

การทำความเข้าใจอาคารโดยการใช้วิธีสัมผัสพื้นดิน

นายเอนก ชีระวิวัฒน์ชัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ 2539

ISBN 974-634-409-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 1739126X

Passive Cooling From Earth Contact Surface



MR. Anake Teeraviwatch

**สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Master of Education**

Department of Architecture

Graduate School Chulalongkorn University

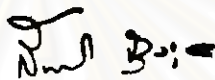
1996

ISBN 974-634-409-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

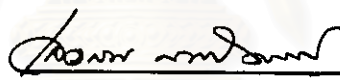
การทำความเข้าใจอาคารโดยการใช้ผิวสัมผัสพื้นดิน
นาย เอนก ชีระวิวัฒน์ชัย
สถาปัตยกรรมศาสตร์
รศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต




คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ กงสุวรรณ)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)



อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)



กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เดชา บุญค้ำ)



กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงศ์)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

เอนก ชีระวิวัฒน์ชัย : การทำความเย็นอาคารโดยการใช้ผิวสัมผัสพื้นดิน (PASSIVE COOLING FROM EARTH CONTACT SURFACE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 173 หน้า. ISBN 974-634-409-9

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาการทำความเย็นจากผิวสัมผัสพื้นดิน โดยดินที่มีความชื้นจะมีอุณหภูมิของดินใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียก จะมีผลทำให้ผิวของอาคารที่สัมผัสเย็นลง อิทธิพลของความชื้นที่ผิวสัมผัสดินที่เย็นกว่าปกติเป็นการลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในของอาคาร(MRT) ทำให้ผู้ใช้อาคารสามารถปรับอุณหภูมิห้องให้สูงกว่าปกติได้ เป็นการขยายช่วงของอุณหภูมิที่น่าสบายให้กว้างขึ้น

ในช่วงต้นของการวิจัย เน้นไปที่การศึกษาวิจัยในลักษณะการทดลอง(Experiment Research) โดยทำการศึกษเกี่ยวกับอิทธิพลของดินที่มีผลทำให้ผิวสัมผัสดินมีอุณหภูมิลดลง โดยทำการศึกษาดัวแปรที่มีผลต่ออุณหภูมิดิน ที่สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป รวมไปถึง การศึกษาในเรื่องอิทธิพลของ ความลึกของดิน, ลักษณะดิน, สภาพผิวดินที่ปกคลุมด้วยพืช และอิทธิพลของทิศทางแตกต่างกันของอาคาร ในการวิจัยทำการศึกษาและทดลองดัวแปรดังกล่าวรอบๆอาคารที่ได้สร้างขึ้น มีขนาด 8 x 8 เมตร อาคารมีฉนวนกันความร้อนที่ผนัง, หลังคา และฝ้าเพดาน เพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคา ทำการบันทึกผล 1 ชั่วโมง โดยการทดลองได้เลือกวันเก็บข้อมูล 2-3 วัน ติดต่อกัน ในช่วงตั้งแต่ มกราคม 2539 - มีนาคม 2539

ผลจากการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 1.00 เมตร จากผิวดิน มีความอุณหภูมิค่อนข้างจะคงที่ จะมีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสูงสุดและค่าอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 2°C ถึง 3°C พบว่าทิศใต้จะเป็นทิศที่มีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสูงสุดและค่าอุณหภูมิต่ำสุด มากกว่าทิศอื่น และมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของดินสูงกว่าทิศอื่น ในขณะที่ทิศเหนือเป็นทิศที่มีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิสูงสุดและค่าอุณหภูมิต่ำสุด น้อยกว่าทิศอื่น และมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของดินต่ำกว่าทิศอื่น ในการเปรียบเทียบขนาดของดิน ระหว่างดินและทรายพบว่า ดินมี Time Lag 10 - 12 ชั่วโมง และทรายมี Time Lag 6 ชั่วโมง จากการวิจัยพบว่าอิทธิพลของอุณหภูมิของดินทำให้อุณหภูมิที่ผิวสัมผัสพื้นดินภายในอาคาร(MRT)จะมีอุณหภูมิลดลง สภาพของผิวดินที่ถูกปกคลุมด้วยพืชจะมีความอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพผิวดินที่ปราศจากสิ่งปกคลุม โดยเฉพาะดินที่ปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน จะมีอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสดินลดลงต่ำกว่าดินที่ปราศจากสิ่งปกคลุมถึง 2°C อุณหภูมิภายในอาคารที่ 1.5 เมตร จะมีอุณหภูมิค่อนข้างจะคงที่และมีทิศทางเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในทิศทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิอากาศ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศสูงขึ้น อุณหภูมิภายในอาคารลดลง และในขณะที่อุณหภูมิอากาศขึ้นลงอุณหภูมิภายในอาคารจะอบอุ่นขึ้น โดยอุณหภูมิภายในอาคารจะอยู่ที่ 24 - 26.5 °C ซึ่งอยู่ในช่วงของสภาวะน่าสบาย(COMFORT ZONE) เกิดจากอิทธิพลของ Time Lag ของดิน

จากการวิจัยพบว่าสามารถลดอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร(MRT)ได้ถึง 1.5-2.0°C และอุณหภูมิภายในอาคารมีอุณหภูมิค่อนข้างที่คงที่ อุณหภูมิภายในอาคารอยู่อุณหภูมิสภาวะน่าสบาย(COMFORT TEMPERATURE) ในกรณีอาคารที่ไม่ปรับอากาศอิทธิพลของความชื้นที่ผิวสัมผัสพื้นดินสามารถลดMRTของอาคาร ทำให้ผู้ที่อยู่ในอาคารรู้สึกเย็นกว่าปกติ ในกรณีของอาคารที่ปรับอากาศอิทธิพลของความชื้นที่ผิวสัมผัสพื้นดินสามารถลดภาระการทำความเย็นและระยะเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศ ผลที่ได้จากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคาร และภูมิสถาปัตยกรรม เพื่อการประหยัดพลังงาน ในภูมิภาคนี้ได้ต่อไป

ภาควิชา รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ
สาขาวิชา ภาควิชาสถาปัตย์
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อผู้จัดทำ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

** C735011 MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEY WORD: PASSIVE COOLING

ANAKE TEERAVIWATCHAI : PASSIVE COOLING FORM EARTH CONTACT SURFACE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.

SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. 173 pp. ISBN 974-634-409-9

The aim of this research is to study passive cooling from earth contact surface. The temperature of humid soil will nearly to the temperature of wet bulb which made the envelope of building contact surface cool. This method will save energy. Building user can set room temperature higher for expanding thermal comfort range wider.

To passively cool the building from earth contact surface, the ground condition has to be studied first which difference of selected ground is ordinary ground that can be seen anywhere. An 8 x 8 m. building is constructed to have insulated walls, ceiling and roof to provide extra protection against the heat from the roof. Then, the variables affecting ground temperature are studied. These are ground depth, ground condition, soil which covered by small plants and influence to building's aspects. Temperature is taken every hour. Data are collected for 2-3 consecutive days from December 1995 to February 1996.

The data are finally analyzed. Findings : The ground temperature is rather stable, range of temperature is 2-3°C. The highest range of temperature in 24 hours is on the south. The lowest range of temperature in 24 hours is on the north. Ground condition covered by small plants will cooler than naked ground 2°C. The temperature inside building at level 1.5 meter from floor will decrease and change against air temperature which is anytime air temperature high temperature inside will low and if air temperature cool, temperature inside will warm (24-26.5°C) caused by influence of ground time lag. After this research finds time lag is 10-12 hours.

This research finds reduced temperature 1.5-2°C, inside temperature rather stable and building temperature is a comfort temperature. If the building has not air-condition, the result of passive cooling will decrease MRT in the building. That made user feel cool. If the building has air-condition, the result of passive cooling will decrease energy load. The findings can be applied to future design and land scape architecture.

ภาควิชา..... วิศวกรรมอาคาร

สาขาวิชา..... เทคโนโลยีอาคาร

ปีการศึกษา..... 2538

ลายมือชื่อนิติกร.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของรองศาสตราจารย์ ดร. ตุนทร บุญญธิดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่องานวิจัยมาโดยตลอด ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วีระ ตั้งกุล อาจารย์หัวหน้าภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำการวิจัย ขอขอบคุณผู้ให้ความร่วมมือในการวิจัย คุณอาทร กาญจนสมบูรณ์ คุณอรุณ ชีระวิวัฒน์ชัย ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลวิจัย คุณศิริผล ไพบูลย์ และคุณสุรลักษ์ คีรรอบ ที่ช่วยพิมพ์งาน ตลอดจนนิสิตวิศวกรรม รังสิต ที่ช่วยเป็นกลุ่มตัวอย่างในแบบสอบถามมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกๆท่านที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ผู้วิจัยมาจนกระทั่งสามารถศึกษาในระดับปริญญาโท กณาจารย์ทุกท่านในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้มาศึกษาในสถาบันนี้ บิดา-มารดา ที่อบรมเลี้ยงดูมาด้วยความรักและห่วงใย และสุดท้ายคุณวราภรณ์ ฉัตรพัฒน์ศิริ ภรรยาผู้ให้กำลังใจและให้คำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยทั้งชีวิตการศึกษา และชีวิตการทำงานด้วยดีตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

นาย เอนก ชีระวิวัฒน์ชัย



สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญแผนภาพ	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำความเย็นให้อาคารจากผิวสัมผัสดิน	6
3. สมมุติฐานงานวิจัย และการดำเนินการวิจัย	14
4. การวิเคราะห์ผลการวิจัย และรายงานผล	31
5. สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ	152
รายการอ้างอิง.....	166
ภาคผนวก.....	167
ประวัติผู้เขียน.....	173

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1.1	ตารางแสดงค่าสูงสุด และต่ำสุดของอุณหภูมิอากาศ	54
ตารางที่ 4.2.1	ตารางแสดงค่าสูงสุด และต่ำสุดของอุณหภูมิอากาศ	54
ตารางที่ 4.2.2	ตารางแสดงค่าสูงสุด และต่ำสุดของอุณหภูมิผนังภายในอาคารที่มี ด้านนอกสัมผัสดินที่ผิวดินเป็นหญ้าแห้ง.....	64
ตารางที่ 4.3.1	ตารางแสดงค่าสูงสุด และต่ำสุดของอุณหภูมิอากาศ	88
ตารางที่ 4.3.2	ตารางแสดงค่าสูงสุด และต่ำสุดของอุณหภูมิผนังภายในอาคารที่มี ด้านนอกสัมผัสดินที่ผิวดินเป็นดินแห้ง	74
ตารางที่ 4.4.1	ตารางแสดงค่าสูงสุด และต่ำสุดของอุณหภูมิอากาศ	95
ตารางที่ 4.4.2	ตารางแสดงค่าสูงสุดและต่ำสุด และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายใน อาคารที่ภายนอกสัมผัสดิน มีผิวเป็นหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน.....	109
ตารางที่ 4.5.2	ตารางแสดงค่าสูงสุดและต่ำสุด และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิผิวผนังภายใน อาคารที่ภายนอกสัมผัสดิน มีผิวเป็นหญ้าเปียกและพืชคลุมดิน.....	116
ตารางที่ 4.5.3	ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังภายในทั้ง 4 ทิศ ที่ภายนอกลม ด้วยทราย.....	132
ตารางที่ 4.5.4	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังในอาคารที่ภายนอก เป็นดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและทรายทางทิศใต้	133
ตารางที่ 4.5.5	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังในอาคารที่ภายนอก เป็นดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและทรายทางทิศเหนืออุณหภูมิ.....	135
ตารางที่ 4.5.6	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังในอาคารที่ภายนอก เป็นดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและทรายทางทิศตะวันออก	137
ตารางที่ 4.5.7	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังในอาคารที่ภายนอก เป็นดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและทรายทางทิศตะวันตก.....	139
ตารางที่ 4.6.1	ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวผนังภายในระหว่างหญ้าเปียก และหญ้าแห้ง.....	143
ตารางที่ 4.6.2	ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวผนังภายในระหว่างหญ้าเปียก และดินเปียก.....	144
ตารางที่ 4.6.3	ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวผนังภายในระหว่างหญ้าเปียก และดินแห้ง.....	145
ตารางที่ 4.6.4	ตารางเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวผนังภายในระหว่างหญ้าเปียก และพืชคลุมดิน.....	146

ตารางที่ 4.6.5	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวผนังภายในที่ภายนอกถมด้วย ดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและทราย.....	147
ตารางที่ 4.6.6	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ความลึกได้ดินต่างกัน	148
ตารางที่ 4.6.7	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ที่มีสภาพ ดินแตกต่างกัน ทางทิศตะวันออก.....	148
ตารางที่ 4.6.8	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ที่มีสภาพ ดินแตกต่างกัน ทางทิศเหนือ.....	149
ตารางที่ 4.6.9	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ที่มีสภาพ ดินแตกต่างกัน ทางทิศใต้.....	149
ตารางที่ 4.6.10	ตารางเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายใน ที่มีสภาพ ดินแตกต่างกัน ทางทิศตะวันตก	149
ตารางที่ 4.6.11	ตารางแสดงผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวผนังภายในอาคาร ที่มีด้าน ภายในสัมผัสดิน	151
ตารางที่ 5.1	ตารางแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวผนังภายในอาคาร ที่มีด้านนอก สัมผัสดินเปียก.....	153
ตารางที่ 5.2	ตารางแสดงค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ผิวผนังภายในอาคาร ที่มีด้านนอก สัมผัสดินเปียก.....	153
ตารางที่ 5.3	ตารางแสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวผนังภายในอาคาร ที่มีด้านนอก สัมผัสดินเปียก.....	154
ตารางที่ 5.4	ตารางแสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวผนังภายใน อาคาร ที่มีด้านนอกสัมผัสดินที่แตกต่างกัน	157

สารบัญรูป

- รูปที่ 2.1 การออกแบบพื้นและผนังชั้นล่างให้เป็น Heat Sink12
- รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการทำความเย็นที่ Villa Acolia โดย Count Francesco Trento.....13
- รูปที่ 3.1 ผังอาคารที่ใช้ทดสอบในงานวิจัย.....17
- รูปที่ 3.2 รูปตัดแสดงความสูงและการป้องกันความร้อนจากผนัง และหลังคา.....19
- รูปที่ 3.3 ผังแสดงการติดตั้งสายสัญญาณใน เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในอาคารที่
ตำแหน่งต่างๆ.....19
- รูปที่ 3.4 แสดงการติดตั้งสายสัญญาณ เพื่อทดสอบอุณหภูมิที่ความลึกของดินที่ระดับต่างๆ...21
- รูปที่ 3.5 ผังแสดงแผนที่ตั้งอาคารทดสอบ.....22
- รูปที่ 3.6 รูปแสดงการก่อสร้างอาคารที่ใช้ทดสอบ.....23
- รูปที่ 3.7 รูปแสดงโครงผนังอาคารเป็นโครงเหล็กส่วนที่สัมผัสดินเป็นคอนกรีตบล็อก 2 ชั้น
ความหนา 0.20 ม. ฉาบปูนผิวขัดมันทั้ง 2 ด้าน โดยคอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุ
ที่นิยมใช้โดยทั่วไป.....23
- รูปที่ 3.8 รูปถ่ายจากด้านบนของอาคารที่ใช้ทดสอบ24
- รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้งสายสัญญาณ โดยกำหนดให้สายสัญญาณขุบสีกับสนิม และแนบติด
ผนังอาคาร.....24
- รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งสายสัญญาณที่ความลึก 0.60 ม. ได้ผิวดิน.....25
- รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งสายสัญญาณที่ความลึก 0.60 ม. และ 1.00 ม. ของผนังทางทิศใต้.....25
- รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งสายสัญญาณที่ระดับ 0.40 ม. จากพื้นอาคาร.....26
- รูปที่ 3.13 แสดงภายในอาคารที่ใช้ทดสอบ.....26
- รูปที่ 3.14 อุปกรณ์อ่านค่าสายสัญญาณ.....27
- รูปที่ 3.15 การทดสอบอ่านค่าสายสัญญาณ.....27
- รูปที่ 3.16 การเตรียมดินสำหรับปลูกหญ้า.....28
- รูปที่ 4.1 ผังแสดงการถมดินและการแบ่งช่องทดสอบ.....33
- รูปที่ 4.2 แสดงตำแหน่งทิศของห้องทดสอบที่คลาดเคลื่อน.....34
- รูปที่ 4.3 การทดสอบอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคาร ที่ผิวผนังอาคารรวมด้วยดินที่ปก
คลุมด้วยหญ้าเปียกตลอด 48 ชม.....36
- รูปที่ 4.4 แสดงการติดตั้งสายสัญญาณวัดอุณหภูมิภายในอาคารที่ตำแหน่งต่างๆของอาคาร37
- รูปที่ 4.5 หญ้าและดินที่ใช้ในการทดสอบ37
- รูปที่ 4.6 การทดสอบดินที่ผิวปกคลุมด้วยหญ้าเปียก.....38

รูปที่ 4.7	การทดสอบอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารที่ผิวผนังภายนอกด้วยดินที่ผิวปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและหญ้าแห้ง.....	51
รูปที่ 4.8	การทดสอบหญ้าแห้งและหญ้าเปียก.....	52
รูปที่ 4.9	ทดสอบอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารที่ผิวผนังภายนอกด้วยดินที่ผิวปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและดินเปียก48ชม.....	71
รูปที่ 4.10	การทดสอบหญ้าเปียกและดินเปียก.....	72
รูปที่ 4.11	การทดสอบหญ้าเปียกและดินเปียก.....	72
รูปที่ 4.12	การทดสอบอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารที่ผิวผนังภายนอกด้วยดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกและดินแห้ง.....	91
รูปที่ 4.13	การทดสอบผิวหญ้าเปียกและดินแห้ง.....	92
รูปที่ 4.14	การทดสอบอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในอาคารที่ผิวผนังภายนอกด้วยดินที่ปกคลุมด้วยหญ้าเปียกที่ชกคลุมดิน,และทราย.....	112
รูปที่ 4.15	การทดสอบที่ชกคลุมดินและทราย.....	113
รูปที่ 4.16	การทดสอบที่ชกคลุมดินและหญ้าเปียก.....	113
รูปที่ 4.17	การทดสอบที่ชกคลุมดินและหญ้าเปียก.....	114
รูปที่ 4.18	การทดสอบการติดตั้งสายสัญญาณที่ผิวดินที่ชกคลุมดิน.....	114

สารบัญแนบภูมิ

แผนภาพที่ 4.1.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิ เปราะเป็ยก	38
แผนภาพที่ 4.1.2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร ที่ระดับแตก ต่างกันและอุณหภูมิกระเปาะเป็ยก.....	39
แผนภาพที่ 4.1.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเป็ยก อุณหภูมิอากาศภายในและ ภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกอาคารที่ได้ดินลึก 0.60 ม.ที่ถมดิน ปกคลุมด้วยหญ้าเป็ยก.....	41
แผนภาพที่ 4.1.4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเป็ยกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก0.60 เมตร ผิวดิน ปกคลุมด้วยหญ้าเป็ยก ทางทิศใต้	43
แผนภาพที่ 4.1.5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเป็ยกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก0.60 เมตร ผิวดิน ปกคลุมด้วยหญ้าเป็ยก ทางทิศเหนือ.....	46
แผนภาพที่ 4.1.6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเป็ยกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก0.60 เมตร ผิวดิน ปกคลุมด้วยหญ้าเป็ยก ทางทิศตะวันออก.....	47
แผนภาพที่ 4.1.7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเป็ยกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก0.60 เมตร ผิวดิน ปกคลุมด้วยหญ้าเป็ยก ทางทิศตะวันตก.....	48
แผนภาพที่ 4.1.8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเป็ยก อุณหภูมิอากาศภายในและ ภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ผนังภายนอกอาคารที่ถมดิน ปกคลุมด้วยหญ้าเป็ยก.....	49
แผนภาพที่ 4.2.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับ อุณหภูมิกระเปาะเป็ยก.....	53
แผนภาพที่ 4.2.2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคารที่ระดับ แตกต่างกันและอุณหภูมิกระเปาะเป็ยก.....	55
แผนภาพที่ 4.2.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเป็ยก อุณหภูมิอากาศภายในและ ภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกอาคารที่ได้ดินลึก 0.60 ม.ที่ ถมดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้ง.....	57
แผนภาพที่ 4.2.4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเป็ยกและอุณหภูมิผิวภายในที่	

ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก0.60 เมตร ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้ง ทางทิศใต้59

แผนภาพที่ 4.2.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก0.60 เมตร ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้ง ทางทิศเหนือ.....60

แผนภาพที่ 4.2.6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก0.60 เมตร ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้ง ทางทิศตะวันออก.....62

แผนภาพที่ 4.2.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก0.60 เมตร ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้ง ทางทิศตะวันตก.....63

แผนภาพที่ 4.2.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียก หญ้าแห้งทางทิศใต้.....65

แผนภาพที่ 4.2.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียก และหญ้าแห้งทางทิศเหนือ.....66

แผนภาพที่ 4.2.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียก และหญ้าแห้งทางทิศตะวันออก.....67

แผนภาพที่ 4.2.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายในที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้าเปียก และหญ้าแห้งทางทิศตะวันตก.....68

แผนภาพที่ 4.2.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศ ภายในและภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ผนังภายนอก อาคารที่ถมดินปกคลุมด้วยหญ้าแห้ง.....70

แผนภาพที่ 4.3.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก.....73

แผนภาพที่ 4.3.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร ที่ระดับแตกต่างกันและอุณหภูมิกระเปาะเปียก.....74

แผนภาพที่ 4.5.1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก.....	115
แผนภาพที่ 4.5.2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร ที่ระดับแตกต่างกันและอุณหภูมิกระเปาะเปียก.....	117
แผนภาพที่ 4.5.3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศ ภายในและภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกอาคารที่ได้ดิน ลึก 0.60 ม.ที่ถมดินปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน.....	118
แผนภาพที่ 4.5.4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 เมตร ผิวดินปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน ทางทิศใต้	120
แผนภาพที่ 4.5.5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 เมตร ผิวดินปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน ทางทิศเหนือ.....	122
แผนภาพที่ 4.5.6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 เมตร ผิวดินปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน ทางทิศตะวันออก.....	123
แผนภาพที่ 4.5.7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก 0.60 เมตร ผิวดินปกคลุมด้วยพืชคลุมดิน ทางทิศตะวันตก.....	125
แผนภาพที่ 4.5.8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและพืชคลุมดินทางทิศใต้.....	126
แผนภาพที่ 4.5.9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและพืชคลุมดินทางทิศเหนือ.....	127
แผนภาพที่ 4.5.10	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและพืชคลุมดินทางทิศตะวันออก.....	128
แผนภาพที่ 4.5.11	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและพืชคลุมดินทางทิศตะวันตก.....	129

แผนภาพที่ 4.4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร
ที่ระดับแตกต่างกันและอุณหภูมิกระเปาะเปียก.....96

แผนภาพที่ 4.4.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศ
ภายในและภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกอาคารที่ได้ดิน
ลึก 0.60 ม.ที่ถมดินแห้ง.....98

แผนภาพที่ 4.4.4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน
ที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก
0.60 เมตร ผิวดินแห้ง ทางทิศใต้100

แผนภาพที่ 4.4.5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน
ที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก
0.60 เมตร ผิวดินแห้ง ทางทิศเหนือ.....101.

แผนภาพที่ 4.4.6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน
ที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก
0.60 เมตร ผิวดินหญ้าแห้ง ทางทิศตะวันออก.....103

แผนภาพที่ 4.4.7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน
ที่ระดับ 0.40เมตรจากพื้นอาคารกับอุณหภูมิผิวภายนอกที่ได้ดินลึก
0.60 เมตร ผิวดินแห้ง ทางทิศตะวันตก.....104

แผนภาพที่ 4.4.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน
ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า
เปียกและดินแห้งทางทิศใต้.....105

แผนภาพที่ 4.4.9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน
ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า
เปียกและดินแห้งทางทิศเหนือ.....106.

แผนภาพที่ 4.4.10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน
ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า
เปียกและดินแห้งทางทิศตะวันออก.....107

แผนภาพที่ 4.4.11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน
ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า
เปียกและดินแห้งทางทิศตะวันตก.....108

แผนภาพที่ 4.4.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศ
ภายในและภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ผนังภายนอก
อาคารที่ถมดินแห้ง.....111

แผนภาพที่ 4.5.12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศ ภายในและภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารที่ผนังภายนอก อาคารที่ถมดินปกคลุมด้วยพืชคลุมดินแห้ง.....	130
แผนภาพที่ 4.5.13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียก อุณหภูมิอากาศ ภายในและภายนอกและอุณหภูมิผิวผนังภายนอกอาคารที่ถมดิน ปกคลุมด้วยหญ้าเปียก ทางทิศใต้ที่ระดับความลึกต่างกัน.....	131
แผนภาพที่ 4.5.14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและทรายทางทิศใต้.....	134
แผนภาพที่ 4.5.15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและทราย ทางทิศเหนือ.....	138
แผนภาพที่ 4.5.16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและทราย ทางทิศตะวันออก.....	140
แผนภาพที่ 4.5.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิผิวภายใน ที่ระดับ 0.40 เมตรที่ผิวภายนอกถมด้วยดิน ผิวดินปกคลุมด้วยหญ้า เปียกและทราย ทางทิศตะวันตก	