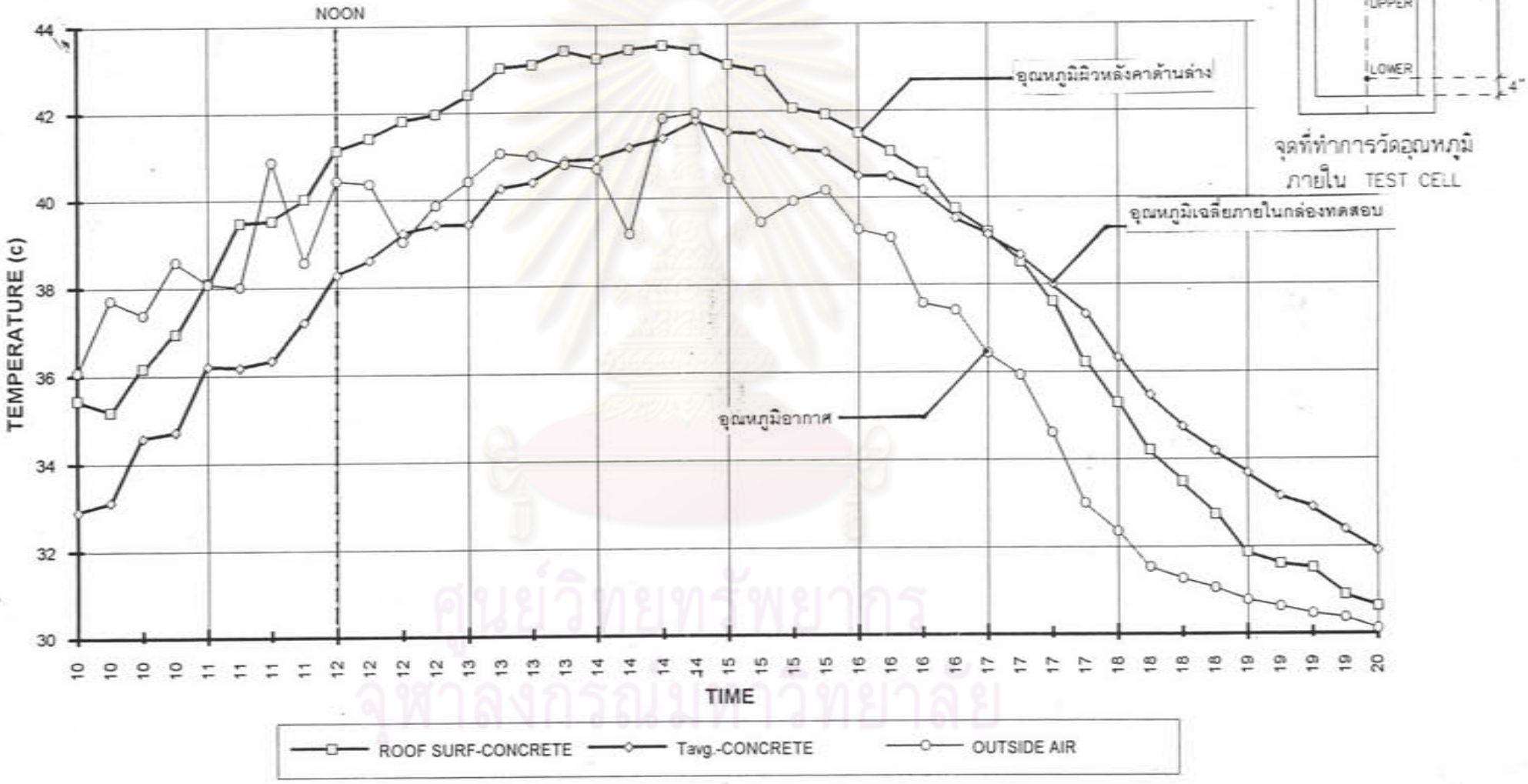
From 8:00am of Apr.6 to 18:00pm of Apr.6,1994

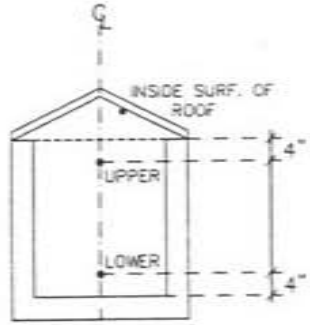
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาพที่ ๔.๓.๗ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ**

ภายในกล่องทดสอบ "กระเบื้องมุงหลังคาคอนกรีต" ( ส่วนขยาย )

## The Comparison of Temperature of Various Points in "Cocrete Tile" Test-Cell




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

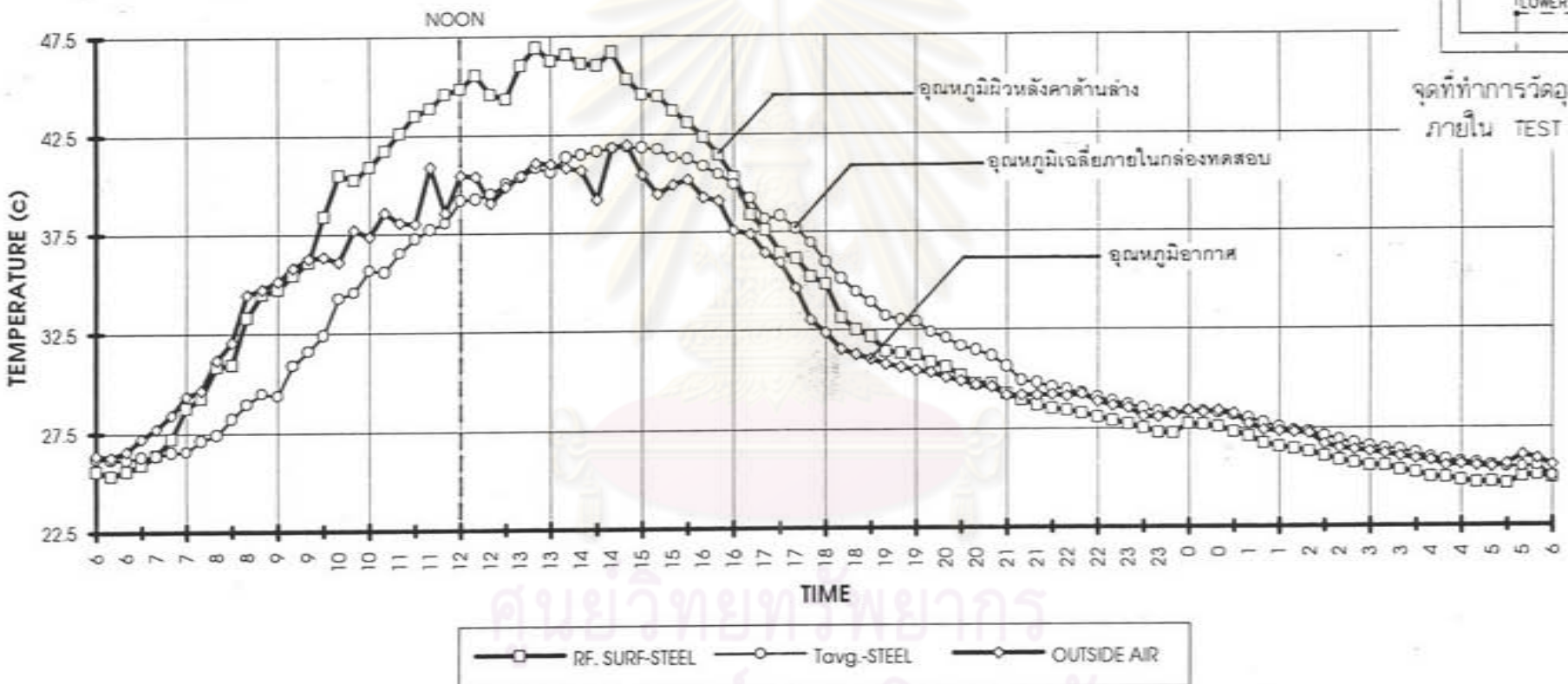


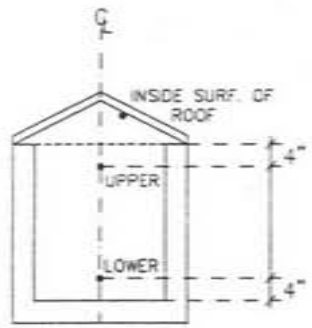
From 10:00am of Apr.6 to 20:00pm of Apr.6,1994.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ๔.๓.๘ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ
ภายในกล่องทดสอบ "แผ่นเหล็กลอน"

## The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "Steel"




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ
ภายใน TEST CELL

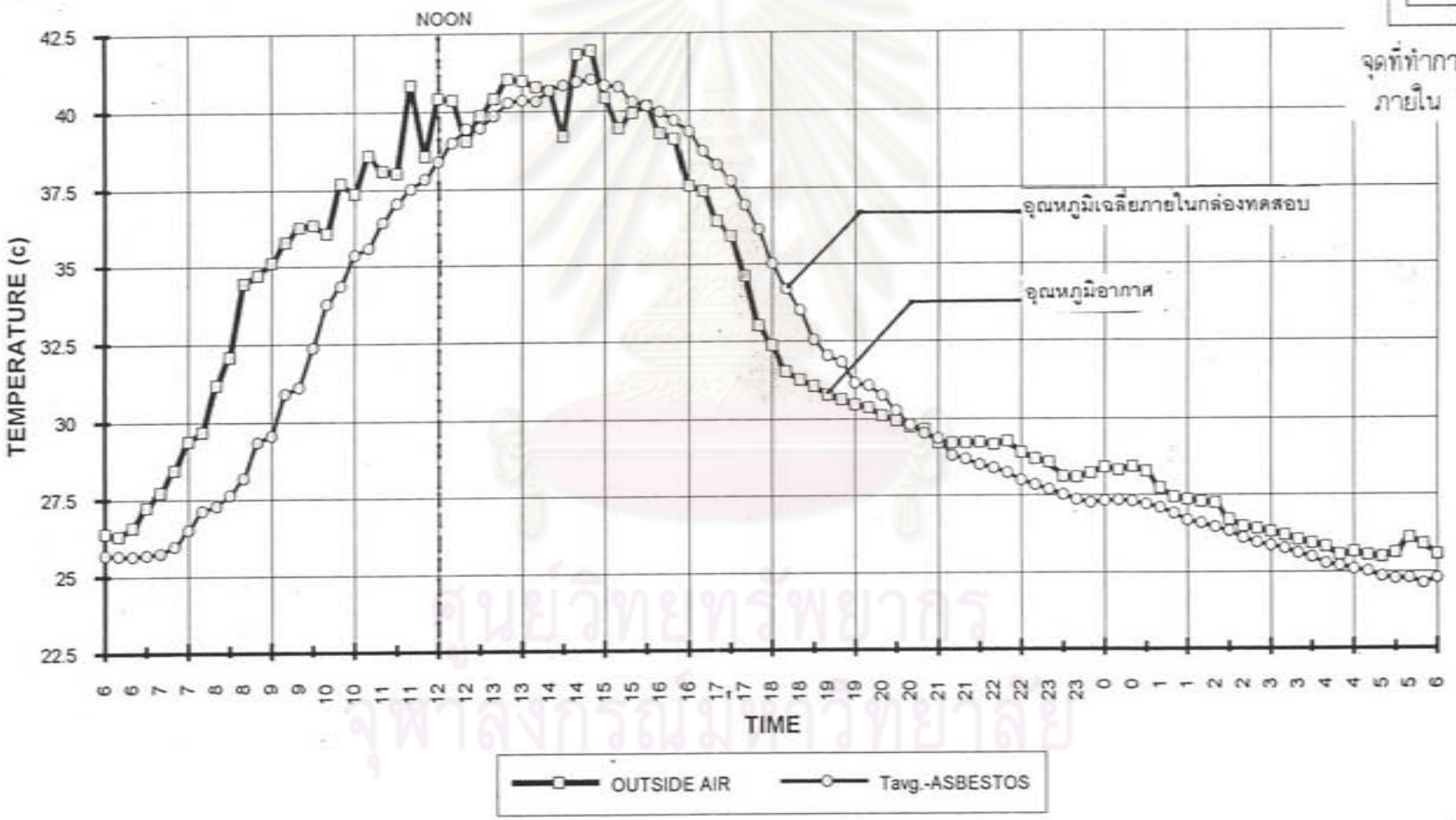
From 6:00am of Apr.6 to 6:00am of Apr.7,1994.

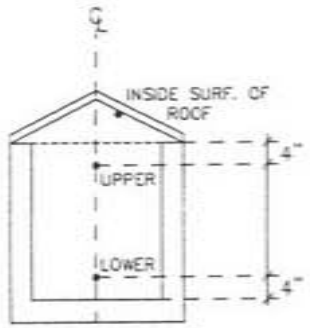


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาพที่ ๔.๓.๙ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ**
ภายในกล่องทดสอบ "กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน"

**The Comparison of Temperature of Various Points in "Asbestos" Test-Cell**



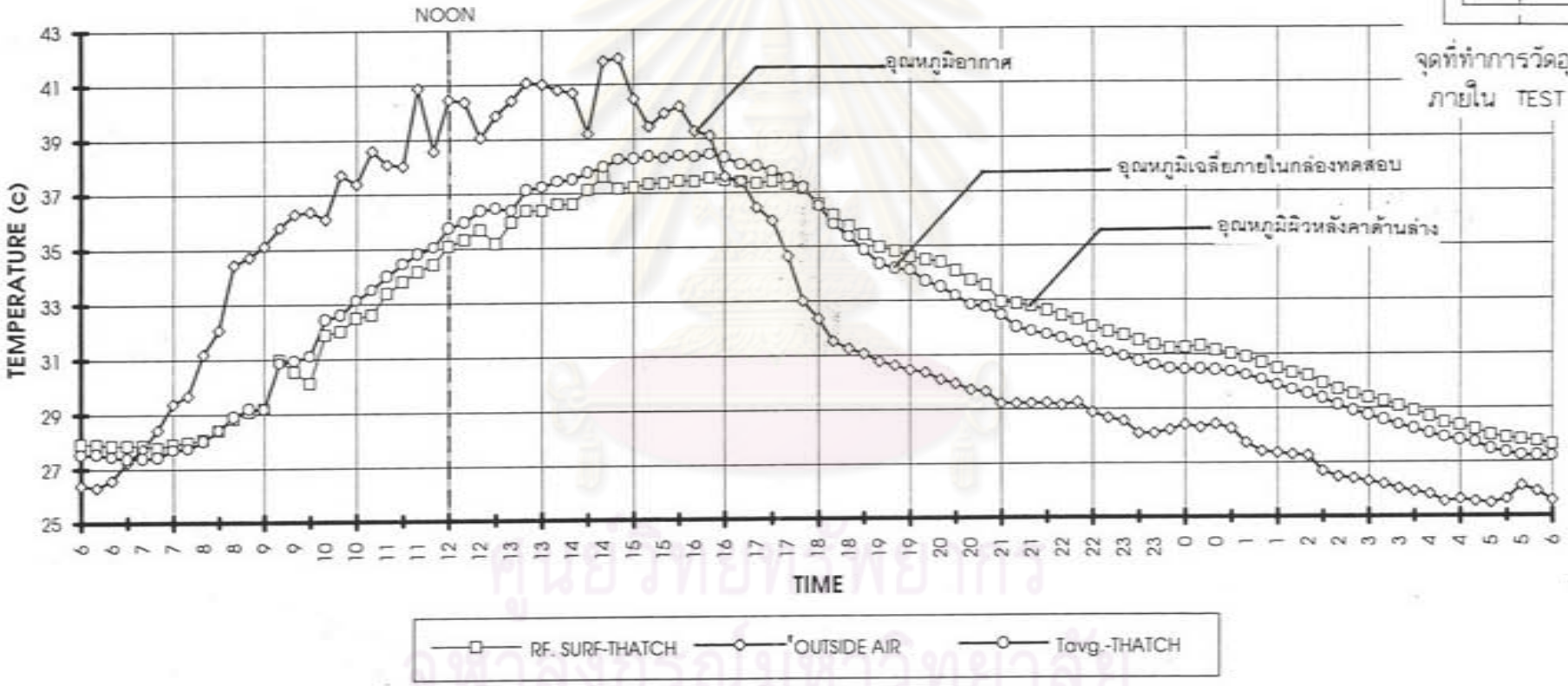



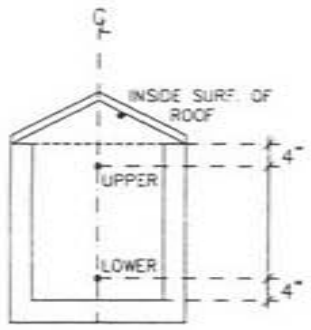

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

From 6:00am of Apr.6 to 6:00am of Apr. 7,1994.

ภาพที่ ๔.๓.๑๐ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ
ภายในกล่องทดสอบ "จาก"

The Comparison of Temperature of Various Points in The Test-Cell of "Thatch"



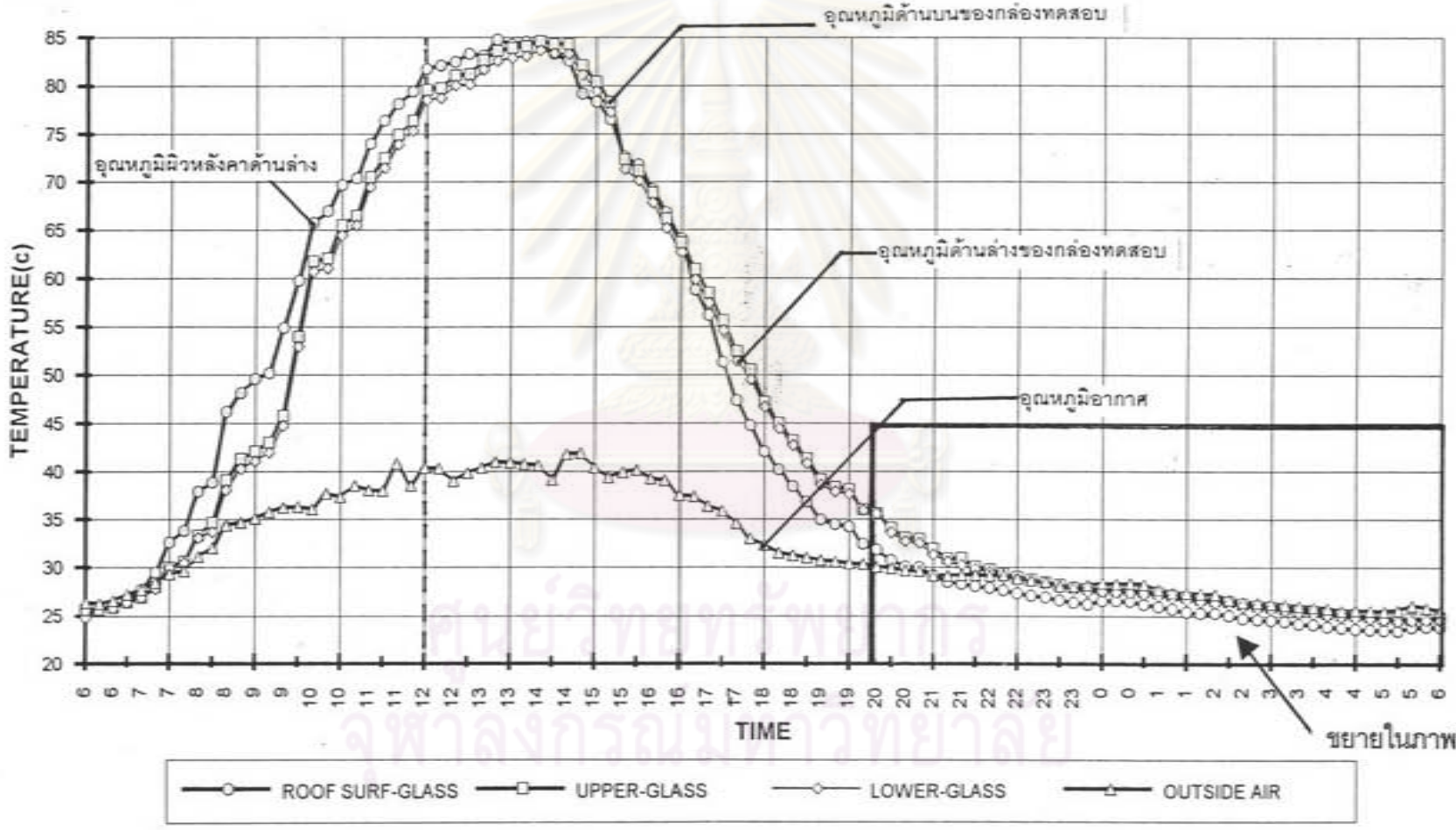




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL

From 6:00am of Apr.6 to 6:00am of Apr.7,1994.

**ภาพที่ ๔.๓.๑๑** : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ
ภายในกล่องทดสอบ "กระจกใส"

**The Comparison of Temperature of Various Points in "Glass" Test-Cell**




ขยายในภาพที่ ๔.๓.๑๒

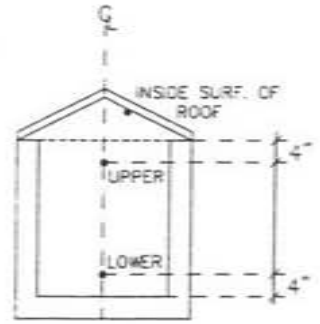
From 6:00am of Apr.6 to 6:00am of Apr.7,1994.

Chart1

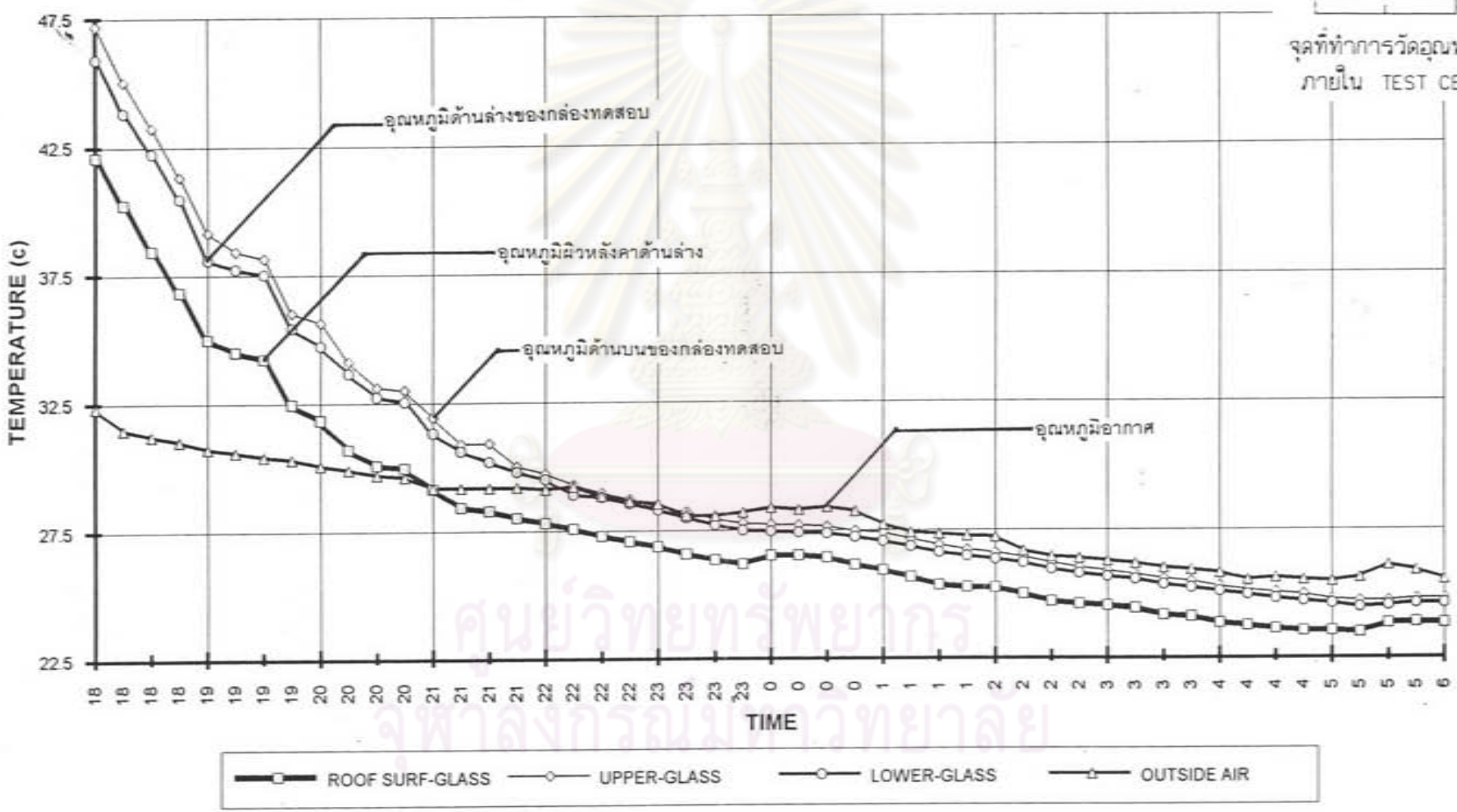
**ภาพที่ ๔.๓.๑๒** : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภายในกล่องทดสอบ "กระจกใส" ( ส่วนขยาย )

## The Comparison of Temperature of Various Points in "Glass" Test-Cell




จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิภายใน TEST CELL




From 18:00pm of Apr.6 to 6:00am of Apr.7,1994.

**การทดลองชุดที่ ๔ : Test of Composition**

จากการทดลองพบว่า ระบบหลังคาที่ได้ประยุกต์ขึ้นมาใหม่ ( Designed Composite ) ให้ค่าอุณหภูมิต่ำกว่าระบบที่ปัจจุบันนิยม ( Conventional Composite ) อย่างเห็นได้ชัด คือในเวลากลางวัน เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิสูงสุดของพื้นที่ใช้สอย ในแต่ละ Test - Cell แล้ว จะเห็นว่า Designed Composite ต่ำกว่า Conventional Composite ถึง ๕.๕°C

การที่ Designed Composite ให้ผลที่ดีกว่า เนื่องมาจาก ในการเลือกวัสดุ และระบบมาใช้ เลือกโดยพยายามแก้ปัญหาของแต่ละปัจจัย ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารทางหลังคา

๑. ในขั้นแรก เลือกผิววัสดุมุงให้**มีค่าการสะท้อนกลับสูง** คือเลือกวัสดุผิวมันเรียบ เมื่อ สะท้อนกลับสูงก็จะทำให้ปริมาณความร้อนที่ดูดซึมและส่งผ่านลดลง ( ดูรายละเอียดในบทที่ ๒ )

๒. สีของผิวหลังคาด้านนอกควรจะมีสีอ่อน เพื่อให้**มีค่าการดูดซึมความร้อนต่ำ** จึงเลือกหลังคาสีขาวมาใช้

๓. ให้มีระบบการระบายอากาศที่ดี เพื่อให้ลม**พาความร้อนออก**ไปจากห้องใต้หลังคา

๔. เลือกใช้วัสดุที่มีค่า Emmissivity ต่ำ ในช่องใต้หลังคา **เพื่อลดการแผ่รังสีความร้อน**

๕. เมื่อลดอุณหภูมิของห้องใต้หลังคาได้แล้ว ( ๑-๔ ) ต้องทำการกันความร้อนส่วนที่เหลือลงสู่พื้นที่ใช้สอย ( Heat Flow Down ) ด้วยการ**ใช้ฉนวนที่มีค่าความต้านทานสูง**วางกั้นระหว่างพื้นที่ห้องใต้หลังคา กับพื้นที่ใช้สอย ( ดูผลการทดลองที่ ๒ ประกอบ )

ในส่วนของระบบ Conventional นั้น ก็สามารถปรับปรุงให้มีคุณสมบัติ ในการกันความร้อนดีขึ้นได้ ด้วยการใช้หลักการเดียวกันนี้ ไม่ว่าจะเป็นการระบายอากาศ การใช้วัสดุ กันความร้อนเข้าช่วย หรือปัจจัยอื่นๆ แต่ที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ก็คือ หากวัสดุมุง Conventional มี Thermal Mass มาก จะทำให้สามารถเก็บสะสมความร้อนไว้ แล้วส่งต่อมาภายหลัง (Time Lag Effect ) จากการที่ได้ทำการศึกษาพบว่า ช่วงเวลาที่ความร้อนดังกล่าวจะส่งต่อมายังพื้นที่ใช้สอย จะเป็นเวลาช่วงเย็นถึงค่ำ ซึ่งผู้อยู่อาศัยกลับมาถึงบ้านและพักผ่อน

# A REDUCTION OF HEAT GAIN IN BUILDINGS THROUGH ROOFS

## TEST IV : TEST OF COMPOSITION

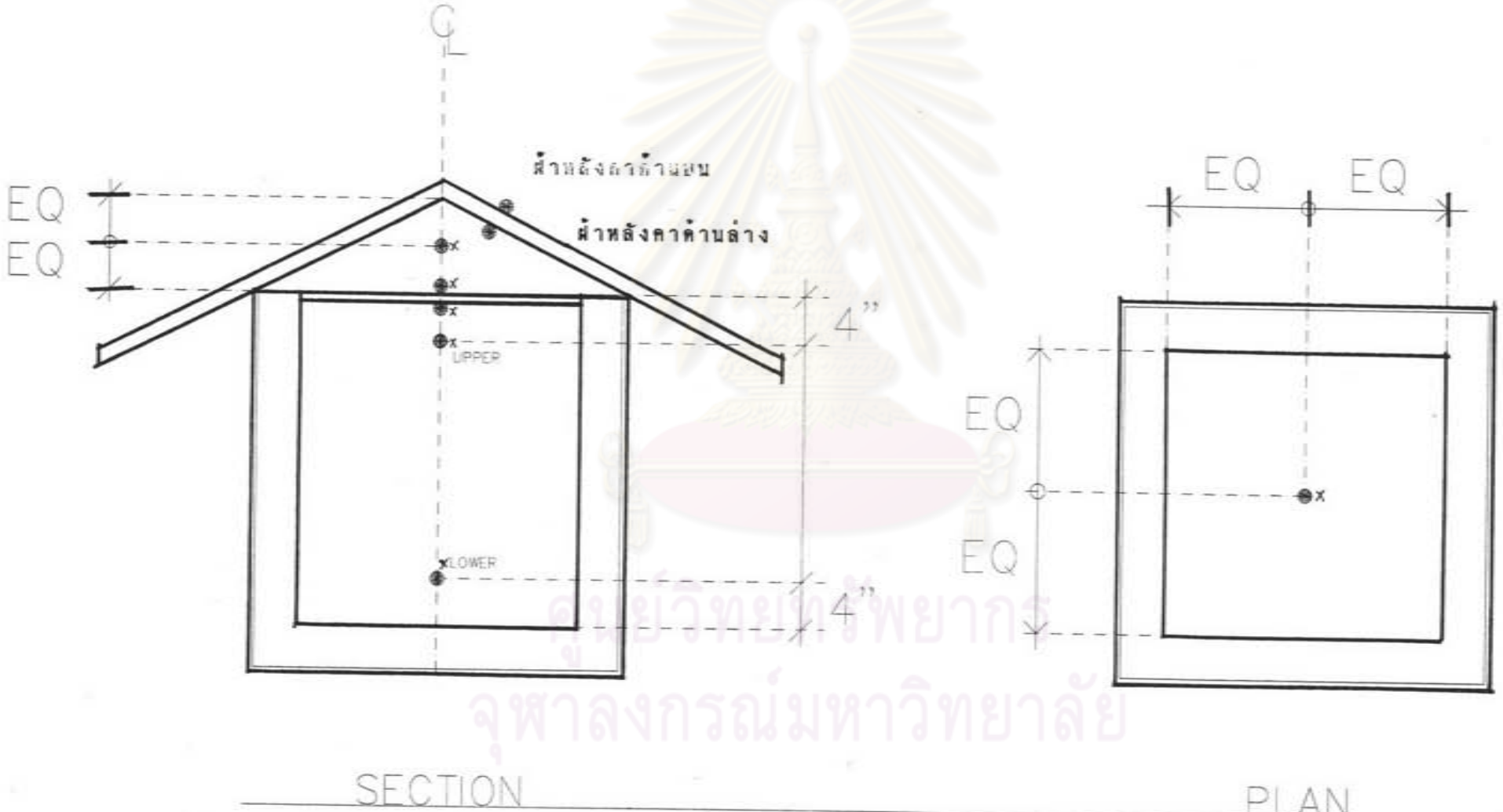
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DATA-COLLECTED PERIOD :**
APR.12 - 16 ,1994

ภาพที่ 4.4

TEST IV : TEST OF COMPOSITION

จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ
ภายใน TEST CELL



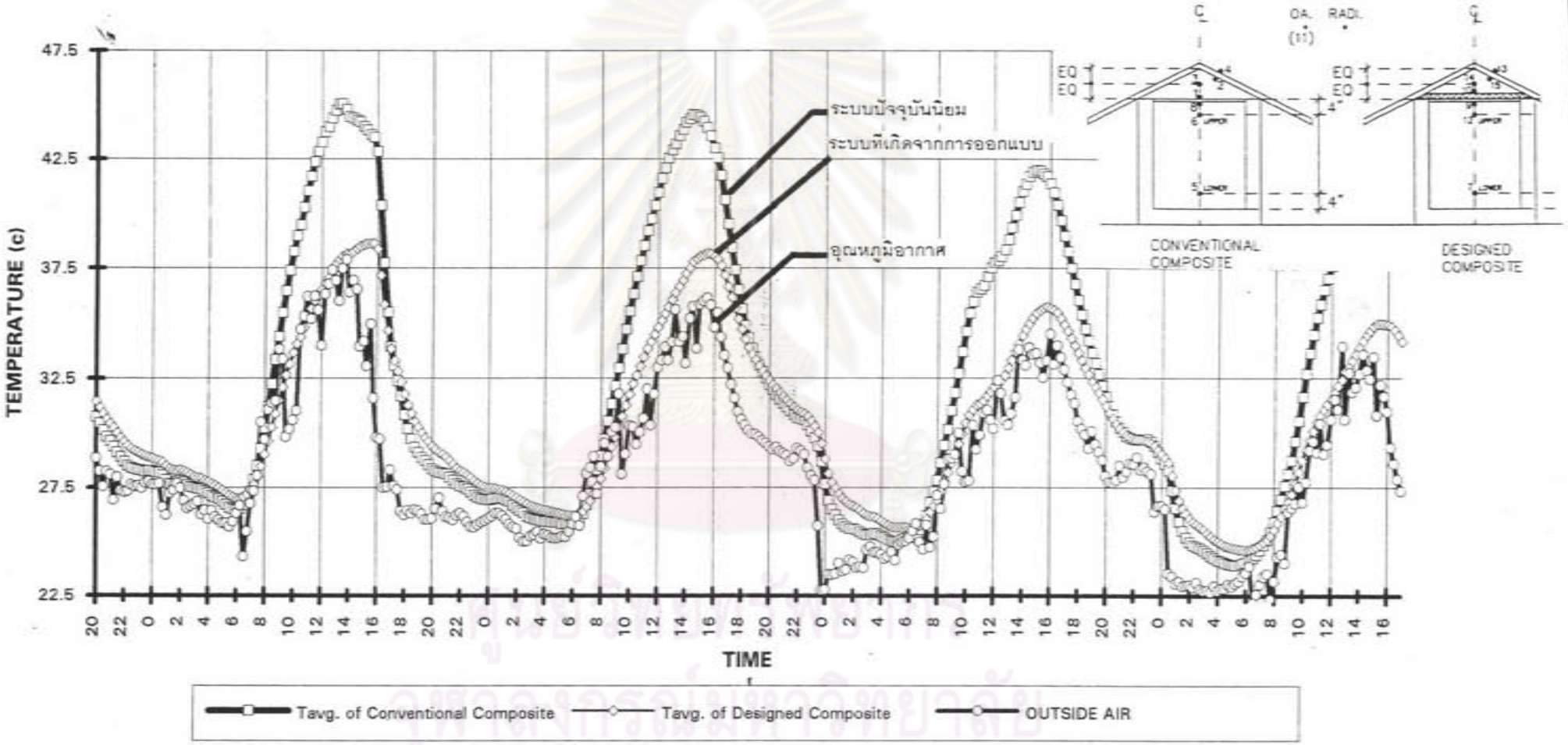

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chart2

ภาพที่ ๔.๔.๑ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ย

ภายในกล่องทดลอง ระหว่างระบบหลังคา ๒ แบบ

**The Comparison of Average Temperature of Upper and Lower Points Of Both Composites**



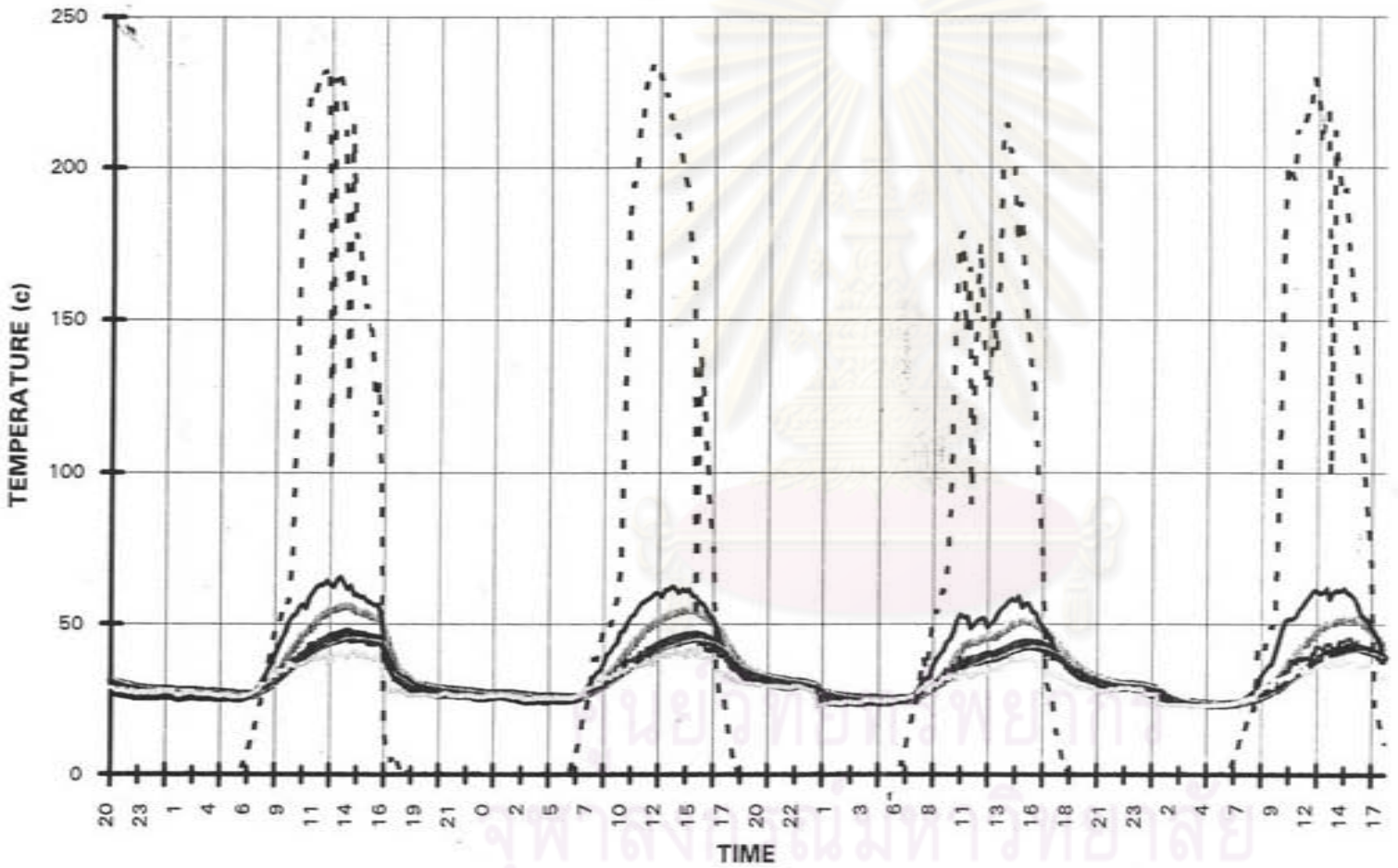

From 20:00pm of Apr.12 to 18:00pm of Apr.16,1994.

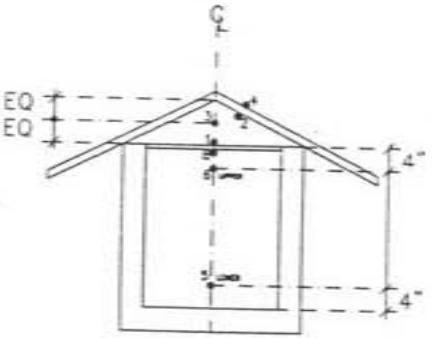
Chart1

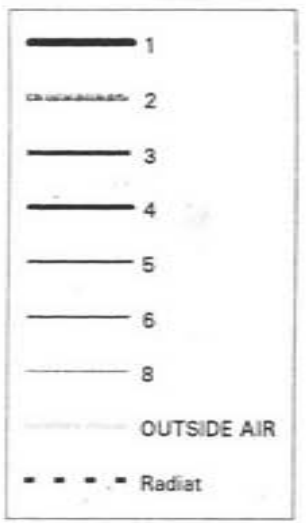
ภาพที่ ๔.๔.๒ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ

ภายในกล่องทดสอบ ของระบบหลังคาแบบปัจจุบันนิยม

**The Comparison of Temperature of Various Points in The 1st Box and Radition**



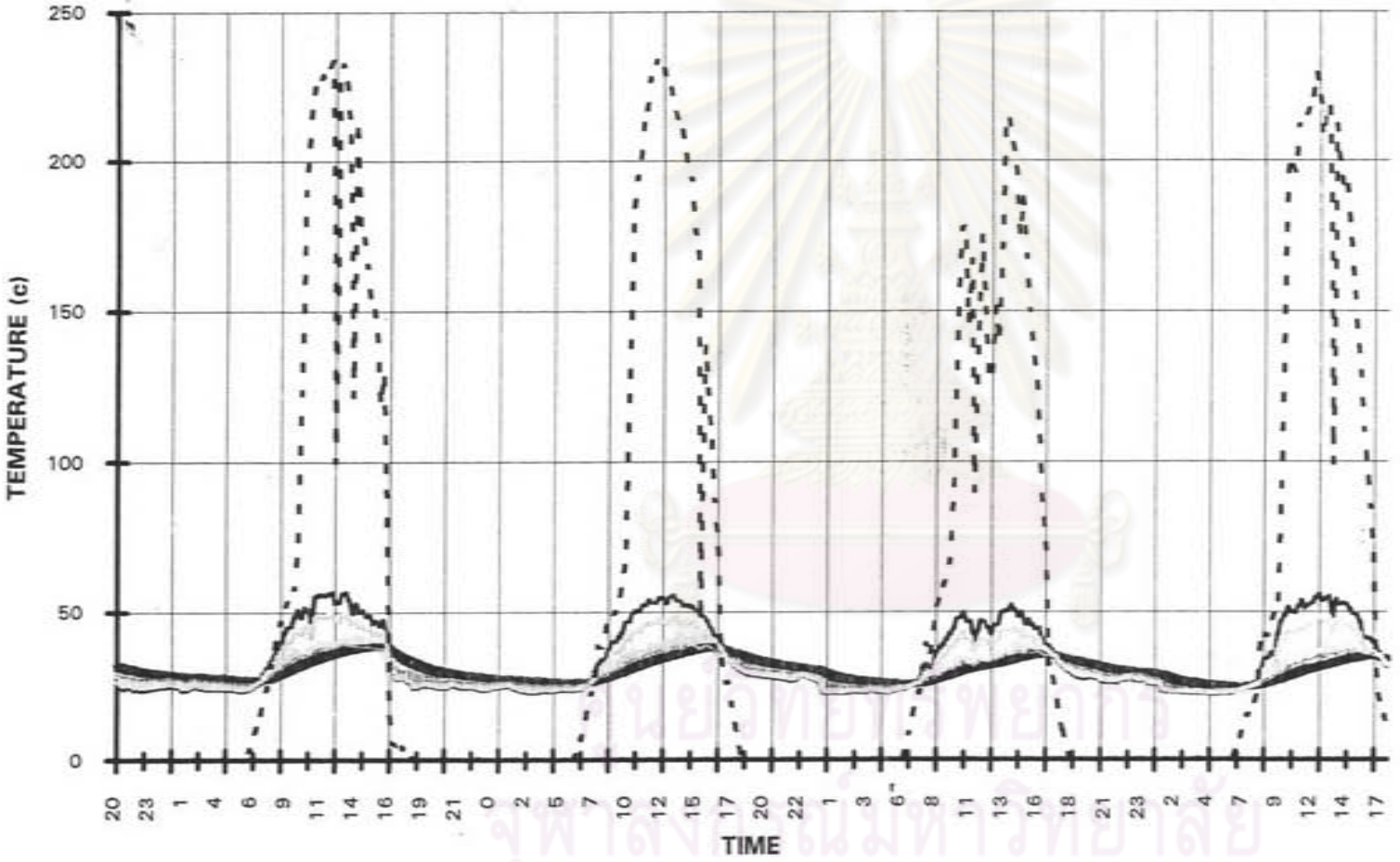



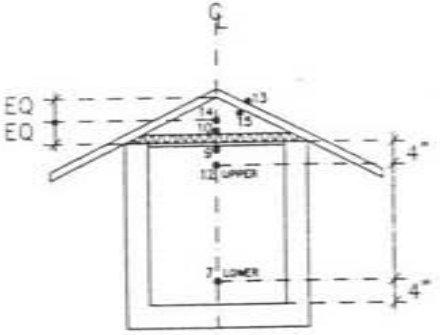



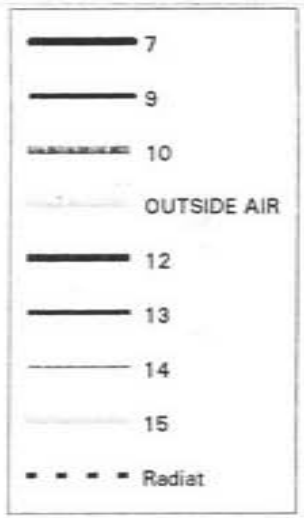

From 20:00pm of Apr.12 to 18:00pm of Apr.16,1994.

ภาพที่ ๔.๔.๓ : กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดต่างๆ
ภายในกล่องทดสอบ ของระบบหลังคาที่ได้ออกแบบขึ้นใหม่

**The Comparison of Temperature of Various Points in The 2nd Box and Radiation**




From 20:00pm of Apr.12 to 18:00pm of Apr.16,1994.