

ปัจจัยที่มีผลต่อการควมแน่นในโบราณสถาน
: กรณีศึกษา พระอุโบสถ วัดกำแพง

นาย สุริยน ศิริธรรมปิติ



สถาบันวิทย์บริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดมหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฉิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-802-6

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**FACTORS AFFECTING CONDENSATION IN BUDDHIST ORDINATION HALL
: CASE STUDY WAT KUMPANG**



Mister Suriyon Sirithummapiti

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Building Technology**

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic year 1999

ISBN-974-334-802-6

ศรียน สิริธรรมปิที : ปัจจัยที่มีผลต่อการควบแน่นในโบราณสถาน : กรณีศึกษา พระอุโบสถวัดกำแพง (FACTORS AFFECTING CONDENSATION IN BUDDHIST ORDINATION HALL: CASE STUDY WAT KUMPANG) อาจารย์ที่ปรึกษา: ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: ศ.ม.ร.ว. นางน้อย ศักดิ์ศรี, 196 หน้า, ISBN 974-334-802-6

โบสถ์และวิหารถือเป็นโบราณสถานและมรดกทางวัฒนธรรมประจำชาติที่ใช้ในการเผยแพร่ศาสนา ซึ่งปัจจุบันโบสถ์และวิหารมากมายมีสภาพชำรุดทรุดโทรม สาเหตุสำคัญประการหนึ่งมาจากความชื้นอันเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศ น้ำฝน น้ำใต้ดิน และการระเหยของน้ำจากอิทธิพลของแสงอาทิตย์ ความชื้นดังกล่าวนอกจากจะก่อความเสียหายแก่งานสถาปัตยกรรมแล้ว ยังก่อให้เกิดความเสียหายให้กับภาพจิตรกรรมฝาผนังอีกด้วย ในอดีตเข้าใจกันว่าความชื้นที่เกิดขึ้นจากดินและน้ำใต้ดินเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหาย แต่ในความเป็นจริงยังมีสาเหตุอื่น ๆ อีกหลายสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดความชื้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มุ่งแสวงหาสาเหตุของปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นใน โบราณสถาน โดยการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดความชื้นนั้น ๆ ขึ้นตอนการศึกษากระทำโดย การสำรวจสถานที่จริง การสังเกตสภาพของอาคาร การสอบถามผู้มีประสบการณ์ในการบูรณะโบราณสถาน และการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องมืออันได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิผิวกระเบื้องผนังหลังคาคานใน และปริมาณความชื้นที่สะสมในผนังอาคาร จากการศึกษาดังกล่าวจะนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดความชื้นในอาคารที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ภายในอาคารมีการสะสมความชื้นในปริมาณสูงอยู่ 2 แห่งที่ คือบริเวณผนังด้านล่างที่ใกล้กับพื้นดิน และบริเวณผนังส่วนบนใกล้กับหลังคา ความชื้นที่ส่วนบนดังกล่าวนี้เกิดจากการควบแน่นที่บริเวณผิวกระเบื้องผนังหลังคาคานในช่วงเวลาประมาณ 24.00 น. ถึง 7.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงที่อุณหภูมิผิวกระเบื้องผนังหลังคาคานในต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างในช่องหลังคา ส่วนความชื้นในผนังด้านล่างอาคารยังไม่พบสาเหตุหลักของการควบแน่น แต่เชื่อว่าความชื้นในส่วนนี้มาจากดินและน้ำฝน ในการเกิดการควบแน่นยังมีสาเหตุมาจากตัวแปรอีกหลายประการ เช่น จากผู้ใช้อาคารจำนวนมาก การรั่วไหลของอากาศภายนอกในช่วงเวลาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง หรือในช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อาคารที่ไม่มีฝ้าเพดานมีแนวโน้มที่จะเกิดการควบแน่นที่ผิวกระเบื้องผนังหลังคาคานในง่ายกว่าอาคารที่มีฝ้าเพดาน

ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่า ความชื้นที่เกิดขึ้นในอาคารนั้นไม่ได้มีเพียงแต่ความชื้นที่มาจากดินเป็นสาเหตุสำคัญเพียงอย่างเดียว แต่ยังพบว่ามีเกิดการควบแน่นที่ผิวกระเบื้องผนังหลังคาคานใน และมีโอกาสที่จะเกิดที่ผิวผนังภายในได้ด้วย ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและออกแบบในการบูรณะโบราณสถาน ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสในการสะสมความชื้นจากการควบแน่นสำหรับประเทศไทยต่อไป

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์.....
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร.....
ปีการศึกษา 2542.....

ลายมือชื่อนิสิตศรียน สิริธรรมปิที.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วมนางน้อย ศักดิ์ศรี.....

4174180725: MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEY WORD: CONDENSATION / ANCIENT REMAINS / MOISTURE

SURIYON SIRITHUMMAPITI: FACTORS AFFECTING CONDENSATION IN BUDDHIST ORDINATION HALL: CASE STUDY WAT KUMPANG. THESIS ADVISOR: PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: PROF. NANGNOI SAKSRI, M.R. 196 pp. ISBN 974-334-802-6

The Buddhist temple is considered as ancient remains and represents the nation heritage as well. Nowadays, a large number of them, seriously, turn into deteriorated situation. One of the significant reasons is the moisture, which does not only create problems to architecture, but also mural paintings. It is believed in the past that the moisture is the major cause of deterioration, which derived from soil and underground water. But actually, there are many factors more than that.

This study is brought up for the purpose of discovering where the moisture comes from and analyzing the effective factors on the amount of moisture built up in the buildings. The experiment proceeded by surveying, observation, interviewing, and collecting data on air temperature, relative humidity, inner wall surface temperature, inner roof tiles surface temperature, and accumulated moisture in the wall.

The results showed that there are two levels of moisture in the wall both in the upper part and lower part as well. The moisture accumulated on the upper part is caused by condensation of surface under the roof during the early morning from 24.00 p.m. to 7.00 a.m. This phenomenon occurred when the inner roof tiles surface temperature drop below the dew point of attic air temperature. The lower part is not caused by condensation but should be caused by the ground water and the rain penetration. Moreover, the condensation may result from many other factors such as high occupancy, the infiltration of the outside air temperature, the fluctuation of the outside air temperature. The ceiling tends to have more levels of condensation.

As a result, it can be concluded that moisture accumulated in Buddhist ordination hall did not only come from soil and underground water, but also condensation, which occurred on the surface of inner roof tiles and other factors as well. The outcome will be used as an information to renovate the ancient remains in Thailand.

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์.....
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร.....
ปีการศึกษา2542.....

ลายมือชื่อนิติศศ.สุรณศิริธรรม.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วมNiruel Khunwong.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จรุด่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และศาสตราจารย์ ม.ร.ว. แฉ่งน้อย ศักดิ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงในการตอบวิทยานิพนธ์จากรองศาสตราจารย์ เตอสม สถาปิตานนท์ ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. วรวัฒน์ บุราณกาญจน์ อาจารย์ ัญชัย หมายมั่น กรรมการ อาจารย์พรณชลัท สุริโยธิน และ อาจารย์พิรศ พัทธเสวต ที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอบคุณอาจารย์ จารุดา บุญสุวรรณ อาจารย์ประจำสถาบันภาษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อาจารย์ปรัชญา เจริญกิจชัยชนะ อาจารย์คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ ที่เอื้อเฟื้อเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการบันทึกข้อมูลในการวิจัยนี้ คุณวาทัญญู นิสิตปริญญาโทคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลเรื่องการศึกษารูปแบบศิลปสถาปัตยกรรมและสภาพปัญหาของวัดกำแพง รวมไปถึงเครื่องมือและอุปกรณ์บางส่วนที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คุณจิโรจน์ คุณพลวิทย์ คุณจรรยาพันธ์ คุณนที และ เพื่อน ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอไคร่กราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้โอกาสและการสนับสนุนแก่ผู้วิจัยมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญภาพ..... | ฉ |
| สารบัญแผนภูมิ..... | ค |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 3 |
| 1.3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 4 |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... | 5 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 6 |
| 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย..... | 7 |
| 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความร้อนและการถ่ายเทความร้อน..... | 7 |
| 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความชื้น..... | 16 |
| 2.3 ปัญหาจากความชื้นที่มีผลกระทบต่ออาคาร..... | 27 |
| 2.4 การเกิดความชื้นภายในอาคาร..... | 28 |
| 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 38 |
| 3.1 การเตรียมการเก็บและบันทึกข้อมูล..... | 38 |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... | 39 |
| 3.3 การกำหนดแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล..... | 47 |
| 4 อาคารที่ทำการศึกษา..... | 49 |
| 4.1 ที่ตั้งและประวัติความเป็นมา..... | 49 |
| 4.2 ผังบริเวณ..... | 50 |
| 4.3 ผังบริเวณภายในเขตพุทธาวาส..... | 51 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 4.4 รูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคารที่ทำการศึกษา..... | 53 |
| 4.5 การติดตั้งเครื่องมือ..... | 60 |
| 5 วิเคราะห์ข้อมูล..... | 65 |
| 5.1 การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิวผนังภายใน..... | 67 |
| 5.1.1 การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือนธันวาคม.. | 67 |
| 5.1.2 การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือนมกราคม.. | 81 |
| 5.1.3 การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือน กุมภาพันธ์..... | 94 |
| 5.1.4 การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือนมีนาคม... | 99 |
| 5.2 การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาด้านใน..... | 100 |
| 5.2.1 การวิเคราะห์อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาด้านใน เดือนมีนาคม..... | 100 |
| 5.3 การวิเคราะห์อุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายใน..... | 105 |
| 5.3.1 การวิเคราะห์อุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือน ธันวาคม..... | 105 |
| 5.3.2 การวิเคราะห์อุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือน มกราคม..... | 110 |
| 5.3.3 การวิเคราะห์อุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือน กุมภาพันธ์..... | 118 |
| 5.3.4 การวิเคราะห์อุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือน มีนาคม..... | 122 |
| 5.4 การวิเคราะห์อุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศและอุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาด้านใน | 135 |
| 5.4.1 การวิเคราะห์อุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศและอุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลัง คาด้านในเดือนมีนาคม..... | 126 |
| 5.4 การวิเคราะห์ความชื้นในผนังพระอุโบสถ..... | 129 |
| 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... | 134 |

| | |
|--|-----|
| รายการอ้างอิง..... | 156 |
| ภาคผนวก ก. ข้อมูลอุทกภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ อุทกภูมิจุดน้ำค้างอากาศ และ อุทกภูมิผิวผนังภายในและหลังคาภายใน..... | 158 |
| ประวัติผู้วิจัย..... | 196 |



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 2.1 | แสดงความชื้นสัมบูรณ์เมื่ออากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิ 5-22 องศาเซลเซียส..... | 32 |
| 5.1 | แสดงข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด วันที่ทำการบันทึกในเดือนธันวาคม 2542..... | 81 |
| 5.2 | แสดงข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด วันที่ทำการบันทึกในเดือนมกราคม 2543..... | 82 |
| 5.3 | แสดงข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด วันที่ทำการบันทึกในเดือนกุมภาพันธ์ 2543..... | 97 |
| 5.4 | แสดงข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด วันที่ทำการบันทึกในเดือนมีนาคม 2543..... | 99 |



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 2.1 | แสดงรังสีความร้อนตกกระทบ ถูกดูดกลืน และทะลุผ่าน..... | 10 |
| 2.2 | แสดงผลกระทบของปริมาณความชื้นในอากาศต่อขวด A..... | 20 |
| 2.3 | แสดงผลกระทบของปริมาณความชื้นในอากาศต่อขวด B..... | 20 |
| 2.4 | แสดงผลกระทบของปริมาณความชื้นในอากาศต่อขวด C..... | 21 |
| 2.5 | แสดงผลกระทบของปริมาณความชื้นในอากาศต่อขวด D..... | 22 |
| 2.6 | แสดงผลกระทบของปริมาณความชื้นในอากาศต่อขวด E..... | 22 |
| 2.7 | แสดงผลกระทบของปริมาณความชื้นในอากาศต่อขวด F..... | 23 |
| 2.8 | แสดงวิธีการไหลของน้ำฝนผ่านกรอบอาคาร โดยแรงอัดอากาศ..... | 30 |
| 2.9 | แสดงวิธีการไหลของน้ำฝนผ่านกรอบอาคาร โดยแรงดึงดูดของโลก..... | 30 |
| 2.10 | แสดงวิธีการไหลของน้ำฝนผ่านกรอบอาคาร โดยแรงการดูดผ่านช่องเล็ก ๆ | 31 |
| 2.11 | แสดงวิธีการไหลของน้ำฝนผ่านกรอบอาคาร โดยแรงตึงผิว..... | 31 |
| 2.12 | แสดงการควบแน่นเป็นหยดน้ำในผนังที่มีช่องว่างของอากาศ..... | 34 |
| 2.13 | แสดงความชื้นผ่านเข้าสู่อาคารทางฐานราก..... | 35 |
| 3.1 | แสดงเครื่องมือ Scienmetric Data LoggerSystem 200..... | 39 |
| 3.2 | แสดงลักษณะของ Sensor (Thermistor) และการต่อเข้ากับสายสัญญาณ..... | 40 |
| 3.3 | แสดงการติดตั้งสายสัญญาณในตำแหน่งที่ทำการเก็บและบันทึกข้อมูล..... | 41 |
| 3.4 | แสดงตำแหน่งของผนังอาคารที่ทำการติดตั้ง Sensor..... | 42 |
| 3.5 | แสดงเครื่องมือ Stowaway Humidity Logger..... | 44 |
| 3.6 | แสดงเครื่องมือ Stowaway Temperature Logger..... | 45 |
| 3.7 | แสดงเครื่องมือ Humitest Moisture Metre รุ่น MC 100 S..... | 46 |
| 4.1 | แสดงแผนที่โดยสังเขปบริเวณวัดกำแพง..... | 49 |
| 4.2 | แสดงอาณาเขตวัดกำแพง..... | 50 |
| 4.3 | แสดงผังบริเวณเขตพุทธาวาสวัดกำแพง..... | 52 |
| 4.4 | แสดงผังพื้นที่พระอุโบสถวัดกำแพง..... | 54 |
| 4.5 | แสดงรูปตัดตามแนวขวางวัดกำแพง..... | 55 |
| 4.6 | แสดงรูปแบบภายนอกวัดกำแพง..... | 56 |
| 4.7 | แสดงรูปแบบปูนปั้นซุ้มประตู หน้าต่างวัดกำแพง..... | 56 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 4.8 | แสดงรูปแบบการตกแต่งฝ้าหุ้มกตองบริเวณเฉลี่ยงหน้าอุโบสถ..... | 57 |
| 4.9 | แสดงรูปแบบภายในอุโบสถ..... | 59 |
| 4.10 | แสดงรูปแบบการตกแต่งฝ้าหุ้มกตองและบานประตู ด้านทิศเหนือ..... | 59 |
| 4.11 | แสดงรูปแบบการตกแต่งซุ้มประตูภายใน..... | 60 |
| 4.12 | แสดงการติดตั้ง Sensor ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ..... | 61 |
| 4.13 | แสดงการติดตั้งเครื่อง Stowaway Temperature Logger..... | 62 |
| 4.14 | แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือที่ทำการวัดอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศ..... | 63 |
| 4.15 | แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องมือที่ทำการวัดอุณหภูมิผิวที่ระดับความสูงต่าง ๆ..... | 64 |
| 5.1 | แสดงอุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิอากาศในเดือนธันวาคมในช่วงเช้า..... | 68 |
| 5.2 | แสดงอุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิอากาศในเดือนธันวาคมในช่วงบ่าย..... | 68 |
| 5.3 | แสดงอุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิอากาศในเดือนมกราคมในช่วงเช้า..... | 82 |
| 5.4 | แสดงอุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิอากาศในเดือนมกราคมในช่วงบ่าย..... | 82 |
| 5.5 | แสดงอุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิอากาศในเดือนกุมภาพันธ์ในช่วงเช้า..... | 95 |
| 5.6 | แสดงอุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิอากาศในเดือนกุมภาพันธ์ในช่วงบ่าย..... | 95 |
| 5.7 | แสดงอุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิอากาศในเดือนมีนาคมในช่วงเช้า..... | 101 |
| 5.8 | แสดงอุณหภูมิผิวผนังภายใน อุณหภูมิอากาศในเดือนมีนาคมในช่วงบ่าย..... | 101 |
| 5.9 | แสดงการเปรียบเทียบสภาพอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือนธันวาคม..... | 105 |
| 5.10 | แสดงการเปรียบเทียบสภาพอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือนมกราคม..... | 110 |
| 5.11 | แสดงการเปรียบเทียบสภาพอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือนกุมภาพันธ์..... | 118 |
| 5.12 | แสดงการเปรียบเทียบสภาพอากาศและอุณหภูมิผิวผนังภายในเดือนมีนาคม..... | 122 |
| 5.13 | แสดงความเสียหายของผนังอาคาร..... | 129 |
| 5.14 | แสดงความเสียหายของผนังอาคาร..... | 129 |
| 5.15 | แสดงปริมาณความชื้นในผนังอาคารด้านทิศเหนือ..... | 130 |
| 5.16 | แสดงปริมาณความชื้นในผนังอาคารด้านทิศตะวันตก..... | 131 |
| 5.17 | แสดง Contour ของความชื้นในผนังอาคารด้านทิศเหนือ..... | 132 |
| 5.18 | แสดง Contour ของความชื้นในผนังอาคารด้านทิศตะวันตก..... | 133 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--------|------|
| 6.1 | 136 |
| 6.2 | 138 |
| 6.3 | 141 |
| 6.4 | 142 |
| 6.5 | 145 |
| 6.6 | 147 |
| 6.7 | 151 |
| 6.8 | 151 |

สารบัญแผนภูมิ

| แผนภูมิที่ | หน้า |
|--|------|
| 21.1 แสดงความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุและความหนาแน่นของวัสดุ..... | 12 |
| 2.2 Psychrometric chart, SI units..... | 25 |
| 2.3 Psychrometric chart, Conventional units..... | 26 |
| 2.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ของจำนวนชั่วโมงที่เกิดจุดน้ำค้าง ณ อุณหภูมิต่าง ๆ..... | 33 |
| 3.1 แสดงการเปรียบเทียบการอ่านอุณหภูมิของ Thermister ทุกตัว..... | 43 |
| 3.2 แสดงการเปรียบเทียบการอ่านค่า Standard Diviation ของ Thermister ทุกตัว..... | 43 |
| 5.1 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 13-15 ธันวาคม 2542..... | 69 |
| 5.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออกที่ระดับความสูง 3 เมตร ณ วันที่ 13-15 ธันวาคม 2542..... | 70 |
| 5.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือ ที่ระดับความสูง 1 3 และ 5 เมตร ณ วันที่ 13 -15 ธันวาคม 2542..... | 71 |
| 5.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 17-19 ธันวาคม 2542..... | 72 |
| 5.5 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออกที่ระดับความสูง 3 เมตร ณ วันที่ 17-19 ธันวาคม 2542..... | 73 |
| 5.6 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือ ที่ระดับความสูง 1 3 และ 5 เมตร ณ วันที่ 17 -19 ธันวาคม 2542..... | 74 |
| 5.7 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 19-22 ธันวาคม 2542..... | 75 |
| 5.8 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกที่ระดับความสูง 3 เมตร ณ วันที่ 19-22 ธันวาคม 2542..... | 76 |
| 5.9 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือ ที่ระดับความสูง 1 3 และ 5 เมตร ณ วันที่ 19-22 ธันวาคม 2542..... | 77 |
| 5.10 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 22-24 ธันวาคม 2542..... | 78 |

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

| แผนภูมิที่ | หน้า | |
|------------|---|----|
| 5.11 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตกที่ระดับความสูง 3 เมตร ณ วันที่ 22-24 ธันวาคม 2542..... | 79 |
| 5.12 | เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือ ที่ระดับความสูง 1 3 และ 5 เมตร ณ วันที่ 22-24 ธันวาคม 2542..... | 80 |
| 5.13 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 8-10 มกราคม 2543..... | 83 |
| 5.14 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตกที่ระดับความสูง 3 เมตร ณ วันที่ 8-10 มกราคม 2543..... | 84 |
| 5.15 | เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือ ที่ระดับความสูง 1 3 และ 5 เมตร ณ วันที่ 8-10 มกราคม 2543..... | 85 |
| 5.16 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 10-12 มกราคม 2543..... | 86 |
| 5.17 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตกที่ระดับความสูง 3 เมตร ณ วันที่ 10-12 มกราคม 2543..... | 87 |
| 5.18 | เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือ ที่ระดับความสูง 1 3 และ 5 เมตร ณ วันที่ 10-12 มกราคม 2543..... | 88 |
| 5.19 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 18-20 มกราคม 2543..... | 89 |
| 5.20 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 20-22 มกราคม 2543..... | 90 |
| 5.21 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 22-23 มกราคม 2543..... | 91 |
| 5.22 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 25-27 มกราคม 2543..... | 92 |
| 5.23 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 27-29 มกราคม 2543..... | 93 |
| 5.24 | เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิผิวผิวนั่งภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 31มกราคม-2กุมภาพันธ์ 2543..... | 96 |

ตารางบัญชีแผนภูมิ (ต่อ)

| แผนภูมิที่ | หน้า | |
|------------|---|-----|
| 5.39 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 25-27 มกราคม 2543..... | 116 |
| 5.40 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 27-29 มกราคม 2543..... | 117 |
| 5.41 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 31 มกราคม – 2 กุมภาพันธ์ 2543..... | 119 |
| 5.42 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 2-4 กุมภาพันธ์ 2543..... | 120 |
| 5.43 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 26-29 กุมภาพันธ์ 2543..... | 121 |
| 5.44 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 29 กุมภาพันธ์ – 2 มีนาคม 2543..... | 123 |
| 5.45 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 4-7 มีนาคม 2543..... | 124 |
| 5.46 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวผนังภายในด้านทิศเหนือที่ระดับความสูง 1 เมตร ณ วันที่ 7-9 มีนาคม 2543..... | 125 |
| 5.47 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาหลังคาด้านใน ณ วันที่ 4-7 มีนาคม 2543..... | 127 |
| 5.48 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้าง อุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาหลังคาด้านใน ณ วันที่ 7-9 มีนาคม 2543..... | 128 |
| 6.1 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศภายในช่องหลังคา อุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาหลังคาด้านใน วันที่เกิดการควบแน่น 4-7 มีนาคม 2543..... | 139 |
| 6.2 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศภายในช่องหลังคา อุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาหลังคาด้านใน วันที่ 7-9 มีนาคม 2543..... | 140 |
| 6.3 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศภายในอุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาหลังคา ด้านใน วันที่ 4.7 มีนาคม 2543..... | 143 |
| 6.4 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศภายในอุณหภูมิผิวกระเบื้องมุงหลังคาหลังคา ด้านใน วันที่ 7-9 มีนาคม 2543..... | 144 |

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

| แผนภูมิที่ | | หน้า |
|------------|--|------|
| 6.5 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศภายในช่องหลังคา อุณหภูมิผิวผนังภายใน วันที่ 1-4 มีนาคม 2543..... | 148 |
| 6.6 | เปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้างอากาศภายในช่องหลังคา อุณหภูมิผิวผนังภายใน วันที่ 10-12 มกราคม 2543..... | 149 |



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย