

ปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก
กรณีศึกษา : พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร

THE PHENOMENON OF OUTSIDE TILED CORRIDOR DISINTEGRATION
CASE STUDY PHRA BOROMTHAT CHEDI WAT PRAYURAWONGSAWAS
WARAVIHARN

สิริวัล ภมร
SIRIWAN PAMON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562
KMITL-2019-AR-M-002-024

ปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก
กรณีศึกษา : พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาवासวรวิหาร
THE PHENOMENON OF OUTSIDE TILED CORRIDOR DISINTEGRATION
CASE STUDY: PHRA BOROMTHAT CHEDI
WAT PRAYURAWONGSAWAS WARAVIHARN

สิริวัล ภมร
SIRIWAN PAMON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562
KMITL-2019-AR-M-002-024

THE PHENOMENON OF OUTSIDE TILED CORRIDOR DISINTEGRATION
CASE STUDY: PHRA BOROMTHAT CHEDI
WAT PRAYURAWONGSAWAS WARAVIHARN

SIRIWAN PAMON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2019
KMITL-2019-AR-M-002-024

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก กรณีศึกษา :
พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร
THE PHENOMENON OF OUTSIDE TILED CORRIDOR DISINTEGRATION
CASE STUDY: WAT PHRA BOROMTHAT CHEDI WAT
PRAYURAWONGSAWAS WARAVIHARN

นักศึกษา

นางสาวสิริวัล ภมร

รหัสประจำตัว

58602078

ปริญญา

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ศุทธา ศรีเผด็จ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ศาสตราจารย์สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถิ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์วิวัฒน์	เต็มยพันธ์	
รองศาสตราจารย์ศุทธา	ศรีเผด็จ	
ศาสตราจารย์สมศักดิ์	ธรรมเวชวิถิ์	
รองศาสตราจารย์สุพัฒน์	บุญยฤทธิกิจ	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 7 พฤษภาคม 2562

สถานที่สอบ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อันธิกา สวัสดิ์ศรี)

คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

วันที่ 2 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก
นักศึกษา	กรณีศึกษา : พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
รหัสประจำตัว	นางสาวสิริวัล ภูมิ
ปริญญา	58602078
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
พ.ศ.	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ศุทธา ศรีเผด็จ
	ศ.สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถึ

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีอาคารโบราณสถานซึ่งงดงามและเป็นเอกลักษณ์ที่แสดงถึงขนบธรรมเนียมวัฒนธรรมที่มีมาอย่างยาวนาน อีกทั้งยังสะท้อนเรื่องราวในอดีต เจดีย์เป็นปูชนียสถานหรือวัตถุเพื่อระลึกถึงพระพุทธเจ้าหรืออภินัยหนึ่งอาจหมายถึงตัวแทนของพระพุทธองค์ ที่ใช้ในการเคารพบูชา ระลึกถึง พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร เป็นโบราณสถานและมรดกทางวัฒนธรรมประจำชาติ ที่ทรงคุณค่าทั้งในด้านศิลปวัฒนธรรม ประเพณี รวมไปถึงสถาปัตยกรรมโบราณที่เต็มไปด้วยเรื่องราวความเป็นมาในอดีต ด้วยระยะเวลาทำให้โบราณสถานเสื่อมสภาพลงในปัจจุบัน กรมศิลปากรได้มีการบูรณะ แต่เมื่อทำการบูรณะไปได้ไม่นาน ส่วนอาคารโบราณสถานก็เกิดการเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสาเหตุที่เกิดขึ้นกับวัสดุพื้นภายนอกของอาคารโบราณสถาน ในส่วนหลังคาระเบียงคดชั้นที่ 2 กรณีศึกษา พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นของวัสดุพื้นภายนอกอาคาร โดยการสังเกตสภาพของอาคาร การเก็บข้อมูลและตรวจวัดระดับความเสียหาย

การประเมินความเสียหายของการหลุดล่อนของกระเบื้องปูพื้นบริเวณชั้นสองของวิหารคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหารที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ จากการสำรวจเกิดการชำรุดเสียหายที่เห็นได้อย่างชัดเจน จึงเลือกเป็นกรณีศึกษาถึงรูปแบบและลักษณะการเกิดการเสื่อมสภาพของพื้นในรูปแบบต่างๆของอาคารโบราณสถาน เพื่อศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก ผลการวิจัยพบว่าการหลุดล่อนของกระเบื้อง เกิดจากการปูกระเบื้องที่ไม่ได้มาตรฐาน และพบว่าการยึดหดตัวของวัสดุมีผลเนื่องจากพื้นและกระเบื้องมีการหดตัวที่ไม่สัมพันธ์กัน ซึ่งจะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาก่อนการก่อสร้างอย่างถูกต้อง เพื่อยืดระยะเวลาการซ่อมบำรุง

Thesis	The Phenomenon of Outside Tiled Corridor Disintegration Case study Phra Boromthat Chede Wat Prayurawongsawaswaraviharn
Student	Miss. Siriwan Pamon
Student ID	58602078
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc.Pro. Sutta Sripfadej
Thesis Coadvisor	Pro. Somsak Thammavejvidhi

ABSTRACT

There are beautiful historic buildings in Thailand. They are unique and represent a culture that has existed for a long time. It also reflects pagoda past story. Pagoda is considered a sacred place or object to commemorate the Buddha. In other words, it could mean the representation of the Buddha used for worshipping.

Phra Boromthat Chedi Wat Prayurawongsawas Waraviharn is a historic and cultural heritage of the nation. It is invaluable in terms of culture, including ancient architecture, filled with stories of the past. But the historic place has been deteriorated. Currently, the Fine Arts Department has restored this historic site but the restored historic building was deteriorating prematurely not long ago. This study aimed to assess the damage caused to the material used on the 2nd-storey roof cloister: CASE STUDY: Phra Borommahathat Chedi, Wat Prayoonwongsawat Warawihan, Thonburi, Bangkok to use the results in the analysis to determine the cause of the damage occurred around the 2nd-storey roof cloister. The assessment was done on damage of flooring materials outside the building. It also assesses the condition of the building. Data collection and monitoring damage was done by observation, data collection, and damage measurement. The data was then analyzed by damage characteristics separated into 3 levels: level 1: no damage is found on the tiles, level 2: the tiles are deflected, and level 3: the tiles are

deflected and disintegrated. The damage level was inspected by using laser. The measurement results would be analyzed to determine the cause of the disintegration of the outside tiles walkway.

The results showed that the disintegration of the tiles was not only caused by the non-standard tiling but it was also found that the cracking of the shrinkage of the concrete floor and tiles material was unrelated. The conclusions of the study can be used as a guide to improve the design and restoration in order to reduce the likelihood of premature deterioration of the tiles on the floor.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจาก รศ.ศุทธา ศรีเผด็จ และ ศ.สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถี ผู้ที่มีความตั้งใจให้ความรู้ ประสบการณ์ ให้คำปรึกษา และโอกาสที่สำคัญ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.วิวัฒน์ เตมียพันธ์ และ รศ.สุวัฒน์ บุญยฤทธิกิจ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ที่กรุณาให้ข้อคิดและแนะนำข้อบกพร่อง แก้ไขและปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณครอบครัวที่รักยิ่งของข้าพเจ้า ผู้ซึ่งคอยสนับสนุน คอยให้คำปรึกษา ให้ความรักและความห่วงใยตลอดมา ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาตลอด จึงทำให้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สำหรับคุณประโยชน์และคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้ มารดา ผู้ที่เป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดจนถึงทุกวันนี้

สิริวัล ภมร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	IX
สารบัญภาพ	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	4
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 แผนการดำเนินงาน.....	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	6
การเสื่อมสภาพของโบราณสถาน.....	6
2.1 ประวัติวัดปะยุรวงศาวาสวรวิหาร	7
อาณาเขตติดต่อ	8
ประวัติการบูรณะองค์พระบรมธาตุเจดีย์.....	8
2.2 แนวคิดในการออกแบบบูรณะพระบรมธาตุมหาเจดีย์.....	11
2.3 รายละเอียดโครงการบูรณะพื้นผิวผนังโตรอบองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์	15
งานผิวพื้นชั้นที่ 1	15
งานผิวพื้นชั้นที่ 2.....	17
เมื่อบูรณะแล้วเสร็จ.....	18
2.4 ปรากฏการณ์การเสื่อมสภาพของกระเบื้องทางเดินภายนอก.....	19
2.5 สาเหตุของการเสื่อมสภาพของกระเบื้องอาคาร	24
สาเหตุภายใน (Intrinsic Factors)	24
สาเหตุภายนอก (Extrinsic Factors)	33
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเสียหายของวัสดุเนื่องจากความร้อน	36
การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์.....	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ประเภทของความร้อน	39
การถ่ายเทความร้อน.....	43
อิทธิพลที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน	45
2.7 สรุปกรอบแนวคิด	48
บทที่ 3 การเตรียมวัสดุ สร้างเครื่องมือ และวิธีการทดลอง.....	49
3.1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูล	49
3.2 สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปริมาณความเสียหาย	50
3.3 การตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ	61
บทที่ 4 ผลการวิจัย	63
4.1 การศึกษาปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก	63
สำรวจข้อมูลพื้นฐานของพระบรมธาตุมหาเจดีย์วัดปะยูรวงศาสุวรรณวิหาร	64
ตรวจสอบปริมาณความเสียหายด้วยการวิเคราะห์.....	65
4.2 ผลการทดลอง.....	82
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	86
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	87
บรรณานุกรม	92
ภาคผนวก.....	94
ประวัติผู้เขียน	95

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ข้อมูลเปรียบเทียบคุณสมบัติการใช้วัสดุสำหรับงานติดตั้งกระเบื้อง.....	28
2.2 พฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้องปูพื้นทางเดิน บริเวณหลังคาวิหารคด	35
2.3 ลำดับค่ารังสีดวงอาทิตย์ ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร	37
2.4 ความจุความร้อนจำเพาะของมวลสาร	40
2.5 ตัวอย่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)	42
2.6 สาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพของพื้นกระเบื้อง.....	45
2.6 สาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพของพื้นกระเบื้อง (ต่อ)	46
3.1 การบันทึกข้อมูลความเสียหายด้วยกล้องวัดระดับเลเซอร์.....	52
3.2 แบบประเมินตรวจสอบคุณภาพของกระเบื้องและการปูที่ได้มาตรฐาน	61
4.1 ผลการเก็บข้อมูลโดยใช้การเคาะด้วยแท่งโลหะ	82
5.1 ตรวจสอบคุณภาพของกระเบื้อง.....	91

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	1
1.2 รางวัลยอดเยี่ยมอันดับหนึ่ง ด้านการอนุรักษ์ทางวัฒนธรรมในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก	2
1.3 การแตกลอนของผิวพื้นทางเดินเหนือระเบียงคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์	3
2.1 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ ในอดีตภาพที่ 2.1 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ ในอดีต	7
2.2 การวางผังบริเวณวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	8
2.3 แสดงสภาพพื้นผิวรอบนอกเจดีย์ก่อนการบูรณะ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	9
2.4 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	10
2.5 แสดงผังพื้นเจดีย์ระดับพื้นชั้น 1 วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	12
2.6 แสดงผังพื้นหลังคาระเบียงคดชั้นที่ 2 วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	13
2.7 แสดงผังพื้นระดับทางเดินรอบเจดีย์องค์ใหญ่ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	14
2.7 แสดงรูปผิวพื้นแกรนิตรอบนอก วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	15
2.8 แสดงการปูผิวพื้นแกรนิตรอบนอก วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร.....	15
2.9 แสดงขีดท่าความสะอาดพื้นทางเดินหินอ่อน (พื้น A) วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร	16
2.10 แสดงการปรับระดับพื้นด้วยปูน (พื้น A) วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร.....	17
2.11 วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร เมื่อบูรณะแล้วเสร็จ	18
2.12 ประมวลภาพความเสียหายของกระเบื้องปูพื้นทางเดินหลังคาวิหารคดพระบรมธาตุมหา.....	19
2.13 ความเสียหายของกระเบื้องปูพื้นทางเดินหลังคาวิหารคดพระบรมธาตุมหาเจดีย์หลัง บูรณปฏิสังขรณ์องค์พระธาตุเจดีย์และเจดีย์รายล้อม	20
2.14 ผังพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร.....	21
2.15 ภาพตัดพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร.....	22
2.16 ภาพตัดพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร.....	23
2.17 แบบขยายแสดงชั้นผิวของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมผนังเจดีย์ที่แตกร้าว ชั้นที่ 2.....	23
2.19 ลักษณะความเสียหายของกระเบื้องปูพื้นหลังคาระเบียงคดชั้นที่ 2 หลังการบูรณะ	24
2.20 การหลุดล่อนเป็นแผ่นจากวิธีการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน.....	25
2.21 การแตกร้าวเป็นแนวยาวจากโครงสร้าง.....	33
2.22 การดัน โกงตัวของวัสดุ เกิดจากการยึด-หดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ.....	34
2.23 การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มายังโลก 3 ลักษณะตามทิศทางการเกิด	39
2.24 แสดงความร้อนต่างๆกับการเปลี่ยนสถานะของมวลสาร	40
2.25 สถานะของมวลสาร	42
2.26 ความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุกับความหนาแน่นของวัสดุ.....	44

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.27 สรุปรอบแนวคิด.....	48
3.1 แสดงบริเวณรูปตัดของพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 หลังจากการบูรณะ	48
3.2 ชั้นผิวของวัสดุที่ใช้ซ่อมพื้นทางเดิน.....	49
3.3 ภาพเครื่องมือ กล้องถ่ายภาพ	51
3.4 ภาพเครื่องมือวัดระดับชนิดเลเซอร์.....	52
3.5 เส้นกรอบตารางแบ่งพื้นที่ในการเก็บข้อมูล วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร (ก)	53
3.6 เส้นกรอบตารางแบ่งพื้นที่ในการเก็บข้อมูล วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร (ข)	53
3.7 การแบ่งพื้นที่ในการเก็บข้อมูล 20 จุด วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร	54
3.8 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน.....	55
3.9 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากโครงสร้าง (ก)	56
3.10 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากโครงสร้าง (ข)	57
3.11 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากโครงสร้าง (ค)	58
3.12 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากยึดหดของวัสดุ (ก)	59
3.12 แบบบันทึกข้อมูล รูปแบบการแตกจากการยึดหดของวัสดุ	60
4. 1 ภาพถ่ายดาวเทียม พื้นที่กรณีศึกษาวัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร จังหวัดกรุงเทพฯ.....	63
4. 2 ภาพตัดระเบียงคด พื้นที่กรณีศึกษาวัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร จังหวัดกรุงเทพฯ.....	64
4.3 แสดงตารางแบ่งพื้นที่เก็บข้อมูลขนาดช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส 30 เซนติเมตร.....	65
4.24 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (ก)	66
4.25 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (ค)	68
4.26 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (ง)	69
4.27 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (จ)	70
4.28 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย ทิศเหนือ	71
4.29 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย ทิศตะวันออก.....	72
4.30 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย ทิศใต้	73
4.31 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย ทิศตะวันตก	74
4.32 การแบ่งโซนในการเก็บข้อมูล ผังพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 ตำแหน่ง A-R.....	76
4.33 ตำแหน่งการสูมเคาะแท่งโลหะ	77
4.34 ผลการทดลองด้วยวิธีการเคาะ (ก)	77
4.35 ผลการทดลองด้วยวิธีการเคาะ (ข)	77
4.36 ผลการทดลองด้วยวิธีการเคาะ (ค)	78

สารบัญญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.37 ผลการทดลองด้วยวิธีการเคาะ (ง)	79
4.38 ผลการทดลองด้วยวิธีการเคาะ (จ)	80
4.39 ผลการทดลองด้วยวิธีการเคาะ (ฉ)	81
4.40 การแบ่งเส้นขอบเขตเพื่อใช้ในการแบ่งพื้นที่สำรวจ ตามแนวแกนทิศ	83
4.41 ภาพจำลองเงา วันที่ 21 มิถุนายน 2559 พระบรมธาตุมหาเจดีย์.....	84
4.42 การโคจรของดวงอาทิตย์ในรอบปีที่มีต่อเงาของพระบรมธาตุมหาเจดีย์ฯ.....	84
5.1 กาวยาแนวชนิดยึดหยุ่นอัดรอยร้าว.....	89
5.2 ระยะเวลาเว้นรอยต่อเพื่อการยึดหดของวัสดุ เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิ.....	89
5.3 แบบขยายรอยต่อของแผ่นกระเบื้อง.....	90
5.4 แสดงการปูกระเบื้องที่ได้มาตรฐานและการเว้นช่วงรอยต่อ	90

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีอาคารโบราณสถานทั้งดงาม และเป็นเอกลักษณ์ที่แสดงถึงขนบธรรมเนียม วัฒนธรรมที่มีมาอย่างยาวนาน อีกทั้งยังสะท้อนเรื่องราวในอดีต เป็นแหล่งเรียนรู้ข้อมูลด้าน ประวัติศาสตร์ สถาปัตยกรรม และศิลปกรรม วัดเป็นสถานที่ทางพระพุทธศาสนา ที่มีอาคาร โบราณสถานเป็นจำนวนมาก จะประกอบไปด้วย พระอุโบสถ พระวิหาร พระเจดีย์ วัดถือเป็นโบราณสถานที่เกี่ยวข้องกับขนบธรรมเนียมจารีตประเพณี เป็นความภาคภูมิใจของคนในสังคม เป็นศูนย์รวมจิตใจของคนในสังคม

วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร เป็นวัดที่มีความสำคัญ ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นโบราณสถาน ตามประวัติการสร้างสร้างขึ้นเมื่อพ.ศ.2371 โดยสมเด็จพระเจ้าพระยาบรมมหาประยุรวงศ์ (ดิศ บุนนาค) เมื่อครั้งเป็นเจ้าพระยาพระคลัง ได้อุทิศสวนกาแฟสร้างเป็นวัด แล้วถวายเป็นพระอารามหลวงในสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชการที่ 3 โดยได้รับพระราชทานนามว่า “วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร” ใช้เวลาในการก่อสร้างทั้งสิ้น 8 ปีจึงแล้วเสร็จ และมีการฉลองวัดในวันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2379 ทั้งนี้สมเด็จพระเจ้าพระยาบรมมหาประยุรวงศ์ได้อัญเชิญพระพุทธรูป มาจากสุโขทัยนำมาประดิษฐานในพระวิหารเมื่อปี พ.ศ. 2374



ภาพที่ 1.4 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา : Wikipidia (2019)

1.1.1 การบูรณวัดประยุรวงศาवासวรวิหาร

สืบเนื่องจากที่พระธรรมโกศาจารย์ วัดประยุรวงศาवासวรวิหาร และคณะกรรมการชำระประวัติ ได้สำรวจหาที่บรรจุพระบรมสารีริกธาตุ ในวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 ซึ่งผลสำรวจของคณะกรรมการไม่พบที่บรรจุพระบรมสารีริกธาตุแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามภายในห้องโถงใหญ่กลางองค์พระเจดีย์ตรงบริเวณรูประฆังคว่ำ กลับพบว่าเสาอิฐแกนกลางของพระเจดีย์ได้ล้มไปฝังผนังพระเจดีย์ด้านแม่น้ำเจ้าพระยา คณะกรรมการเกรงว่าหากปล่อยพระเจดีย์ให้เอียงไว้อย่างนี้จะเกิดความเสียหายขึ้นในภายหลัง ซึ่งทางด้านพระธรรมโกศาจารย์ นั้นมีความตั้งใจที่จะบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์โดยเร็ว จึงได้ประสานขอความร่วมมือกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อดำเนินการบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ จึงแล้วเสร็จ ภายในปี พ.ศ. 2554

การบูรณะวัดส่งผลให้วัดได้รับรางวัลยอดเยี่ยม อันดับ 1 (Award of Excellence) ให้โครงการบูรณะปฏิสังขรณ์พระบรมธาตุมหาเจดีย์วัดประยุรวงศาวาส ด้านการอนุรักษ์ทางวัฒนธรรมในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ประจำปี พ.ศ. 2556 ขององค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (ยูเนสโก)



ภาพที่ 1.5 รางวัลยอดเยี่ยมอันดับหนึ่ง ด้านการอนุรักษ์ทางวัฒนธรรมในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก

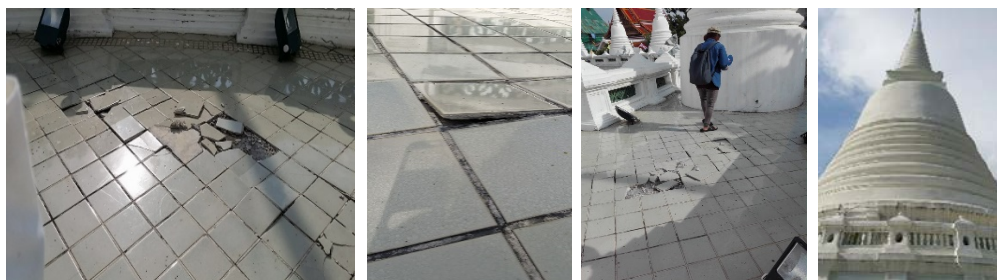
ที่มา : ผู้วิจัย พ.ศ.2559

1.1.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการบูรณะ

ภายหลังจากการบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ พบว่าส่วนของงานพื้นผิวระเบียงทางเดินบริเวณเจดีย์รายล้อม(เจดีย์เล็ก) และพื้นผิวระเบียงทางเดินบริเวณพระบรมธาตุมหาเจดีย์ เกิดการหลุดร่อน โดยมีลักษณะแตกร่อนปูดเป็นกระดองเต่าและเสื่อมสภาพจากการปัจจัยในหลายด้านทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมเนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตอากาศแบบร้อนชื้น

สภาพอากาศทั่วไปมีความชื้นสูงตลอดทั้งปี กรมอุตุนิยมวิทยา ได้แสดงสถิติของประเทศไทยไว้ว่ามี อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ตลอดปีอยู่ที่ระดับ 73-75 % จะลดลงเหลือ 64-69 % ในฤดูร้อน โดยระดับความชื้นเมื่อมีมากหรือน้อยเกินไปจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อปัญหา สิ่งก่อสร้างโดยองค์ประกอบของภูมิอากาศ (Climate Factor) ที่มีอิทธิพลต่องานสถาปัตยกรรมอัน ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นและฝน การเคลื่อนไหวของอากาศหรือลมโดย อาคารโบราณสถานในประเทศไทยได้รับความเสียหายจากน้ำและความชื้น เนื่องจากประเทศไทยมีฝน ตกชุกตลอดทั้งปี ทำให้เกิดการถ่ายเทปริมาณความร้อน และความชื้นในผิวของอาคารตลอดเวลา ทำให้อาคารโบราณสถานได้รับความเสียหาย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาปัญหาของการหลุดล่อนของกระเบื้องปูพื้นในโบราณสถานในปัจจุบัน ด้านอุณหภูมิความชื้นที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพ ซึ่งนอกจากจะส่งผลกระทบต่อตรงกับความเสียหาย ทางกายภาพของวัสดุ อันได้แก่การบิดงอ และการเสื่อมสลายของเนื้อวัสดุก่อสร้าง ที่โดยมากจะเป็น ลักษณะพูน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศตลอดเวลา รวมถึงการดูดซับน้ำจากดิน ขึ้นมาสะสมในเนื้อวัสดุอาคาร เป็นสาเหตุให้เนื้อวัสดุเกิดความเสียหายและเสื่อมสภาพ ความชื้นยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการจุกความร้อนจำเพาะของมวลสารในเนื้อวัสดุ กระตุ้นปฏิกิริยา เคมีต่างๆที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพของอาคาร จึงเป็นที่มาของการวิจัย “ปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก กรณีศึกษา : พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัด ประยูรวงศาวาสวรวิหาร”



ภาพที่ 1.6 การแตกล่อนของผิวพื้นทางเดินเหนือระเบียงคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์
ที่มา : ผู้วิจัย พ.ศ.2559

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาปัญหาการหลุดล่อนที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องทางเดินโดยรอบองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ โดยมีกรอบแนวคิด คือการหารูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับวัสดุปูพื้นทางเดินภายนอกอาคาร บริเวณหลังคาวิหารคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์ฯ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษารูปแบบของการแตกร้าวที่มีผลต่อการเสียหายของพื้นทางเดินภายนอกบริเวณหลังคา ระเบียบคงค พระบรมธาตุมหาเจดีย์ กรณีศึกษาวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ งานวิจัยใช้การลงพื้นที่ภาคสนาม เพื่อเก็บข้อมูลความเสียหาย และรูปแบบความเสียหายที่เกิดบริเวณทางเดินโดยรอบของพระบรมธาตุมหาเจดีย์ฯ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาข้อมูลการบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุเจดีย์และเจดีย์รายล้อม

1.4.2 ศึกษาข้อมูลของลักษณะการหลุดร่อนที่เกิดจากปัจจัยด้านกายภาพ ทฤษฎีอุณหภูมิตemperatur ความร้อน ตัวแปรที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของกระเบื้องรอบองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ฯ

1.4.3 สสำรวจความเสียหายของพื้นผิวกระเบื้องทางเดิน โดยวิธีถ่ายภาพ และสเกตภาพความเสียหาย โดยสร้างเครื่องมือในการสำรวจ และเก็บข้อมูล การสร้างเครื่องมือแบ่งเป็น 2 ชุด 1. ตารางสเกตความเสียหายด้วยสายตา 2. ตารางการเคาะด้วยโลหะ ระหว่างวันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ.2559 ในช่วงเวลา 09.00 -17.00น. โดยแบ่งการตรวจวัดเป็นรายชั่วโมง

1.4.4 นำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวกระเบื้องทางเดินภายนอก เพื่อหาสาเหตุและ รูปแบบการแตกร้าว

1.4.5 สรุปผลการวิเคราะห์ อันนำไปสู่แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

1.4.6 จัดทำเป็นเอกสารรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อศึกษาทำความเข้าใจถึงอุณหภูมิตemperatur ที่ส่งผลต่อพื้นผิวอาคารโบราณสถาน

1.5.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวกระเบื้อง

1.5.3 สรุปผลการวิเคราะห์ อันนำไปสู่แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

1.6 แผนการดำเนินงาน



ภาพที่ 1.4 แผนการดำเนินงาน

ที่มา: ผู้วิจัย

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิด

รายงานการวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ หาสาเหตุการหลุดล่อนของกระเบื้องพื้นทางเดิน โดยรอบ กรณีสึกษาพระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร การศึกษานี้ใช้วิธีการสำรวจ เก็บข้อมูลเชิงกายภาพของอาคาร และเก็บตัวอย่างของกระเบื้องนำมา ตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ที่เกิดขึ้นกับวัสดุปูพื้น เป็นการศึกษาวิจัยเชิง ปริมาณ งานวิจัยใช้การลงพื้นที่ภาคสนาม (field - study) เพื่อเก็บข้อมูลบริเวณทางเดินโดยรอบของ พระบรมธาตุมหาเจดีย์การศึกษาสภาพปัญหาและลักษณะกายภาพก่อนการบูรณปฏิสังขรณ์ และ หลังการบูรณปฏิสังขรณ์แล้ว ถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจ สามารถอธิบาย ปรากฏการณ์ และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อสรุปเป็นผลการวิจัยที่จะ เกิดขึ้นต่อไป

ผู้ศึกษาได้ทำการค้นคว้ารวบรวมข้อมูล ทั้งทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการสร้างกรอบ แนวคิด เพื่อนำไปสู่การศึกษาทดลอง และเพื่อให้ได้มาซึ่งกรอบแนวคิดในการดำเนินงานวิจัย ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษา รูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับวัสดุปูพื้นทางเดินภายนอกอาคารบริเวณ หลังคาวิหารคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร โดยกรอบแนวคิดมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

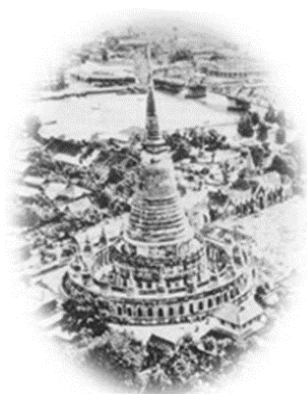
1. ประวัติวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
2. แนวคิดการบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุเจดีย์และเจดีย์รายล้อม
3. ขั้นตอนการบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุเจดีย์และเจดีย์รายล้อม
4. ขั้นตอนการบูรณปฏิสังขรณ์พื้นทางเดินภายนอกหลังคาวิหารคด
5. เมื่อบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุเจดีย์และเจดีย์รายล้อมแล้วเสร็จ
6. การหลุดล่อนของพื้นทางเดินภายนอก
7. สาเหตุของการเสื่อมสภาพ
 - 7.1 ปัจจัยภายใน โครงสร้าง เทคนิคการปู
 - 7.2 ปัจจัยภายนอก อุณหภูมิ
8. สรุปกรอบแนวคิด รูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับวัสดุปูพื้นทางเดินภายนอกอาคาร บริเวณหลังคาวิหารคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์

2.1 ประวัติวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร

2.1.1 ความเป็นมา

วัดประยุรวงศาวาสวรวิหารเป็นวัดที่สมเด็จพระเจ้าพระยาบรมมหาประยุรวงศ์ (ดิศ บุนนาค) เมื่อครั้งดำรงตำแหน่งเป็นเจ้าพระยาพระคลัง ว่าที่กรมท่าและสมุหพระกลาโหม ได้อุทิศสวนกาแฟ ซึ่งมีอาณาเขตติดกับบ้านสมเด็จพระเจ้าพระยาฯ นำมาสร้างเป็นวัดขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2371 ใช้เวลาในการสร้าง 8 ปี จึงแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2379 ต่อมาจึงได้มีการฉลองวัดในวันที่ 13 มกราคม พ.ศ. 2379 ตรงกับวันศุกร์ เดือนยี่ ขึ้น 7 ค่ำ ครั้นเมื่อ พ.ศ. 2375 ได้ถวายเป็น พระอารามหลวงในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว พระราชทานนามว่า "วัดประยุรวงศาวาส" แต่ชาวบ้านนิยมเรียกว่า "วัดริ้วเหล็ก" เพราะมีริ้วเหล็กเป็นกำแพงวัดอยู่เป็น บางตอน ริ้วเหล็กนี้สูงประมาณ 3 ศอกเศษ ทำเป็นรูปอาวุธคือ หอก ดาบ และขวาน (ขวานสามหมื่น ปืนสามกระบอก หอกสามแสน) มีลักษณะเป็นกำแพงและซุ้มประตูเล็กๆ เป็นตอนๆ วัดจากมุมวิหารคดข้างพระอุโบสถไปจรดกำแพงประตูวัดด้านตะวันออกยาว 148 เมตร ล้อมบริเวณอุทยานเขามอ (เขาเต่า) อีก 2 ด้านด้านตะวันตกยาว 48 เมตร ด้านใต้ยาว 43 เมตร ล้อมเป็นกำแพงหน้าวัด ตอนขวามือเข้ามายาว 40 เมตร ตอนซ้ายมือเข้ามายาว 20 เมตร

นอกจากนี้สมเด็จพระเจ้าพระยาบรมมหาศรีสุริยวงศ์ (ช่วง บุนนาค) ยังได้สร้างพระบรมธาตุมหาเจดีย์ทรงกลมองค์ใหญ่ ถือว่าเป็นเจดีย์แบบลังกาองค์แรกในสมัยรัตนโกสินทร์ ภายในประดิษฐานพระบรมสารีริกธาตุ สร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2398 ต่อมา ในปี พ.ศ. 2425 (ในสมัยรัชกาลที่ 5) เจ้าพระยาสุรวงศ์ไวยวัฒน์ (วร บุนนาค) ได้ให้ซ่อม พระวิหาร เปลี่ยนช่อฟ้าใบระกา ปิดทองประดับกระจกใหม่ ซ่อมศาลาและพระอุโบสถใหม่ ซึ่งในปีถัดมาพระองค์ได้เสด็จมาพระราชทานผ้าพระกฐิน ณ พระอุโบสถวัดประยุรวงศาวาสวรวิหารนี้



ภาพที่ 2.1 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ ในอดีต

ที่มา : Wikipedia (2019)

2.1.2 อาณาเขตติดต่อ

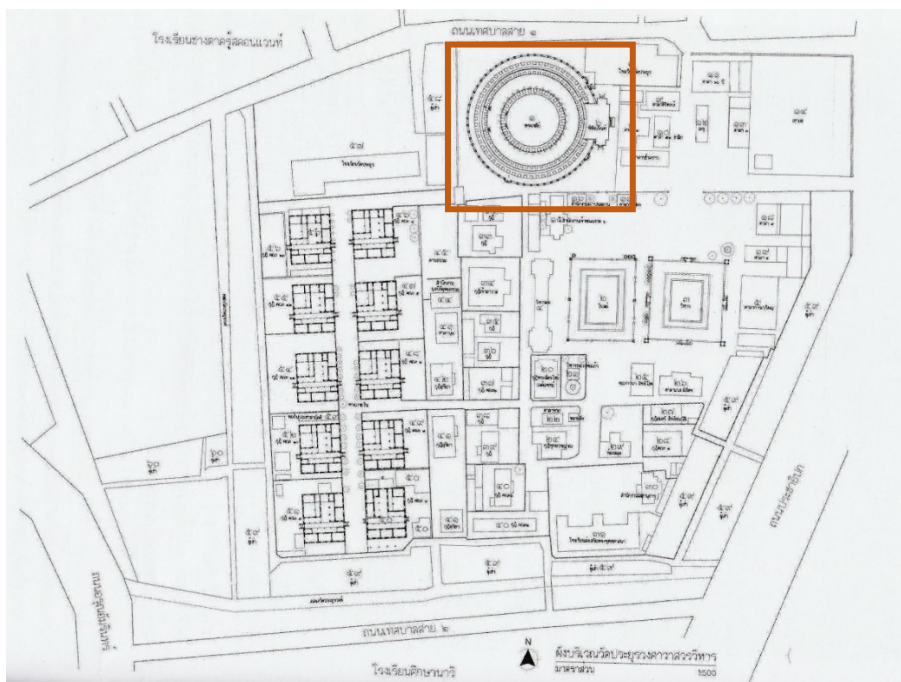
วัดประยุรวงศาวาสวรวิหารเป็นพระอารามหลวงชั้นโท ชนิดวรวิหาร ตั้งอยู่ใกล้กับเชิงสะพานพระพุทธยอดฟ้า ฝั่งธนบุรี โดยมีเลขทะเบียนวัดที่ 24 ถนนประชาธิปไตย แขวงวัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ 27 ไร่ ลักษณะพื้นที่ราบเรียบส่ำเหลี่ยม แบ่งเป็น ที่ดินธรณีสงฆ์ จำนวน 344 ตารางวา และสร้างเป็นตึกแถว 30 หลังสำหรับแบ่งให้ประชาชนเช่าอยู่อาศัย โดยมีอาณาเขตอุปจารดังนี้

2.1.2.1 ทิศตะวันออก มีอาณาเขตจรดถนนประชาธิปไตย

2.1.2.2 ทิศตะวันตก มีอาณาเขตจรดคลองสาธารณะ

2.1.2.3 ทิศเหนือ มีอาณาเขตจรดถนนเทศบาลสาย 1

2.1.2.4 ทิศใต้ มีอาณาเขตจรดถนนเทศบาลสาย 2 และโรงเรียนศึกษานารี



ภาพที่ 2.2 การวางผังบริเวณวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร

ที่มา : สมศักดิ์ ธรรมเวชวิลี (2557 : 4)

2.1.3 ประวัติการบูรณองค์พระบรมธาตุเจดีย์

สืบเนื่องจากที่พระธรรมโกศาจารย์ และคณะกรรมการ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร ได้ทำการสำรวจหาที่บรรจุพระบรมสารีริกธาตุภายในวัด แล้วพบว่าองค์พระเจดีย์เอียงไปทางด้านแม่น้ำเจ้าพระยา จึงได้ขอความช่วยเหลือจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรมศิลปากร ได้อนุญาตดำเนินการบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ ตามที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเสนอแนะ ลงวันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2549 และต่อมาพระธรรมโกศาจารย์ จึงได้แต่งตั้งคณะกรรมการ 1 ชุด เพื่อดำเนินการสำหรับการบูรณองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 ซึ่งประกอบด้วย คณะกรรมการพิจารณาสบราคา, คณะกรรมการตรวจการจ้าง และคณะกรรมการควบคุมงาน โดยแบ่งการบูรณะออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้

2.1.3.1 โครงการระยะที่ 1 เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2550 วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร ได้ทำสัญญาว่าจ้างกับบริษัท ดำรงก่อสร้างวิศวะ จำกัด ให้ทำการบูรณปฏิสังขรณ์พระบรมธาตุมหาเจดีย์เฉพาะในส่วนของการซ่อมแซมผนังเจดีย์ ทาสีภายนอกองค์พระเจดีย์ประธานและเจดีย์รายล้อม แล้วเสร็จบริบูรณ์ภายในวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 งบประมาณในการบูรณะเป็นจำนวนเงิน 4,500,000 บาท

2.1.3.2 โครงการระยะที่ 2 เมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2551 ได้ทำสัญญาว่าจ้างบริษัทดำรงก่อสร้างวิศวะ จำกัด ให้ทำการบูรณปฏิสังขรณ์พระบรมธาตุมหาเจดีย์เฉพาะในส่วนของการซ่อมแซมซุ้มประตูจำนวน 33 ช่องรอบฐานเจดีย์ ปรับผิวพื้นทางเดินบริเวณระเบียงคดทั้งชั้นล่างและชั้นบน (ด้านนอกและด้านใน) พื้นทางเดินรอบฐานเจดีย์ทั้งชั้นล่างและชั้นบน โดยรื้อผิววัสดุของเดิมออก เทพื้นคอนกรีต จัดทำระบบกันซึมพื้นป้องกันความชื้น รื้อย้ายอิฐบริเวณรอบเจดีย์พร้อมติดตั้งในบริเวณผนังรอบระเบียงคด ทำระบบไฟฟ้าแสงสว่าง แล้วเสร็จบริบูรณ์ภายในวันที่ 15 กันยายน พ.ศ. 2551 งบประมาณในการบูรณะเป็นจำนวนเงิน 14,990,000 บาท

2.1.3.3 โครงการระยะที่ 3 เมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2553 ได้ทำสัญญาว่าจ้างกับบริษัท ศิวกรการช่าง จำกัด ทำการบูรณปฏิสังขรณ์แกนกลางพระบรมธาตุมหาเจดีย์ โดยการตัดยกเสาแกนกลางให้ตั้งตรง จัดทำผิวและระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายใน พร้อมทำตัวอย่างไม้ซุงตำแหน่งของเดิม แล้วเสร็จบริบูรณ์ภายในวันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2553 งบประมาณในการบูรณะเป็นจำนวนเงิน 3,861,000 บาท



ภาพที่ 2.4 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร

ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถิ (2557:156)

2.2 แนวคิดในการออกแบบบูรณะพระบรมธาตุมหาเจดีย์

เนื่องจากโครงการบูรณะองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์มีความเกี่ยวข้องกับข้อกำหนดเฉพาะของกรมศิลปากร สำนักพระพุทธศาสนา พระสงฆ์ที่ประกอบศาสนกิจ นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ การบูรณะองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์จึงได้กำหนดแนวคิดในการออกแบบบูรณะองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์และบริเวณโดยรอบ หยิบยกข้อมูลมาเพียงบางส่วนที่ต้องการศึกษาดังนี้

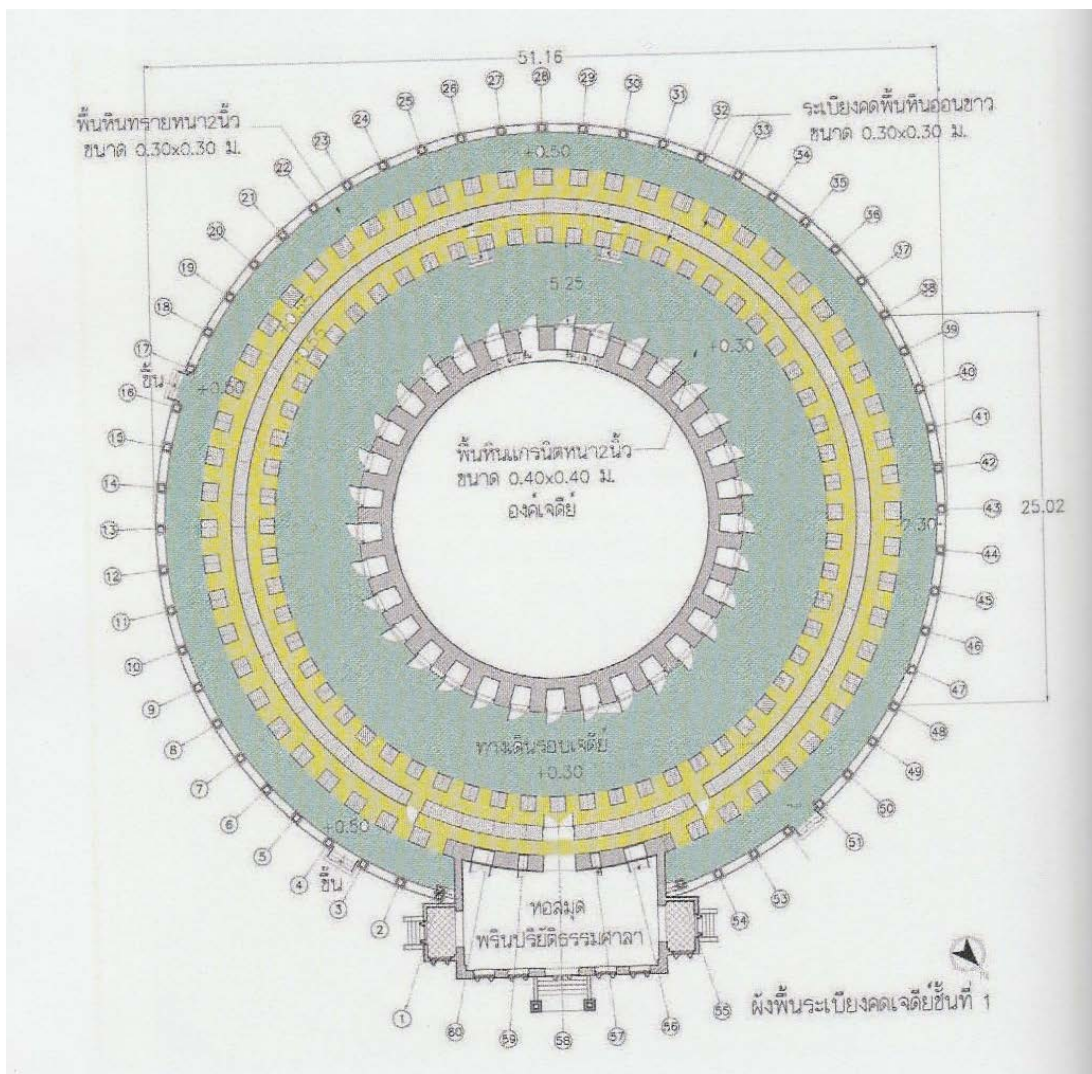
2.2.1 แนวคิดด้านสถาปัตยกรรม

2.2.1.1 ศึกษาข้อสรุป รูปแบบดั้งเดิม และสีของซุ้มประตู รอบองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์

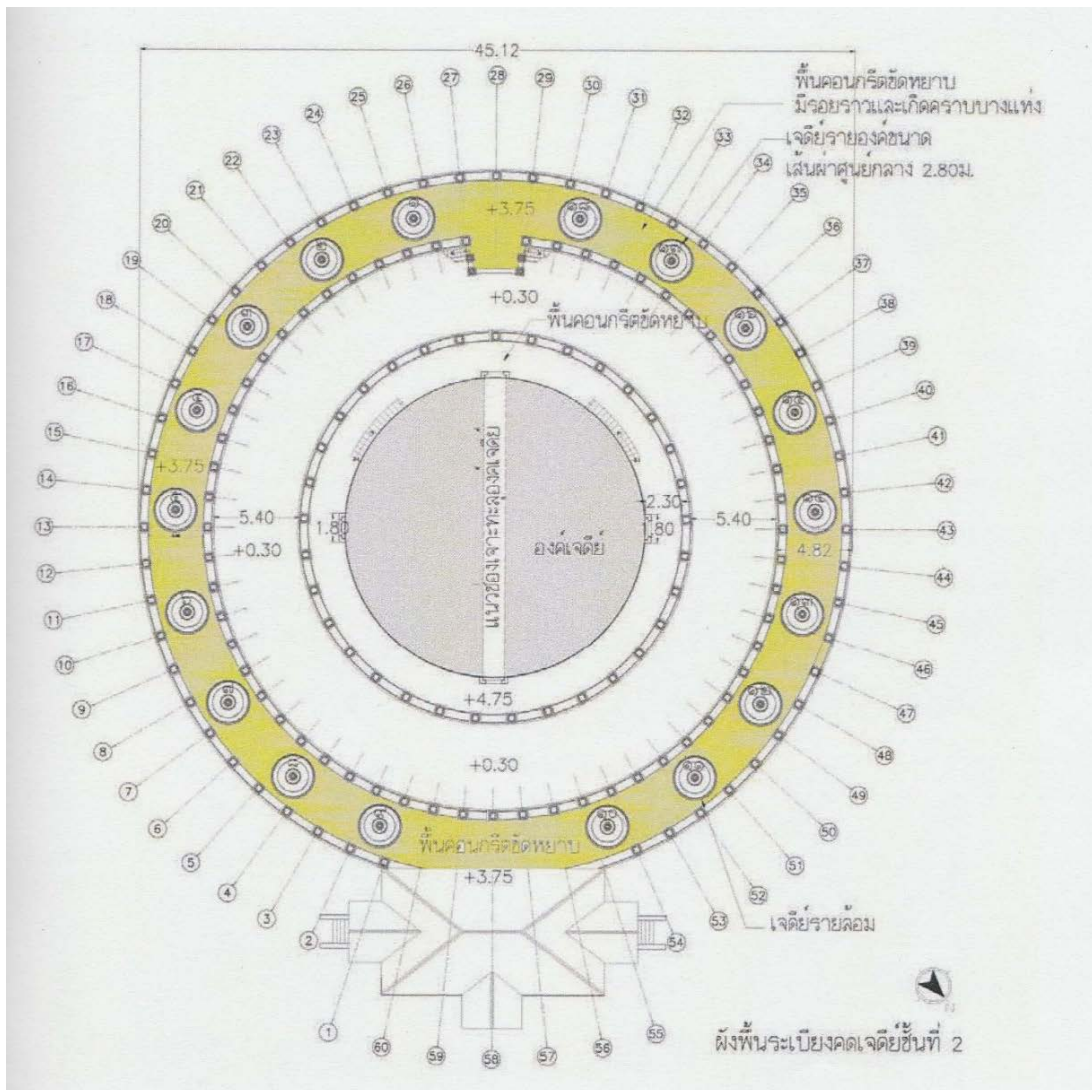
2.2.1.2 ศึกษาการเลือกใช้วัสดุ ในส่วนของงานพื้นได้กำหนดให้เลือกใช้วัสดุพื้นผิวระเบียงทางเดินบริเวณเจดีย์รายล้อม (เจดีย์เล็ก) และพื้นผิวระเบียงทางเดินบริเวณเจดีย์องค์ใหญ่ได้ออกแบบใช้กระเบื้องดินเผาเคลือบสี สีเทา เพื่อให้สามารถดูแลรักษาได้ง่ายสามารถป้องกันความชื้นลงสู่ผนังเจดีย์และไม่สะท้อนสีไปที่ผนังซึ่งมีสีขาว หากใช้สีอื่นที่มีสีสดใสจะสะท้อนไปที่ผนัง ทำให้สีผนังผิดเพี้ยนไป

2.2.2 แนวคิดด้านวิศวกรรม

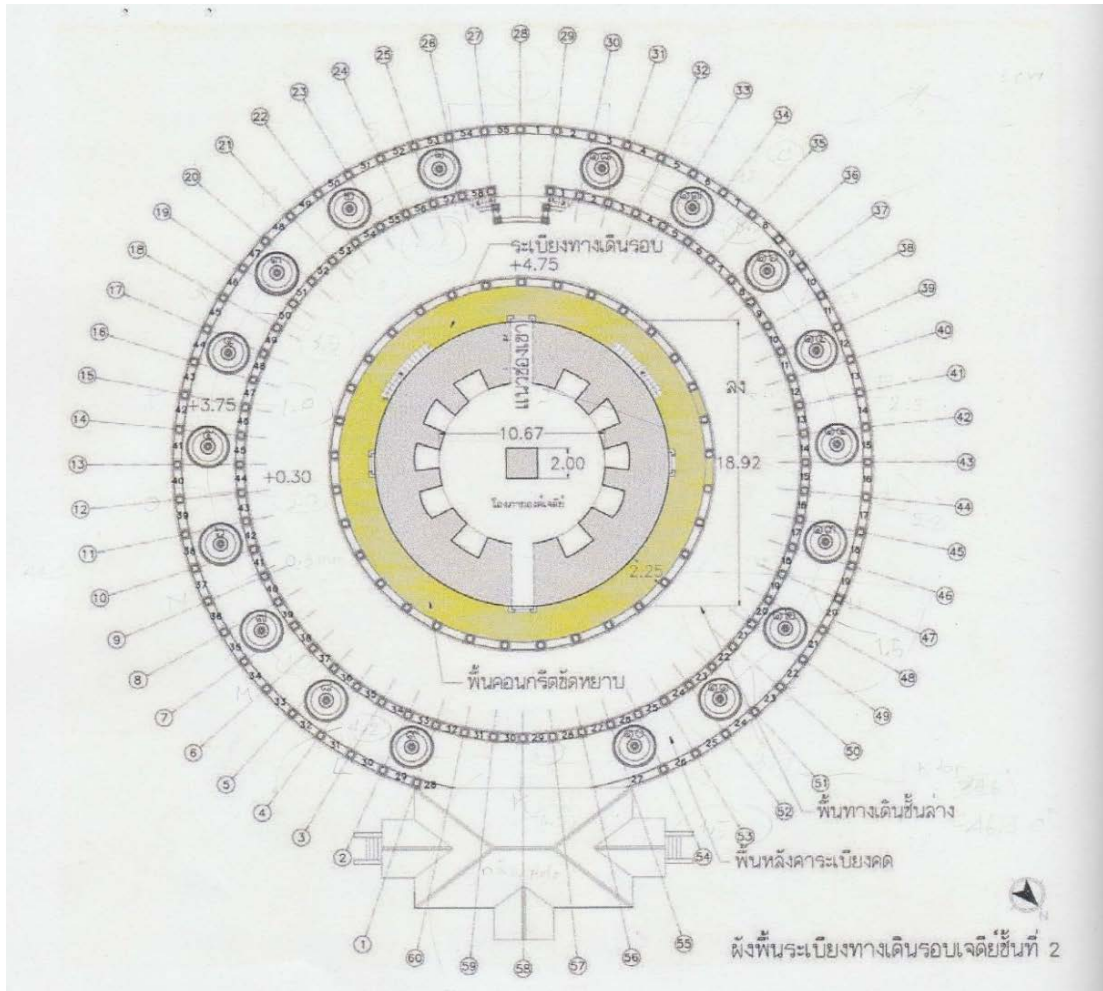
2.2.2.1 งานวิศวกรรมโครงสร้างและพื้น กำหนดให้เทพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กพร้อมทำระบบกันซึม และวางท่อระบายความชื้นไม่ให้ขึ้นไปที่ผนังเจดีย์ เพื่อให้ความชื้นสามารถระบายออกได้ และป้องกันไม่ให้ความชื้นเข้าจากทางด้านนอกเจดีย์ ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาการทำลายผิวเจดีย์ รวมถึงการทำให้พื้นกระเบื้องบุผิวหลุดล่อน



ภาพที่ 2.5 แสดงผังพื้นเจดีย์ระดับพื้นชั้น 1 วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิที (2557:34)



ภาพที่ 2.6 แสดงผังพื้นหลังคาระเบียงคดชั้นที่ 2 วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิธิ (2557:35)



ภาพที่ 2.7 แสดงผังพื้นระดับทางเดินรอบเจดียงค์ใหญ่ วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร
 ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิธิ (2557:36)

2.3 รายละเอียดโครงการบูรณะพื้นผิวผนังโดยรอบองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์

2.3.1 งานผิวพื้นชั้นที่ 1

2.3.1.1 รื้อผิวพื้นแกรนิตรอบนอก (พื้น C) และรอบในระเบียงคด (พื้นที่ B) พร้อมเทคอนกรีตปรับระดับพื้นพร้อมทำระบบกันซึม Cement Base ของ Dribone หรือ Lanko 226 K11 Flex เชื่อมต่อระบบระบายน้ำภายในและโดยรอบองค์เจดีย์กับระบบระบายน้ำของวัดและปูพื้นหินแกรนิตเดิมใหม่ (ตามรูปแบบของเดิม) ส่วนที่แตกหรือชำรุดเสียหาย พร้อมยาแนวปูนและจัดทำจุดระบายความชื้นใต้พื้นทุกระยะ 3 เมตร รอบองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ โดยใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว เจาะรูด้านบน

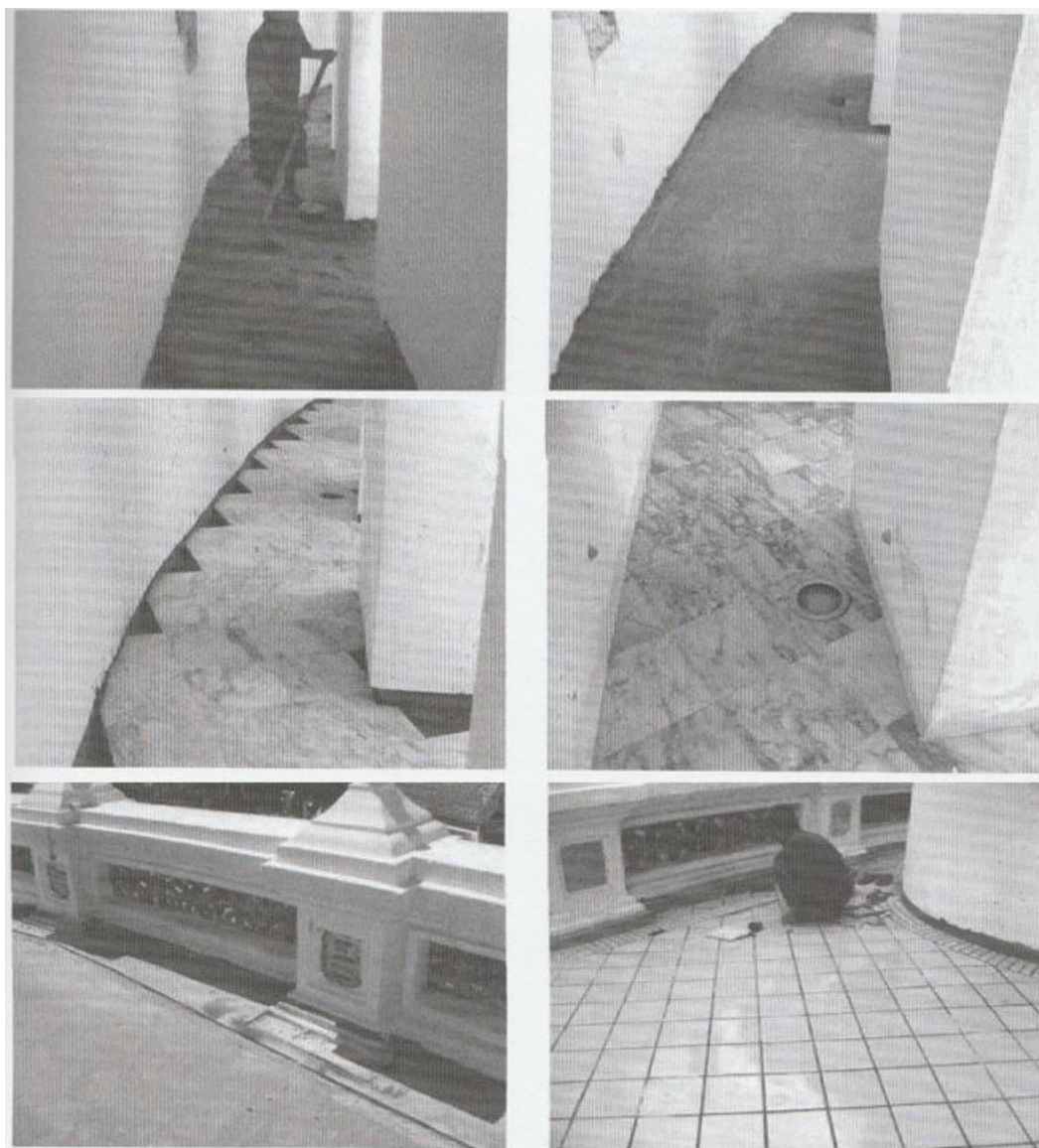


ภาพที่ 2.7 แสดงรื้อผิวพื้นแกรนิตรอบนอก วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถึ (2557:116)



ภาพที่ 2.8 แสดงการปูผิวพื้นแกรนิตรอบนอก วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถึ (2557:116)

2.3.1.2 ขัดทำความสะอาดพื้นทางเดินหินอ่อน (พื้น A) ภายในและภายนอกกระเปียงคดชั้น 1 ทั้ง 2 ด้านพร้อมลงแว็กซ์และจัดซ่อมหรือเปลี่ยนแผ่นพื้นหินอ่อนในส่วนชำรุดเสียหาย

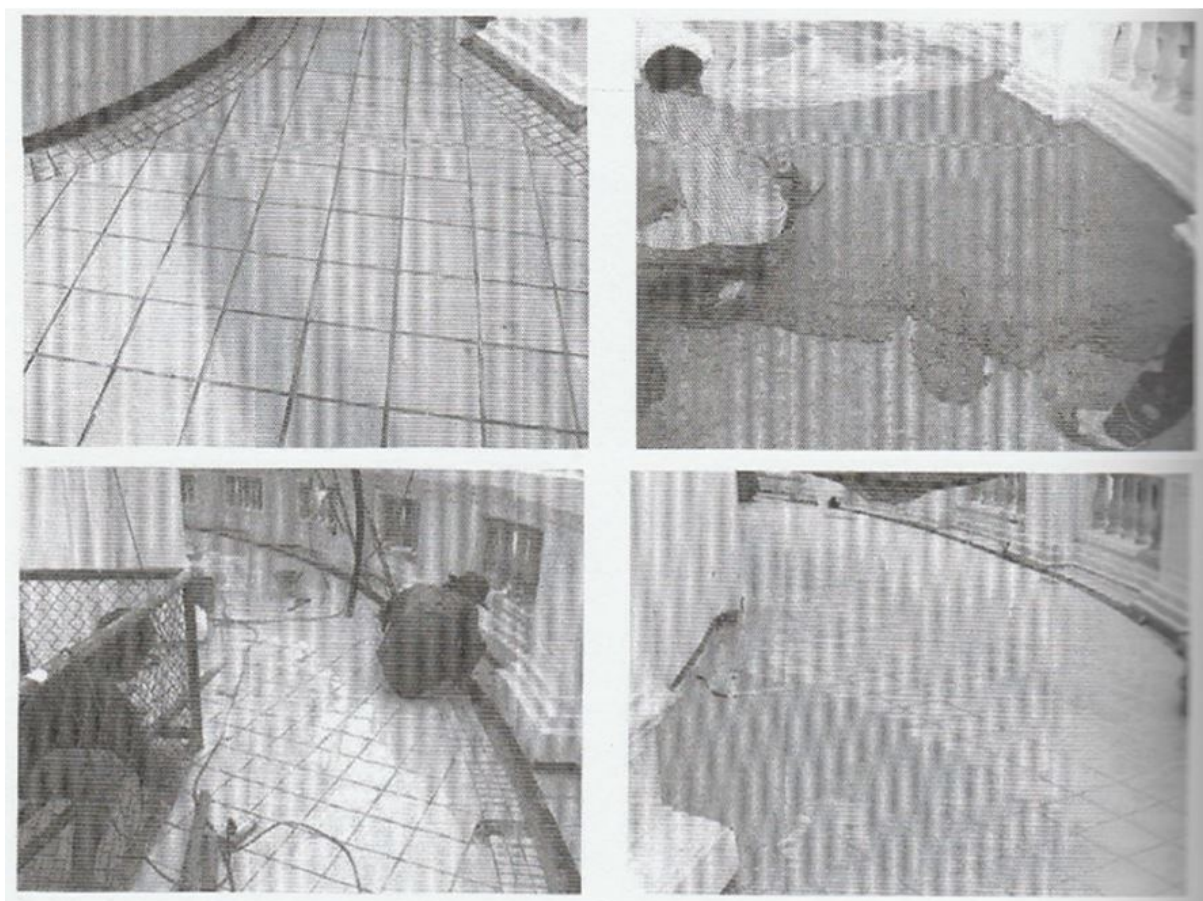


ภาพที่ 2.9 แสดงขัดทำความสะอาดพื้นทางเดินหินอ่อน (พื้น A) วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถึ (2557:117)

2.3.2 งานผิวพื้นชั้นที่ 2

2.3.2.1 ส่วนพื้นที่าเดินเหนือระบียงคค (พื้นที่ D) ทำความสะอาด ปรับระดับพื้นบางด้วยน้ำยาปรับระดับ พร้อมทำระบบกันซึมของ Dribone หรือ Lanko 226 K11 Flex โดยให้ทา 2 เที่ยว อัตราการใช้ที่ 3 กิโลกรัม/ต่อตารางเมตร หรือผลิตภัณฑ์ของ Vandex หรือเทียบเท่า ก่อนปูกระเบื้องเคลือบดินเผาเคลือบสีเทาด้วยปูนกาวจระเข้ทองหรือเทียบเท่า

2.3.2.2 ส่วนพื้นที่ทางเดินติดฐานองค์พระบรมธาตุ (พื้นที่ D) ทำความสะอาดปรับระดับพื้นบางด้วยน้ำยาปรับระดับพร้อมทำระบบกันซึมของ Dribone หรือ Lanko 226 K11 Flex โดยให้ทา 2 เที่ยว อัตราการใช้ที่ 3 กิโลกรัม/ต่อตารางเมตร หรือผลิตภัณฑ์ของ Vandex หรือเทียบเท่า ก่อนปูกระเบื้องเคลือบดินเผาเคลือบสีเทาด้วยปูนกาวจระเข้ทองหรือเทียบเท่า



ภาพที่ 2.10 แสดงการปรับระดับพื้นด้วยปูน (พื้น A) วัดประยูรวงศาवासรววิหาร
ที่มา: สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถึ (2557:118)

2.3.3 เมื่อบูรณะแล้วเสร็จ

วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร ในปีพ.ศ. 2548 ได้มีการบูรณปฏิสังขรณ์วัดส่งผลให้วัดได้รับรางวัลยอดเยี่ยม อันดับ 1 (Award of Excellence) โครงการบูรณปฏิสังขรณ์พระบรมธาตุมหาเจดีย์วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร ด้านการอนุรักษ์ทางวัฒนธรรมในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ขององค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (ยูเนสโก)



ภาพที่ 2.11 วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร เมื่อบูรณะแล้วเสร็จ

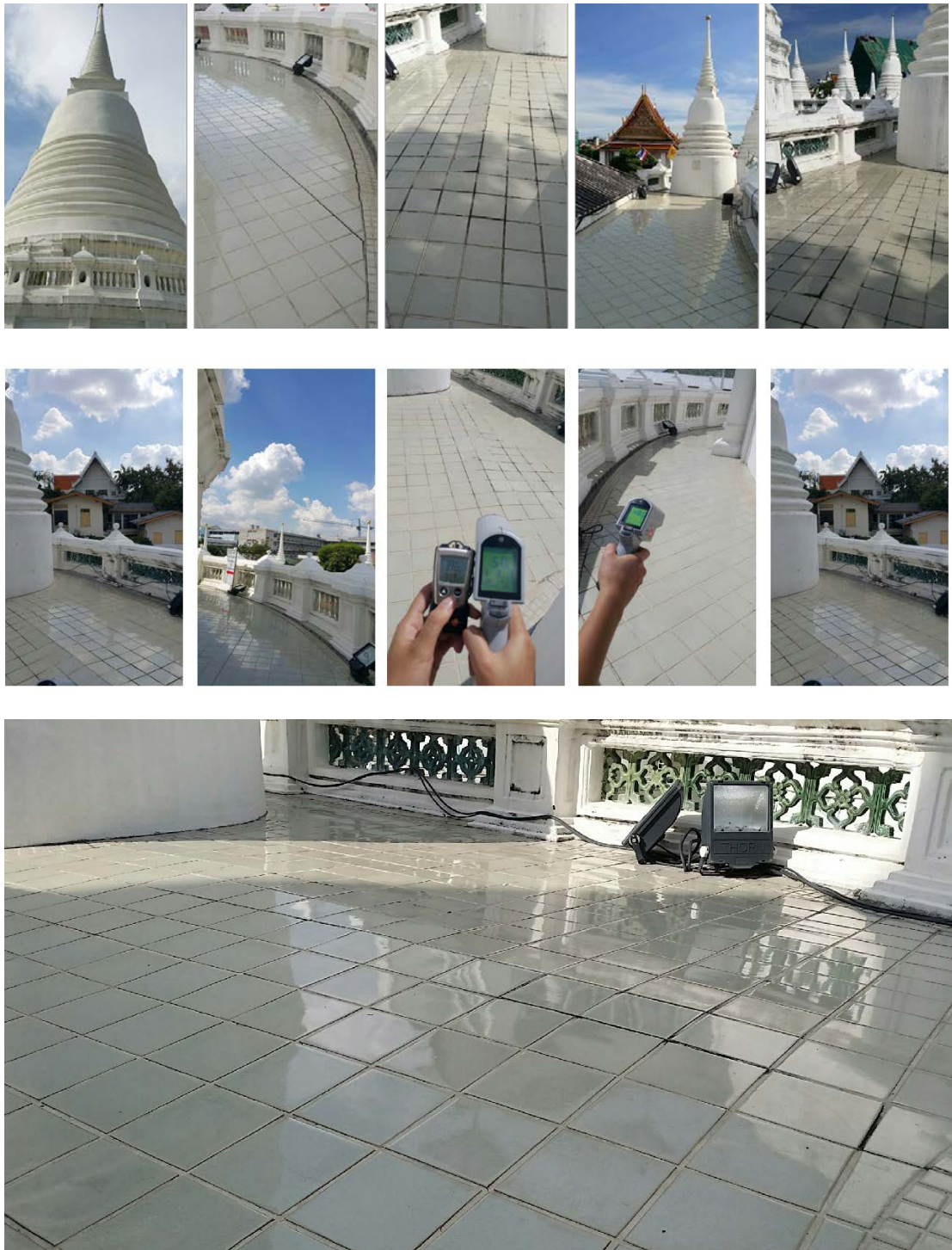
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

2.4 ปรากฏการณ์การเสื่อมสภาพของกระเบื้องปูพื้นทางเดินภายในรอบพระบรมธาตุมหาเจดีย์

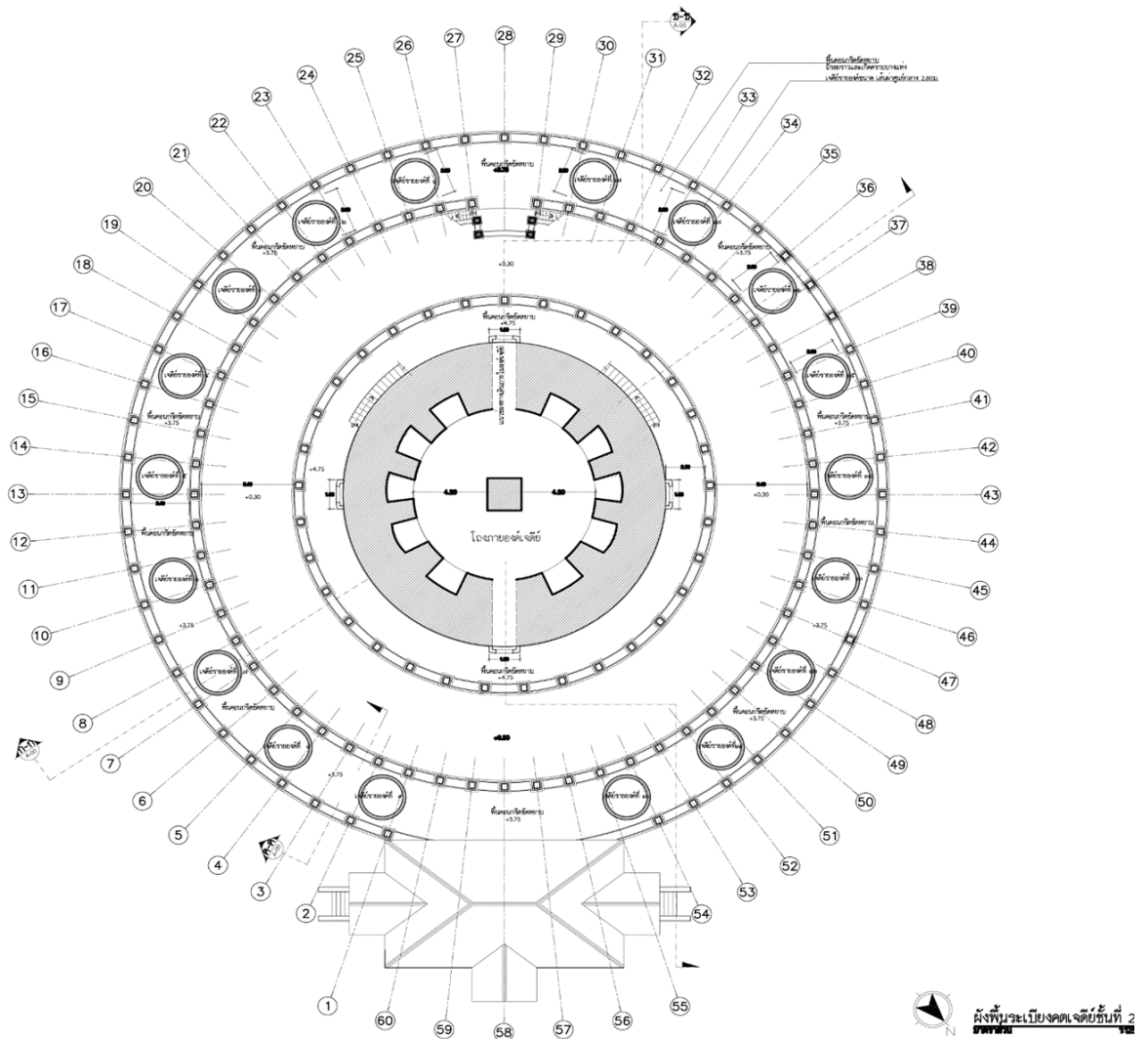
เมื่อการบูรณะผ่านไปได้ระยะหนึ่ง พื้นบริเวณระเบียงทางเดินรอบพระบรมธาตุมหาเจดีย์ เกิดการเสื่อมสภาพของกระเบื้องปูพื้น บริเวณระเบียงทางเดินหลังคาวิหารคด โดยพื้นกระเบื้องมีลักษณะนูน ปูดขึ้นเป็นแนวยาว ลักษณะเป็นกระดองเต่า และบางส่วนแตกล่อนเป็นแนววงแหวนรอบของพระบรมธาตุมหาเจดีย์ จึงเป็นที่มาของการศึกษาหาข้อมูลเพื่อให้ทราบสาเหตุของการเสื่อมสภาพของกระเบื้องปูพื้นรอบพระบรมธาตุมหาเจดีย์ บริเวณหลังคาระเบียงคดชั้นที่ 2 วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร ว่าสาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพมาจากปัจจัยใดบ้าง



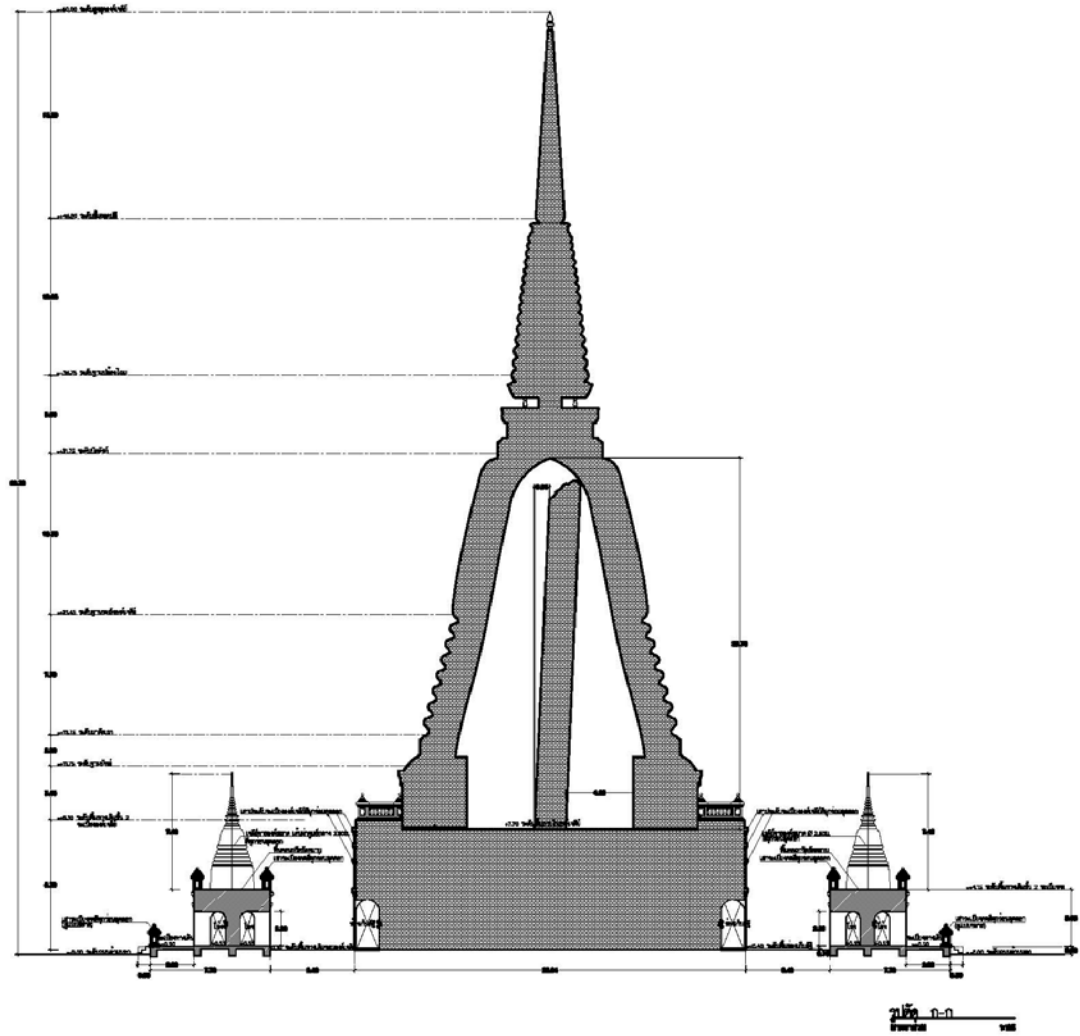
ภาพที่ 2.12 ประมวลภาพความเสียหายของกระเบื้องปูพื้นทางเดินหลังคาวิหารคดพระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)



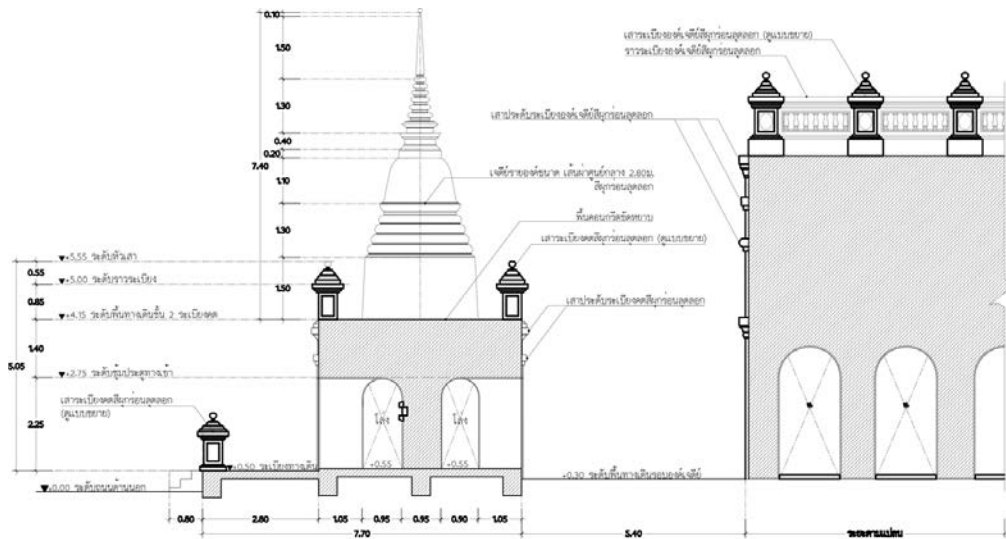
ภาพที่ 2.13 ความเสียหายของกระเบื้องปูพื้นทางเดินหลังคาวิหารคตพระบรมธาตุมหาเจดีย์หลัง
 บูรณปฏิสังขรณ์องค์พระธาตุเจดีย์และเจดีย์รายล้อม
 ที่มา: ผู้วิจัย (2559)



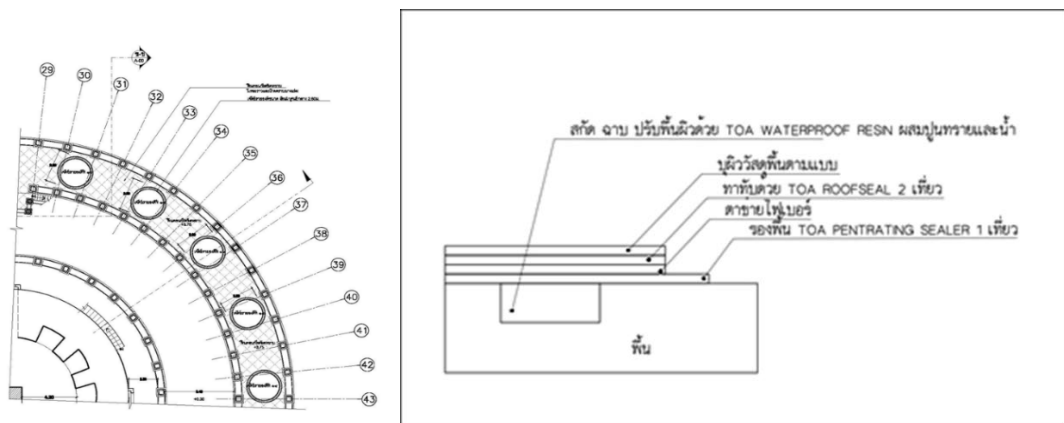
ภาพที่ 2.14 ผังพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา: ผู้วิจัย



ภาพที่ 2.15 ภาพตัดพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มาของภาพ : ผู้วิจัย



ภาพที่ 2.16 ภาพตัดพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มาของภาพ : ผู้วิจัย



ภาพที่ 2.17 แบบขยายแสดงชั้นผิวของวัสดุที่ใช้ในการซ่อมแซมผนังเจดีย์ที่แตกร้าว ชั้นที่ 2
ที่มาของภาพ : ผู้วิจัย



ภาพที่ 2.19 ลักษณะความเสียหายของกระเบื้องพื้นหลังการกระเบื้องคดชั้นที่ 2 หลังการบูรณะ
ที่มาของภาพ : ผู้วิจัย

2.5 สาเหตุของการเสื่อมสภาพของกระเบื้องอาคาร

2.5.1 สาเหตุภายใน (Intrinsic Factors)

การเสื่อมสภาพของกระเบื้องเนื่องจากส่วนประกอบเอง ได้แก่ คุณสมบัติของวัสดุ ก่อสร้าง ชนิดของวัสดุก่อสร้าง วัสดุที่เป็นฐานของสิ่งก่อสร้าง สถานที่ตั้ง ลักษณะโครงสร้าง และ น้ำหนักของโบราณสถาน หรือความผิดพลาดในการก่อสร้าง ศันสนีย์ ชวนะกุล (2528) กล่าวว่า คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างเป็นสาเหตุสำคัญในการเสื่อมสภาพของโบราณสถาน เช่นวิหาร และอุโบสถ มักเหลือเพียงส่วนที่เป็นพื้นและเสาเท่านั้น โครงสร้างไม้ และหลังคาจะไม่มีปรากฏ นอกจากการใช้ วัสดุก่อสร้างคุณภาพและชนิดต่างกัน เช่น ไม้ อีฐ ศิลาแลง ปูนปั้น ภายในโครงสร้างเดียวกันก็เป็น สาเหตุของการเสื่อมสภาพภายในด้วย

2.5.1.1 คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้าง วัสดุที่ใช้ในการบูรณะมีดังนี้

1. กระเบื้อง บปก. รุ่น เคลือบแก้ว คุณสมบัติขนาดแผ่น 15 x 15 เซนติเมตร ความหนา 0.7 เซนติเมตร กระเบื้องดินเผาเคลือบแก้วที่ทันสมัย โดยการนำดินธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมาบดให้ละเอียด เผาด้วยความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถึง 1,200 – 1,300 องศาเซลเซียส จนได้กระเบื้องดินเผาเคลือบแก้วที่มีคุณภาพสูง พื้นผิวเป็นมันวาว ไม่ปิดตัว แข็งแกร่ง ทนทาน ทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ และมีมิติที่งดงามแฝงด้วยมนต์เสน่ห์เฉพาะตัวแตกต่างกันไปในแต่ละแผ่น สีของกระเบื้องที่ได้จากการเผา มีทั้งในโทนสีเข้ม กลาง และอ่อน บ่งบอกได้ถึงความเป็นธรรมชาติของเนื้อดินทำให้เหมาะสำหรับปูพื้นที่
2. ปูนทราย (MORTAR) ควรผสมปูนทรายน้ำในอัตราส่วนน้ำ 1 ลิตร ปูน 4 กิโลกรัม และทราย 8-10 กิโลกรัม (ปริมาณน้ำสามารถปรับลดได้หากทรายมีความชื้นมาก)
3. กาวซีเมนต์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สะดวกรวดเร็ว เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ปรับระดับเรียบร้อยแล้วเพราะกาวซีเมนต์ก็คือส่วนประกอบ ของปูนซีเมนต์ ทราย และวัสดุผสมพิเศษอื่นๆ การปูกระเบื้องโดยใช้กาวซีเมนต์เหมาะสำหรับงานปูกระเบื้องที่ต้องการความเรียบร้อย เพิ่มการยึดเกาะ ลดปัญหาความชื้น และโอกาสเกิดราน้อยมาก

2.5.1.2 วิธีการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน เกิดภาวะการหลุดเป็นแผ่นจากการปูกระเบื้องที่ไม่ดี และมีช่องว่างโพรงอากาศใต้กระเบื้อง ทำให้มีความชื้นสะสมใต้กระเบื้อง จากการปูแบบซาลาเปา ปูแบบซาลาเปา ปูนไม่เต็มหน้า ตามขอบโปรง ปูนบนผิวปูนเก่า ไม่กะเทาะผิวเดิม ผิวปูนอาจเปื้อนน้ำยาทาแบบ หรือน้ำมัน ปูนบนพื้นผิวที่มันเกินไป มีแรงกดบนผิวกระเบื้องที่ปู ขณะที่ยังไม่แข็งแรงพอมิแรงสั่นสะเทือนขณะที่ปูนไม่แข็งตัว เช่นทำงานขณะที่มีการตอกเข็ม ปูนกาวไม่ได้คุณภาพ อากาศแห้งมาก ร้อนมาก ปูนแห้งก่อนปูนที่เป็นฐานรับ แข็งแรงไม่พอ หรือผสมปูนน้อยไป ฝีมือคนปูไม่ดี



ภาพที่ 2.20 การหลุดล่อนเป็นแผ่นจากวิธีการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน

ที่มา: บริษัท แชน-โกแบ็ง เวเบอร์ จำกัด. 2559ก

มาตรฐานของการปูกระเบื้อง วิธีการปูกระเบื้องมีหลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพื้นผิวที่จะติดตั้ง และความชำนาญของช่างที่จะติดตั้งด้วยซึ่งวิธีการหลักๆ มี 2 วิธี

1. การติดตั้งโดยใช้ปูนทราย (MORTAR) เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่ยังไม่ได้ทำการปรับระดับ และ ชัดมัน วิธีการติดตั้งโดยใช้ปูนทรายตรวจสอบกระเบื้องก่อนทำการปู ตรวจสอบเช็คชนิดของกระเบื้อง สีของกระเบื้องสีเดียวกันหรือไม่ ความโค้งอยู่ในค่าที่สามารถปูได้หรือไม่ ทำความสะอาดพื้นที่ที่จะทำการปูกระเบื้อง ตรวจสอบเช็คระดับโดยให้ความหนาสำหรับ เทส่วนผสมของปูนทราย (MORTAR) เพื่อปูกระเบื้องอยู่ระหว่าง 3-5 ซม. (ไม่รวมความหนาของกระเบื้อง) ถ้ามากหรือน้อยกว่าให้ทำการแก้ไข (ความหนาของปูนทราย อาจเปลี่ยนแปลงตามข้อจำกัดของพื้นที่ ซึ่งอยู่ในดุลพินิจของช่างปูกระเบื้อง) ผสมปูนทรายน้ำในอัตราส่วนน้ำ 1 ลิตร ปูน 4 กิโลกรัม และทราย 8-10 กิโลกรัม (ปริมาณน้ำสามารถปรับลดได้หากทรายมีความชื้นมาก) นำส่วนผสมดังกล่าวเทลงบนพื้นที่จะติดตั้งกระเบื้องทำการปรับให้ได้ระดับก่อนที่จะนำกระเบื้องลงติดตั้ง ปูตามแนวลูกศร ควรปูกระเบื้องไปในทิศทางเดียวกัน ตามแนวลูกศร หรือ สัญลักษณ์โลโก้ ด้านหลังของกระเบื้องใช้กาวซีเมนต์ผสมน้ำทาบนหลังกระเบื้อง หรือใช้น้ำยาประสานปูนทาบนหลังกระเบื้อง ยกกระเบื้องวางบนปูนที่เตรียมไว้ใช้ค้อนยางเคาะเบาๆ ให้ได้ระดับ ทำการจัดวางแผ่นกระเบื้องและแนวรอย ต่อให้อยู่ในแนวเดียวกันเว้นร่องยาแนวอย่างน้อย 2-3 ซม. (ควรใช้ Spacer อุปกรณ์จัดแนวกระเบื้อง) เมื่อปูทั้งหมดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทิ้งให้ปูนเซ็ทตัว ประมาณ 72 ชั่วโมง ก่อนทำการยาแนวหลังปูนเซ็ทตัว

ให้ทำการยาแนวเพื่อ ป้องกันสิ่งสกปรกตกค้างตามร่องกระเบื้อง โดยทำความสะอาดรอยต่อของกระเบื้องด้วยการใช้เหล็กแหลมหรือแปรงแข็ง ต่อจากนั้นให้ใช้วัสดุยาแนวอัดให้เต็มแน่นเพื่อไม่ให้มีฟองและโพรงอากาศ หากมีเศษยาแนวล้นออกมาให้เช็ดออกด้วยผ้าหมาดๆก่อนที่ปูนยาแนวจะแข็งตัว

1) ข้อควรระวัง ไม่ควรติดตั้งกระเบื้องโดยวิธีแบบซาลาเปา หรือปูนเปียก เนื่องจากกระเบื้องมีน้ำหนักมากอาจทำให้เกิดการยุบตัวไม่เท่ากัน และมีโพรงอากาศเป็นช่องว่างใต้พื้นกระเบื้องมีผลทำให้กระเบื้องหลุดล่อน และ แดงง่าย

2) ส่วนผสมของปูน MOTAR ซีเมนต์ขาว น้ำยาประสานปูน และ วัสดุยาแนว โปรดสอบถามบริษัทผู้ผลิตเพื่อป้องกันการผิดพลาดภายหลัง

3) เพื่อรักษาความสวยงามของกระเบื้องหลังทำการติดตั้งเสร็จควรคลุมด้วยพลาสติก หรือ กระดาษลูกฟูก เพื่อป้องกันรอยขีดข่วนและคราบสกปรก

4) ก่อนเปิดใช้งานควรทำความสะอาดคราบ (WAX) โดยใช้ผงขัดแว็กซ์ ปูนขาว หรือผงยิปซัม ล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำยาทำความสะอาดที่เป็นกลาง ไม่ควรใช้น้ำยาที่มีส่วนผสมของกรดต่างๆเช่น กรดไฮคลอริก(กรดเกลือ)กรดไนตริก (กรดดินประสิว) กรดซัลฟิวริก(กรดกำมะถัน) กรด ไฮฟลูออริก (กรดกัดกระจก)และไม่ควรใช้สารเคมีประเภทไอโซโพรพิล (แอลกอฮอล์) ในการทำความสะอาด

2. การติดตั้งโดยใช้กาวซีเมนต์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สะดวกรวดเร็ว เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ปรับระดับเรียบร้อยแล้วเพราะกาวซีเมนต์ก็คือส่วนประกอบ ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย และ วัสดุผสมพิเศษอื่นๆ การปูกระเบื้องโดยใช้กาวซีเมนต์เหมาะสำหรับงานปูกระเบื้องที่ต้องการความเรียบร้อย เพิ่มการยึดเกาะ ลดปัญหาความชื้น และโอกาสเกิดราน้อยมาก

1) ตรวจสอบกระเบื้องก่อนทำการปู ตรวจสอบเช็คชนิดของกระเบื้อง สีของกระเบื้องสีเดียวกันหรือไม่ ความโค้งอยู่ในค่าที่สามารถปูได้หรือไม่ หากพบสิ่งผิดปกติให้ติดต่อเจ้าหน้าที่ฝ่ายขายทันที

2) ทำความสะอาดพื้นที่ที่จะทำการปูกระเบื้อง

3) ตรวจสอบเช็คระดับพื้นที่ที่จะทำการปูกระเบื้องให้ได้ระดับตามความต้องการ ถ้ามามากกว่าหรือน้อยกว่าให้ทำการแก้ไข

4) ผสมกาวซีเมนต์ตามส่วนและวิธีของผู้ผลิตกาวซีเมนต์ โดยทั่วไป กาวซีเมนต์ 1 ถู (15-20 กก.) ต่อน้ำ 3-5ลิตรแล้วแต่ตราผลิตภัณฑ์ระบุ

5) เทกาวซีเมนต์ลงบนพื้นให้เพียงพอสำหรับกระเบื้องที่จะติดตั้ง ใช้เกรียงหวีฟันปลาปาดให้เป็นร่องให้ทั่วรวมถึงบริเวณหลังแผ่นกระเบื้องที่ จะติดตั้งด้วย(เบอร์ของหวี แล้วแต่รุ่นยี่ห้อ กาวซีเมนต์ที่ใช้)จากนั้นนำกระเบื้องปูลงบนกาวซีเมนต์โดยปูตามแนวลูกศรหลัง กระเบื้อง เคาะด้วยค้อนยางเบาๆเพื่อให้ได้ระดับ

6) ทำการจัดงานแผ่นกระเบื้องและแนวร่องรอยต่อให้อยู่ในแนวเดียวกัน โดยมีร่องระหว่างรอยต่อ 2-3 ม.ม. เมื่อวางแผ่นกระเบื้องเต็มพื้นที่แล้ว ควรปล่อยให้กาวยาซีเมนต์เซ็ทตัว (ตามกำหนดระยะเวลาของกาวยาซีเมนต์ที่เลือกใช้) โดยในระหว่างนี้ควรทำความสะอาดกระเบื้องแล้ว ป้องกันด้วยแผ่นพลาสติก POLYGENE SHEET และกระดาษลูกฟูกหรือไม้อัดตามแต่สภาพหน้างาน เพื่อให้การก่อสร้างส่วนอื่นๆสามารถทำต่อไปได้โดยพื้นผิวไม่เสียหาย

7) หลังปูนเซ็ทตัวให้ทำการยาแนวเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกตกค้างตามร่องกระเบื้อง โดยทำความสะอาดรอยต่อของกระเบื้องด้วยการใช้เหล็กแหลมหรือแปรงแข็ง ต่อจากนั้นให้ใช้วัสดุยาแนวอัดให้เต็มแน่นเพื่อไม่ให้มีฟองและโพรงอากาศ หากมีเศษยาแนวล้นออกมาให้เช็ดออกด้วยผ้าหมาดๆก่อนที่จะปูนยาแนวจะแข็งตัว

8) ข้อจำกัด พื้นที่ที่จะทำการปูกระเบื้องควรได้ระดับที่ดี วัสดุที่ใช้ในการปูควรเป็นกาวยาซีเมนต์ พร้อมด้วยเกรียงหวี ข้อดีของการปูโดยใช้กาวยาซีเมนต์

8.1) ช่างปูกระเบื้องสามารถปูพื้นที่ได้มากกว่าวิธีอื่น 2 เท่า

8.2) สะดวกในการปู เพียงแต่ผสมด้วยน้ำในถังผสม ก็สามารถนำไปใช้ปู

ได้ โดยไม่ต้องใช้ผู้ช่วย

8.3) การยึดเกาะดีกว่าปูนทรายเมื่อแข็งตัวถึง 4 เท่า

8.4) วัสดุที่ใช้เต็มด้านหลังแผ่นกระเบื้อง ไม่มีปัญหาหลุดล่อน

8.5) ฐานรากของอาคารรับน้ำหนักน้อยกว่า เพราะความหนาของกาวยาซีเมนต์เพียง 3 - 5 ม.ม.

8.6) โอกาสเกิดเชื้อรา และปัญหาน้ำเหินยวมีน้อย เพราะความชื้นใต้แผ่นกระเบื้องน้อยกว่าวิธีดั้งเดิม

8.7) สามารถทำการยาแนวได้ภายใน 24 ชม. โดยไม่ต้องรอให้ความชื้นระเหย ซึ่งการปูแบบดั้งเดิมใช้เวลาถึง 3 - 4 วัน

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลเปรียบเทียบคุณสมบัติการใช้วัสดุสำหรับงานติดตั้งกระเบื้อง

คุณสมบัติทางกายภาพ	การติดตั้งแบบปูนทราย (MORTAR)	การใช้กาวซีเมนต์ทั่วไป (CBA)
1. แรงยึดเกาะ (Shear Bond Strength)	3.5 kg/cm ²	19 kg/cm ²
2. การรับแรงกดอัด (Compressive Strength)	28 kg/cm ²	119 kg/cm ²
3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	14 - 16 %	6 - 8 %
4. ความทนทานต่อแรงกระแทก (Shock / Impact Resistance)	น้อย	ดี
5. ความหนาของชั้นปูน	หนา 20 - 50 ม.ม.	หนา 3 - 5 ม.ม.
6. จำนวนพื้นที่ที่ปูได้	7 - 10 m ²	15 - 30 m ²
7. แผ่นกระเบื้องต้องแช่น้ำก่อนปู	จำเป็น	ไม่จำเป็น
8. การสกัดพื้นผิวที่เรียบ	จำเป็น	ไม่จำเป็น
9. ระยะเวลาที่ใช้ในการเซ็ทตัว	ต่ำสุด 24 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
10. ระยะเวลาก่อนทำการยาแนว	อย่างน้อย 3 - 4 วัน	24 ชั่วโมง

ที่มา: วิทยาลัยเทคนิคสตัทท์. 2559

3. การปูกระเบื้องทับพื้นเดิม การปูวิธีนี้ควรใช้กาวซีเมนต์ชนิดพิเศษปู หรือใช้น้ำยาที่ช่วยเพิ่มแรงยึดเกาะผสมกับกาวซีเมนต์ทั่วไป (ไม่ควรใช้ปูนซีเมนต์ผสมทราย) การปูกระเบื้องบนพื้นไม้ พื้นเหล็ก ยิบซัมบอร์ด แผ่นซีเมนต์ใยหิน สามารถหาซื้อกาวซีเมนต์ที่พิเศษเฉพาะงาน ได้ตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งมีหลายประเภทให้เลือกตามความต้องการ การปูพื้นที่ ที่ทนต่อสารเคมี ห้องอบไอน้ำ ห้องแช่แข็ง ฯลฯ จะต้องใช้กาวชนิดพิเศษเท่านั้น เช่น กาว อีพอกซี กรรมวิธีการใช้ หรือส่วนผสมจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับข้อแนะนำ ของผู้ผลิตแต่ละราย และควรใช้ยาแนวอีพอกซี สำหรับงานยาแนวด้วย

4. แนวร่องขยาย (Movement Joints)

1) สำหรับการปูกระเบื้องบุผนังภายในอาคาร ตำแหน่งของแนวร่องขยาย (Movement Joints) ควรเป็น

- 1.1) ตำแหน่งตรงกับแนวเชื่อมต่อ ที่มีอยู่แล้วที่ผนัง
- 1.2) จุดต่อของกระเบื้องกับวัสดุอื่น
- 1.3) จุดต่อของวัสดุต่างชนิดกัน
- 1.4) ในพื้นที่กว้าง ควรกำหนดจุดทุกๆ 7-10 เมตร ตามแนวระดับ และ

แนวตั้ง ตามลำดับ

2) สำหรับการปูกระเบื้องบุผนังภายนอกอาคาร ตำแหน่งของแนวร่องขยาย (Movement Joints) ควรเป็น

- 2.1) ตำแหน่งตรงแนวเชื่อมต่อ ที่มีอยู่แล้วที่ผนัง
- 2.2) จุดต่อของกระเบื้องกับวัสดุอื่น
- 2.3) จุดต่อของวัสดุต่างชนิดกัน
- 2.4) แต่ละชั้นของตึก ตามแนวระดับและตามแนวตั้งที่ทุกระยะประมาณ

3 - 4.5 เมตร

2.5) ตามมุมตึก โดยอยู่ในระยะ 0.25 เมตร ถึง 1 เมตร จากมุมนั้น

3) สำหรับการปูพื้นที่ทั้งภายในและภายนอกอาคาร

- 3.1) ตำแหน่งของแนวร่องขยายตรงกับแนวต่อ ของฐานและคานรับ
- 3.2) รอบพื้นที่ และรอบสิ่งติดตั้งบนพื้นนั้น เช่น เครื่องจักร และอุปกรณ์

ต่าง ๆ เป็นต้น

3.3) ในพื้นที่กว้าง ในทุกระยะ 7-10 เมตร ตามความกว้าง และความยาว

3.4) กรณีพื้นที่รับการสั่นจรมาก ขอบของ Movement Joints อาจต้อง

ใช้เส้นโลหะติดป้องกันไว้ด้วย

5. การเทคอนกรีตปรับระดับผิวพื้น

1) แบบเชื่อมสนิท (Monolithic Construction) เทคอนกรีตปรับระดับ มีความหนา 12 - 25 มม. ภายใน 3 ชม. หลังจากเทคอนกรีต

2) แบบไม่มีชั้นประสาน (Unbonded Construction) เทปูนปรับระดับ อย่างน้อย 50 มม. หรือ 65 มม. ในกรณีที่มีท่อน้ำ ท่อร้อยสายไฟ หรือท่อนำความร้อนอยู่ด้วย

3) แบบไม่มีชั้นประสาน (Separated or Bonded Construction) โดยใช้น้ำยาเพิ่มการยึดเกาะ ผสมกับซีเมนต์ ในอัตราส่วน 1 : 2 เททับผิวคอนกรีตพื้นล่าง แล้วเทปูนปรับระดับ หนาอย่างน้อย 40 มม. ทับในขณะที่คอนกรีตยังเปียกอยู่ คือประมาณ 3 ชม. หลังจากเทคอนกรีต

4) แบบลอยตัว (Floating Construction) เทปูนปรับระดับหนาอย่างน้อย 65 มม. หรือ 75 มม. ในกรณีที่มีท่อน้ำ ท่อร้อยสายไฟ หรือท่อนำความร้อนอยู่ด้วย โดยเททับบนชั้นของวัสดุยึดหยุ่น ที่ใช้กันความร้อน หรือกันเสียง

6. ข้อเสนอแนะในการปูพื้นด้วยกระเบื้องเซรามิกส์

1) ต้องมั่นใจว่าพื้นที่ที่จะปูกระเบื้องนั้นได้ทำความสะอาดเป็นที่เรียบร้อย ไม่มีคราบฝุ่น น้ำมัน รอยสกปรกติดอยู่ ตลอดจนไม่ลืมหันตราวจเช็คระดับพื้น หรือแนวระนาบของผนังที่จะปู ถ้าไม่ได้ระดับ หรือระนาบควรตกแต่ง หรือปรับให้ได้แนวที่ต้องการ

2) พื้นที่ที่จะปูกระเบื้อง ต้องแห้ง ไม่มีความชื้น หากเป็นพื้นหรือผนังคอนกรีตนั้น พื้นที่ที่จะปูกระเบื้องได้ต้องทิ้งไว้ให้แห้งหลังการเทพื้นหรือฉาบแล้วอย่างน้อยเป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ จนแน่ใจว่าพื้นไม่มีน้ำความชื้นแล้วจึงเริ่มลงมือปูกระเบื้องได้ครับ เพราะหากพื้นที่ที่จะปูกระเบื้องมีความชื้นอยู่จะมีผลทำให้แรงยึดกันระหว่างพื้นและวัสดุปูพื้นอ่อนลง สำหรับพื้นที่ชั้นล่างที่อยู่ติดพื้นดิน ควรรองพื้นด้วยแผ่นพลาสติก และปูนซีเมนต์ผสมทรายที่จะทำการเทพื้นปรับระดับควรผสมน้ำยากันซึม เพื่อป้องกันความชื้นซึมขึ้นมาตามร่องยาแนว หรือผิวของกระเบื้อง

3) ในการปูกระเบื้อง นั้น ควรเว้นร่องประมาณ 1-3 มม. เพื่อป้องกันปัญหาการโก่งแอ่นหลังจากการปูและใช้งาน ในการปูกระเบื้องในปัจจุบันนั้นมีวัสดุประสานอยู่สองชนิดใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ ใช้กาวซีเมนต์ หรือปูนซีเมนต์ตามอัตราส่วน (ยกเว้นการปูกระเบื้องทับพื้นเดิม ซึ่งควรใช้กาวซีเมนต์ชนิดพิเศษปู หรือใช้น้ำยาที่ช่วยเพิ่มแรงยึดเกาะผสมกับกาวซีเมนต์ทั่วไป ไม่ควรใช้ปูนซีเมนต์ผสมทรายเพียงอย่างเดียว) ในการปูพื้นกระเบื้องใหม่ แนะนำให้ใช้ปูนกาวซีเมนต์ เนื่องจากมีความแข็งแรงทนทานสามารถยึดเกาะได้ดีรวมทั้งสะดวกและรวดเร็ว เมื่อเตรียมการเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงปูกระเบื้องโดยเริ่มปูจากแนวที่ติดผนัง 1 แนว จัดกระเบื้องให้ลงตัว และตีแนวกระเบื้องที่ผนัง (บรรดาช่างมักจะเรียกกรรมวิธีนี้ว่าตีปีกเต้า) แล้วปูกระเบื้องจากพื้นขึ้นไปถึงจุดที่จะหยุดกระเบื้อง 1 แถว เพื่อให้กระเบื้องลงตัวไม่เหลือเศษบนและล่าง เสร็จแล้วจึงปูกระเบื้องตามแนวที่วางไว้

4) เมื่อปูกระเบื้องเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะต้องทิ้งให้ซีเมนต์แห้งอย่างน้อย 24 ชม. แล้วจึงยาแนวโดยปาดตามแนวเฉียงกับร่องกระเบื้อง เพื่อให้ตัวยาแนว ลงร่องอย่างสม่ำเสมอ ข้อสำคัญคือต้องไม่ลืมทำความสะอาดร่องระหว่างกระเบื้อง ก่อนการยาแนว เมื่อยาแนวเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ควรที่จะต้องทิ้งพื้นที่ดังกล่าวไว้ 1 อาทิตย์ก่อนการใช้งาน โดยทำความสะอาดกระเบื้องหลังจากปูเสร็จแล้ว 24 - 36 ชั่วโมง และหลังจากพื้นกระเบื้องแห้ง ทำการเช็ดผิวของกระเบื้องอีกครั้งด้วยผ้าสะอาด

7. หมายเหตุ

1) การใช้กาวยาซีเมนต์ควรทำตามวิธีของบริษัท ผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อเท่านั้น โดยสอบถามและศึกษาวิธีใช้ของผู้ผลิตนั้นๆ และควรสังเกตว่ากาวยาซีเมนต์ที่ เลือกใช้หมดอายุหรือยัง โดยปกติกาวยาซีเมนต์จะมีอายุประมาณ 3 เดือนนับจากวันที่ผลิต การใช้กาวยาซีเมนต์ที่หมดอายุ อาจจะทำให้ กระเบื้องที่ติดตั้งหลุดร่อนได้ในภายหลัง

2) ก่อนเปิดใช้งานควรทำความสะอาดคราบ(WAX)โดยใช้ผงขัดแว็กซ์ ปูนขาว หรือผงยิปซัม ล้างด้วยน้ำสะอาดหรือน้ำยาทำความสะอาดที่เป็นกลาง ไม่ควรใช้น้ำยาที่มีส่วนผสมของกรดต่างๆ เช่น กรดไฮคลอริก(กรดเกลือ)กรดไนตริก(กรดดินประสิว)กรดซัลฟิวริก(กรดกำมะถัน)กรด ไฮฟลูออริก(กรดกัดกระจก)และไม่ควรใช้สารเคมีประเภทไฮโซโพรพิล(แอลกอฮอล์)ในการทำความสะอาด

8. วิธีตรวจสอบงานปูกระเบื้อง

1) ความสวยงาม กระเบื้องที่มีสีสันทันและลวดลายแบบเดียวกัน ควรปูแล้วดูกลมกลืนกัน ไม่ควรมีแผ่นใดแผ่นหนึ่งมีสีผิดเพี้ยน เด่น สะดุดตาขึ้นมา แนวขอบกระเบื้องหรือแนวร่องต้องเป็นเส้นตรง ไม่บิดเบี้ยว เฉ เอียง ซึ่งตรวจสอบได้ โดยการใช้เชือกขึงดู ระยะของร่องยาแนวควรอยู่ระหว่าง 1 - 3 มม. ไม่ควรห่าง จนเกินไป

2) ความราบเรียบ กระเบื้องทุกแผ่นต้องเรียงอยู่ในระดับเสมอเท่ากับแผ่นข้างเคียง ถ้าเป็นผนัง ตรวจสอบได้โดยการใช้มือลูบ ถ้าเป็นพื้น ตรวจสอบได้โดยการใช้เหรียญวางแนบลงระหว่างรอยต่อของแผ่นถ้าสามารถกดเหรียญแล้วกระดกได้ แสดงว่ากระเบื้อง 2 แผ่นนั้นปูไม่ได้ระดับเสมอกัน

3) ระดับความลาดเอียงของพื้น ควรมีระนาบเอียงไปสู่ตำแหน่งที่ให้น้ำไหลระบายลงไปได้ เช่น ขอบพื้น หรือรูท่อระบายน้ำทิ้ง ตรวจสอบได้โดยการทดลองราดน้ำลงที่พื้นให้เปียกอย่างทั่วถึง แล้วสังเกตทิศทางไหลของน้ำ และดูว่ามีบริเวณใดที่มีน้ำไหลไปรวมกันเป็นแอ่ง

4) การยาแนวร่อง ควรใช้ปูนซีเมนต์ขาว หรือกาวยาแนว ร่องยาแนวที่เรียบ ร้อย ต้องดูเนียนเรียบ ไม่มีเศษปูนล้นร่อง ไม่มีก้อนปูนขรุขระ ไม่มีรูเล็กรูน้อย ซึ่งอาจกลายเป็นที่อยู่อาศัย ของมด แมลงได้ ตรวจสอบได้โดยการใช้นิ้วลูบตามแนวร่อง

5) วัสดุที่ใช้ปู ต้องแน่ใจว่ามีการรองพื้นคอนกรีตด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อกันความชื้นแล้ว และพื้นปูนทรายปรับระดับได้ มีการผสมน้ำยากันซึมไว้ด้วยแล้ว- ควรใช้ปูนซีเมนต์ขาว หรือกาวปูเซรามิก เพื่อการยึดเกาะที่ดี และ ป้องกันปัญหาเรื่องความชื้น หรือเชื้อรา- วัสดุที่ใช้ต้องปาดให้เรียบเต็มแผ่นกระเบื้องเพื่อการยึดเกาะเต็มที่ และเพื่อความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก- ตรวจสอบได้โดยการเคาะเบา ๆ ด้วยของแข็ง แล้วฟังเสียงดูว่าใต้กระเบื้องโปร่งหรือไม่

9. เทคนิคการตรวจสอบเมื่อกระเบื้องปูเสร็จเรียบร้อย อุปกรณ์เบื้องต้นที่ใช้งาน การตรวจสอบการปูกระเบื้อง

- 1) ไม้หรือเหรียญโลหะ เคาะกระเบื้อง
- 2) ถังใส่น้ำ

10. ขั้นตอนและวิธีการตรวจสอบงานปูกระเบื้อง

1) วิธีการปูกระเบื้อง เพื่อจะให้ทราบว่าจะช่างได้ปูกระเบื้องได้ตามมาตรฐานหรือไม่ เป็นโพรงหรือกลวง คือ ใช้ไม้เคาะหรือเหรียญโลหะเคาะลงไปแผ่นกระเบื้อง หากมีเสียงก้องและกลวงๆ หมายความว่าปูกระเบื้องได้ไม่ดี และปูนไม่เต็มหน้ากระเบื้องต้องแก้ไขโดยการปูใหม่

2) ความสวยงามของการปู กระเบื้องที่ใช้ต้อง เป็นกระเบื้องที่ผลิตรอบเดียวกันเท่านั้น การใช้กระเบื้องคนละรอบการผลิต ในห้องเดียวอาจได้กระเบื้องสีเพี้ยน สีไม่เหมือนกันได้ สิ่งสำคัญคือต้องตรวจสอบว่ามีรอยบิ่น แตก หรือมีรอยร้าวหรือไม่ หากมีต้องให้เปลี่ยนใหม่

3) ความเรียบเสมอรหว่างแผ่นกระเบื้อง การตรวจสอบแบบง่ายที่สุด คือ สังเกตด้วยตาเปล่าและใช้มือลูบกระเบื้องทุกแผ่นต้องเรียงอยู่ในระดับเสมอเท่ากับแผ่นข้างเคียง ถ้าเป็นกระเบื้องผนัง ตรวจสอบได้โดยการใช้มือลูบ ถ้าเป็นกระเบื้องพื้น ตรวจสอบได้โดยการใช้เหรียญวางแนบลงระหว่างรอยต่อของแผ่นถ้าสามารถกดเหรียญแล้วกระดกได้ แสดงว่ากระเบื้อง 2 แผ่นนั้นปูไม่ได้ระดับเสมอกัน

4) ตรวจร่องยาแนวและสียาแนว ระยะห่างของกระเบื้องแต่ละแผ่นอย่างน้อย 2-3 มม. และช่องห่างนี้จะใช้ปูนยาแนวเป็นตัวปิด ปูนยาแนวที่ใช้สีจะใกล้เคียงกับสีกระเบื้อง ในการตรวจยาแนวกระเบื้องนั้นต้องตรวจว่ายานแนวเต็มร่องกระเบื้องหรือไม่ และสียาแนวเหมือนกันหรือไม่ ในส่วนกระเบื้องห้องน้ำแนะนำให้ยาแนวชนิดกันเชื้อราเท่านั้น

5) ความลาดเอียงของพื้น ส่วนนี้ใช้ตรวจสอบกระเบื้องในห้องน้ำระเบียง หรือลานซักล้างที่ต้องอาศัยการลาดเอียงในการระบายน้ำ วิธีทดสอบอย่างง่ายที่สุด คือ นำถังน้ำใหญ่ใส่น้ำแล้วลาดน้ำลงพื้น เพื่อตรวจสอบว่าน้ำขังหรือไม่

อุดมสุข เล็กสงวนศักดิ์ (2559) กล่าวว่าทั้ง 5 ขั้นตอนเป็นการตรวจสอบในเบื้องต้น เพื่อให้เราสามารถตรวจสอบว่ากระเบื้องที่ช่างได้ปูให้มีมาตรฐานที่ดีและมีเทคนิคการปูเหมาะสม ช่วยให้พื้นกระเบื้องมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

2.5.1.3 กระจกแตกเป็นแนวยาว เกิดจากการทรุดตัวของพื้นอาคาร หรือการเอียงตัวของโครงสร้าง โดยในกรณีนี้ กระจกอาจไม่หลุดออกมา แต่แตกต่อเนื่องเป็นแนวยาว



ภาพที่ 2.21 การแตกร้าวเป็นแนวยาวจากโครงสร้าง
ที่มา: บริษัท แชน-โกแบ็ง เวเบอร์ จำกัด. 2559ข

2.5.2 สาเหตุภายนอก (Extrinsic Factors)

เป็นกระบวนการเสื่อมสภาพของโบราณสถานที่เกิดขึ้นจากการกระทำของสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งแบ่งได้เป็น สภาวะแวดล้อมทางธรรมชาติ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ เช่น ลักษณะภูมิอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด ลม น้ำใต้ดิน ก๊าซ สารเคมีที่ปนอยู่ในบรรยากาศ ฝุ่นละออง คิววัน เกลือ เป็นต้น และปัจจัยทางชีวภาพ เช่น สาหร่าย ไลเคน หรือพืชชนิดอื่นๆ ที่เจริญเติบโตบนโบราณสถาน และสัตว์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณโบราณสถาน เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ แต่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของโบราณสถานในระยะยาว

คันสนีย์ ชวนะกุล (2528)

2.5.2.1 การดัน โกงตัวของวัสดุ การยืด-หดตัวของวัสดุ เพราะอากาศที่แตกต่างและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เป็นหนึ่งในสาเหตุการแตกร้าวของกระจก เมื่ออุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วจะทำให้วัสดุหดตัว ทั้งพื้นกระจกและคอนกรีต แต่เนื่องจากกระจกกับคอนกรีต มีการหดตัวที่ไม่สัมพันธ์กัน เกิดการดึงรั้งระหว่างพื้นคอนกรีต และกระจกจึงทำให้กระจกแตกร้าวเป็นแนวยาว



ภาพที่ 2.22 การแตกร้าวของวัสดุ เกิดจากการยืด-หดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ
ที่มา: บริษัท แชน-โกแบ็ง เวเบอร์ จำกัด. 2559ค

การเสื่อมสภาพของกระเบื้องเนื่องจากอุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของวัสดุ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความร้อน ระบบการระบายอากาศ และโครงสร้างของอาคาร ความร้อนอาจทำให้วัสดุแห้งกรอบและช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (จิราภรณ์ อรัณยนาค, 2529) ทั้งนี้อุณหภูมิของโลกได้เพิ่มขึ้นประมาณ 0.6 องศาเซลเซียส ในช่วง 100 ปี นอกจากนี้อุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นอีก 1.4 -5.8 องศาเซลเซียส ในปี 2100 (Ngencharoen, 2008) มีผลต่อการเสื่อมสภาพของวัสดุ เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ชีวเคมี และฟิสิกส์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ จิราภรณ์ อรัณยนาค (2529) ที่พบว่าอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางฟิสิกส์ของวัสดุก่อสร้างในอุทยานประวัติศาสตร์ศรีเทพ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในทางฟิสิกส์ที่เห็นได้ชัดเจนคือ การขยายตัวและหดตัวของวัสดุก่อสร้างเนื่องมาจากอิทธิพลของอุณหภูมิ ทั้งนี้วัสดุก่อสร้างที่อยู่ผิวของอาคารมีการขยายตัว และหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิมากกว่าวัสดุที่อยู่ด้านใน ทำให้เกิดรอยแตก ร้าว บิดงอ และการกะเทาะหลุดร่อนออกเป็นแผ่นๆ อีกทั้งโบราณสถานส่วนใหญ่สร้างขึ้นจากวัสดุก่อสร้างหลายชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการขยายตัว (Thermal Expansion Coefficient) แตกต่างกันไป เช่น โบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์ศรีเทพ ที่ก่อสร้างจากอิฐที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเท่ากับ 5.3×10^{-6} และปูนฉาบที่มีค่าสัมประสิทธิ์ในการขยายตัวในช่วง 8×10^{-6} ถึง 11×10^{-6} ทำให้การขยายตัวของวัสดุทั้งสองไม่เท่ากันและเกิดการกะเทาะ หลุดร่อนของปูนฉาบตามมา ดังนั้นมักพบอยู่เสมอๆว่า โบราณสถานที่ยกขึ้นจากอิฐก่อ และปูนฉาบมักมีการหลุดร่อนของปูนฉาบเกิดขึ้นเสมอๆ นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคารเองก็อาจทำให้เกิดปัญหาแก่วัสดุก่อสร้างได้ ส่วนผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีนั้น จิราภรณ์ อรัณยนาค (2529) พบว่าอุณหภูมิที่สูงมีส่วนช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้ดีขึ้น โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าพฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้องแบ่งได้เป็นสามลักษณะตามการเกิด ได้แก่ โครงสร้าง, การปูที่ไม่ได้มาตรฐาน และการยึดหดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ

ตารางที่ 7.2 พฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้องปูพื้นทางเดิน บริเวณหลังคาวิหารคด

ลักษณะพฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้อง	คำอธิบาย
	การยึด-หดตัวของวัสดุ จากอากาศ
	การหลุดร่อนเป็นแผ่นจากการปูที่ไม่ได้คุณภาพ
	การแตกร้าวเป็นแนวยาวจากโครงสร้าง

ที่มา: ผู้วิจัย, 2559

จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องปูพื้นทางเดินภายนอก บริเวณหลังคาระเบียงคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และพบว่าพฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้องแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะตามการเกิด ได้แก่ โครงสร้าง การปูที่ไม่ได้มาตรฐาน และการยึดหดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ แต่จากกรณีดังกล่าวเมื่อเข้าไปเก็บข้อมูล และตรวจสอบพบว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องปูพื้นทางเดินภายนอก ดังนั้นจึงสามารถตัดพฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้องเนื่องจากโครงสร้างออกไปได้ เพราะพฤติกรรมของความเสียหายเป็นไม่อยู่ในเกณฑ์ของสาเหตุที่มา

จากโครงสร้าง ดังนั้นข้อสันนิษฐานจึงเหลือเพียง พฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้อง 2 ลักษณะตาม การเกิด ได้แก่ จากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน และจากการยึดหดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับความเสียหายของวัสดุเนื่องจากความร้อน

2.6.1 การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใหญ่ที่สุดสำหรับโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์ส่ง มายังโลกด้วยการแผ่รังสีในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานของดวงอาทิตย์บริเวณนอกชั้น บรรยากาศของโลกมีค่าประมาณ 1,400 วัตต์/ตารางเมตร พลังงานของดวงอาทิตย์ไม่ได้ตกถึงผิวโลก ทั้งหมด เนื่องจากเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศจะมีพลังงานบางส่วนถูกสะท้อนกลับไปที่โดยก้อนเมฆ ไอน้ำ หรืออนุภาคของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ และเมื่อตกกระทบพื้นผิวโลกจะมีพลังงานบางส่วนถูก สะท้อนกลับออกไปอีก โดยปริมาณการสะท้อนจะขึ้นกับลักษณะพื้นผิวของโลกบริเวณที่ตกกระทบ เช่นบริเวณที่เป็นป่าไม้จะมีการสะท้อนน้อยกว่าบริเวณขั้วโลกที่เป็นน้ำแข็งปกคลุมอยู่ พลังงานทั้งหมด ที่สะท้อนออกไปจากโลกมีค่าประมาณ 36 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่มาถึงโลก

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับในกรุงเทพมหานครจะสูงตลอดทั้งปี เป็นรังสีกระจาย มากกว่า 60% ของปริมาณรังสีทั้งหมด พิจารณาปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จากตำแหน่งการเคลื่อนที่ ตลอดทั้งปี แบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

1. วันที่ดวงอาทิตย์ทำมุมตรงกับผิวโลกที่ตำแหน่ง 14 องศาเหนือ (Equinox) คือวันที่ 21 มีนาคม และวันที่ 23 กันยายน
2. วันที่กลางวันยาวนานกว่ากลางคืน (Summer Solstic) คือ วันที่ 21 มิถุนายน ดวงอาทิตย์อ้อมไปทางทิศเหนือ
3. วันที่เวลากลางคืนยาวนานกว่ากลางวัน (Winter Solstic) ในฤดูหนาวของวันที่ 22 ธันวาคม ดวงอาทิตย์อ้อมไปทางใต้

ในวันที่ท้องฟ้าโปร่งของฤดูร้อนและฤดูฝน มีค่าเฉลี่ยของการแผ่รังสีใกล้เคียงกัน ในวันที่ มีเมฆมาก (Partly or Cloudy Sky) รังสีส่วนใหญ่เป็นรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ในวันที่ ท้องฟ้าแจ่มใส (Clear Sky) ส่วนใหญ่เป็นรังสีตรง(Direct Radiation) ในฤดูหนาวมีช่วงกลางวันน้อยกว่า มีช่วง เวลาการรับรังสีน้อยลงจึงได้รับปริมาณรังสีไม่มากนัก ส่วนใหญ่เป็นรังสีตรงเนื่องจากมี ท้องฟ้าแจ่มใส เรียงลำดับค่ารังสีดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปีเฉลี่ยชั่วโมงจากมากไปหาน้อยตามลำดับทิศได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.8 ลำดับค่ารังสีดวงอาทิตย์ ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ตำแหน่งดวงอาทิตย์	ระดับค่ารังสีดวงอาทิตย์
1.ทิศตะวันออกเฉียงใต้	168.13 วัตต์/ตารางเมตร
2.ทิศตะวันออก	167.17 วัตต์/ตารางเมตร
3.ทิศใต้	165.78 วัตต์/ตารางเมตร
4.ทิศตะวันตกเฉียงใต้	158.23 วัตต์/ตารางเมตร
5.ทิศตะวันตก	152.55 วัตต์/ตารางเมตร
6.ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	130.36 วัตต์/ตารางเมตร
7.ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	108.60 วัตต์/ตารางเมตร
8.ทิศเหนือ	102.94 วัตต์/ตารางเมตร

ที่มา : คำรพ สิริเฉลิมลาภ, 2546

ธนิต ผิวนิม, สมเกียรติ ธานานิต และเลิศวิทย์ โอวาสสิทธิ์ (2535) ได้กล่าวถึงลักษณะการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่อยู่บนชั้นบรรยากาศของโลก (Short-wave Radiation) และการแผ่รังสีบนพื้นโลก (Long-wave Radiation) พลังงานบางส่วนดวงอาทิตย์เป็นต้นกำเนิดของพลังงานที่ได้พบหรือได้ยินในชีวิตประจำวันต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม เป็นต้นเหตุแห่งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในแต่ละส่วนของโลก ก่อให้เกิดฤดูต่างๆ เกิดลมพายุ เกิดฝนและความชื้น ทั้งหมดจะอยู่ในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีรูปแบบต่างๆ กัน และมีชื่อเรียกตามรูปแบบของพลังงานโดยเรียงตามลำดับความถี่ของพลังงานจากความถี่ต่ำไปถึงความถี่สูงได้ดังต่อไปนี้ คือ ไฟฟ้า เสียง คลื่นวิทยุโทรทัศน์ รังสีอินฟราเรด แสงที่มองเห็นได้ รังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือรังสียูวี รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา และรังสีคอสมิก และเป็นที่รู้กันโดยทั่วไปว่า แหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญของโลกและมนุษย์ ก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นรังสีคลื่นสั้น ซึ่งก็เป็นพลังงานในรูปสนามแม่เหล็กเช่นกัน

และอธิบายในรายละเอียดต่อไปในเรื่องประเภทของรังสี ประเภทของรังสี สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ รังสีคลื่นสั้น และรังสีคลื่นยาว

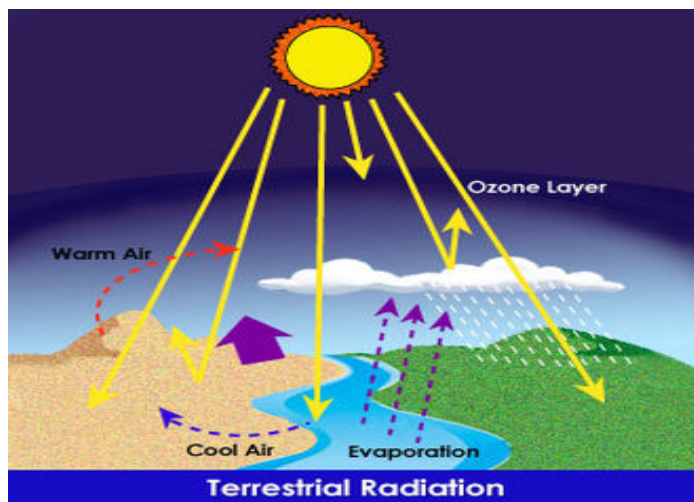
2.6.1.1 รังสีคลื่นสั้น (Short Wave) คือ รังสีความร้อนที่อยู่ในแสงสว่าง เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ รังสีชนิดนี้มีคุณสมบัติคือ มีอุณหภูมิสูง และสามารถสะท้อนได้ดีสำหรับวัสดุที่มีผิวมันและสีอ่อน ส่วนวัสดุสีดำสามารถดูดซับรังสีประเภทนี้ได้ดี รังสีคลื่นสั้นหรือแสงจากดวงอาทิตย์ สามารถแยกออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

- 1) รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultra Violet) หรือรังสี UV
 - 1.1) เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.29 – 0.4 ไมโครเมตร (μm)
 - 1.2) เป็นรังสีที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผิวหนัง และทำให้สีของเครื่องใช้ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป
 - 1.3) มีสัดส่วนเป็น 9% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด
- 2) รังสีที่มนุษย์สามารถมองเห็น (Visible Light)
 - 2.1) เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.4 – 0.7 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นที่สายตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้
 - 2.2) เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของแสง ได้แก่ สีม่วง สีคราม สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีแสด และสีแดง ซึ่งทำให้มนุษย์เรามองเห็นวัตถุต่างๆ ได้
 - 2.3) มีสัดส่วนเป็น 38% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด
- 3) รังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Near Infrared Ray; NIR)
 - 3.1) เป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.7 – 3.5 ไมโครเมตร
 - 3.2) เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของความร้อนซึ่งเรารู้จักกันดี และเป็นพลังงานส่วนใหญ่ของพลังงานจากแสงอาทิตย์กล่าวคือมีสัดส่วนถึง 53% ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ดังนั้นเมื่อเราสัมผัสกับแสงอาทิตย์เราจึงรู้สึกร้อน

2.6.1.2 รังสีคลื่นยาว (Long Wave) คือ รังสีที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีคลื่นสั้นกระทบกับวัสดุทึบแสง หรือส่งผ่านวัสดุไป รังสีคลื่นสั้นจะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 3000 นาโนเมตรขึ้นไป เป็นผลทำให้วัสดุต่างๆ มีอุณหภูมิสูงขึ้นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น จะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยการถ่ายเทความร้อนแบบการนำ (Conductivity) รังสีนี้มีคุณสมบัติคือ เป็นรังสีที่ไม่สามารถมองเห็น แต่สามารถสะท้อนได้ดีกับวัสดุที่มีผิวมัน การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่ออาคารโบราณสถาน มีอยู่หลายลักษณะ ตามชนิดของต้นกำเนิดและลักษณะการถ่ายเทรังสีความร้อน คือ

- 1) คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Solar Radiation or Direct Sun)
- 2) รังสีคลื่นสั้นแผ่กระจาย (Diffuse Radiation)
- 3) คลื่นรังสีสะท้อนจากพื้นดิน หรือสิ่งใกล้เคียงที่ร้อน (Reflected Radiation)
- 4) คลื่นรังสียาวที่พื้นแผ่กลับให้บรรยากาศ

คลื่นรังสีจากดวงอาทิตย์กับคลื่นรังสีแผ่กระจายรวมกัน เรียกว่าคลื่นรังสีรวม หรือการแผ่รังสีรวม (Total Radiation) ซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาเรื่อง ความร้อนที่สะสมในวัสดุ และอุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุ (Sol-Air Temperatures) เป็นต้น ดังนั้นพื้นผิวในแนวนอนจึงเป็นแหล่งสะท้อนความร้อน และสะสมความร้อน โดยปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวที่ได้รับรังสีและความสามารถในการสะท้อนรังสีของสภาพแวดล้อมเหล่านั้น

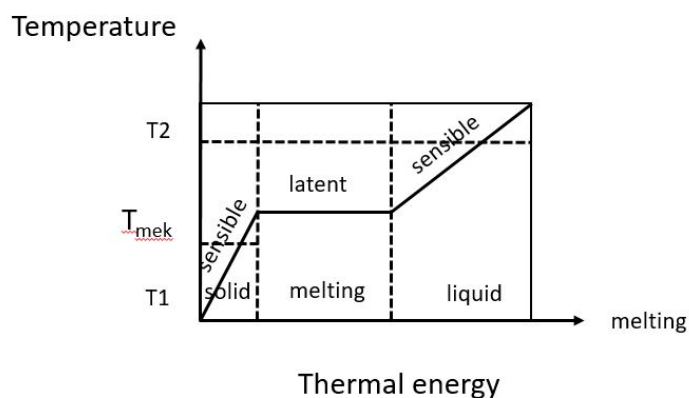


ภาพที่ 2.23 การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มายังโลก 3 ลักษณะตามทิศทางการเกิด
ที่มา: Wikipedia, 2559

2.6.2 ประเภทของความร้อน

ความร้อนอยู่ในมวลสาร ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิของมวลสารนั้นมีการเปลี่ยนแปลง และอีกส่วนหนึ่งคือ ความร้อนที่ทำให้มวลสารนั้นเปลี่ยนสถานะ จึงได้แบ่งประเภทของความร้อนออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ความร้อนสัมผัส(sensible Heat)
2. ความร้อนแฝง(Latent Heat)



ภาพที่ 2.24 แสดงความร้อนต่างๆกับการเปลี่ยนสถานะของมวลสาร
ที่มา: (ชัยยุทธ ศรีเผด็จ, 2556)

2.6.2.1 ความร้อนสัมผัส (sensible Heat) พลังงานความร้อนที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของมวลสารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นการสะสมเพิ่มขึ้น หรือสูญเสียลดลงของ ความร้อน เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ มวลสารทุกมวลสารเมื่อวัดค่า อุณหภูมิที่สูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ก็จะมีค่าความร้อนประกอบอยู่ในมวลสาร โดยจะมีปริมาณ แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณมวลสารนั้น ค่าความจุความร้อนและอุณหภูมิที่สภาวะนั้น พลังงานความ ร้อนของมวลสารนั้นๆหาค่าตามสมการ

$$Q = mL$$

สามารถคำนวณค่า ปริมาณความร้อนที่มวลสารเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Δt) ได้จากสมการ

$$Q = mc\Delta t$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อนสัมผัสของมวลสาร(kJ)

M คือ ปริมาณมวลสาร (kg)

C คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของมวลสารนั้น (kJkg⁻¹ k⁻¹หรือ kJkg⁻¹o⁻¹ c⁻¹)

Δt คือ ค่าอุณหภูมิแตกต่าง (Kหรือ °C)

ค่าความร้อนจำเพาะของมวลสาร (Specific Heat Capacity ;C ;หน่วยkJ kg⁻¹ K⁻¹)คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุที่มีมวล 1 kg มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C

ตารางที่ 2.9 ความจุความร้อนจำเพาะของมวลสาร

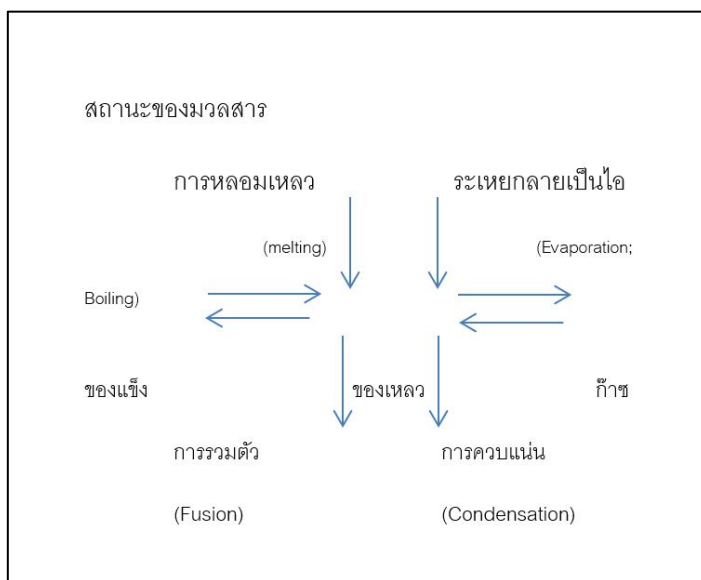
มวลสาร	Specific Heat Capacity ; C (kJ kg ⁻¹ K ⁻¹)
น้ำ	4.190
น้ำแข็ง	2.1
ก้อนอิฐฉาบปูน	3.30
ไม้	1.70
แก้ว	0.07
เหล็ก	0.45
ทองแดง	0.39

ที่มา : ชัยยุทธ ศรีเผด็จ, 2556

2.6.2.2 ความร้อนแฝง (Latent Heat) พลังงานความร้อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะของมวลสาร ปริมาณความร้อนที่มวลสารได้รับหรือคายออก ทำให้มวลสารมีการเปลี่ยนแปลงสถานะซึ่งสถานะของมวลต่างๆจะประกอบด้วยของแข็งของเหลว และก๊าซ พลังงานความร้อนที่ทำให้ปริมาณมวลสาร 1หน่วย มีการเปลี่ยนสถานะหมด เรียกว่า ความร้อนแฝงจำเพาะของการเปลี่ยนสถานะนั้นๆ (Specific Latent Heat of Phase Changes ;L) ดังนั้น ปริมาณความร้อนที่ทำให้มวลสารใดๆเปลี่ยนสถานะจนหมดสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = mL$$

mL = ปริมาณความร้อนแฝงของมวลสาร (kJ)
 m = ปริมาณมวลสาร (kg)
 L = ความร้อนแฝงของการเปลี่ยนสถานะจำเพาะการเปลี่ยน (kJkg-1)



ภาพที่ 2.25 สถานะของมวลสาร

ที่มา: ชัยยุทธ ศรีเผด็จ, 2556

จากภาพข้างต้นสามารถอธิบายค่าความร้อนแฝงของการเปลี่ยนสถานะของน้ำ ที่มีความดันบรรยากาศ ดังนี้

1. การเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็งกลายเป็นน้ำที่ 0°C = 335 kJ/kg (Specific Latent Heat of Ice)
2. การเปลี่ยนสถานะของน้ำกลายเป็นน้ำแข็งที่ 0°C = 335 kJ/kg (Specific Latent Heat of Fusion)
3. การเปลี่ยนสถานะของน้ำกลายเป็นไอที่ 100°C = 2,260kJ/kg (Specific Latent Heat of Evaporation)
4. การเปลี่ยนสถานะการควบแน่นเป็นไอน้ำที่ 100°C = 2,260kJ/kg (Specific Latent Heat of Condensation)

2.6.3 การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งสามารถเคลื่อนที่สามารถเปลี่ยนรูปจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่งได้ เช่นจากพลังงานความร้อนไปสู่พลังงานไฟฟ้า และสามารถเปลี่ยนสถานะจากที่สูงไปยังที่ต่ำกว่าได้เอง เช่นจากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำโดยการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ การนำความร้อน (Conduction) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) และการพาความร้อน (Convection)

2.6.3.1 การนำความร้อน (Conduction) คือปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนเป็นกระบวนการชีววิทยาที่เกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาคเป็นหนึ่งในกระบวนการถ่ายเทความร้อนในโลหะ เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน อิสระ (คล้ายการนำไฟฟ้า) ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำเป็นผลมาจากการสั่นของโมเลกุลข้างเคียงในก๊าซ การนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นสะเทือนระหว่างโมเลกุลหรือกล่าวคือการนำความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่าน โดยตรงจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยการสัมผัสกัน เช่น การเอามือไปจับกาน้ำร้อน จะทำให้ความร้อนจากกาน้ำถ่ายเทไปยังมือ จึงทำให้รู้สึกร้อน เป็นต้น วัสดุใดจะนำความร้อนดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)

ตารางที่ 2.10 ตัวอย่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)

วัสดุ	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)(W/mK)
อากาศ (ที่ความดันบรรยากาศ)	0.026
อะลูมิเนียม	237
คอนกรีต	1.82
ทองแดง	401
เพชร	2300
น้ำแข็ง	2.2
กระดาษ	0.05
ไม้	0.1-0.35
เงิน	429

ที่มา: ผศ.ดร.ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง บทที่ 8 หน้า 291

จากตารางอธิบายถึงการถ่ายเทพลังงานความร้อนจากแหล่งที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ระหว่างโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงกัน หรือสสารที่สัมผัสกัน โดยการสั่นสะเทือนของโมเลกุลเมื่อโมเลกุลที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเกิดการสั่นสะเทือน และถ่ายเทพลังงานไปสู่โมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนเกิดขึ้นทุกทิศทุกทางไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก และจะเกิดขึ้นจนกว่าทุกจุดจะมีอุณหภูมิเท่ากัน

การนำความร้อนจะแปรผันตามความหนาแน่นของวัสดุ ถ้าวัสดุมีความหนาแน่นสูงจะมีค่าการนำความร้อนสูงตามไปด้วย เช่น คอนกรีต อิฐหิน เป็นต้น อย่างไรก็ตามวัสดุจำพวกโลหะ วัสดุไม้หรือวัสดุที่มีรูพรุนอากาศจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่า

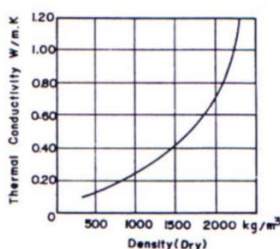
$$\text{Thermal Conductance} = K * D$$

เมื่อ Thermal Conductance = ค่าการนำความร้อนของวัสดุ (Btu/hr.ft²)

K = ค่า Thermal Conductivity (Btu/hr.lb.°F)

D = ค่าความหนาแน่นของวัสดุ (lb./°F)

ค่า Thermal Conductance คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุชนิดหนึ่งหรือที่ประกอบกันมีความหนาแน่นค่าหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา ในที่นี้คือจำนวนบีทียูต่อชั่วโมงที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีพื้นที่หนึ่งตารางฟุต เมื่ออุณหภูมิลดลงหนึ่งองศาฟาเรนไต์ ค่า Thermal Conductivity คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน ผ่านวัสดุชนิดหนึ่งที่มีความหนาแน่นหนึ่งในหน่วยเวลาหนึ่ง ในที่นี้คือจำนวนบีทียูต่อชั่วโมงที่ถ่ายเทผ่านวัสดุที่มีพื้นที่ 1 ตารางฟุต หนาแน่นหนึ่งนิ้ว เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาฟาเรนไต์



ภาพที่ 2.26 ความสัมพันธ์ของการนำความร้อนของวัสดุกับความหนาแน่นของวัสดุ

ที่มา: Bensal.N. K., Hauser G. and Minke G., 1994:8

จากภาพแสดงให้เห็นว่า ค่าการนำความร้อนของวัสดุมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของเนื้อวัสดุ วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะมีความสามารถในการนำความร้อนหรือความเย็นได้ดี และ วัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยก็จะมีสามารถในการนำความร้อนที่ไม่ดี

2.6.3.2 การพาความร้อน (Convection) คือการที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ น้ำ ซึ่งจะเป็นตัวกลางทำหน้าที่พาเอาความร้อนมากระทบที่ผิวของวัสดุ ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งข้อแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อน คือ ชนิดของโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ในกระบวนการนำความร้อนโมเลกุล ไม่มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการสั่นสะเทือนหรือการชนต่อเนื่องกันไป สำหรับการพาพลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของโมเลกุลของของไหลที่เป็นตัวกลางเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างการพาความร้อนที่พบได้ทั่วไป (Natural Convection) ได้แก่ การไหลเวียนของอากาศภายในห้อง เมื่ออากาศได้รับความร้อนโมเลกุลของมัน จะเกิดการเคลื่อนที่ห่างออกจากกันมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดลง อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และเนื่องจากการพาความร้อนขึ้นอยู่กับแรงโน้มถ่วงของโลก ทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจึงไหลขึ้นบนเสมอ ดังนั้นจะพบว่า ลมเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในการพาความร้อนไปสู่ที่ต่างๆจากที่มีอุณหภูมิสูงไปที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ และอาจตั้งสมมติฐานได้ว่า ลมเป็นตัวกลางที่ทำให้อุณหภูมิมิวิวดุต่ำลง

2.6.3.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือ การที่ความร้อนจากแหล่งกำเนิด เช่น ดวงอาทิตย์ แผ่คลื่นความร้อนออกมากระทบผิวของวัสดุ โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใด การแผ่รังสีความร้อน คือการถ่ายเทรังสีความร้อนโดยไม่อาศัยตัวกลาง รังสีความร้อนสามารถถูกสกัดกั้นโดยการใช้วัสดุที่มีผิวมันเงา วัสดุต่างชนิดกันจะมีค่าการดูดซับและการสะท้อนรังสีแตกต่างกัน เมื่อวัสดุหนึ่งมีค่าการดูดซับมากจะมีค่าการสะท้อนรังสีต่ำ ซึ่งข้อแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อนก็คือชนิดของโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ ในกระบวนการนำความร้อนไม่มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่ง แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการสั่นสะเทือนหรือชนต่อเนื่องกันไป สำหรับการพาความร้อนพลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของโมเลกุลของไหลที่เป็นตัวกลาง เมื่อได้รับความร้อนตัวอย่าง การพาความร้อนที่พบได้ทั่วไปได้แก่ การไหลเวียนของอากาศภายในห้อง เมื่ออากาศได้รับความร้อนโมเลกุลของมันจะเกิดการเคลื่อนที่ห่างจากกันมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดลง อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และเนื่องจากการพาความร้อนขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจึงไหลขึ้นด้านบนเสมอ

2.6.4 อิทธิพลที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

2.6.4.1 ความจุความร้อนของวัสดุ (Thermal Heat Capacity) หมายถึง ความสามารถในการกักเก็บความร้อนของสสาร ถ้าสสาร 2 ชนิดมีความจุความร้อนต่างกันแล้วจะพบว่า สสารที่มีความจุความร้อนเมื่อได้รับความร้อนก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นช้ากว่าสสารที่มีความจุความร้อนน้อย


2.6.4.2 ความสามารถในการดูดกลืน โดยปกติแล้วหากเป็นสีผิวของวัสดุตามธรรมชาติ ค่าการคายความร้อนจะค่อนข้างสูง นอกจากว่าเป็นสีเคลือบผิวพิเศษ (Selective Absorption) อาจจะมีค่าการดูดกลืนความร้อนต่ำแต่มีค่าสัมประสิทธิ์การคายความร้อนสูง จะทำให้ผิววัสดุเย็นกว่าปกติ สำหรับค่าการดูดกลืนความร้อน จะแปรตามความเข้มของสีผิว หากเข้มมากก็จะดูดกลืนความร้อนสูง

2.6.4.3 การหน่วงความร้อน (Time Lag) ส่วนใหญ่จะนิยมใช้คำว่า Time Lag แทนคำว่า “Thermal Time Lag” ในความหมายเดียวกัน ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่ความร้อนเคลื่อนที่จากด้านที่ร้อนกว่าไปยังด้านที่เย็นกว่า ของผนังหรือหลังคาอาคาร กระบวนการเคลื่อนที่ของความร้อนดังกล่าว อาจเกิดขึ้นล่าช้าออกไปอันเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของมวลสารและความจุความร้อนของผนัง โดยทั่วไปสำหรับผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 4 นิ้ว ความล่าช้าดังกล่าวอาจนานถึง 4 ชั่วโมง นั่นหมายความว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นจากด้านหนึ่งของผนังต้องใช้เวลาเดินทางนานถึง 4 ชั่วโมงกว่าจะเคลื่อนตัวไปสู่อีกด้านหนึ่งของผนัง (สุนทร บุญญาธิการ, 2542:219)

ตารางที่ 2.6 สาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพของพื้นกระเบื้อง

สาเหตุภายใน (In Factors)		สาเหตุภายนอก (Extrinsic Factors)
เทคนิคการปู	โครงสร้าง	การยึด-หดของวัสดุ เนื่องจากอุณหภูมิ อิทธิพลของอุณหภูมิ
<ul style="list-style-type: none"> -เทคนิคการปูกระเบื้องไม่ได้มาตรฐาน -มีช่องว่างโพรงอากาศใต้กระเบื้อง -ปูแบบขาลาเปา ปูนไม่เต็มหน้า -ปูนผิวปูนเก่าไม่กะเทาะผิวเดิม -พื้นปูนเปื้อนน้ำยา/น้ำมัน 	<ul style="list-style-type: none"> -การทรุดตัวของพื้นอาคาร -การเอียงตัวของโครงสร้าง 	<ul style="list-style-type: none"> -การดันโก่งตัวของวัสดุ เนื่องจากการยึดหดตัวของวัสดุ เพราะอากาศที่แตกต่างและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว -การโก่งตัว กระเบื้องติดตัวออกจากพื้นปูนเดิม
<p>ลักษณะของการแตกร้าว</p> <ul style="list-style-type: none"> -กระเบื้องแตกร่อนแต่ผิวพื้นติดปูนมาด้วย -ตามขอบโปรง <p>อ้างอิง ศันสนีย์ ขวนะกุล (2528)</p> <p>คุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างเป็นสาเหตุสำคัญในการเสื่อมสภาพของโบราณสถาน</p>	<p>ลักษณะของการแตกร้าว</p> <ul style="list-style-type: none"> -แตกเป็นแนวยาว -กระเบื้องไม่หลุดออกมา แตกต่อเนื่องเป็นแนวยาว <p>อ้างอิง เทพธรรานนท์ (2529)</p> <p>"การดูรอยแตกร้าวในอาคารนั้น ต้องดูให้ออกว่าเป็นรอยแตกร้าวเนื่องจากแรงในโครงสร้าง หรือปูนฉาบ ถ้าเป็นรอยแตกร้าว เนื่องจากแรงในโครงสร้าง รอยแตกจะมีลักษณะกว้าง และเดินอย่าง มีทิศทางแต่สำหรับปูนฉาบรอยแตกร้าวจะไม่ค่อยมีทิศทาง"</p>	<p>ลักษณะของการแตกร้าว</p> <ul style="list-style-type: none"> -กระเบื้องคอนกรีตเกิดการตั้งรังระหว่างคอนกรีตกับกระเบื้องจึงทำให้กระเบื้องหลุดและโก่งตัวลอยขึ้น -เมื่อเปิดแผ่นกระเบื้องออก ปูนยังเต็มแน่น แต่กระเบื้องหลุดออกมาเป็นแผ่นๆ <p>อ้างอิง จิราภรณ์ อรัญญาต (2529)</p> <p>อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางฟิสิกส์ที่เห็นได้ชัดเจนคือการขยายตัวและหดตัวของวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิ</p> <p>อ้างอิง กตัญชลี เวชวิมล (2543)</p> <p>โดยปกติวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารโบราณสถานจะมีรูพรุน ทำให้น้ำสามารถผ่านเข้าออกได้ วัสดุเหล่านี้จะแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศตลอดเวลา ซึ่งวัสดุจะทั้งรับและสูญเสียความชื้นขึ้นอยู่กับอากาศมีความชื้นมากหรือน้อยกว่าวัสดุ</p>

ตารางที่ 2.6 สาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพของพื้นกระเบื้อง (ต่อ)

สาเหตุภายใน (In Factors)		สาเหตุภายนอก (Extrinsic Factors)
การหลุดล่อนเป็นแผ่นจากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน	การแตกร้าวเป็นแนวยาวจากโครงสร้าง	การยึด-หดตัวจากอิทธิพลของอุณหภูมิ
		
ลักษณะการแตกร้าว แตกไร้ทิศทาง ไม่แน่นอน	ลักษณะการแตกร้าว ทิศทางชัดเจน เป็นแนวยาว มีทิศทางเฉียงเป็นแนว	ลักษณะการแตกร้าว ทิศทางชัดเจน เป็นแนวยาว มีการโก่งตัวซ้อนทับลักษณะด้นขึ้นหรือฉีกออก
		

ที่มา: ผู้วิจัย, 2559

จากการศึกษาพบว่าสาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพของพื้นกระเบื้องนั้น สามารถแบ่งได้ จากสาเหตุภายใน และภายนอก โดยมีทิศทางในการเสียหายของกระเบื้องทั้ง 3 รูปแบบ ข้างต้น

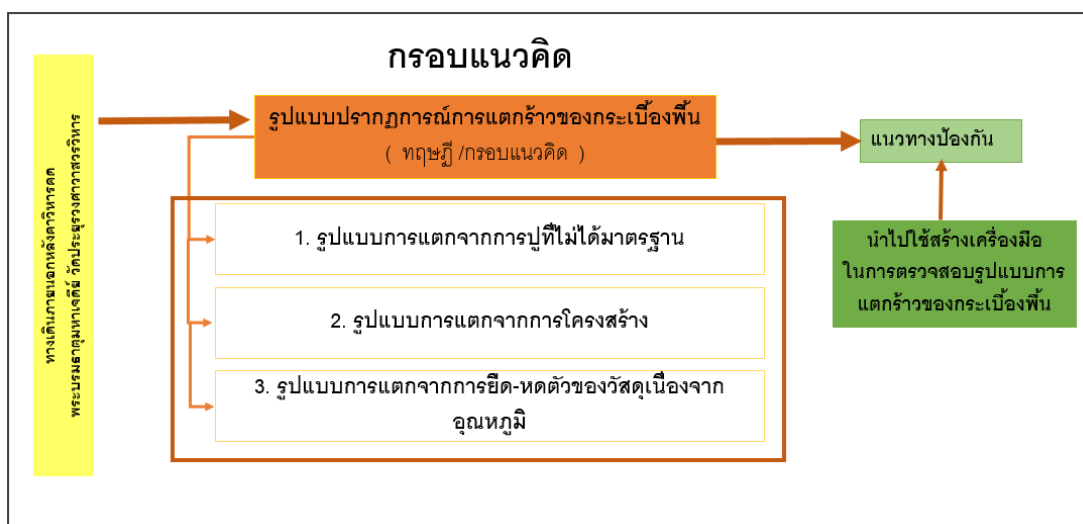
2.7 สรุปกรอบแนวคิด

จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องปูพื้นทางเดินภายนอกบริเวณหลังคาระเบียงคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์ โดยการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงพบว่าพฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้อง แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะตามการเกิด ได้แก่ จากโครงสร้าง จากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน และจากการยึดหดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ

ดังนั้นพฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้องสรุปเป็นกรอบแนวคิดได้รูปแบบของพฤติกรรมการเสียหายของกระเบื้องทั้ง 3 ลักษณะตามการเกิดแล้ว โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงสาเหตุที่มาจากสามตัวแปร อันได้แก่

1. ตัวแปร 1 จากโครงสร้าง
2. ตัวแปร 2 จากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน
3. ตัวแปร 3 จากการยึดหดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ

เพื่อหารูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องปูพื้น โดยการสร้างเครื่องมือในการตรวจสอบถึงสาเหตุแห่งการเสื่อมสภาพ



ภาพที่ 2.27 สรุปกรอบแนวคิด

ที่มา: ผู้วิจัย, 2559

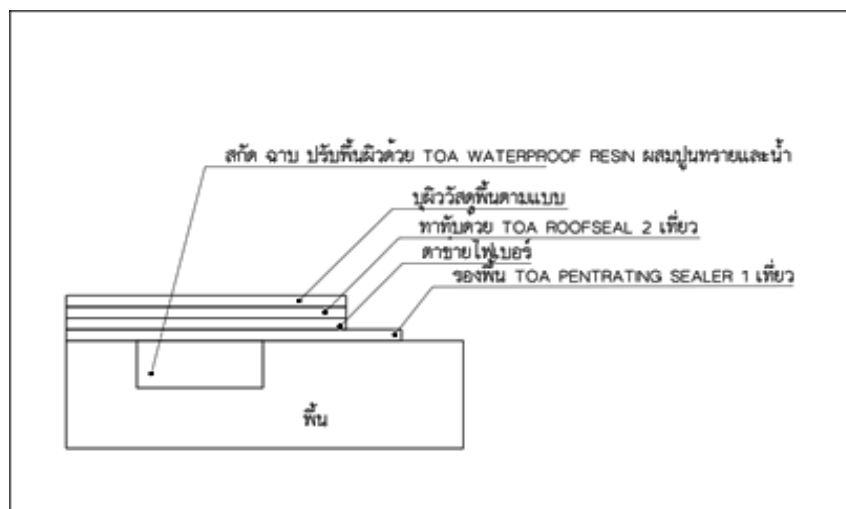
บทที่ 3

การเตรียมวัสดุ สร้างเครื่องมือ และวิธีการทดลอง

การศึกษาปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก กรณีศึกษา : พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร มีวิธีการศึกษาได้แก่ การเตรียมวัสดุ การสร้างเครื่องมือ และวิธีการทดลองเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล โดยเป็นการลงพื้นที่ สํารวจ เก็บข้อมูลตัวอย่างของกระเบื้องที่หลุดล่อนเพื่อนำไปทดสอบและวิเคราะห์หาสาเหตุ บริเวณหลังคาระเบียงคด จากสถานที่จริงเพื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละจุด และหาแนวทางบรรเทาปัญหาพื้นที่กรณีศึกษา ซึ่งต้องทำการศึกษาจากกรอบแนวคิด โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูล

เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาคาร ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก บริเวณหลังคาระเบียงทางเดิน วิหารคดพระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร โดยการบันทึกภาพ วัดระดับ เก็บตัวอย่างวัสดุศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ของอาคารกรณีศึกษา



ภาพที่ 3.1 แสดงบริเวณรูปตัดของพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 หลังจากการบูรณะ

ที่มา : ผู้วิจัย, 2561

3.2 สร้างเครื่องมือเพื่อตรวจสอบปริมาณความเสียหาย

เครื่องมือในการทดลองเป็นอุปกรณ์ที่นำมาซึ่งคำตอบของปัญหา ผลจากข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อนำไปเป็นข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลนั้นก็แตกต่างกันไปตามรูปแบบและทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยนั้นๆ เช่นแบบการสังเกตและฉบับที่ข้อมูลก็จัดเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลและทดลองเช่นกัน ส่วนในงานวิจัยเกี่ยวกับหัวข้อนี้ผู้ทำการวิจัยสนใจไปในแนวทางของการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุของการแตก ล่อนของกระเบื้องพื้นทางเดินบริเวณหลังคาวิหารคด และพื้นทางเดินโดยรอบเจดีย์ชั้น 2

3.2.1 การเตรียมการ

- 1) ศึกษาข้อมูลการบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุเจดีย์และเจดีย์รายล้อม
- 2) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านต่างๆ สาเหตุของของการเสื่อมสภาพของกระเบื้อง ลักษณะการหลุด ล่อนที่เกิดจากปัจจัยด้านกายภาพ ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อนและการถ่ายเทความร้อน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความชื้น ปัญหาจากความชื้นที่มีผลกระทบต่ออาคาร ตัวแปรที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพของกระเบื้องรอบพระบรมธาตุมหาเจดีย์
- 3) ศึกษาทำการสำรวจความเสียหายของพื้นผิวกระเบื้องทางเดิน ถ่ายภาพ ตรวจสอบวัดระดับความเสียหาย
- 4) เก็บตัวอย่างกระเบื้องที่หลุดล่อน เพื่อนำมาตรวจสอบ
- 5) นำข้อมูลที่ได้ในเบื้องต้น มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวกระเบื้องที่เกิดขึ้น
- 6) สรุปผลการวิเคราะห์ อันนำไปสู่การหาสาเหตุ และแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข
- 7) จัดทำเป็นเอกสารรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

3.2.2 สร้างเครื่องมือและแบบบันทึกข้อมูล

งานทำการวิจัยชิ้นนี้มีจุดมุ่งหมายที่สามารถนำผลที่ศึกษาไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบปรากฏการณ์การแตกล่อนของพื้นกระเบื้อง เพื่อสร้างเครื่องมือที่ง่ายต่อการตรวจสอบ ลักษณะรอยร้าว การเสียสภาพต่างๆที่เกิดขึ้น ให้ง่ายต่อการจำแนกถึงสาเหตุของอาการต่างๆ ทั้ง 3 หัวข้อ ได้แก่ รูปแบบการแตกจากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน, รูปแบบการแตกจากโครงสร้าง, รูปแบบการแตกจากการยึดหดตัวของวัสดุ อันเนื่องมาจากอุณหภูมิ เป็นต้น จึงนำมาซึ่งการวิจัยเพื่อหาเทคนิค การสร้างรูปแบบเครื่องมือที่เอื้ออำนวยต่อการตรวจสอบ

3.2.3 รูปแบบการเก็บข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการตรวจวัดปริมาณความเสียหายของพื้นผิวกระเบื้องทางเดินภายนอกพระบรมธาตุมหาเจดีย์บริเวณทางเดินหลังคาวិหารคด ชั้นสองรอบพระบรมธาตุมหาเจดีย์ และเนื่องด้วยข้อจำกัดของเครื่องมือวัด ผู้วิจัยจึงระบุตำแหน่งการตรวจวัดเป็นตำแหน่งช่วงระหว่างเจดีย์รายล้อม ซึ่งเป็นบริเวณที่สังเกตเห็นความเสียหายได้ชัดเจน พื้นที่ในการวัดถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

3.2.3.1 บริเวณหลังคาทางเดินรอบวิหารคด แบ่งออกได้ทั้งหมด 20 จุด

3.2.3.2 กำหนดพื้นที่ออกเป็น 4 ทิศทาง เพื่อหาความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการเสื่อมสภาพของกระเบื้องทางเดินในช่วงเวลาระหว่าง 09.00-17.00 น. ของวันจันทร์ที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559

3.2.4 การบันทึกข้อมูล

การเก็บข้อมูลของความเสียหายโดยแบ่งเก็บข้อมูลเป็นสองส่วน ส่วนหลัก คือ การถ่ายภาพและการจดบันทึกลงในตาราง จุดที่จะทำการเก็บข้อมูล แบ่งตามช่องว่างระหว่างเจดีย์เล็กที่รายล้อมได้ทั้งหมด 20 จุดด้วยกัน

เครื่องมือกล้องถ่ายภาพ หลักการทำงานพื้นฐานของกล้องถ่ายภาพคือ การที่แสงสะท้อนจากวัตถุ เดินทางเป็นเส้นตรงผ่านช่องเล็กๆของกล่องสี่เหลี่ยม เกิดภาพของวัตถุนบนฉากรองรับด้านตรงข้ามเป็นภาพหัวกลับ อันเป็นหลักการของการสร้างกล้องรูเข็มในสมัยโบราณ กล้องถ่ายภาพได้พัฒนามาโดยลำดับ เช่น มีการนำเอาเลนส์นูนไปติดตั้งที่ช่องรับแสงที่มีขนาดเล็ก เพื่อช่วยรวมแสงให้เข้าไปในตัวกล้องให้มากขึ้น ทางด้านตรงกันข้ามของเลนส์เป็นตำแหน่งที่ตั้งวัสดุไวแสงหรือฟิล์มสามารถปรับตัวเลนส์เพื่อให้เกิดภาพที่ชัดเจนบนฟิล์มได้ มีการติดตั้งไดอะแฟรมปรับให้เกิดช่องรับแสงขนาดต่างๆ รวมทั้งมีส่วนที่เรียกว่าชัตเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมเวลาในการเปิด-ปิดมัน เพื่อให้ปริมาณแสงตกกระทบกับฟิล์มตามความเหมาะสม และยังมีช่องเล็งภาพเพื่อช่วยในการจัดองค์ประกอบของภาพถ่ายให้เกิดความสวยงาม



ภาพที่ 3.3 ภาพเครื่องมือ กล้องถ่ายภาพ

ที่มา: Google, 2559

ตารางที่ 3.1 การบันทึกข้อมูลความเสียหายด้วยกล้องวัดระดับเลเซอร์

ลำดับ	ทิศ	กล้องวัดระดับ (mm.)	แนวการแตก
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

ที่มา: ผู้วิจัย, 2559



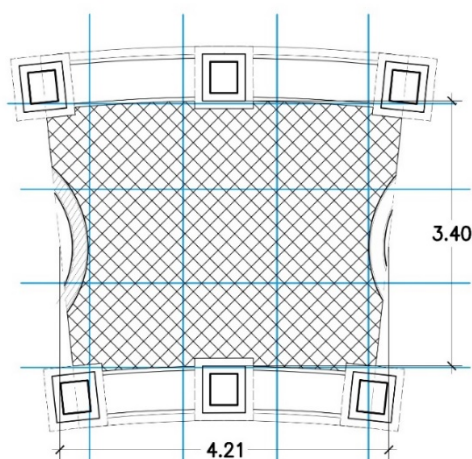
ภาพที่ 3.4 ภาพเครื่องมือวัดระดับชนิดเลเซอร์

ที่มา: Google, 2559

3.2.5 ขั้นตอนในการบันทึกข้อมูล

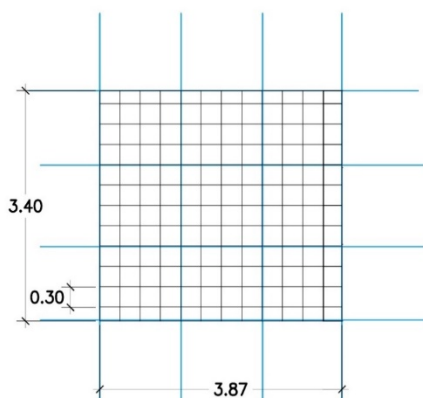
3.2.5.1 การแบ่งพื้นที่ในการถ่ายภาพเก็บข้อมูล โดยกำหนดพื้นที่ออกเป็น 20 จุด เพื่อช่วยต่อการเก็บข้อมูล และแบ่งออกเป็น 4 ทิศทาง เพื่อช่วยต่อการจำแนกพื้นที่

3.2.5.2 การสร้างเส้นกรอบเป็นแนวเพื่อให้สะดวกต่อการวัดปริมาณความเสียหาย และช่วยต่อการบันทึกข้อมูล โดยแบ่งเส้นกรอบออกเป็นส่วนๆตามพื้นที่รัศมีเจดีย์ อ้างอิงจากขนาดความกว้างของแผ่นพื้นกระเบื้องเดิม คือ กว้าง 4.21 เมตร ยาว 3.40 เมตร เพื่อให้สะดวกต่อการวัดจึงทำการลดทอนพื้นที่ใช้เฉพาะบริเวณที่ไม่ติดขอบฐานเจดีย์รัยล้อม เหลือพื้นที่ในการสร้างกรอบ กว้าง 3.87 เมตร ยาว 3.40 เมตร แบ่งตารางออกเป็นช่องละ 30 เซนติเมตร เพื่อช่วยต่อการเก็บข้อมูล



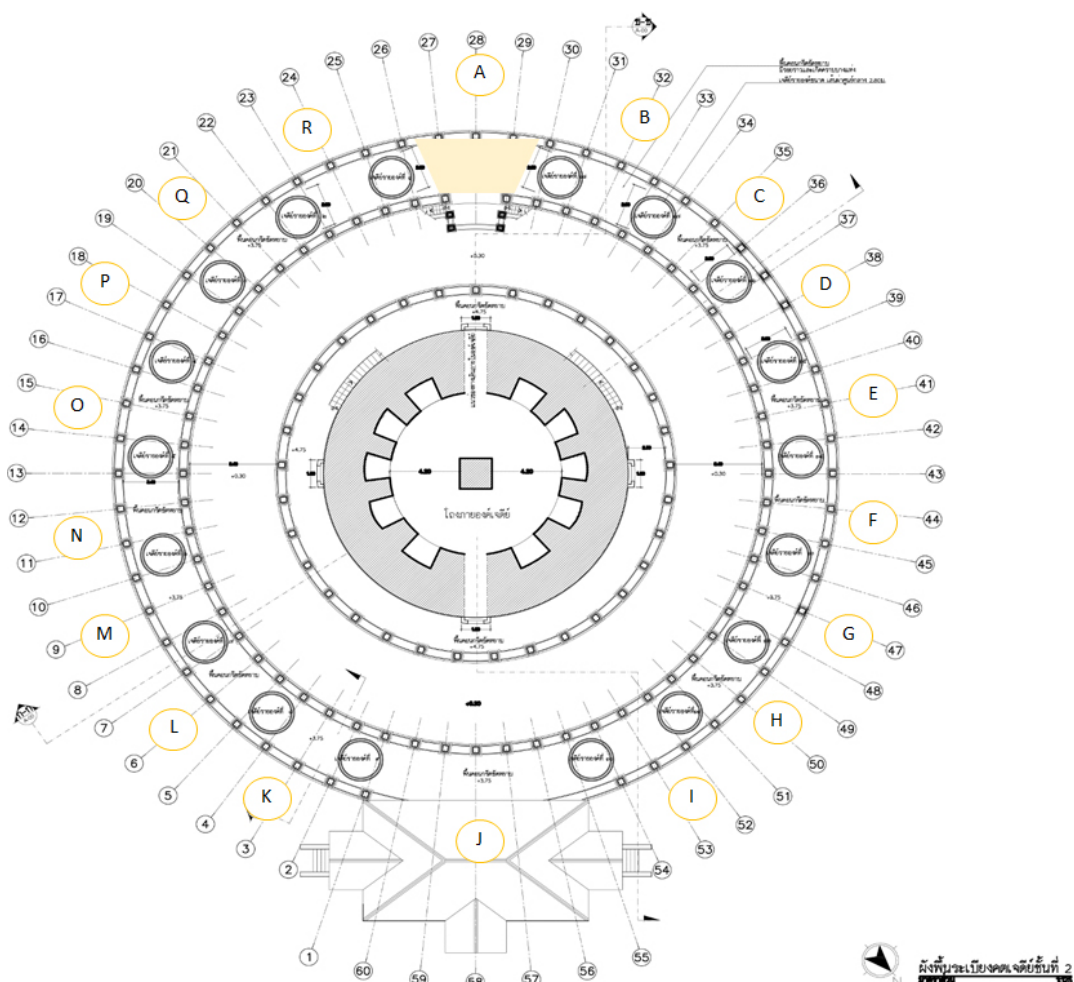
ภาพที่ 3.5 เส้นกรอบตารางแบ่งพื้นที่ในการเก็บข้อมูล วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร (ก)

ที่มา: ผู้วิจัย, 2559



ภาพที่ 3.6 เส้นกรอบตารางแบ่งพื้นที่ในการเก็บข้อมูล วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร (ข)

ที่มา: ผู้วิจัย, 2559



ภาพที่ 3.7 การแบ่งพื้นที่ในการเก็บข้อมูล 20 จุด วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา: ผู้วิจัย, 2559

นำมาสร้างตารางในการตรวจสอบปริมาณความเสียหายของพื้นกระเบื้อง โดยการ
ใช้ภาพถ่ายเปรียบเทียบ จำนวนทั้งหมด 20 จุด โดยใช้ประกอบกับแบบบันทึกข้อมูลความเสียหาย
ของพื้นกระเบื้อง ทั้ง 3 ประเภท ซึ่งได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากการปูที่ไม่ได้
มาตรฐาน, แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากโครงสร้าง และ แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตก
จากการยึดหดของกระเบื้อง ซึ่งมีตัวอย่างดังต่อไปนี้

3.2.6 แบบบันทึกข้อมูลความเสียหายของกระเบื้อง

แบบบันทึกข้อมูล รูปแบบการแตกของกระเบื้องจากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน

การถ่ายภาพเก็บข้อมูล

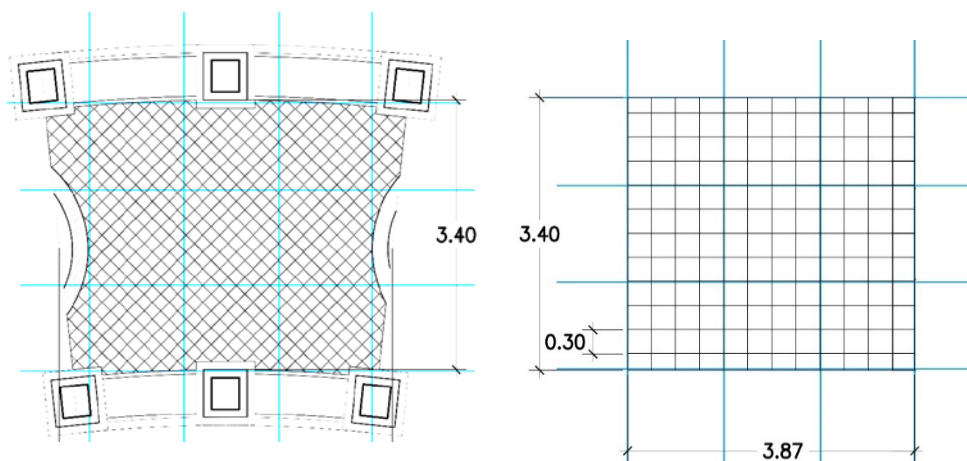
ทิศ.....

ตำแหน่ง.....

เวลา.....

การแบ่งโซนในการเก็บข้อมูล ผังพื้นระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 สเกตแนวการแตกก่อนของพื้น
กระเบื้องโดยแทนด้วยสี

- ระดับที่ 1 กระเบื้องไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระเบื้องเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระเบื้องเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน



ภาพถ่ายจุด

ผล.....

.....

ภาพที่ 3.8 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน

ที่มา: ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล รูปแบบการแตกจากโครงสร้าง

(1)

การถ่ายภาพเก็บข้อมูล

ทิศ.....

.ตำแหน่ง.....เวลา.....

การสังเกตการณ์ยุบตัวของพื้นหรือการดันตัวโก่งขึ้น โดยการใช้อุปกรณ์กล้องวัดระดับ เลเซอร์ กำหนดจุด และวัดผลในส่วนที่เสียหายมากที่สุดในแต่ละตำแหน่ง ไล่ไปตั้งแต่จุดที่ 1-20 สังเกตและบันทึกผล พื้นที่เกิดการยุบตัว หรือดันตัวโก่งขึ้น ถ้าพื้นยุบตัวเป็นไปได้ว่ากรณีนี้มีสาเหตุ เกิดจากโครงสร้าง แต่ถ้าพื้นไม่ยุบตัว แต่ดันตัวโก่งขึ้นมา เป็นไปได้ว่ามีสาเหตุมาจากอื่นๆ "การดูรอย แตกร้าวในอาคารนั้น ต้องดูให้ออกกว่าเป็นรอยแตกร้าว เนื่องจากแรงในโครงสร้าง หรือปูนฉาบ ถ้า เป็นรอยแตกร้าว เนื่องจากแรงในโครงสร้าง รอยแตกจะมีลักษณะกว้าง และเดินอย่าง มีทิศทางแต่ สำหรับปูนฉาบรอยแตกร้าวจะไม่ค่อยมีทิศทาง (เทพธานนท์, 2529)

การเก็บข้อมูลใช้การสังเกตบันทึกภาพถ่ายและใช้กล้องเลเซอร์จับระดับ โดยทำการเก็บ ข้อมูลในวันที่ 30 สิงหาคม 2559, วันที่ 3 ตุลาคม 2559 และวันที่ 11-15 พฤศจิกายน 2559 เวลา 14.00น. โดยทำการวัดระดับทั้งหมด 18 จุด และแบ่งเป็น 4 ทิศ เวียนตามเข็มนาฬิกา เนื่องจากปริมาณแสงแดดและความร้อนเข้ามาที่มากที่สุดทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตก

โดยจุดที่ 1 ทิศเหนือ

ทำการเก็บข้อมูลที่บริเวณภายนอกอาคารส่วนระเบียงคด

โดยจุดที่ 2 ทิศตะวันออก

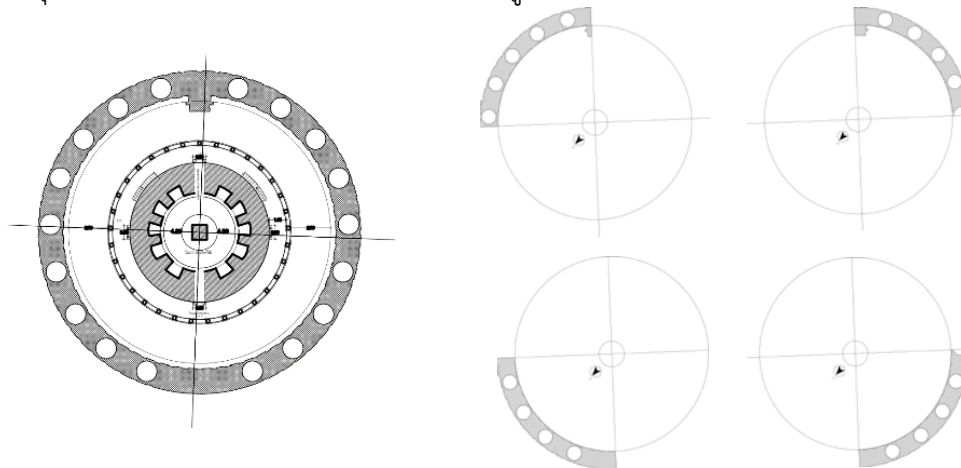
ทำการเก็บข้อมูลที่บริเวณภายนอกอาคารส่วนระเบียงคด

โดยจุดที่ 3 ทิศใต้

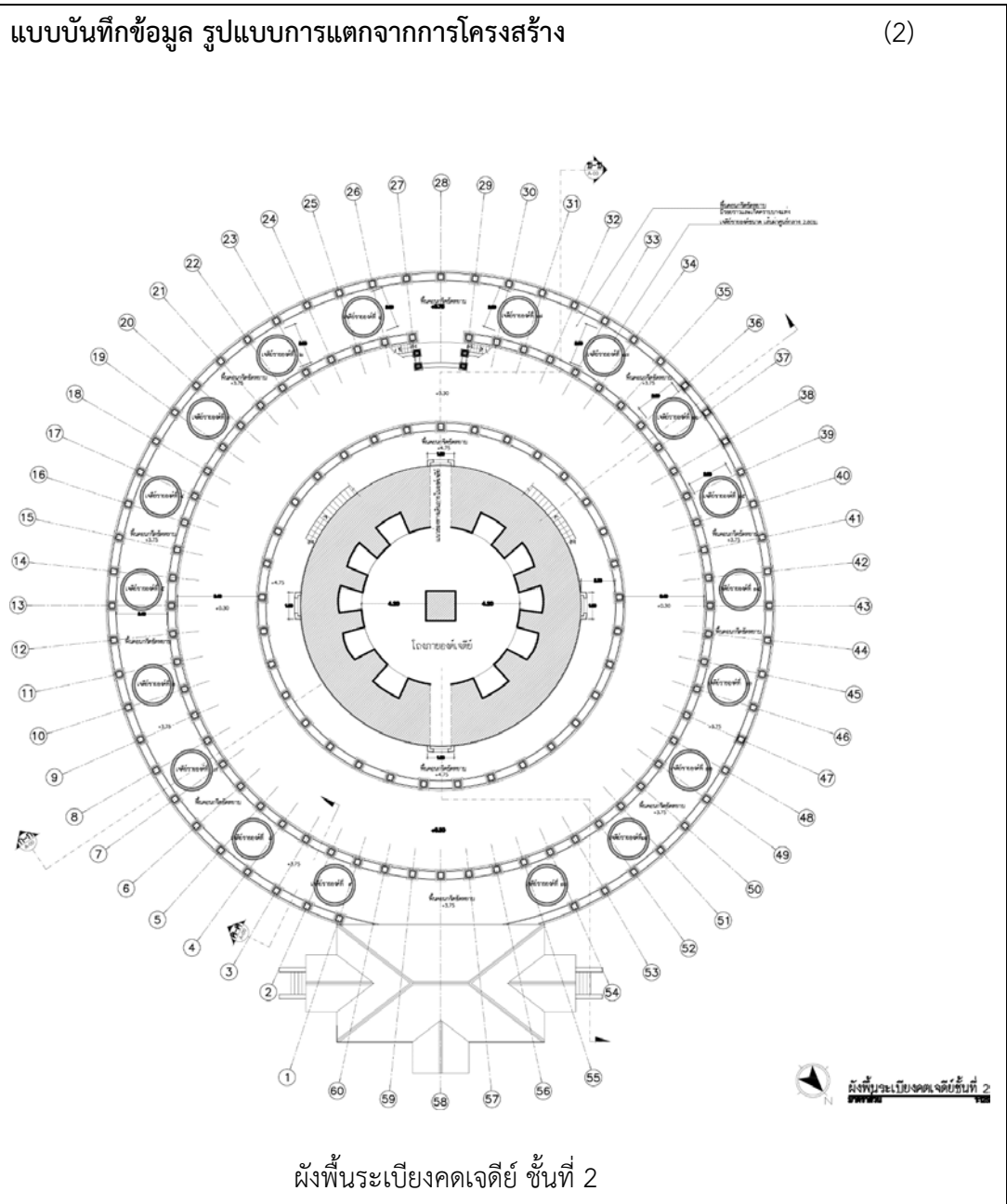
ทำการเก็บข้อมูลที่บริเวณภายนอกอาคารส่วนระเบียงคด

โดยจุดที่ 4 ทิศตะวันตก

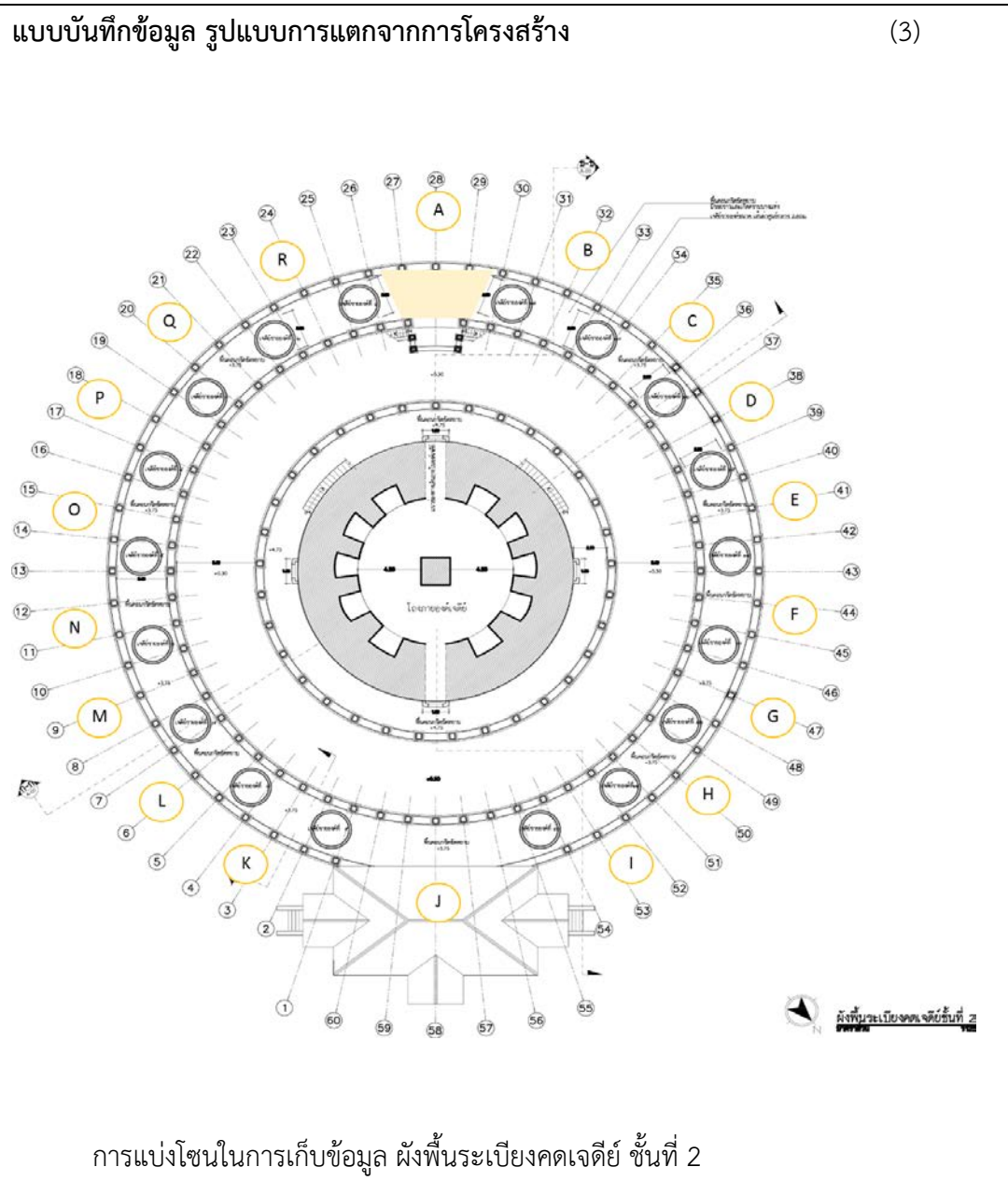
ทำการเก็บข้อมูลที่บริเวณภายนอกอาคารส่วนระเบียงคด



ภาพที่ 3.9 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากโครงสร้าง (ก)



ภาพที่ 3.10 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากโครงสร้าง (ข)



ภาพที่ 3.11 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากโครงสร้าง (ค)

แบบบันทึกข้อมูล รูปแบบการแตกจากการยึดหดของวัสดุ อันเนื่องมาจากอุณหภูมิ (1)

การเคาะด้วยไม้เคาะกระเบื้อง (หรือเหรียญโลหะ) เพื่อฟังเสียงสะท้อน

วิธีการ สร้างกรอบตารางเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูล โดยอ้างอิงจากพื้นของตัววิหารคด ช่วงระหว่างเจดีย์รายล้อมรอบพระบรมธาตุเจดีย์ ขนาดของช่องตารางที่ทำการทดลองเคาะ คือขนาด 30 x 30 เซนติเมตร ใช้ไม้เคาะกระเบื้อง หรือแทนด้วยเหรียญโลหะ เคาะไล่จากด้านซ้ายไปขวา ทีละช่อง ทำทั้งหมดสามครั้ง ต่อหนึ่งช่องจนครบ เพื่อให้แน่ใจ และบันทึกผลลงในตาราง โดยใช้สัญลักษณ์

× แทนเสียงที่ดังทึบแน่น

○ แทนเสียงที่กังวาน

ผลการทดสอบด้วยเสียง

- เสียงที่ดังทึบแน่น แสดงถึงการปูแน่นเต็มพื้นที่ไม่มีช่องว่างเป็นโพรงอากาศ
- เสียงที่กังวานก้องแสดงถึงการที่กระเบื้องหลุดล่อนไม่เต็มแผ่นมีโพรงอากาศภายใน

ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- กรอบตารางที่ใช้ในการเก็บข้อมูล (เชือกตาข่ายขนาดช่อง 30 x 30 เซนติเมตร)
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดสอบ
- ตำแหน่งการเก็บข้อมูล

ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- ปริมาณความเสียหายของพื้นกระเบื้อง



อุปกรณ์ตัวอย่างใช้สำหรับการฟังเสียงสะท้อน

ภาพที่ 3.12 แบบบันทึกข้อมูลรูปแบบการแตกจากการยึดหดของวัสดุ (ก)

3.3 การตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ

ขั้นตอนการตรวจสอบประสิทธิภาพ เป็นขั้นตอนที่ตรวจสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถอ้างอิงและน่าเชื่อถือในคุณสมบัติของเกณฑ์ที่ใช้เป็นเครื่องมือ ซึ่งแต่ละเครื่องมือต้องมีคุณสมบัติที่สามารถจำแนกและตรวจสอบรูปแบบการแตกร้าวได้ โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองในงานวิจัยในขั้นตอนต่อไปว่ามีคุณสมบัติที่น่าเชื่อถือ และอ้างอิงได้

ตารางที่ 3.2 แบบประเมินตรวจสอบคุณภาพของกระเบื้องและการปูที่ได้มาตรฐาน

หัวข้อการตรวจสอบ	ใช่	ไม่ใช่	ผล
1. วิธีการติดตั้ง			
1.1 ติดตั้งโดยใช้ปูนทราย			
1.2 ติดตั้งโดยใช้กาวซีเมนต์			
2. การตรวจสอบกระเบื้องก่อนทำการปู			
2.1 ชนิดของกระเบื้องเหมาะสมกับการติดตั้ง			
2.2 ขนาดของกระเบื้อง			
2.3 สีของกระเบื้องสม่ำเสมอทุกกล่อง			
2.4 ความโค้งอยู่ในค่ามาตรฐานที่รับได้ ไม่ผิดรูป			
3. ตรวจสอบเช็คระดับให้มีความหนาที่เหมาะสม 5-7 cm			
4. ทิศทางการปู ปูไปในทางลูกศร ทิศทางเดียวกัน			
5. การจัดช่องระหว่างแผ่นกระเบื้อง และแนวรอยต่ออยู่ระหว่าง 2-3 cm.			
6. มีการเว้นช่องระหว่างรอยต่อ เพื่อการยืด-หดตัวของวัสดุ			
สรุปผลรวม			
ข้อคิดเห็น			

ที่มา: (อุดมสุข เล็กสงวนศักดิ์, 2557)

3.3.1 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลในขั้นตอนการทดลองนี้มีเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน โดยสำรวจ เก็บข้อมูลจากสถานที่จริง โดยเก็บข้อมูลทั้งหมด 20 จุด รอบบริเวณระเบียงทางเดินวิหารคต พระบรมธาตุเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร ในช่วงเวลาเช้า เพื่อจัดบันทึกข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา และวิเคราะห์ กรอกข้อมูลลงในตาราง ประกอบไปด้วยแบบประเมินตารางสำหรับกากบาทและแบบสเกตพร้อมภาพถ่ายเพื่ออำนวยความสะดวกให้นำข้อมูลมาใช้เปรียบเทียบหาประสิทธิภาพ

3.2.2 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- 1) คุณสมบัติของข้อมูลในแบบสำรวจ
- 2) อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- 3) ตำแหน่งการเก็บข้อมูล

3.2.3 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

- 1) คุณภาพของวัสดุในการปูพื้นกระเบื้อง
- 2) มาตรฐานการปูพื้นกระเบื้อง

3.2.4 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบสำรวจ

จากขั้นตอนการสำรวจพื้นที่ที่ใช้แบบสำรวจเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ โดยการนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานในงานก่อสร้าง และมาตรฐานในการบูรณปฏิสังขรณ์ กรมศิลปากรมีความใกล้เคียงกันของข้อมูลและคุณสมบัติ ที่นำมาใช้ในการสำรวจ จึงสามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพและคุณสมบัติของแบบสำรวจข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย มีความน่าเชื่อถือในข้อมูลและผลการศึกษา

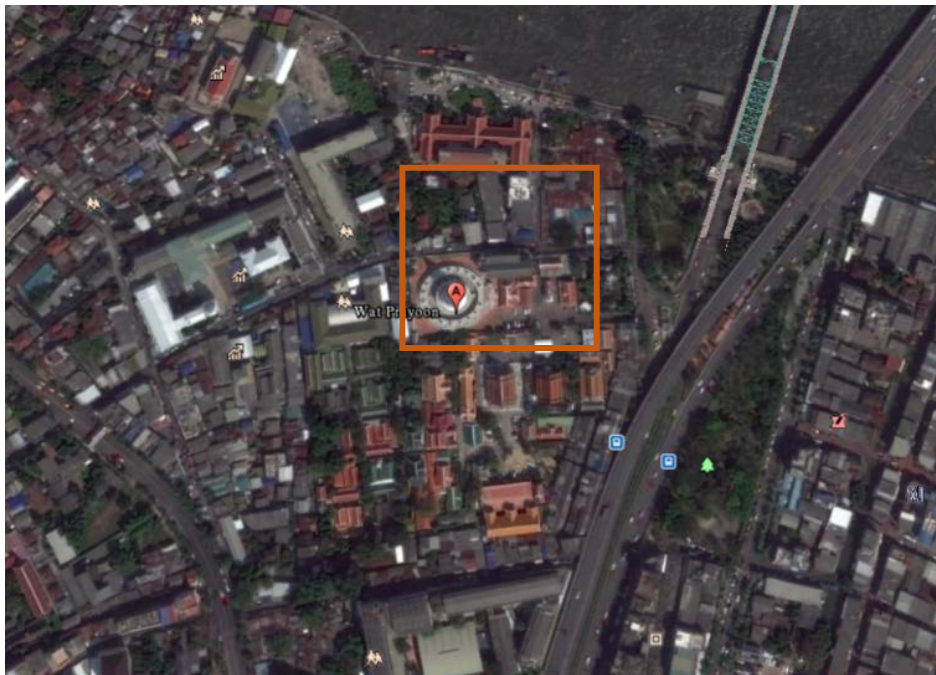
บทที่ 4

การทดลอง

4.1 การศึกษาปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก

เพื่อศึกษาปัญหาการหลุดล่อนที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องทางเดินโดยรอบองค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ โดยมีขอบเขตการวิจัย คือการศึกษารูปแบบของการแตกร้าวที่มีผลต่อการเสียหายของพื้นทางเดินภายนอกบริเวณหลังคาระเบียงคด พระบรมธาตุมหาเจดีย์ กรณีศึกษาวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร เป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ งานวิจัยใช้การลงพื้นที่ภาคสนาม(field study) เพื่อเก็บข้อมูลปริมาณความเสียหาย และรูปแบบความเสียหายที่เกิดบริเวณทางเดินโดยรอบของพระบรมธาตุมหาเจดีย์

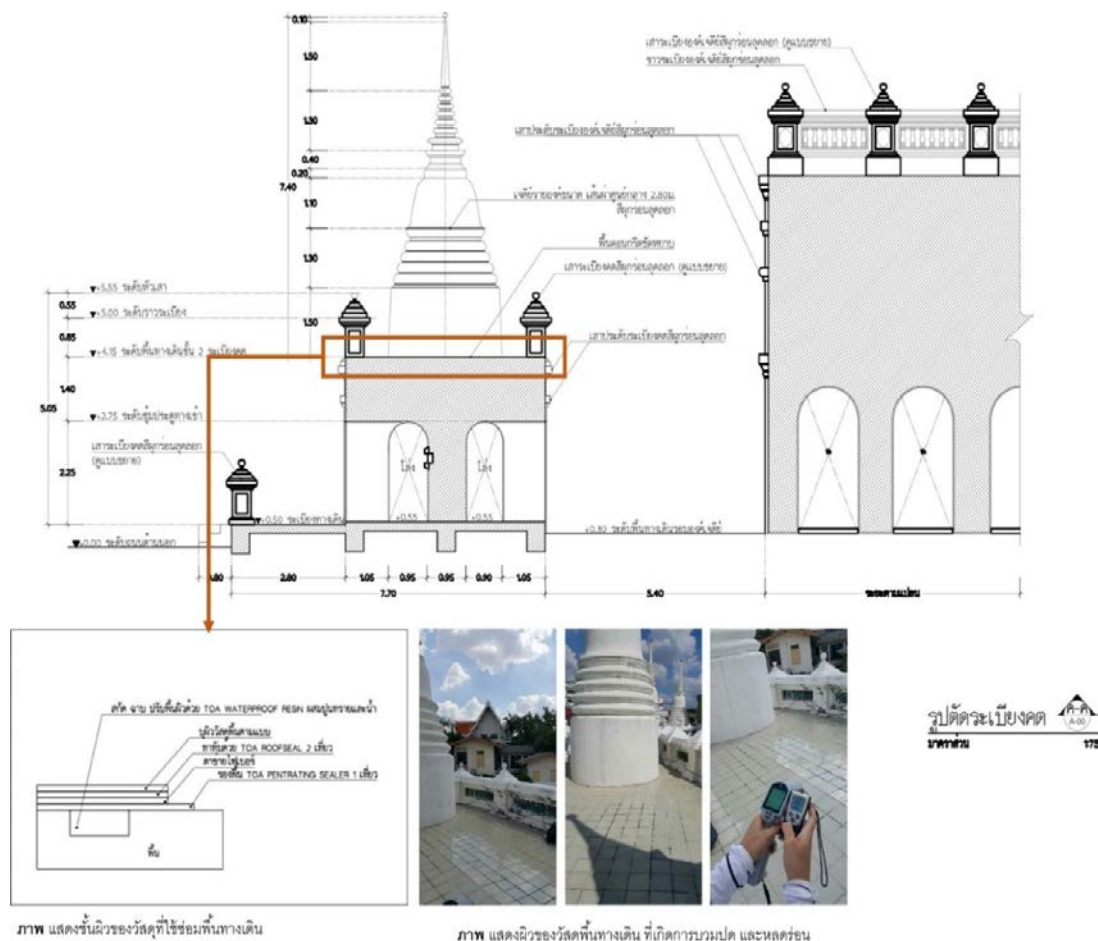
พื้นที่สำรวจ คือบริเวณหลังคาระเบียงวิหารคดที่เกิดการหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก โดยเก็บข้อมูลรายละเอียด เช่น ภาพถ่ายลักษณะของรอยแตกร้าว จำนวนความเสียหาย อุณหภูมิ และการทดสอบเคาะกระเบื้องด้วยเหรียญโลหะเป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการบันทึกข้อมูลลงในตารางของแบบสำรวจ



ภาพที่ 4. 3 ภาพถ่ายดาวเทียม พื้นที่กรณีศึกษาวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร จังหวัดกรุงเทพฯ
ที่มา: Google maps, 2559

4.1.1 สํารวจข้อมูลพื้นฐานของพระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร บริเวณหลังคาทางเดินระเบียงวิหารคด

โดยจะทำการสํารวจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการบูรณะ และ sketch ภาพเบื้องต้นของพื้นที่กระเบื้องที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด



ภาพที่ 4. 4 ภาพตัดระเบียงคด พื้นที่กรณีศึกษาวัดประยูรวงศาวาสวรวิหาร จังหวัดกรุงเทพฯ
ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

จากการสํารวจและคํานวณข้อมูลสามารถแบ่งประเภทพฤติกรรมการแตกร้าวด ได้เป็น 3 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

- 1) ลักษณะความเสียหายระดับที่ 1 กระเบื้องไม่พบความเสียหายแบบชัดเจน
- 2) ลักษณะความเสียหายระดับที่ 2 กระเบื้องพบความเสียหายแบบการโป่งพอง โกงตัว แต่ยังไม่หลุดออกจากพื้นเดิม เพียงแต่มีการบวมยุบ ลักษณะเป็นกระตองเต่า

3) ลักษณะความเสียหายระดับที่ 3 กระทบถึงความเสียหายแบบชัดเจน เกิดการโก่งตัว และหลุดออกจากวัสดุปูพื้น แตกออกเป็นชิ้นจนเห็นผิวปูนซีเมนต์เดิม

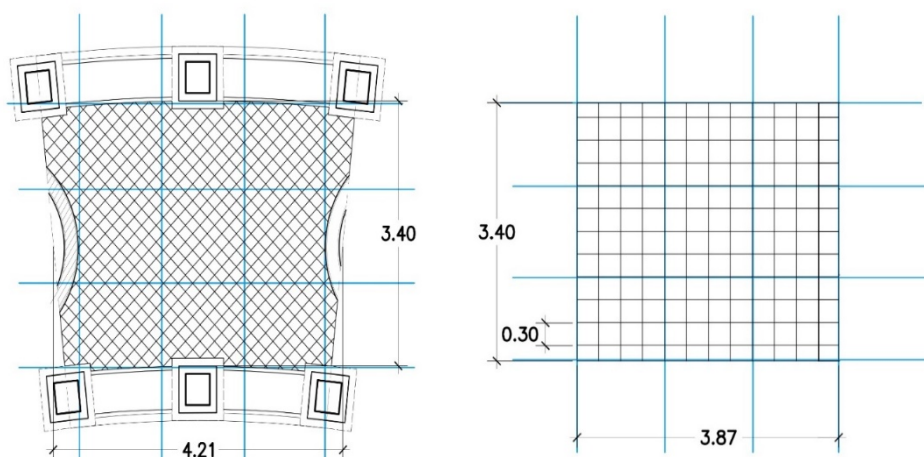


ภาพที่ 4.3 ลักษณะความเสียหาย ระดับที่ 1 ระดับที่ 2 และระดับที่ 3
ที่มา : (ผู้วิจัย, 2559)

4.1.2 ตรวจสอบปริมาณความเสียหายด้วยการวิเคราะห์ โดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ ดังนี้

4.1.2.1 การแบ่งโซนในการเก็บข้อมูล ผังพื้นระเบียงวิหารคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 โดยการสังเกตแนวการแตกถ่อนของพื้นระเบียงโดยแทนด้วยสี

- ระดับที่ 1 กระทบไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระทบเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระทบเกิดการโก่งตัวและหลุดถ่อน

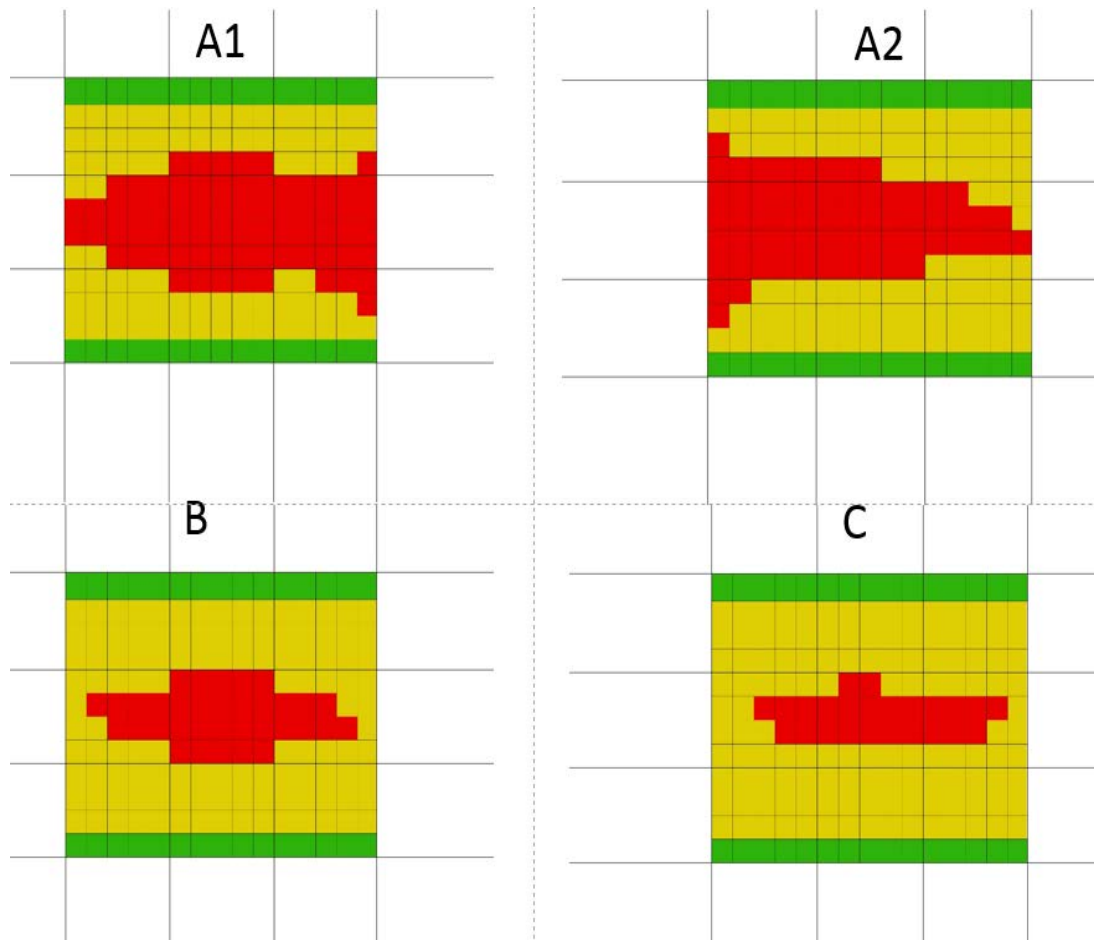


ภาพที่ 4.3 แสดงตารางแบ่งพื้นที่เก็บข้อมูลขนาดช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส 30 เซนติเมตร

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล โดยการสเกตตำแหน่งลงในตาราง เพื่อระบุความเสียหาย (A1 - C)

- ระดับที่ 1 กระจกไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระจกเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระจกเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน

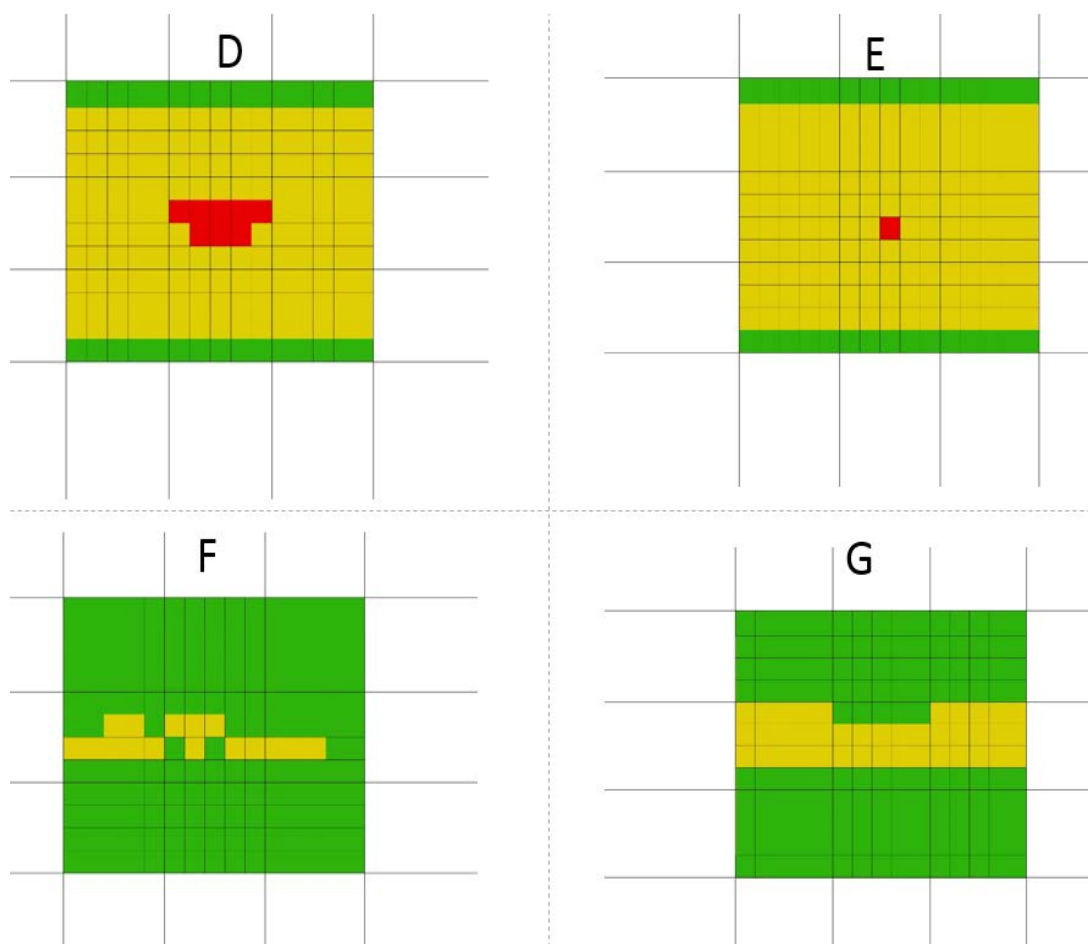


ภาพที่ 4.24 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (ก)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล โดยการสเกตตำแหน่งลงในตาราง เพื่อระบุความเสียหาย (D – G)

- ระดับที่ 1 กระจกไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระจกเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระจกเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน

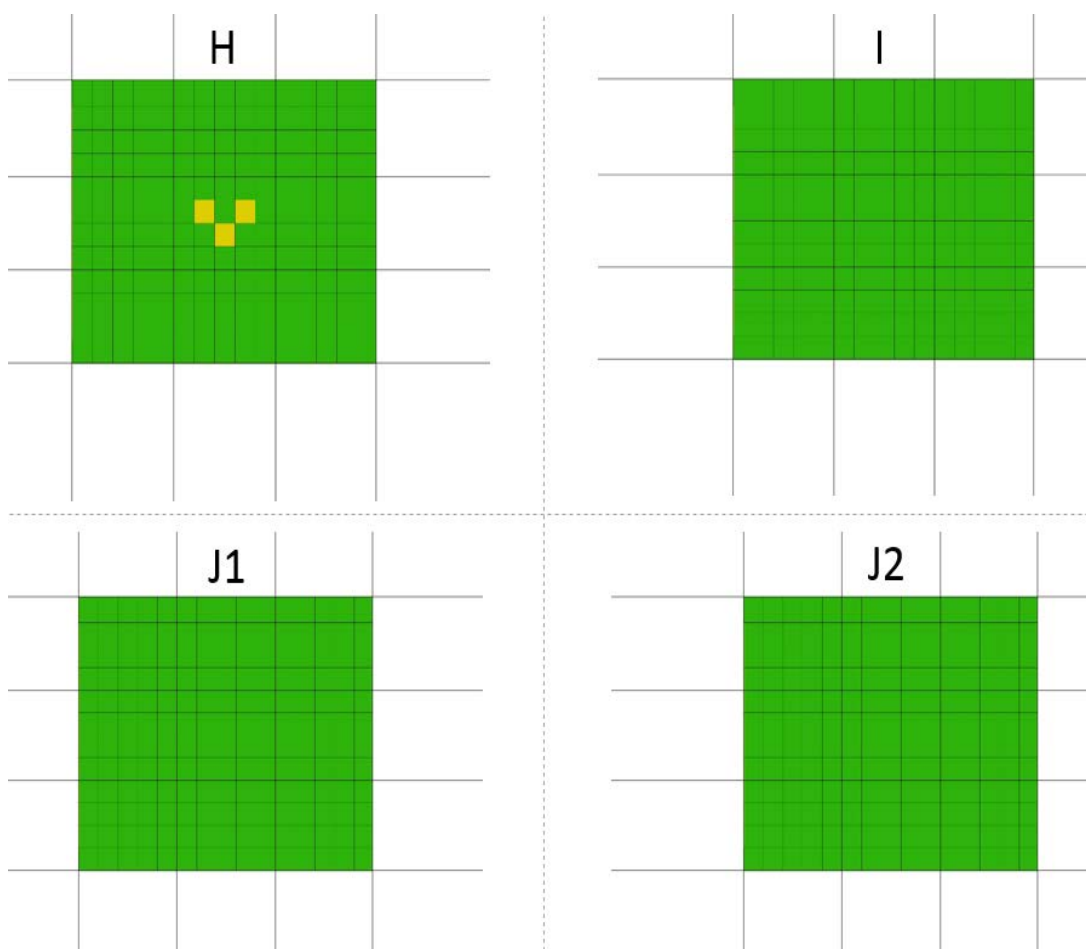


ภาพที่ 4.25 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (ข)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล โดยการสเกตตำแหน่งลงในตาราง เพื่อระบุความเสียหาย (H - J2)

- ระดับที่ 1 กระจกไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระจกเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระจกเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน

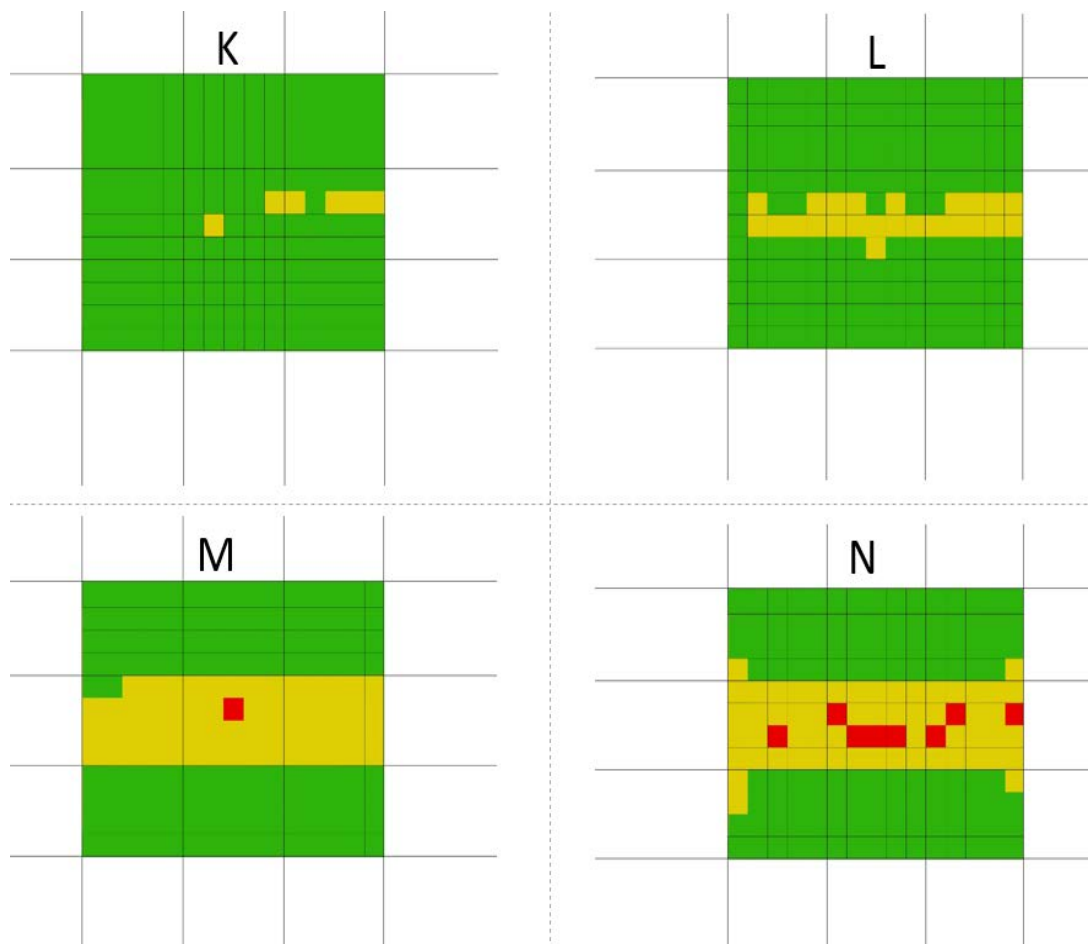


ภาพที่ 4.25 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (ค)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล โดยการสเกตตำแหน่งลงในตาราง เพื่อระบุความเสียหาย (K – N)

- ระดับที่ 1 กระจกไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระจกเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระจกเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน

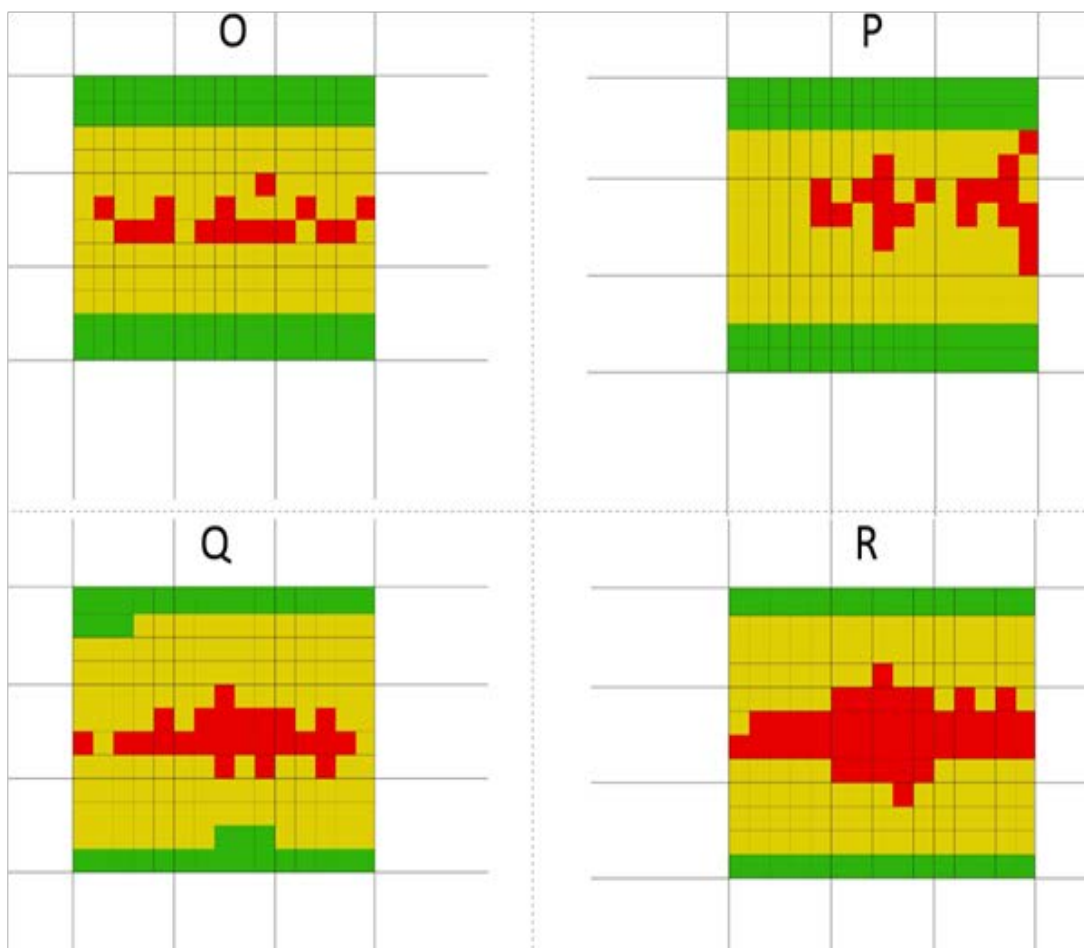


ภาพที่ 4.26 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (ง)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล โดยการสเกตตำแหน่งลงในตาราง เพื่อระบุความเสียหาย (O – R)

- ระดับที่ 1 กระจกไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระจกเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระจกเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน



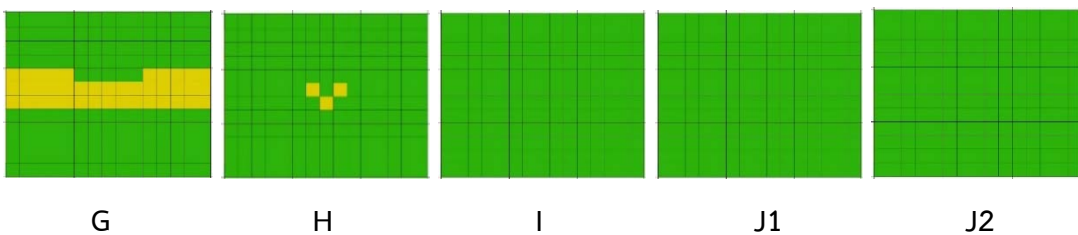
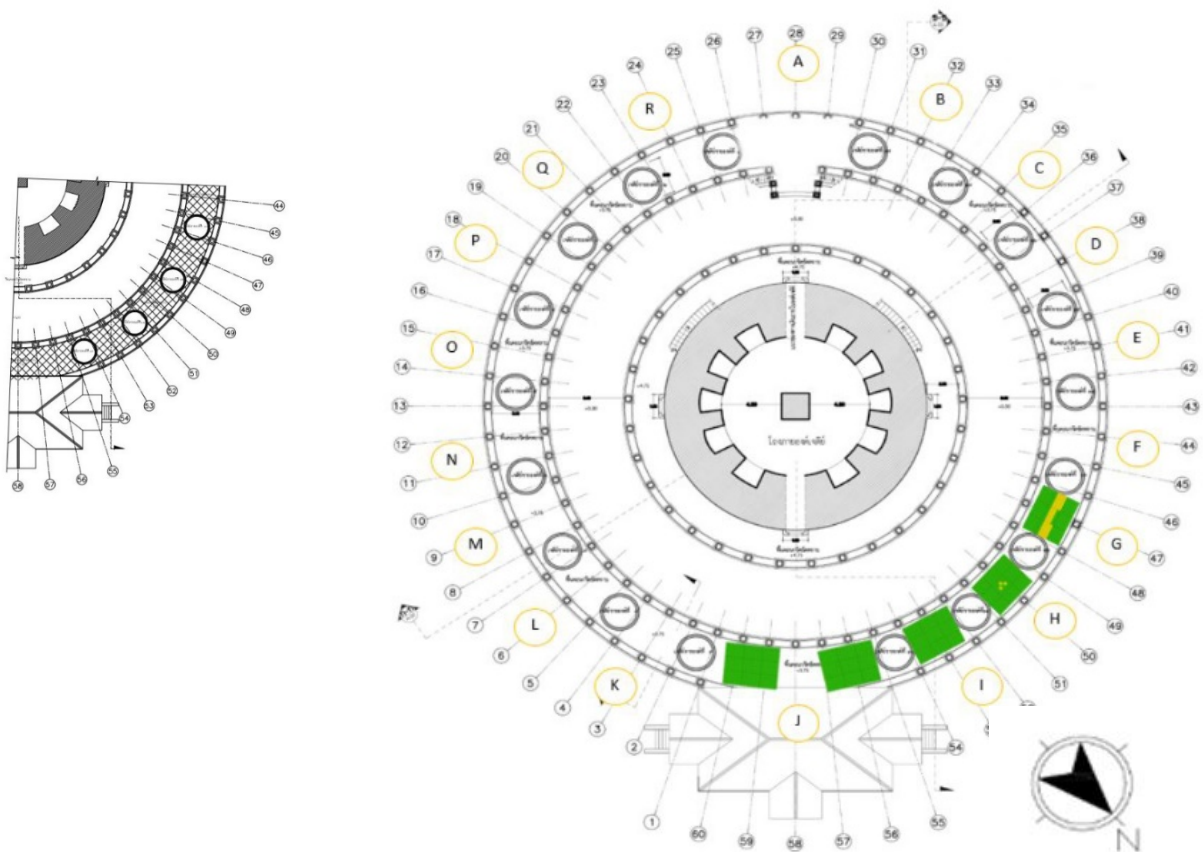
ภาพที่ 4.27 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย (จ)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล ผังพื้นแสดงความตำแหน่งการบันทึกข้อมูลสำรวจปัญหากระเบื้องหลุดล่อน โดยเริ่มจากทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก ใช้ Grid Line ที่ (ทิศเหนือ 44-58) แบ่งทำการเก็บข้อมูลตามทิศ เพื่อตรวจสอบปริมาณความเสียหาย

ทิศเหนือ ตำแหน่ง G - J

- ระดับที่ 1 กระเบื้องไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระเบื้องเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระเบื้องเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน



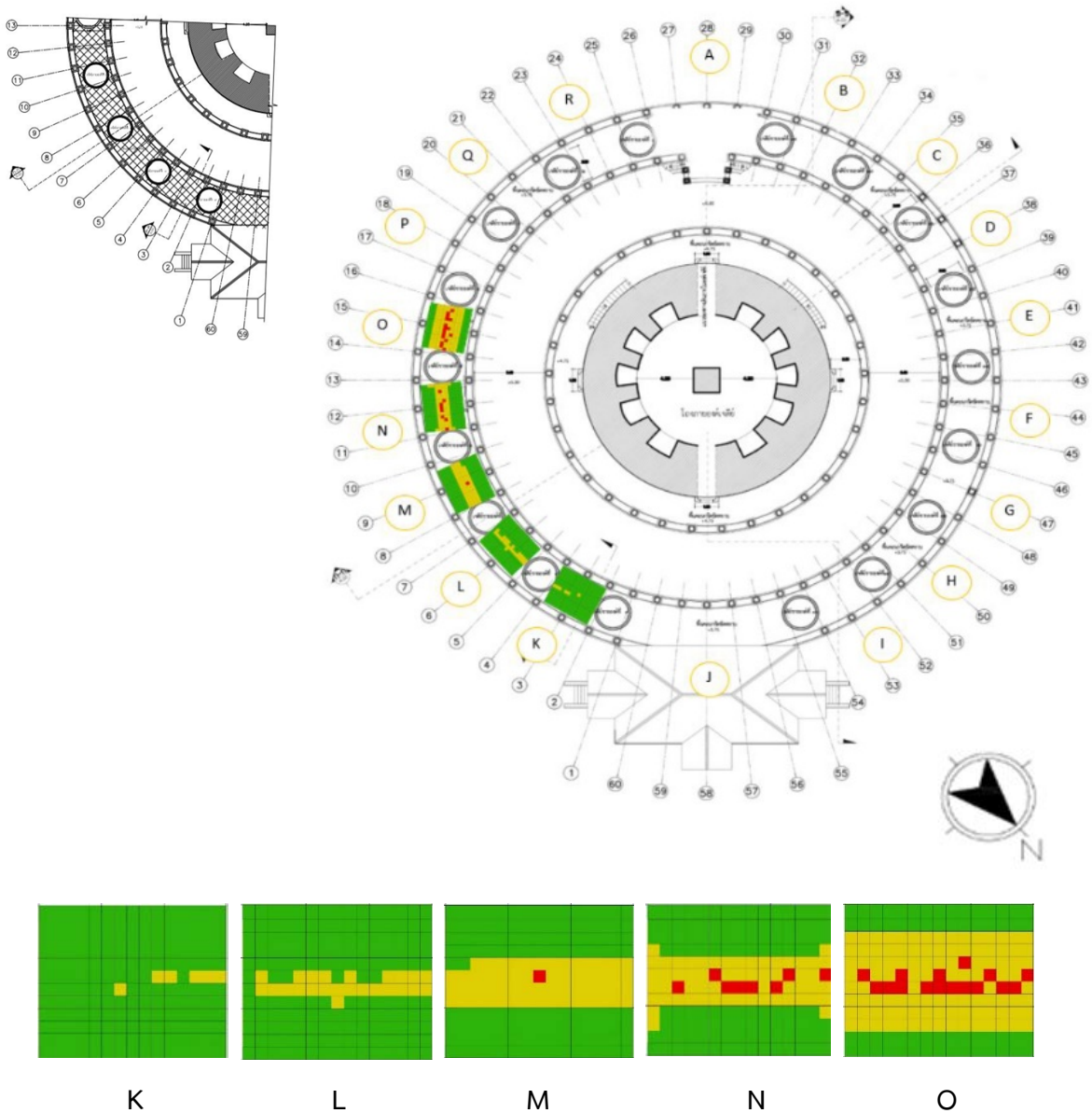
ภาพที่ 4.28 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย ทิศเหนือ

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล ผังพื้นแสดงความตำแหน่งการบันทึกข้อมูลสำรวจปัญหากระเบื้องหลุดล่อน โดยเริ่มจากทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก ใช้ Grid Line (ทิศตะวันออก ที่ 59-13) แบ่งทำการเก็บข้อมูลตามทิศ เพื่อตรวจสอบปริมาณความเสียหาย

ทิศตะวันออก ตำแหน่ง K - O

- ระดับที่ 1 กระเบื้องไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระเบื้องเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระเบื้องเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน

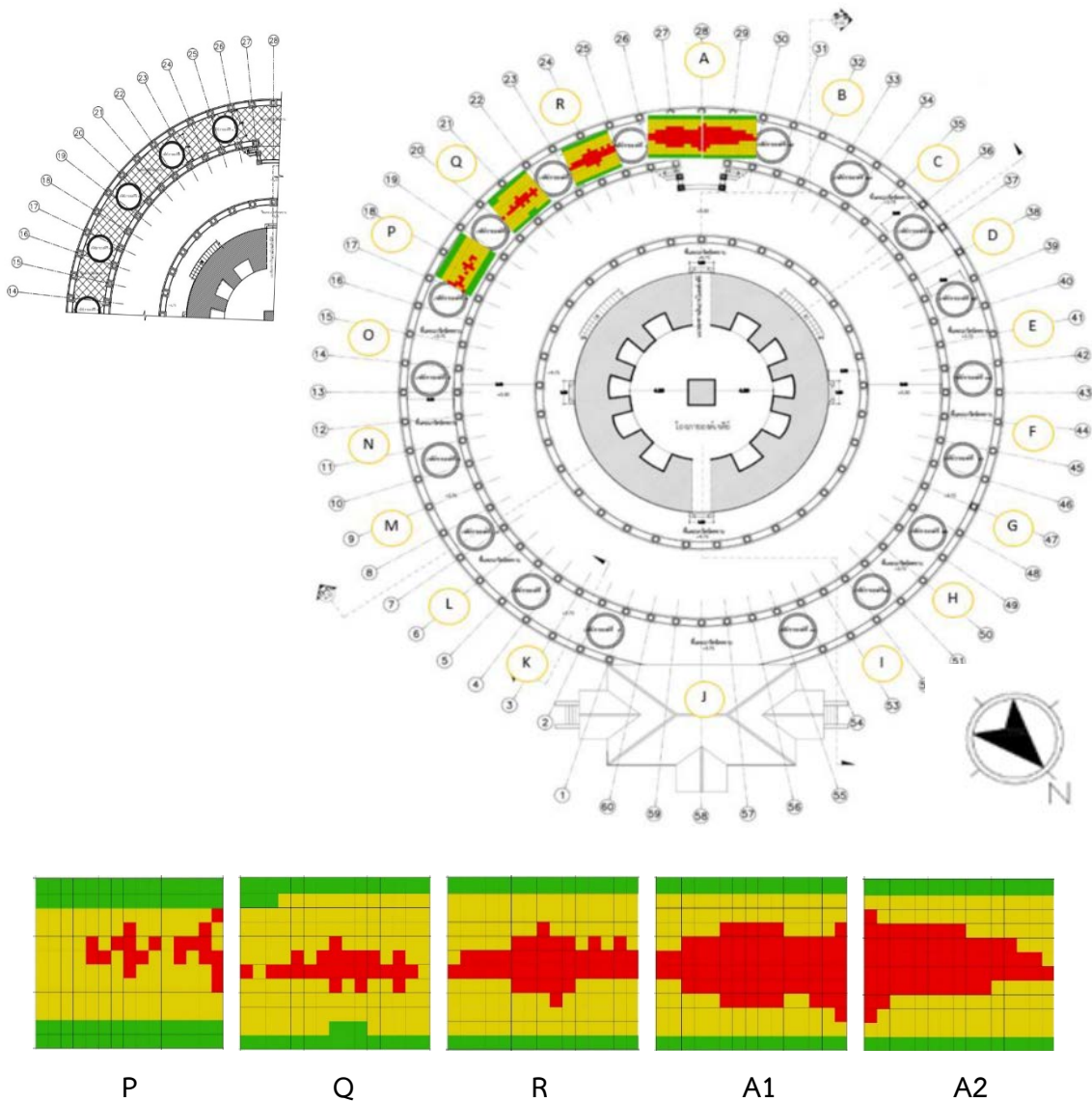


ภาพที่ 4.29 การสเกตพื้นที่ความเสียหาย ทิศตะวันออก
ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล ผังพื้นแสดงความตำแหน่งการบันทึกข้อมูลสำรวจปัญหากระเบื้องหลุดล่อน โดยเริ่มจากทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก ใช้ Grid Line (ทิศใต้ ที่ 14-28) แบ่งทำการเก็บข้อมูลตามทิศ เพื่อตรวจสอบปริมาณความเสียหาย

ทิศใต้ ตำแหน่ง P - A

- ระดับที่ 1 กระเบื้องไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระเบื้องเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระเบื้องเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน



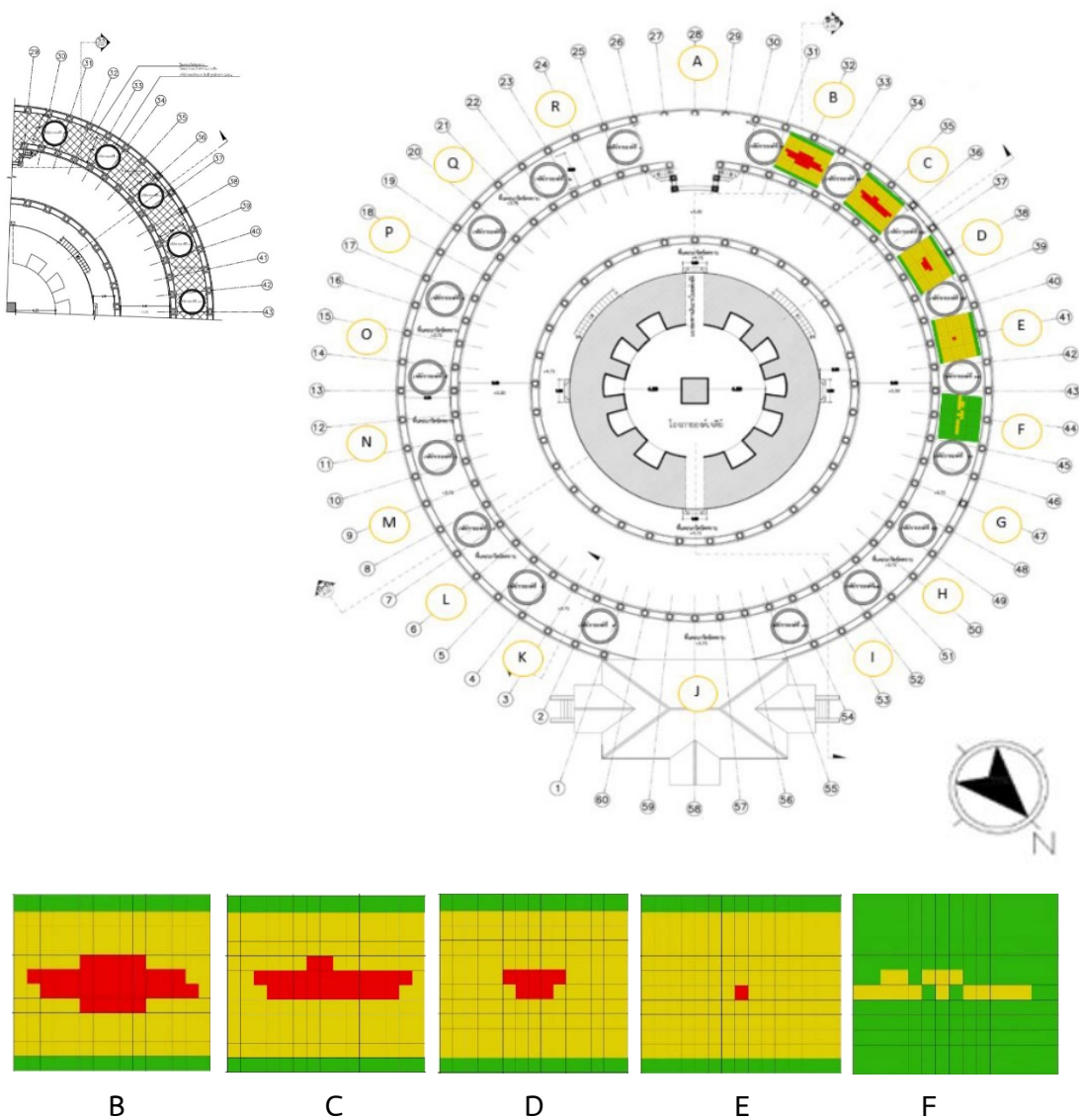
ภาพที่ 4.30 การสเกดพื้นที่ความเสียหาย ทิศใต้

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

แบบบันทึกข้อมูล ผังพื้นแสดงความตำแหน่งการบันทึกข้อมูลสำรวจปัญหากระเบื้องหลุดล่อน โดยเริ่มจากทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก ใช้ Grid Line (ทิศตะวันตก ที่ 29-43) แบ่งทำการเก็บข้อมูลตามทิศ เพื่อตรวจสอบปริมาณความเสียหาย

ทิศตะวันตก ตำแหน่ง B - F

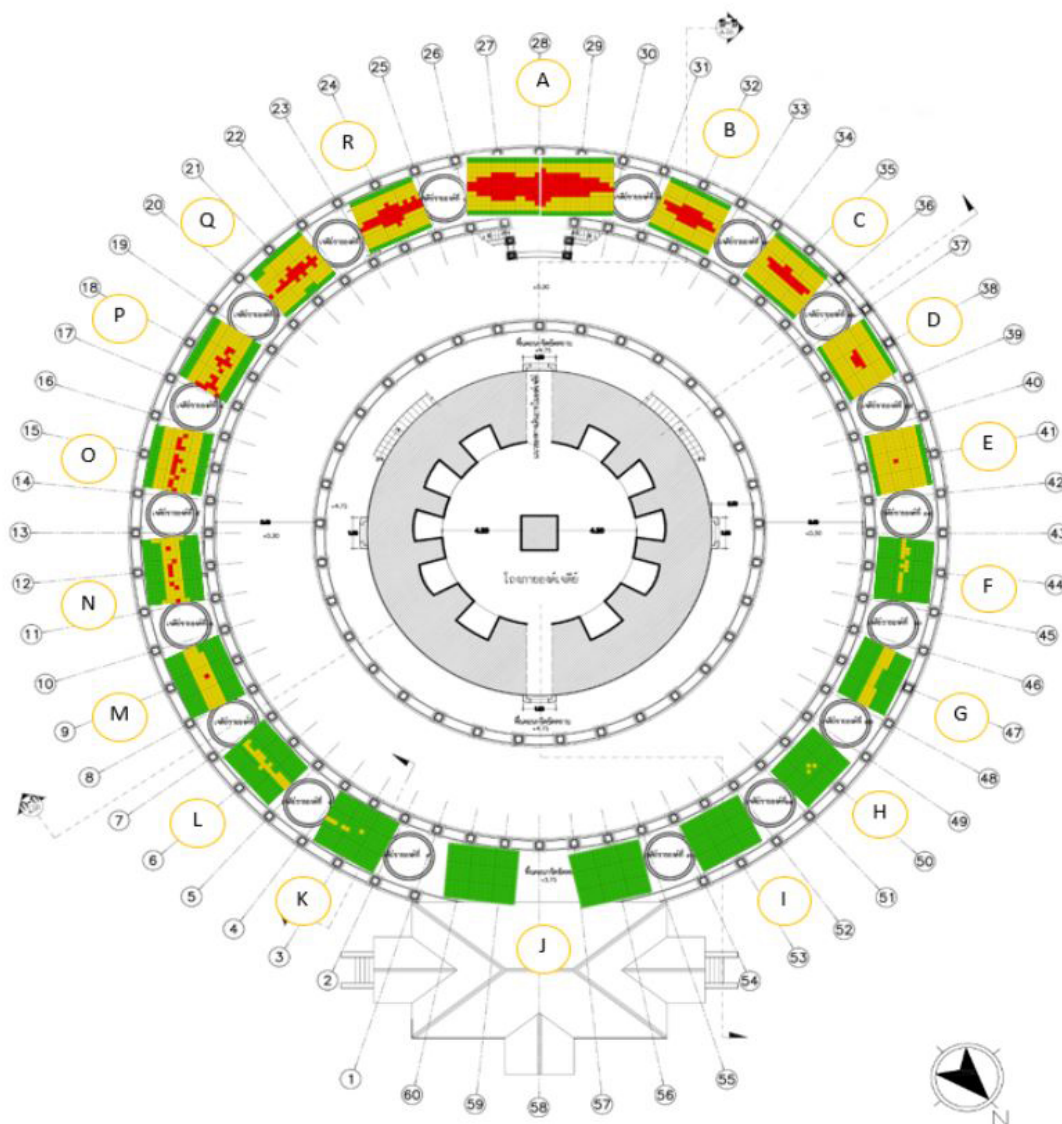
- ระดับที่ 1 กระเบื้องไม่พบความเสียหาย
- ระดับที่ 2 กระเบื้องเกิดการโก่งตัว
- ระดับที่ 3 กระเบื้องเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน



ภาพที่ 4.31 การสังเกตพื้นที่ความเสียหาย ทิศตะวันตก

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

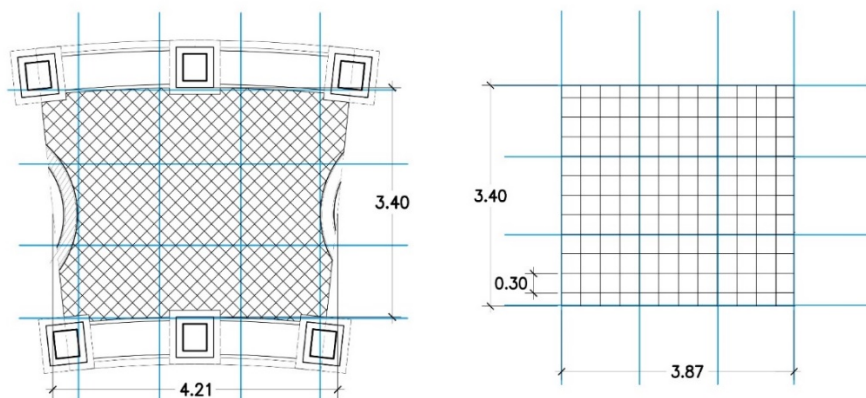
แบบบันทึกข้อมูล ข้อมูลความเสียหายทั้งหมด



ภาพที่ 4.32 การแบ่งโซนในการเก็บข้อมูล ผังพื้นที่ระเบียงคดเจดีย์ ชั้นที่ 2 ตำแหน่ง A-R
ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

การเก็บข้อมูลด้วยวิธีสังเกตด้วยสายตา จากการสำรวจ พบว่าพื้นที่ที่มีความเสียหายโดยมีสภาพกระเบื้องหลุดล่อน บริเวณทิศใต้มากที่สุด และค่อยๆลดลงในแนวทิศตะวันตก และทิศตะวันออก สำหรับด้านทิศเหนือนั้นได้รับผลกระทบน้อยที่สุด ตามที่แสดงในภาพที่ 4.32 ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์เป็นสำคัญที่มีผลต่อแรงความชื้นใต้พื้นผิวที่มีปริมาณความชื้นสูง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลลำดับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ของกรุงเทพมหานคร

4.1.2.2 การแบ่งโซนในการเก็บข้อมูล ผังพื้นระเบียงวิหารคตเจดีย์ ชั้นที่ 2 โดยการใช้แท่งโลหะเคาะฟังเสียง การเคาะด้วยไม้เคาะกระเบื้อง (หรือเหรียญโลหะ) เพื่อฟังเสียงสะท้อน วิธีการสร้างกรอบตารางเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูล โดยอ้างอิงจากพื้นของตัววิหารคต ช่วงระหว่างเจดีย์รายล้อมรอบพระบรมธาตุเจดีย์ ขนาดของช่องตารางที่ทำการทดลองเคาะ คือขนาด 30 x 30 เซนติเมตร ใช้ไม้เคาะกระเบื้อง หรือแทนด้วยเหรียญโลหะ เคาะไล่จากด้านซ้ายไปขวา ทีละช่อง ทำทั้งหมดสามครั้ง ต่อหนึ่งช่องจนครบ เพื่อให้แน่ใจ และบันทึกผลลงในตาราง โดยใช้สัญลักษณ์ x แทนเสียงที่ดังทึบแน่น o แทนเสียงที่กังวาน



ภาพที่ 4.33 ตำแหน่งการสุมเคาะแท่งโลหะ

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

บันทึกข้อมูลผลการทดลอง โดยการใช้แท่งโลหะเคาะฟังเสียง (A1 – A2)

x แทนเสียงที่ดังทึบแน่น o แทนเสียงที่กังวาน

	A1												A2											
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	x	x	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	x	o		
	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
	x	x	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
	x	x	x	x	o	o	o	o	x	x	x	o												
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

ภาพที่ 4.34 ผลการทดลองด้วยวิธีการเคาะ (ก)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

บันทึกข้อมูลผลการทดลอง โดยใช้แท่งโลหะเคาะฟังเสียง (O – R)

x แทนเสียงที่ดังทึบแน่น

o แทนเสียงที่กังวาน

O													P												
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													

Q													R												
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o													
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													

ภาพที่ 4.39 ผลการทดลองด้วยวิธีการเคาะ (ฉ)

ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

4.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการเก็บข้อมูลโดยใช้การเคาะด้วยแท่งโลหะ

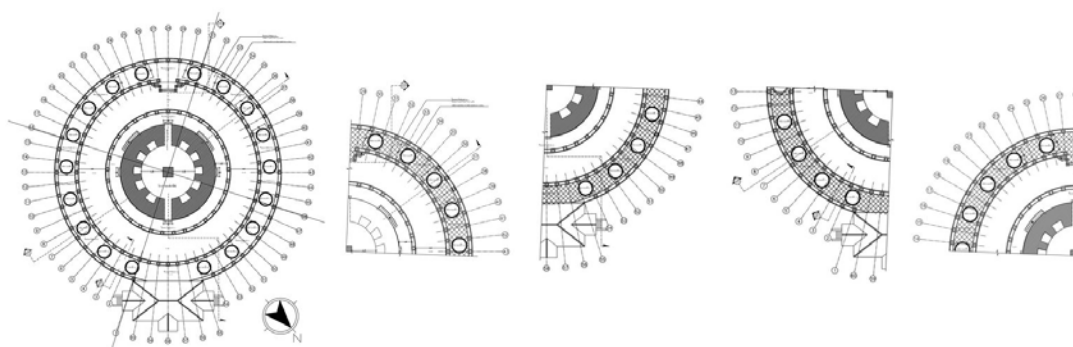
ทิศ	ตำแหน่ง	ผลการเคาะโดยใช้โลหะ (รวม 144จุด)		การแตก (%)	ค่าเฉลี่ยผลรวม แต่ละทิศ (%)
		เสียงแน่นทึบ	เสียงดังกังวาน		
		X	O		
ตะวันตก	B	104	40	28	20.2
	C	122	22	15	
	D	125	19	13	
	E	107	37	26	
	F	108	26	19	
เหนือ	G	119	25	19	5.8
	H	130	14	10	
	I	144	0	0	
	J1	144	0	0	
	J2	144	0	0	
ตะวันออก	K	119	25	17	48
	L	97	47	33	
	M	73	71	49	
	N	60	84	58	
	O	24	120	83	
ใต้	P	24	120	83	67.8
	Q	24	120	83	
	R	24	120	83	
	A1	88	56	39	
	A2	70	74	51	

จากข้อมูลในตารางที่ 10 คือการตรวจสอบข้อมูลด้วยการเคาะโดยใช้โลหะ และทำเครื่องหมาย X แทนเสียงแน่นทึบ และ O แทนเสียงดังกังวาน พบว่า ข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นเสียหายอย่างมีนัยยะสำคัญ คือ เมื่อแบ่งพื้นที่ตามทิศทางออกเป็น 4 ส่วน พบว่าทิศใต้ทิศที่มีปัญหาการหลุดล่อนมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยผลรวมเสียงดังกังวานมากที่สุด คือ 67.8% ตามด้วยทิศตะวันออก 48% ทิศตะวันตก 20.2% และทิศเหนือเกิดความเสียหายน้อยที่สุดคือ 5.8% ซึ่งผลตัวเลขดังกล่าว มีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจด้วยการระบุความเสียหายโดยการสังเกตภาพ และแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 กระทบยังไม่พบความเสียหาย ซึ่งแทนค่าด้วยสีเขียว

ระดับที่ 2 กระทบเกิดการโก่งตัว ซึ่งแทนค่าด้วยสีเหลือง

ระดับที่ 3 หรือกระทบเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน ซึ่งแทนค่าด้วยสีแดง

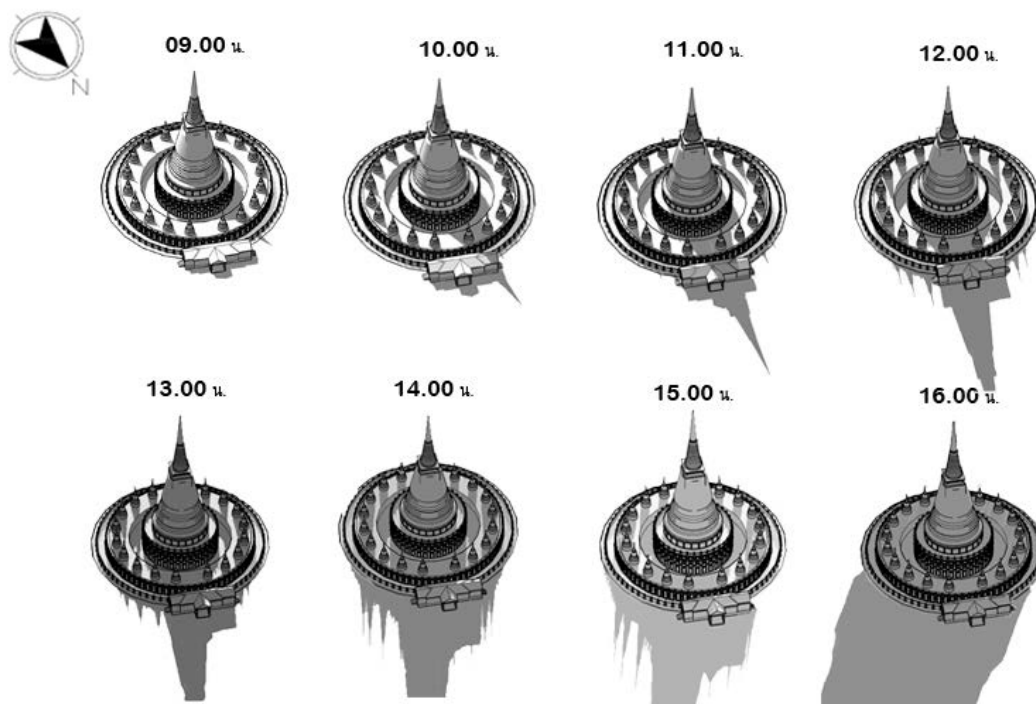


ภาพที่ 4.40 การแบ่งเส้นขอบเขตเพื่อใช้ในการแบ่งพื้นที่สำรวจ ตามแนวแกนทิศ

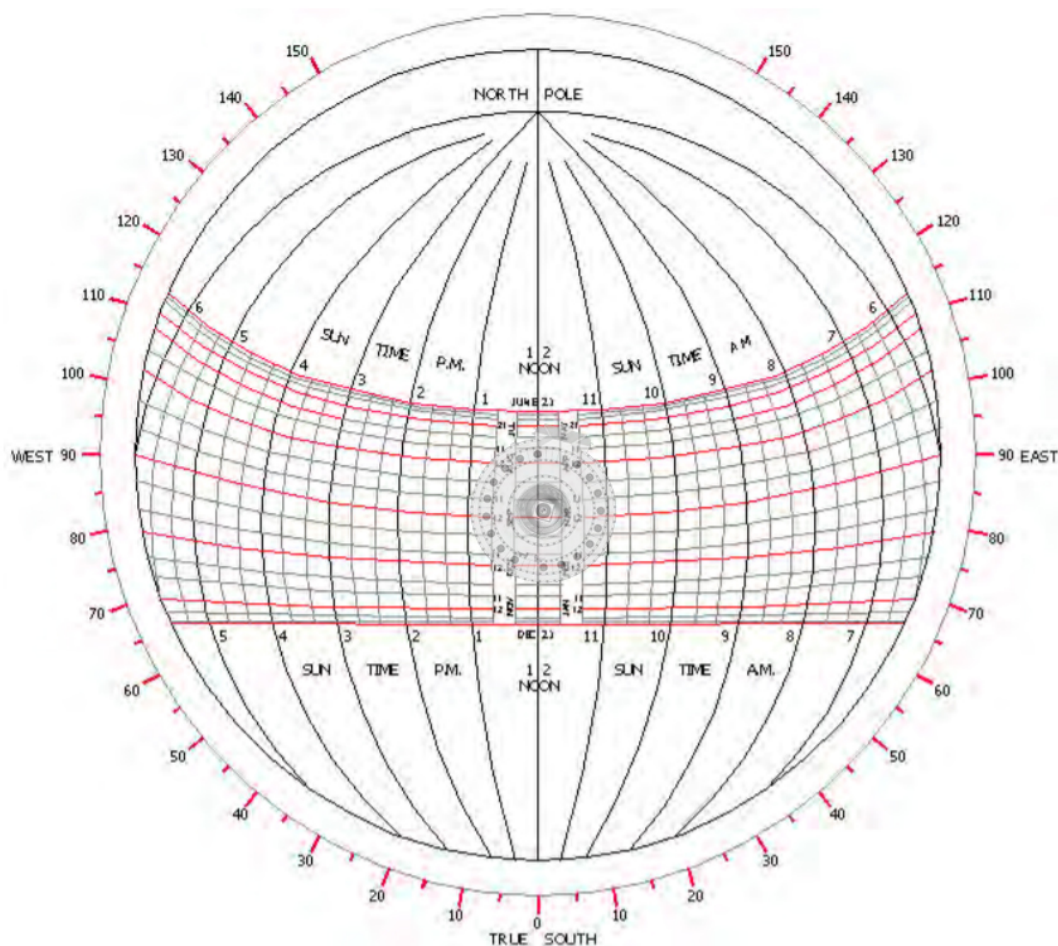
ที่มา : ผู้วิจัย, 2559

เมื่อทำการบันทึกข้อมูลลงในผังสำรวจพบว่า ข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับทิศทางของแสงแดด สอดคล้องกับข้อมูลลำดับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ของกรุงเทพมหานคร และทำ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง องค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร โดยกำหนดช่วงเวลาที่แสงแดดส่อง บันทึกภาพการเกิดเงาในแต่ละชั่วโมง ของวันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ. 2559 ตั้งแต่เวลา 09.00 - 16.00 น. จากผลของการใช้โปรแกรมจำลองช่วงเวลา และเงาที่ตกกระทบพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก องค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์ ทำให้ทราบว่า ทิศเหนือเป็นทิศที่เงาของเจดีย์ทอดยาวลงมาที่พื้นที่ตลอดวัน สอดคล้องกับค่าความเสียหาย คือ กระเบื้องเกิดความเสียหายน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเสียหายของกระเบื้อง ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้เป็นทิศที่เกิดความเสียหายมากที่สุด เพราะได้รับแสงแดดส่องตลอดวัน จากผลสำรวจดังกล่าว อนุมาน

ได้ว่าปัญหาพื้นที่รับแสงแดดมากมีผลกระทบต่อพื้นผิวเจดีย์และกระเบื้องพื้นทางเดินภายนอก พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร



ภาพที่ 4.41 ภาพจำลองเงา 21 มิถุนายน 2559 พระบรมธาตุมหาเจดีย์วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร
ที่มา : ผู้วิจัย, 2559



ภาพที่ 4.42 การโคจรของดวงอาทิตย์ในรูปปีที่มีต่อเงาของพระบรมธาตุมหาเจดีย์ฯ

ที่มา : (ผู้วิจัย, 2559)

จากผลการทดลองทำให้ได้มาซึ่งปัจจัยการหารูปแบบปรากฏการณ์การแตกร้าวที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องพื้นทางเดินภายนอก พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร โดยการนำข้อมูลจากการบูรณะที่ผ่านมามาได้แก่ ภาพถ่าย และวัสดุที่ใช้ และขั้นตอนการบูรณะซ่อมแซมกระเบื้องปูพื้นทางเดินภายนอก โดยสามารถแบ่งสาเหตุการเสื่อมสภาพของกระเบื้องเป็น 3 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1 จากเทคนิคการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน การตรวจสอบในส่วนนี้อาศัยข้อมูลจากการบูรณะและภาพถ่ายจากหนังสือและการสัมภาษณ์ผู้ออกแบบและควบคุมงานการบูรณะ ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลที่นำมาทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานในงานปูกระเบื้อง เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตและตรวจสอบรูปแบบการแตกร้าว

กรณีที่ 2 จากโครงสร้าง การตรวจสอบอาศัยข้อมูลจากการสำรวจและวิธีการสังเกต ตรวจสอบรอยแตกร้าว โดยการเก็บข้อมูลจากภาพถ่าย ลักษณะการแตกร้าวของโครงสร้าง และทิศทางการเสียหายเพื่อหาสาเหตุ

กรณีที่ 3 การยึดหดของวัสดุ เนื่องจากอุณหภูมิ อิทธิพลของอุณหภูมิ การตรวจสอบใช้การสังเกตลักษณะการแตกร้าวและทิศทางการแตก นำข้อมูลจากการทดลองโดยการใช้โลหะเคาะฟังเสียง เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการจึงนำผลที่ได้นั้นมาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องพื้นทางเดินภายนอก พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร โดยการใช้ผังพื้นตีเป็นตารางและบันทึกข้อมูลเทียบกับภาพ ช่วงเวลาที่แสงแดดส่องกระทบเจดีย์ ทำให้เกิดเงาในมุมต่างๆ

จากขั้นตอนการทำสร้างเครื่องมือ เพื่อหารูปแบบการแตกร้าวที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องปูพื้นทางเดินภายนอก ทั้ง 3 รูปแบบ โดยการสร้างแบบบันทึกข้อมูล ข้อมูลที่สำรวจเก็บจากสถานที่จริงมาได้ทั้ง 3 รูปแบบ คือ รูปแบบการเกิดจากการปูกระเบื้องที่ไม่ได้มาตรฐาน รูปแบบที่เกิดขึ้นจากโครงสร้าง และรูปแบบที่เกิดจากการยึด-หดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ มีความสอดคล้องกันมีความสัมพันธ์และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทั้ง 3 ชุดในด้านข้อมูล ทำให้สามารถจำแนกประเภทของรูปแบบ การสังเกตการแตกร้าวได้ จึงสามารถสรุปได้ว่าประสิทธิภาพและคุณสมบัติของแบบบันทึกข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย มีความน่าเชื่อถือข้อมูลและผลการศึกษา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

พฤติกรรมการณ์เสียหายของกระเบื้อง แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะตามการเกิด ได้แก่

- 1) จากโครงสร้าง
- 2) จากการปูที่ไม่ได้มาตรฐาน
- 3) จากการยึดหดตัวของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ

การประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นกับกระเบื้องภายนอกของอาคาร ทำโดยการเก็บข้อมูลความเสียหายของพื้นภายนอกอาคาร ด้วยการสังเกตและการบันทึกภาพถ่าย บันทึกรูปแบบของความเสียหาย การตรวจวัดระดับความเสียหายทำโดยอาศัยเครื่องวัดระดับชนิดเลเซอร์ จากนั้นนำมาวิเคราะห์และประเมินผลความเสียหายที่เกิดขึ้นเป็น 3 ระดับ ได้แก่ระดับที่ 1 กระเบื้องไม่พบความเสียหายที่ชัดเจน ระดับที่ 2 กระเบื้องเกิดการโก่งตัว ระดับที่ 3 กระเบื้องเกิดการโก่งตัวและหลุดล่อน

จากการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการหลุดล่อนของกระเบื้องปูพื้นทางเดินภายนอกอาคาร ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าระดับความเสียหายส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ 2 คือ กระเบื้องปูพื้นเกิดการโก่งตัวขึ้น ลักษณะเป็นการยกตัวเป็นแพหลุดออกจากพื้นซีเมนต์ และเมื่อพิจารณาในลักษณะภาพรวมของแนวโน้มความเสียหาย พบว่าระดับความเสียหายจะเป็นลักษณะของการนูนโก่งตัวเป็นกระดองเต่า ซึ่งจากการศึกษารูปแบบของการแตก พบว่าลักษณะการของอาคารกรณีศึกษานี้ไม่ใช่การแตกร้าวซึ่งเกิดจากโครงสร้างของอาคาร แต่สามารถอาจตั้งสมมุติฐานได้เป็น 2 กรณี คือ การแตกร้าวเนื่องจากช่างปูกระเบื้องไม่ได้มาตรฐาน และการแตกร้าวจากการยึด-หดตัวของวัสดุที่ไม่สัมพันธ์กัน อีกทั้งเมื่อพิจารณาในภาพรวมของแนวโน้มความเสียหาย พบว่าระดับความเสียหายจะไล่จากน้อยไปมากในด้านทิศเหนือ, ทิศตะวันออก, ทิศใต้, และ ทิศตะวันตก ตามลำดับ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการประเมินความเสียหายของการหลุดล่อนของกระเบื้องปูพื้นทางเดินเหนือระเบียงคต พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร ผลการวิจัยพบว่า การหลุดล่อนของกระเบื้องไม่เพียงแต่เกิดจากการปูกระเบื้องที่ไม่ได้มาตรฐานเป็นสาเหตุสำคัญเพียงอย่างเดียวเท่านั้น การชำรุดของโครงสร้างนับเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง นอกจากนี้ยังพบว่ามี การแตกร้าวจากการยึดหดตัวของวัสดุทั้งพื้นคอนกรีต และกระเบื้องมีการหดตัวที่ไม่สัมพันธ์กัน จึงส่งผลให้เกิดความเสียหาย แม้ว่าจะได้มีการบูรณซ่อมแซมไปแล้วก็ตาม

ข้อเสนอแนะ สำหรับซ่อมแซม พื้นกระเบื้อง ควรมีข้อควรพิจารณาเพิ่มเติมดังนี้

1. ควรหาสาเหตุที่ทำให้กระเบื้องหลุดล่อนเสียก่อน ถ้าพบว่าเกิดจากความชื้น (เช่น มีน้ำซึม สีทาผนังบวมปูด) อาจต้องรื้อกระเบื้องทั้งหมด แล้วแก้ไขเรื่องนี้ให้ได้ก่อนปูกระเบื้องใหม่ลงไป ไม่อย่างนั้น กระเบื้องก็จะยังคงล่อนต่อไป ไม่มีวันจบ แต่ถ้ากระเบื้องหลุดล่อนเพราะปูนยึดติดไม่ดี ก็เปลี่ยนเฉพาะแผ่นที่มีปัญหาได้
2. ในขั้นตอนการเปลี่ยนหรือปูกระเบื้อง ต้องมีการสกัดปูนกวาดออก ควรหาทางป้องกัน เศษปูนที่อาจกระจัด-กระจ่ายไปตามซอกมุมต่างๆ ให้ดี ก่อนลงมือซ่อมแซมพื้นกระเบื้อง
3. ป้องกันความชื้นไม่ให้ขึ้นมาสัมผัสกับปูนและแผ่นกระเบื้อง ด้วยวัสดุป้องกันความชื้น (กันซึม) ใช้ได้ทั้งแบบทาและแบบแผ่น ต้องเลือกแบบที่ปูกระเบื้องทับลงไปได้

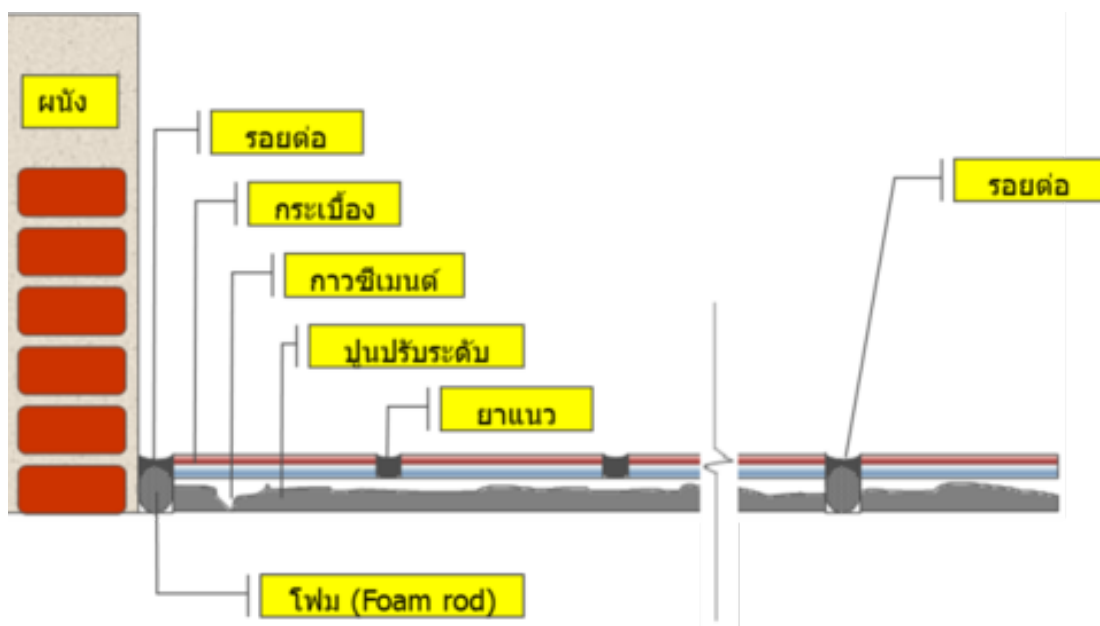
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

การป้องกันและแก้ไขกระเบื้องระเบิด ด้วยปูนกวาดชนิดยึดหยุ่น ทนทานทุกสภาพ ภูมิอากาศ และกาวยานแนวชนิดยึดหยุ่น ดังนี้

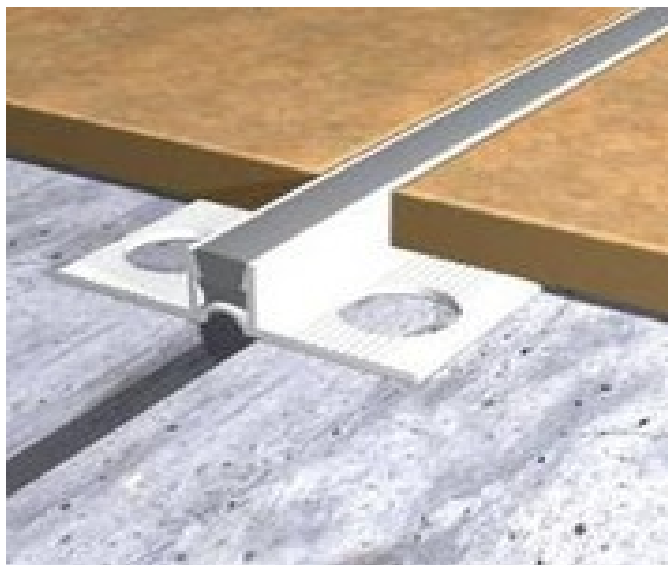
1. ตรวจสอบสภาพพื้นผิวก่อนปูกระเบื้อง พื้นผิวต้องเรียบ แข็ง ได้ระดับ แห้งและการดูดซึมน้ำอยู่ในระดับปกติ กรณีพื้นปูนปรับระดับใหม่ต้องทิ้งให้แห้ง คือ 7 วัน ต่อความหนา 1 ซม. สำคัญในเรื่องความสะอาดและแห้ง ขั้นตอนเตรียมพื้นผิวถือเป็นขั้นตอนสำคัญ ถ้าเราเตรียมพื้นผิวไม่ดีพอ อาจจะทำให้เกิดปัญหากระเบื้องแตกกระเบื้องหลุดล่อนได้
2. กระเบื้องที่นำมาปูต้องมีคุณสมบัติไม่หดตัวหรือขยายตัวมากเกินไป และไม่ควรรนำกระเบื้องบุผนังมาปูพื้น
3. เลือกปูนกวาดปูกระเบื้องคุณภาพให้เหมาะสมกับกระเบื้องที่เราต้องการปู ทุ๊กแก เวเบอร์ แนะนำ ปูนกวาดคุณภาพสูง ชนิดยึดหยุ่นสูง ทนต่อทุกสภาพอากาศ
4. ขั้นตอนปูกระเบื้องควรใช้เกรียงหวีในการปูกระเบื้อง โดยปาดกวาดบนพื้นผิวซีเมนต์ และปาดกวาดหลังกระเบื้องบางๆ ให้ทั่วแผ่น เพราะจะทำให้ปูนกวาดยึดเกาะทั่วแผ่นกระเบื้องและพื้นผิว และไม่มีช่องว่าง โพรงอากาศเหลืออยู่
5. ทิ้งให้กาวยานแห้งอย่างน้อย 1 วันก่อนยาแนวด้วย กาวยานแนวชนิดยึดหยุ่น
6. แนะนำให้เว้นร่องยาแนวอย่างน้อย 3 มม. สำหรับงานพื้น
7. กรณีปูกระเบื้องเป็นพื้นที่บริเวณกว้าง แนะนำทำรอยต่อรองรับการขยายตัวของกระเบื้องพื้น (Floor Expansion Joint) ควรต้องเว้นร่องไว้ทำรอยต่ออย่างน้อย 5 มม. แล้วใช้วัสดุที่ใช้ยารอยต่อเพื่อการขยายตัว ได้แก่ โพลียูรีเทน (PU), โพลีซิลิโคน



ภาพที่ 5.1 กาวยาแนวชนิดยืดหยุ่นอัดรอยร้าว
ที่มา: weberthailand, 2559



ภาพที่ 5.2 ระยะการเว้นรอยต่อเพื่อการยึดหดของวัสดุ เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิ
ที่มา: weberthailand, 2559



ภาพที่ 5.3 แบบขยายรอยต่อของแผ่นกระเบื้อง
ที่มา: weberthailand, 2559



ภาพที่ 5.4 แสดงการปูกระเบื้องที่ได้มาตรฐานและการเว้นช่องรอยต่อ
ที่มา: weberthailand, 2559

ตารางที่ 5.1 ตรวจสอบคุณภาพของกระเบื้อง

หัวข้อการตรวจสอบ	ใช่	ไม่ใช่	ผล
1.วิธีการติดตั้ง			
1.1 ติดตั้งโดยใช้ปูนทราย			
1.2 ติดตั้งโดยใช้กาวซีเมนต์			
2.การตรวจสอบกระเบื้องก่อนทำการปู			
2.1 ชนิดของกระเบื้องเหมาะสมกับการติดตั้ง			
2.1.1 เเผที่อุณหภูมิสูง (เซรามิค)			
2.1.2 เเผที่อุณหภูมิต่ำ (ดินเผา)			
2.2 ขนาดของกระเบื้อง			
2.2.1 ขนาดเล็ก โมเสก ขนาด 1นิ้ว,2นิ้ว,3นิ้ว			
2.2.2 ขนาดกลาง กระเบื้อง ขนาด 4นิ้ว-12นิ้ว			
2.2.3 ขนาดใหญ่ แกรนิตโต้ ขนาด มากกว่า 12นิ้ว- 24 นิ้ว,			
2.3สีของกระเบื้องสม่ำเสมอทุกกล่อง			
2.4 ความโค้งอยู่ในค่ามาตรฐานที่รับได้ ไม่มีคิรูป			
3.ตรวจเช็คระดับให้มีความหนาที่เหมาะสม 5-7 cm			
4.ทิศทางการปู ปูไปในทางลูกศร ทิศทางเดียวกัน			
5.การจัดช่องระหว่างแผ่นกระเบื้อง และแนวรอยต่ออยู่ระหว่าง 2-3 cm.			
6.มีการเว้นช่องระหว่างรอยต่อ เพื่อการยึด-หดตัวของวัสดุ			
สรุปผลรวม			
ข้อคิดเห็น			

บรรณานุกรม

กรมอุตุนิยมวิทยา.[ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา : . www.tmd.go.th/aboutus/location.php. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 28 สิงหาคม.

2559

กตัญญูลี เวชวิมล(2543). อิทธิพลของความชื้นและแสงแดดต่อการเสื่อมสภาพของฉาบฉวยผนัง
ในวัด.

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย

แหล่งที่มา:www.weberthai.com/weber/knowledge/tileadhesive-tip/why-tileexplodes.html

จิราภรณ์ อรัณยนาถ(2556). การเสื่อมสภาพของโบราณสถานและโบราณวัตถุ.

ส่วนที่ 21 หน้า 12 หน้า. ใน การประชุมวิชาการ

วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร. พระบรมธาตุมหาเจดีย์และเจดีย์รายล้อม. [ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา : . www.watprayoon.com/main.php. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 25 สิงหาคม.2559

พระพรหมบัณฑิต(2556). ลำดับเหตุการณ์การค้นพบพระบรมสารีริกธาตุ.

ประวัติวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร.เซน พรินต์

สันติ เล็กสุขุม(2552). เจดีย์ ความเป็นมาและคำศัพท์เรียกองค์ประกอบเจดีย์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ มติชน

สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถิ(2557). โครงการศึกษาออกแบบบูรณปฏิสังขรณ์องค์พระบรมธาตุมหาเจดีย์
และเจดีย์รายล้อมวัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร.คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คันสนีย์ ชวนะกุล (2528).บทบาทของแบคทีเรียและแอคติโนมัยซีตต่อการเสื่อมสภาพของ
โบราณสถานในอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชลดา แสงคล้าย(2559). วัสดุก่อสร้าง.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์กระทรวงศึกษาธิการ

มาตรฐานของการปูกระเบื้อง [ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา:www.weberthai.com/weber/knowledge/tileadhesive-tip/why-tileexplodes.html สืบค้นข้อมูลเมื่อ 20 สิงหาคม.2559

การตรวจสอบงานปูกระเบื้อง.[ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา: www.tatc.ac.th/external_newsblog.php?links=445. สืบค้นข้อมูลเมื่อ 18
สิงหาคม.2559

บรรณานุกรม(ต่อ)

อุดมสุข เล็กสงวนศักดิ์. **พื้นที่รูด ปัญหาปวดร้าวใจ** [ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา: www.oknation.nationtv.tv.สืบค้นข้อมูลเมื่อ วันที่29 กันยายน พ.ศ.2559

สีบพงศ์ จรรย์สีบศรี. (ม.ป.ป.). **เทคนิคการซ่อมแซมอาคารอนุรักษ์และโบราณสถาน (ปัญหาความชื้นในอาคาร)**

[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.suebpong.rmutl.ac.th/conweb/technic04.htm [7 เมษายน 2560]

ดร.สิรินารี เงินเจริญ.(2560). **ศึลาจารึก ณ พระจุฬารัฐราชฐานกับการเสื่อมสภาพจากสิ่งแวดล้อม.**

วารสารสิ่งแวดล้อม ENVIRONMENTAL JOURNAL.

ธนิต ผิวนิม,สมเกียรติ ธานานิต และเลิศวิทย์ โอวาสีทธิ.(2535). **มนุษย์กับวิทยาศาสตร์.**

นครปฐม. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.

ชัยยุทธ ศรีเผด็จ(2556). **ความร้อนกับสภาพแวดล้อมทางอุณหภูมึ.**

รศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ.(2542). **บ้านประหยัดพลังงาน.** กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Fuller Moore. (1993). **Environmental control systems.**

heating cooling lighting .Singapore. McGraw-Hill Book.

Bensal.N K , Hauser G. and Minke G.(1994). **Passive Building Design a handbook of natural climatic.** Netherlands. Elsevier Science B. V.

ภาคผนวก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสิริวัล ภมร
วัน เดือน ปีเกิด	25 สิงหาคม พ.ศ. 2533
ที่อยู่	144 หมู่ 4 ตำบลป่าเต็ง อำเภอกำแพงกระเจาน จังหวัดเพชรบุรี 76170
E-mail	siriwanparn20@gmail.com
โทร	097-146-6282

ประวัติการศึกษา

2556	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2560	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (สถ.ม.) สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

2556-2557	บริษัท แพลน 1661 จำกัด
2557-2562	รับเหมาก่อสร้าง และออกแบบ

ผลงานวิจัย

2560	สิริวัล ภมร. 2560. “ปรากฏการณ์การหลุดล่อนของพื้นกระเบื้องทางเดินภายนอก กรณีศึกษา พระบรมธาตุมหาเจดีย์ วัดประยุรวงศาวาสวรวิหาร.” หนังสือบทความวิจัยใน โครงการประชุมวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2560. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
------	--