สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัย

เรื่อง กรณีศึกษาการออกแบบอาคารลอยตัวบนที่ราบลุ่มภาคกลาง เพื่อลดความสูญเสียทางโครงสร้าง

A Study of the Design for Elevated Buildings on the Central Basins to Diminish Structural Deteriorations

คณะดำเนินงานวิจัย

นายณรงค์ มณฑปใหญ่ หัวหน้าโครงการวิจัย

รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ ผู้ร่วมวิจัย

RCH
TH
439
ณ213ก
ค.1

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 120383
วัน, เดือน, ปี 20 ก.พ. 2555

b.123710124
i.....

ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) **กรณีศึกษาการออกแบบอาคารลอยตัวบนที่ราบลุ่มภาคกลาง เพื่อลดความสูญเสียทางโครงสร้าง**

ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) **A Study of the Design for Elevated Buildings on the Central Basins To Diminish Structural Deteriorations**

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2553 จำนวนเงินที่ได้รับสนับสนุน 80,000.00

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2552 ถึง 30 กันยายน 2553

รายชื่อผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

1. นายณรงค์ มณฑปใหญ่ วท.บ., วศ.ม.(วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ)
   คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   โทร 089 220 8654
2. รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ สถ.บ., D.Eng.(Architectural Eng.)
   คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   โทร 081 555 9528

บทคัดย่อ

การก่อสร้างขยายตัวควบคู่ไปกับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจซึ่งเป็นไปอย่างก้าวกระโดด น้ำท่วมขังในเขตที่ราบลุ่มในประเทศไทยเป็นปัญหาใหญ่หลวงที่เป็นผลมาจากการพัฒนาพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งนำความสูญเสียมาสู่อาคารต่างๆในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง เช่น ในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง ลพบุรี และกรุงเทพมหานคร เป็นต้น อาคารที่ตั้งอยู่ในสภาพที่ดินที่น้ำท่วมขังแต่ถูกออกแบบมาโดยมิได้มีการพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมที่ชื้นแฉะนั้น หลังการใช้งานผ่านไปเพียง 30-40 ปี ปัญหาการกัดกร่อนในโครงสร้างของอาคารจะลุกลามด้วยอัตราที่เร่งในลักษณะลูกโซ่ อาจจะพาไปสู่การวิบัติของโครงสร้างอาคารได้ ไม่นับความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์อาคารอื่นๆ

การออกแบบทั้งภายนอกและภายในจึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่ง กล่าวคือต้องเริ่มต้นจากการวางผังประธานที่แยบยล โดยจัดขอบเขตทางเดินของน้ำที่จะไหลผ่าน อีกทั้งยังต้องใช้วิศวกรรมทางวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศาสตร์มาจัดการ อาจจะต้องทำการเคลือบป้องกันการเสื่อมสลายของเนื้อวัสดุโครงสร้างที่สัมผัสกับความชื้นภายนอกก่อนการใช้งาน ทั้งสองสิ่งดังกล่าวนี้จึงถือว่าเป็นมาตรการหลักที่จะนำมาเป็นกลยุทธ์สำหรับการออกแบบอาคารในเป้าหมายหรือเป็นการ **"ออกแบบสถาปัตยกรรมบนน่านน้ำ"** ให้มีความวัฒนาถาวร มีอายุการใช้งานได้นานเท่ากับอาคารที่อยู่ในที่ราบสูงได้อย่างภาคภูมิ

คณะวิจัยได้เลือกพื้นที่วิจัยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และได้แนวความคิดที่เห็นว่าจะเป็นเครื่องทุ่นแรงสำหรับนักออกแบบโดยเสนอแนวความคิดในการออกแบบตั้งแต่การจัดผังบริเวณด้วยระบบวิศวกรรมชลประทาน จนถึงแบบรูปและโครงสร้างของอาคารที่เหมาะสม สามารถถูกสร้างขึ้นและใช้ได้ดีในภูมิประเทศที่มีน้ำท่วมขังดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ – ดีพาสสิเวชั่น (de-passivation) ของเหล็ก การกัดกร่อนจากคลอไรด์ อะควาแรพพ์ ความซึมได้ในคอนกรีต น้ำกร่อย แผ่นสังเคราะห์กั้นน้ำ "FRP"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

Architecture and the development of economy of man are parallel in the modern living nowadays. Under aggressive environments or in flood-proned areas , so-called the "Waterfront Architecture" containing of various buildings built of contemporary materials in general, are associated with corrosion phenomenon which can occur in normal or critical climatic conditions. Although the corrosion rates are usually lower in the freshwater terrain, they are still critical and the deterioration rate is accelerating with servicing-time in saline and salty environments. Reinforcing steels of 42 footing-columns of a submerged reinforced buildings in a the King Mongkut's Institute of Technology at Latkrabang (KMITL) campus, Bangkok, exhibited a critical corrosion status after approximately 30-38 years of normal servicing period. Each submerged column exhibits a remained sectional area of less than 10-15 percent of the original today.

This brings a serious question of how this type of water–submerged architecture can survive in each cycle of unusual changes in climates and flooding environments. The causes are doomed to be related to the phenomena of rust and deterioration of the whole body of the structure. The building designers should find some newer design of building structures and the safe-guarding materials to be used for the protecting purpose rather than repairing them again and again as being done widely today.

In this study we took some major Ayutthaya terrains as our pilot investigation sites and are expecting that the selected model will be applicable for the design development and can be introduced to designers of building structures and furthermore, and available for the further fruitful implementations.

Keywords: de-passivation Permeability of concrete, Brackish water, Fiber-Reinforced Plastic (FRP), Chloride- induced corrosion, Aqua-wrap, Permeability of concrete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ด้วยความอนุเคราะห์อุดหนุนทุนวิจัยจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ 2553 คณะผู้วิจัยฯ มีความซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ที่ทำให้โครงการวิจัยนี้ได้บรรลุความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ก่อให้เกิดความเชื่อมั่นและมั่นใจว่าจะสามารถดำเนินงานโครงการวิจัยในขั้นต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

บทที่	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญเรื่อง	VI
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	9
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	10
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย	10
2 ปัญหาและสาเหตุแห่งความสูญเสียของโครงสร้างอาคาร	11
2.1 ผลสำรวจความเสียหายของโครงสร้าง ในสภาวะจมในน้ำจืด และน้ำกร่อย (2552-2553)	11
2.2 ความพรุนในเนื้อคอนกรีต	18
2.3 การออกแบบ-ก่อสร้างคันเขื่อนโลหะ	22
2.4 ปรากฏการณ์ที่ซ้ำเติมปัญหาน้ำท่วม	25
2.5 ความเสียหายต่อฐานรากของอาคารเมื่อดินยุบตัว	29
3. กรอบแนวความคิดในการออกแบบผังประธานและโครงสร้างเพื่อการปิดกั้นน้ำ	33
3.1 ศึกษาเพื่อเสนอการแก้ปัญหาความเสียหายจากการจมน้ำของทางวิ่ง และทางขับของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ	33
3.2 แนวทางการออกแบบผังประธานป้องกันน้ำท่วมของประเทศไทยในอดีต	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ	47
4.1 สาเหตุหลักแห่งความเสื่อมลงของโครงสร้างในอาคาร	47
4.2 การทดลองการก่อสนิมและอัตราของความสูญเสีย จากการกัดกร่อนในโครงสร้าง	50
4.3 ข้อสรุปเบื้องต้นและการเสนอแนะ	55
4.4 ผลการวิเคราะห์จากการคำนวณค่าอัตราของการกัดกร่อนของเหล็กเสริม	57
4.5 การชี้แนะในการดำเนินการขั้นต่อไปเนื่องจากผลการทดลอง	59
5 การวิเคราะห์ปัจจัยอื่นที่จะลิดรอนอายุใช้งานของโครงสร้างและมาตรการออกแบบเพื่อการปกป้องโครงสร้างอาคารจากความสูญเสียอันเกิดจากน้ำ	61
5.1 ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างกำแพงปูนก่อและปูนฉาบ	61
5.2 อายุการใช้งานของโครงสร้าง	63
5.3 การชี้แนะในการดำเนินการขั้นต่อไปเนื่องจากผลการทดลอง	63
5.4 มาตรการป้องกันและลดทอนความสูญเสีย	64
5.5 เทคโนโลยีในการปกป้องผิวคอนกรีตโครงสร้างที่จุ่มจมน้ำ	66
6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
6.1 ข้อมูลทางธรณีและอุทกวิทยาที่ใช้ในการออกแบบ	68
6.2 แนวทางออกแบบอาคารเพื่อลดทอนความสูญเสียในโครงสร้างอาคาร	68
บรรณานุกรม	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า

1.1 ปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ 11

4.1 แสดงสัญลักษณ์และการจำแนกคุณสมบัติ 53

4.2 แสดงความสูญเสียหน้าตัดของเหล็กเสริม 56

4.3 แสดงผลจากการคำนวณอัตราการกัดกร่อนของเหล็กเสริมเพื่อวิเคราะห์อายุการใช้งานของโครงสร้างที่จมน้ำ 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ	2
1.2	สภาพบ้านทั่วไปในที่ราบลุ่มที่ถูกน้ำท่วม	7
1.3	ศาลาของวัดที่อยู่ใกล้กับน่านน้ำ	8
1.4	สภาพน้ำท่วมวัดพนัญเชิง	8
1.5	โซนของการพักน้ำจากที่ราบลุ่มเพื่อระบายลงอ่าวไทย	9
2.1	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 1 หลังจากการใช้งานมาแล้ว 45 ปี	12
2.2	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 2 หลังจากการใช้งานมาแล้ว 45 ปี	12
2.3	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 3 หลังจากการใช้งานมาแล้ว 45 ปี	13
2.4	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 4 หลังจากการใช้งานมาแล้ว 45 ปี	13
2.5	สะพานพันท้ายนรสิงห์ ก่อนการบูรณะ	14
2.6	สะพานพันท้ายนรสิงห์ หลังการบูรณะ	14
2.7	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 1 สะพานบริษัท สากลการทอ จำกัด	15
2.8	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 2 สะพานบริษัท สากลการทอ จำกัด	15
2.9	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 1 สะพานศูนย์ฝึกพาณิชย์นาวี	16
2.10	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 2 สะพานศูนย์ฝึกพาณิชย์นาวี	16
2.11	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 1 สะพานโรงเรียนอุ่นอารีวิทยา	17
2.12	สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 2 สะพานโรงเรียนอุ่นอารีวิทยา	17
2.13	ภาพขยายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแตกร้าวภายในและรอยแตกร้าวภายนอก	19
2.14	ช่องว่างระหว่างการแยกผิวเหนี่ยวยึดระหว่างเหล็กและคอนกรีต ใกล้บริเวณรอยแตกร้าวภายนอก	19
2.15	ลักษณะของการเกิดสนิมบริเวณเหล็กเสริมในคอนกรีต	19
2.16	กระบวนการณ์ของการกัดกร่อนโลหะเหล็ก	20
2.17	พนังกั้นน้ำโครงสร้างแผ่นโลหะสเตนเลส	22
2.18	การก่อสร้างกำแพงกันดินริมตลิ่งในเบื้องต้น	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.19 การทำงานของพนังกั้นน้ำเมื่อระดับน้ำขึ้นสูง 24

2.20 แนวหลังพนังกั้นน้ำ 24

2.21 สภาพดินยุบตัวใต้พื้นบ้านทาวน์เฮาส์ 26

2.22 อาคารที่มีฐานรากอยู่บนชั้นดินที่แตกต่างกัน 29

2.23 การเคลื่อนตัวด้านข้างของดินเสาเข็มหัก 30

2.24 การพังทลายของอาคารอันเนื่องมาจากฐานรากแผ่ที่วางอยู่บนดินยุบตัว 30

3.1 การประยุกต์คันเขื่อนกั้นน้ำเพื่อกู้เมืองจมน้ำ "Seuthopolis, Bulgaria" 34

3.2 ทัศนียภาพภายในคันเขื่อนกั้นน้ำ 37

3.3 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของโปรเจ็คกอบกู้เมืองจมน้ำ "Seuthopolis, Bulgaria" 37

3.4 ทัศนียภาพจากทางไกล 38

3.5 ผังมาสเตอร์แปลน 38

3.6 รูปตัดขวางผ่าศูนย์กลางทั่วไป (แสดงระดับการควบคุมน้ำ) 39

3.7 แผนผังการใช้พื้นที่เมืองโบราณ "Seuthopolis, Bulgaria" 39

3.8 สภาพของเมืองโบราณก่อนจมน้ำ 40

3.9 ทัศนียภาพยามค่ำของเมืองฯ หลังการกอบกู้แล้ว 40

3.10 สันเขื่อน "ทำนบพระร่วง (เขื่อนสรีดภงค์)" หลังการบูรณะฯ โดยกรมชลประทาน 41

3.11 แกนควบคุมน้ำออกจากเขื่อนสรีดภงค์ตั้งอยู่บนบ่าของทำนบ 42

3.12 ท่อจ่ายและควบคุมน้ำในสระอุทยานฯ สุโขทัย (อุปกรณ์ชลประทานและกันน้ำท่วม) 42

3.13 กำแพงกั้นน้ำทำด้วยศิลาแรงของวัดศรีสวาย ในอุทยานฯ สุโขทัย 43

3.14 สระควบคุมน้ำวัดศรีสวายในอุทยานฯสุโขทัย 43

3.15 ท่อส่งจ่ายน้ำโบราณยุคสุโขทัย (อุปกรณ์ชลประทานและกันน้ำท่วม) 44

3.16 สภาพของเขื่อนสรีดภงค์ เมื่อวันที่ 2 พ.ค. 2553 44

3.17 แผนที่อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.18 อุทยานประวัติศาสตร์ศรีสัชนาลัย แสดงร่องรอยการออกแบบคูคลองชั้นนอกเพื่อกันน้ำท่วม 45

3.19 อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร แสดงร่องรอยการออกแบบคูคลองชั้นนอกเพื่อกันน้ำท่วม 46

4.1 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต 51

4.2 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต 51

4.3 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต 52

4.4 แท่งทดลองที่จุ่มแช่ในน้ำทะเล น้ำกร่อยและน้ำจืด 52

4.5 แท่งทดลองที่วางในบรรยากาศ 53

5.1 ทัศนียภาพอาคาร โบราณสถานเมื่อทำการก่อกั้นกันน้ำท่วมแล้ว 61

5.2 โครงสร้างพื้นทางวิ่งเดิม 65

5.3 รูปตัดแสดงแนวทางแก้ไขโครงสร้างพื้นทาง 65

5.4 แนวทางการแก้ไข แสดงด้วยภาพสามมิติ 66

6.1 ผังประธานครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 100 ไร่ 69

6.2 ทัศนียภาพทางอากาศของผังประธาน 69

6.3 ทัศนียภาพทางอากาศของผังประธาน 70

6.4 สะพานข้ามแม่น้ำน้อย อยุธยา 70

6.5 กลุ่มอาคาร สนามหญ้าริมแม่น้ำน้อย 70

6.6 ทัศนียภาพบนสะพานฯ 71

6.7 ภาพทางอากาศ 71

6.8 สะพานขึงพาดช่วงประมาณ 110 เมตร 71

6.9 ทัศนียภาพในยามเย็น 1 72

6.10 ทัศนียภาพในยามเย็น 2 72

6.11 บ้านต้นไม้แห่งสุพรรณบุรี 73

6.12 ศาลากลางน้ำพยุงด้วยเสาเดี่ยวยกสูง ในสวนพระนครฯ ลาดกระบัง 73

6.13 "Clusters in the Air" by Arata IsoZaki Illustrated by Akis Pattihis (March 2007) Cluster in the air, arata isozaki 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
6.14	"cluster in the air" ที่แสดงด้วยหุ่นจำลองและตั้งแสดงไว้ที่ "Victoria :- Albert Museum" ในการแสดงงานชื่อว่า "cold war exhibition"	74
6.15	ทัศนียภาพแสดงท่าเทียบเรือ	75
6.16	ผังชั้นมาตรฐาน	76
6.17	รูปตัดมาตรฐาน	76
6.18	ผังเสาหลักชั้นติดดิน – น้ำ	77
6.19	รูปตัดแสดงโครงสร้างแกนร่วม	77
6.20	ผังพื้นมาตรฐาน	78
6.21	ทัศนียภาพทั่วไป	78
6.22	รูปตัดแสดงเสาหลักคู่ขนาน	78
6.23	แนวทางการออกแบบอาคารลอยตัวคู่ควบกับอาคารชนิดลอยน้ำ	79
6.24	Singapore's floating towers Scott's Tower Orchard Road, Singapore 2006	79
6.25	โครงสร้างสะพานข้ามอ่าวหรือแม่น้ำชนิดลอยบนผิวน้ำ	80
6.26	สะพานขึงที่มีตอม่อปริ่มอยู่เหนือผิวน้ำ	80
6.27	สะพานขึงที่มีตอม่อถูกออกแบบให้ถูกปกป้องในส่วนจำเป็นที่จุ่มจมน้ำ	80
6.28	การใช้ "PVC Seawall System" ที่ "Steampacket Place, Quay"	81
6.29	วัสดุสำเร็จรูปชนิดกันคลื่นกัดเซาะตลิ่ง	82
6.30	รายละเอียดวัสดุสำเร็จรูปชนิดกันคลื่นกัดเซาะตลิ่ง	82
6.31	การพ่นเคลือบโลหะ "The thermal spraying"	83
6.32	แผนภูมิแสดงการเรียงตัว "Expoxy Coating" Epoxy-Coated Rebar (ECR)	83
6.33	เหล็กเสริมเคลือบอีพ็อคซี่ Epoxy-coated rebars (ECR)	84
6.34	การติดตั้ง "Aqua wraps 22-77 operation"	87
6.35	ลักษณะการดำเนินการหุ้มผิวของเสาตอม่อของอาคารขนาดใหญ่	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

น้ำท่วมขังในเขตที่ราบลุ่มในประเทศไทยเป็นปัญหาที่ใหญ่หลวงที่เป็นความระทมทุกข์ของประชาชนและนำความสูญเสียมาสู่อาคารต่างๆ นับวันจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อการก่อสร้างเพิ่มขึ้นตามความเจริญเติบโตของเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลาง เช่น ในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง และลพบุรี การออกแบบอาคารเพื่อการก่อสร้างที่มุ่งแต่เพียงจะสนองการใช้สอยที่ว่าง (utility space) เท่านั้น คงจะไม่เพียงพอ หากมิได้มีการออกแบบอาคารให้มีคุณสมบัติที่สามารถหลีกเลี่ยงหรือลดทอนปัญหาความสูญเสียนี้

อุทกภัยในประเทศไทย

อุทกภัยคือ ภัยและอันตรายที่เกิดจากสภาวะน้ำท่วมหรือน้ำท่วมฉับพลัน มีสาเหตุมาจากการเกิดฝนตกหนักหรือฝนต่อเนื่องเป็นเวลานาน เนื่องมาจาก

1.1 หย่อมความกดอากาศต่ำ
1.2 พายุหมุนเขตร้อน ได้แก่ พายุดีเปรสชั่น, พายุโซนร้อน, พายุใต้ฝุ่น
1.3 ร่องมรสุมหรือร่องความกดอากาศต่ำ
1.4 ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
1.5 ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
1.6 เขื่อนพัง

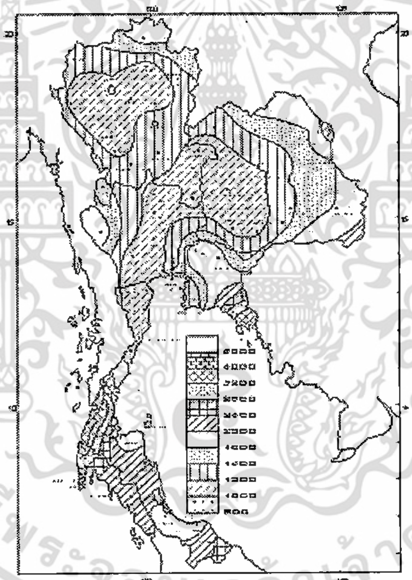
ปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อการเกิดอุทกภัยในประเทศไทย

ปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศมีค่าประมาณ 1,580 มิลลิเมตร ปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะภูมิประเทศ นอกเหนือจากการผันแปรตามฤดูกาล บริเวณประเทศไทยตอนบนปกติจะแห้งแล้ง และมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นบ้าง พร้อมทั้งมีพายุฟ้าคะนอง และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมาก โดยจะมีปริมาณฝนมากที่สุด ในเดือนสิงหาคมหรือกันยายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากส่วนใหญ่จะอยู่ด้านหน้าทิวเขา หรือด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ พื้นที่ทางด้านตะวันตกของประเทศ บริเวณอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และบริเวณภาคตะวันออก บริเวณจังหวัดจันทบุรี และตราด โดยเฉพาะที่อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อยส่วนใหญ่อยู่ด้านหลังเขา ได้แก่ พื้นที่บริเวณตอนกลางของภาคเหนือ บริเวณจังหวัดลำพูน ลำปาง แพร่ บริเวณภาคกลาง และด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณจังหวัดชัยภูมิและนครราชสีมา สำหรับภาคใต้มีฝนชุกเกือบตลอดปียกเว้นช่วงฤดูร้อน พื้นที่บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันออกในช่วงฤดูฝน โดยมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนกันยายน ส่วนช่วงฤดูหนาวบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากที่สุดของภาคใต้ อยู่บริเวณจังหวัดระนอง ซึ่งมีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อย ได้แก่ ภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน ด้านหลังทิวเขาตะนาวศรี บริเวณจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์

ปริมาณฝนรายปี (มม.) ของประเทศไทย



รูปที่ 1.1 ปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ

ปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	จำนวนวันฝนตกตลอดปี
เหนือ	104.6	166.5	955.2	123
ตะวันออกเฉียงเหนือ	72.8	211.1	1,111.9	117
กลาง	130.0	192.3	907.4	113
ตะวันออก	201.3	257.8	1,440.2	131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	จำนวนวันฝนตกตลอดปี
เหนือ	104.6	166.5	955.2	123
ตะวันออกเฉียงเหนือ	72.8	211.1	1,111.9	117
กลาง	130.0	192.3	907.4	113
ตะวันออก	201.3	257.8	1,440.2	131
ใต้ฝั่งตะวันออก	819.9	197.9	661.2	148
ใต้ฝั่งตะวันตก	429.5	380.0	1,914.7	176

แหล่งข้อมูล - กองภูมิอากาศ และ กองอุตุนิยมวิทยาอุทก

การศึกษาปริมาณน้ำฝนต่อชั่วโมงที่มีผลต่อการเกิดอุทกภัย ทั่วประเทศครั้งนี้ได้ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนราย 24 ชั่วโมง และข้อมูลความเข้มฝนราย 30 นาที และ 1 ชั่วโมง ในช่วงที่เกิดอุทกภัยและ 7 วันล่วงหน้า ของสถานีที่ตั้งอยู่บริเวณอำเภอเมืองของจังหวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศ โดยทำการศึกษาในช่วงระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมา คือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 - 2531

ผลที่ได้จากการศึกษาในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา มีข้อมูลสนับสนุนเพียง 18 จังหวัดเท่านั้นที่สามารถหาความเข้มฝนที่ทำให้เกิดน้ำท่วมได้ ซึ่งข้อมูลความเข้มฝนที่ได้นี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 35-70 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ความเข้มฝนที่มีค่าแตกต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับ ลักษณะของภูมิประเทศและระบบระบายน้ำของท้องที่นั้น ๆ เป็นสำคัญ

● **ความรุนแรงของอุทกภัย**

ลักษณะของอุทกภัยมีความรุนแรง และรูปแบบต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อมของแต่ละพื้นที่โดยมีลักษณะดังนี้

1. น้ำป่าไหลหลาก หรือน้ำท่วมฉับพลัน มักจะเกิดขึ้นในที่ราบต่ำหรือที่ราบลุ่มบริเวณใกล้ภูเขาต้นน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากฝนตกหนักเหนือภูเขาต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้จำนวนน้ำสะสมมีปริมาณมากจนพื้นดิน และต้นไม้ดูดซับไม่ไหวไหลบ่าลงสู่ที่ราบต่ำ เบื้องล่างอย่างรวดเร็ว มีอำนาจทำลายร้างรุนแรงระดับหนึ่ง ที่ทำให้บ้านเรือนพังทลายเสียหาย และอาจทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้

2. น้ำท่วม หรือน้ำท่วมขัง เป็นลักษณะของอุทกภัยที่เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำสะสมจำนวนมาก ที่ไหลบ่าในแนวระนาบ จากที่สูงไปยังที่ต่ำเข้าท่วมอาคารบ้านเรือน เรือกสวนไร่นาได้รับความเสียหาย หรือเป็นสภาพน้ำท่วมขัง ในเขตเมืองใหญ่ที่เกิดจากฝนตกหนัก ต่อเนื่องเป็นเวลานาน มีสาเหตุมาจากระบบการระบายน้ำไม่ดีพอ มีสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางระบายน้ำ หรือเกิดน้ำทะเลหนุนสูงกรณีพื้นที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้ชายฝั่งทะเล

3. น้ำล้นตลิ่ง เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำจำนวนมากที่เกิดจากฝนหนักต่อเนื่อง ที่ไหลลงสู่ลำน้ำ หรือแม่น้ำมีปริมาณมากจนระบายลงสู่ลุ่มน้ำด้านล่าง หรือออกสู่ปากน้ำไม่ทัน ทำให้เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมเรือกสวน ไร่นา และบ้านเรือนตามสองฝั่งน้ำ จนได้รับความเสียหาย ถนน หรือสะพานอาจชำรุด ทางคมนาคมถูกตัดขาดได้

- **ความเสียหายที่เกิดขึ้น**

สามารถแบ่งอันตรายและความเสียหายที่เกิดจากอุทกภัยดังนี้

ความเสียหายโดยตรง

1. น้ำท่วมอาคารบ้านเรือน สิ่งก่อสร้างและสาธารณสถาน ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมาก บ้านเรือนหรืออาคารสิ่งก่อสร้างที่ไม่แข็งแรงจะถูกกระแสน้ำที่ไกลเชี่ยวพังทลายได้ คน และสัตว์พาหนะ และสัตว์เลี้ยงอาจได้รับอันตรายถึงชีวิตจากการจมน้ำตาย

2. เส้นทางคมนาคมและการขนส่ง อาจจะถูกตัดเป็นช่วง ๆ โดยความแรงของกระแสน้ำ ถนนและสะพานอาจจะถูกกระแสน้ำพัดให้พังทลายได้ สินค้าพัสดุอยู่ระหว่างการขนส่งจะได้รับความเสียหายมาก

3. ระบบสาธารณูปโภค จะได้รับความเสียหาย เช่น โทรศัพท์ โทรเลข ไฟฟ้า และประปา ฯลฯ

4. พื้นที่การเกษตรและการปศุสัตว์จะได้รับความเสียหาย เช่น พืชผล ไร่นา ทุกประการที่กำลังผลิดอกออกผล อาจถูกน้ำท่วมตายได้ สัตว์พาหนะ วัว ควาย สัตว์เลี้ยง ตลอดจนผลผลิตที่เก็บกักตุนหรือมีไว้เพื่อทำพันธุ์จะได้รับความเสียหาย ความเสียหายทางอ้อม จะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยทั่วไป เกิดโรคระบาด สุขภาพจิตเสื่อม และสูญเสียความปลอดภัยเป็นต้น

- **สภาพภูมิประเทศที่ราบลุ่มภาคกลางในเขตจังหวัดพระนครศรีอยุธยา**

อุทกภัยบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างตั้งแต่อดีตที่ผ่านมา เป็นปัญหากับวิถีชีวิตของคนไทยมานานแล้ว สาเหตุหลักเพราะเราไปตั้งถิ่นฐานในบริเวณที่มีน้ำท่วม หรือตามริมแม่น้ำลำคลอง ซึ่งพื้นที่เหล่านั้นเป็นพื้นที่ล่อแหลมต่อการเกิดน้ำท่วม ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างก่อนปี พ.ศ. 2411 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่มต่ำมีน้ำท่วมขังเกือบตลอดทั้งปี หลังจากนั้นก็มีการขุดคลองระบายน้ำ ผันน้ำออกจากพื้นที่บ้าง แต่ก็ยังคงได้รับผลกระทบจากอุทกภัยอยู่

ปี พ.ศ. 2485 เป็นน้ำท่วมครั้งที่รุนแรงที่สุดเท่าที่มีการบันทึกไว้ ระดับน้ำที่สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลก มีระดับน้ำถึง 2.25 เมตร อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการวัดในอดีตอาจจะไม่ถูกต้องแม่นยำนัก แต่เป็นข้อมูลที่สำคัญ เนื่องจากลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาสมัยนั้นเป็นสภาพธรรมชาติที่สุด เนื่องจากยังไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการสร้างเขื่อน หรือระบบป้องกันน้ำท่วม จึงอาจใช้ข้อมูลที่ได้นี้เป็นข้อมูลอ้างอิง เปรียบเทียบกับน้ำท่วมในปีหลังๆ ต่อไป

เมื่อปี พ.ศ. 2521 เกิดฝนตกหนักบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน ที่สถานีวัดน้ำนครสวรรค์และชัยนาท มีปริมาณการไหลสูงสุดที่ 3,500 ลบ.ม./วินาที และ 3,800 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ น้ำส่วนหนึ่งถูกพักไว้ด้วยทุ่งตามธรรมชาติ ทำให้ลดปริมาณได้มาก แต่น้ำที่มาตามแม่น้ำป่าสักมามากทำให้น้ำไหลเข้ามาถึงกรุงเทพฯ เร็วกว่าปกติ ระดับน้ำสูงสุดที่วัดได้ที่สะพานพุทธยอดฟ้าจุฬาโลก มีระดับน้ำถึง 2.05 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

ปี พ.ศ. 2523 ปีนี้สามารถรับมือกับน้ำเหนือไหลบ่าได้ดี แต่มีน้ำท่วมหลายพื้นที่มีสาเหตุจากมีหย่อมความกดอากาศที่ก้นอ่าวไทย ทำให้เกิดฝนตกหนักมากบริเวณชานเมืองตั้งแต่สนามบินดอนเมือง บางเขน ลาดพร้าว บางกะปิ บางเขน และบริเวณที่เป็นที่ลุ่ม วัดปริมาณฝนได้มากกว่า 200 มิลลิเมตร ในระยะเวลาเพียง 4 วัน แต่เนื่องจากพื้นที่บริเวณนั้นเป็นที่ลุ่มมากสูงกว่าระดับน้ำทะเลเพียงเล็กน้อยทำให้ระบายออกสู่ทะเลได้ยาก และใช้เวลานานมาก ความเสียหายที่เห็นได้ชัดคือสถานที่ที่อยู่ในระดับต่ำเช่นมหาวิทยาลัยรามคำแหง

ปี พ.ศ. 2526 ได้เกิดน้ำท่วมใหญ่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เพราะมีพายุหลายลูกนำฝนมาตกอย่างหนัก และติดต่อกันยาวนานในกรุงเทพฯ ทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันเป็นบริเวณกว้างในย่านสุขุมวิท, รามคำแหง, พระโขนง, บางนา, ลาดพร้าว, บางกะปิ, บางเขน, ห้วยขวาง โดยเฉพาะถนนวิภาวดี มีน้ำท่วมตั้งแต่สะพานลอยเกษตรเป็นต้นไป นอกจากนี้ย่านสำโรง และสมุทรปราการก็ท่วมเช่นกัน น้ำท่วมครั้งนี้ยาวนาน 3 เดือน ทั้งนี้เพราะมีน้ำท่าหลากจากทางตะวันออก และทางด้านเหนือของพื้นที่ชานเมืองด้านตะวัยออกของกรุงเทพฯร่วมด้วยกับน้ำเหนือสูงสุดหลากมาหนุนพอดี หลังจากนั้นยังต่อเนื่องด้วยน้ำทะเลหนุนสูง จึงทำให้ระบายน้ำออกจากกรุงเทพฯ ได้ลำบาก โดยสามารถระบายน้ำออกได้เพียงวันละ 6 มิลลิเมตรเท่านั้น

กรุงศรีอยุธยาซึ่งได้เป็นศูนย์กลางการปกครองเมื่อราวประมาณพุทธศตวรรษที่ 19 ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลาง เป็นบริเวณที่มีแม่น้ำสายสำคัญหลายสาย คือ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำน้อย แม่น้ำลพบุรีและแม่น้ำป่าสัก ไหลมารวมกันกับลำน้ำเจ้าพระยา ตรงบริเวณที่ตั้งพระนครกลายเป็นลำน้ำไหลออกสู่อ่าวไทย ในฐานะที่เคยราชธานีของไทยในอดีตบรรดาโบราณสถาน ศิลปะโบราณวัตถุอันเป็นมรดกทางวัฒนธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อำเภอบางบาล ได้รับผลกระทบหนักที่สุดเพราะมีแม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำน้อยไหลผ่าน ซึ่งล้นตลิ่งเข้าท่วมชุมชนสองฝั่งแม่น้ำแล้ว และสร้างความเสียหายแก่พืชสวนริมแม่น้ำ เช่น สวนกล้วย สวนพริก สวนโหระพา กะเพรา สวนดอกดาวเรือง ซึ่งทั้งหมดเป็นพืชเศรษฐกิจของท้องถิ่น เมื่อปลายปี 2549 ได้เกิดน้ำท่วมหนักที่สุด และยังมีแนวโน้มว่าคงจะเกิดขึ้นอีกทุกปีเรื่อยมา ความเสียหายต่อบ้านเรือนและพืชสวนนั้นได้เกิดขึ้นทั่วไป นอกเหนือจากความสูญเสียจากการกัดกร่อนของน้ำที่ท่วมขังเป็นเวลานานที่ไม่ได้มีการบันทึกไว้ ในปีนั้นแม่น้ำน้อยได้ล้นทะลักเข้าท่วมโรงเรียนในอำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยาหลายแห่งสูงกว่า 2 เมตร

- **ความสูญเสียจากน้ำในปี พ.ศ. 2538**

ในปี พ.ศ. 2538 น้ำเหนือได้หลากท่วมจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปทุมธานี (หมู่บ้าน White House) ตอนเหนือของกรุงเทพฯ น้ำท่วมขังอยู่นานประมาณ 2 เดือน ส่วนในปี พ.ศ.2549 นั้นเกิดอุทกภัยทางภาคเหนือ ทำให้น้ำเหนือไหลเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดที่โดนหนักๆ ก็คือ พิษณุโลก นครสวรรค์ อ่างทอง สำหรับกรุงเทพฯ นั้นน้ำท่วมเฉพาะบางส่วนที่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งไม่รุนแรงเท่าปี พ.ศ.2538

- **4 ตุลาคม พ.ศ. 2549**

ระดับน้ำในแม่น้ำน้อยได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างอย่างรวดเร็ว และล้นตลิ่งทะลักเข้าท่วมโรงเรียนบางบาล ในอำเภอบางบาล ซึ่งเป็นโรงเรียนรางวัลพระราชทานและเป็นโรงเรียนในฝันของจังหวัด และอยู่ติดริมแม่น้ำน้อย แม้ก่อนหน้านี้ทางโรงเรียนจะพยายามป้องกันน้ำท่วมโดยใช้กระสอบทรายนับหมื่นลูกปิดล้อม รอบโรงเรียนสูงกว่า 1 เมตรก็ตาม โดยระดับน้ำท่วมขังอยู่ที่ 2 เมตรเศษส่วนที่วังช้างอยุธยาและเพนียดหลวง ซึ่งมีการใช้แรงช้างขนกระสอบทรายสร้างกำแพงป้องกันน้ำเมื่อวานนี้ ปรากฏว่าล่าสุดระดับน้ำในแม่น้ำลพบุรีสูงขึ้นอีกเกือบ 10 เซนติเมตร วังช้างจึงต้องย้ายช้างทั้งหมดออกไปอยู่ด้านนอกเพื่อหนีน้ำแล้ว ขณะที่ตลาดบ้านแพน อำเภอเสนา ล่าสุดระดับน้ำท่วมในเขตเทศบาลมีความสูงมากกว่า 80 ซม.ประชาชนส่วนใหญ่ต้องใช้เรือเป็นพาหนะ และย้ายร้านออกไปค้าขายยังพื้นที่อื่นทั้งหมดแล้ว

- **นโยบายการผันน้ำเข้าสู่พื้นที่ลุ่มภาคกลางเพื่อการปกป้องกรุงเทพมหานคร**

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นมา ได้มีนโยบายใหม่ในการปกป้องกรุงเทพมหานครจากปัญหาน้ำท่วมด้วยการผันน้ำเข้าสู่พื้นที่ลุ่มภาคกลางในเรื่องนี้ประชาชนซึ่งส่วนใหญ่ที่เป็นเกษตรกรในจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความพยายามในการแก้ปัญหาของทางกรุงเทพมหานคร

ทาง กทม.ได้มีความคิดที่จะสร้างเพิ่มเติมความสูงของคันกั้นน้ำ รวมทั้งหาแนวทางป้องกันกรณีปริมาณน้ำล้นคันกั้นน้ำ ซึ่งอาจต้องใช้ถนนบางสายเป็นทางกั้นน้ำไม่ให้น้ำไหลเข้าท่วมพื้นที่ชั้นในมากขึ้น หากน้ำล้นคันกั้นน้ำ ผู้ที่ได้รับผลกระทบคือประชาชนที่อาศัยอยู่ริมน้ำเจ้าพระยา คงไม่ท่วมถึง กทม.ชั้นใน แต่อย่างไรก็ตาม ฝนยังเป็นตัวแปรสำคัญของการเพิ่มปริมาณน้ำเข้าในพื้นที่ กทม.ชั้นใน หากมีฝนตกช่วงเวลาที่น้ำทะเลหนุนหากมีฝนตกมากต่อเนื่องและไม่สามารถสูบน้ำลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาได้ทันเนื่องจากน้ำหนุนสูง

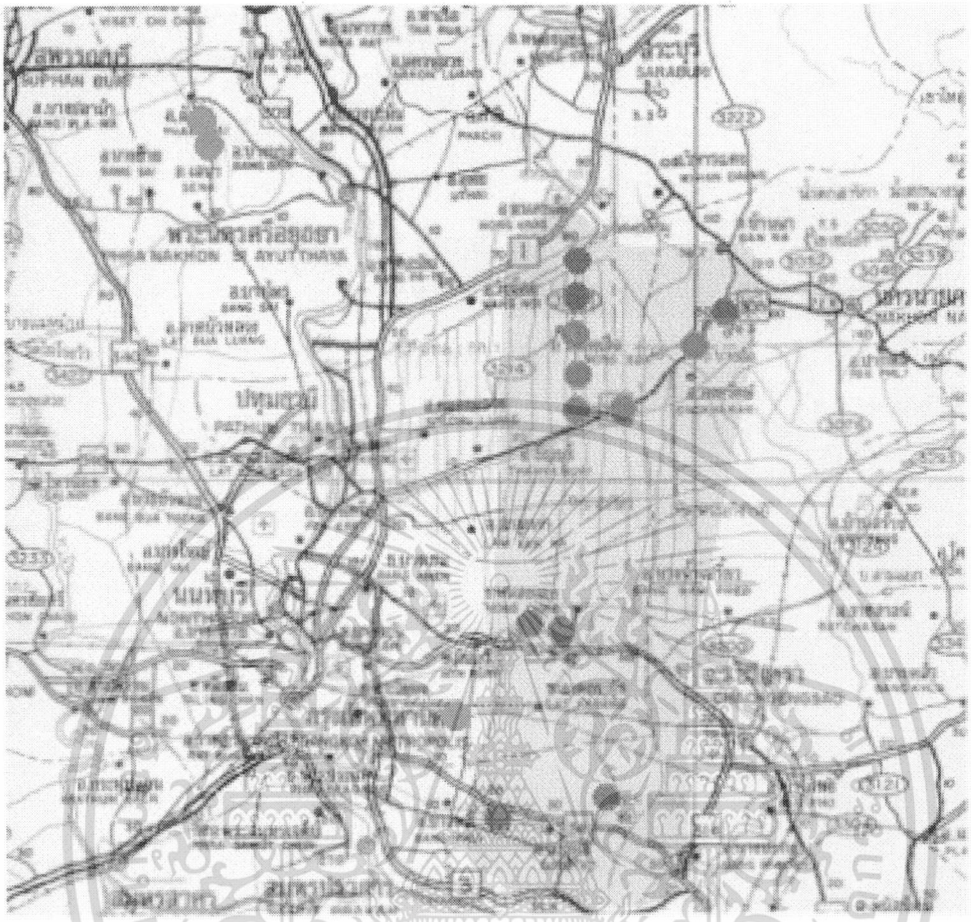
รูปที่ 1.2 สภาพบ้านทั่วไปในที่ราบลุ่มที่ถูกน้ำท่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.3 ศาลาของวัดที่อยู่ใกล้กับน่านน้ำ

รูปที่ 1.4 สภาพน้ำท่วมวัดพนัญเชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.5 โซนของการพักน้ำจากที่ราบลุ่มเพื่อระบายลงอ่าวไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 ค้นหา - วิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วมและ อัตราของความเสื่อมสลายของโครงสร้างอาคารเช่น การแตกร้าวในโครงสร้างคอนกรีตและการกัดกร่อนของเหล็กเสริม ในบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำน้อย เพื่อนำมาออกแบบอาคารที่สามารถตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นได้อย่างถาวร

1.2.2 แนะนำเทคนิคใหม่ๆเพื่อควบคุมการกัดกร่อนของเหล็กและคอนกรีต การใช้วัสดุที่ทนทานมากกว่าวัสดุดังกล่าวเพื่อยืดอายุการใช้งาน แนะนำเทคนิคในการป้องกันการกัดกร่อน เป็นการยืดอายุใช้งานของอาคาร เช่นการยกอาคารให้ลอยพ้นระดับน้ำโดยใช้โครงสร้างพิเศษ หรือ การห่อหุ้มผิวโครงสร้างส่วนที่อยู่ใกล้ระดับน้ำด้วยวัสดุที่ยืดหยุ่นแต่ทนทาน เป็นต้น

1.2.3 ได้รูปแบบใหม่ทางสถาปัตยกรรมและโครงสร้างที่ทนทานกว่าที่เคยทำมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 เผยแพร่ผลการศึกษาค้นคว้านี้เพื่อต่อยอดการวิจัยค้นคว้าในวงกว้างไปสู่การออกแบบอาคารที่สร้างบนน่านน้ำ (waterfront architecture) ทุกชนิดต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ค้นคว้าข้อมูลน้ำท่วมและความเสียหายในบริเวณลุ่มแม่น้ำน้อย ในพื้นที่อำเภอเสนา อำเภอบางบาล และอำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

1.3.2 เสนอกลไกและวิธีการออกแบบเพื่อกำหนดรูปแบบใหม่ของอาคารที่เหมาะสมจนถึงขั้นตอนแบบพัฒนาการ (design development stage) รวมไปถึงการออกแบบเบื้องต้นของสะพานข้ามคลองในรูปแบบใหม่ที่สามารถพ้นจากความวิบัติได้

1.3.3 เสนอแนะวิธีแก้ไขและซ่อมแซมอาคารเก่าที่สร้างไปแล้วและประสบปัญหาดังกล่าว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย

1.4.1 ประโยชน์ที่ได้ในทางตรง

- ได้รูปแบบ การวางผัง และโครงสร้างชนิดที่มีความทนทานมากกว่าเดิมในรูปแบบของสถาปัตยกรรมในน่านน้ำ (waterfront architecture)
- ได้รูปแบบและโครงสร้างชนิดที่สามารถปรับให้พ้นระดับน้ำท่วม อันจะนำไปสู่การออกแบบอาคารที่สามารถลอยในน่านน้ำได้ในอนาคต
- สร้างดุลยภาพในสิ่งแวดล้อมที่สร้างขึ้นแล้ว (the built environment) และเป็นเทคโนโลยีที่จะประสานกับสถาบันอื่นๆ

1.4.2 ประโยชน์ที่จะได้ในอนาคต (ต่อเนื่อง)

- เผยแพร่ความรู้นี้โดยบทความทางวิชาการ และตำราในสาขาวิชาการนี้ ซึ่งยังคงมีอยู่น้อยมากในแวดวงการศึกษาสถาปัตยกรรม
- เป็นประโยชน์ต่อการก่อสร้างสมัยใหม่ที่ต้องการอายุการใช้งานที่ยาวนาน
- นำไปสอนและวิจัยในระดับสูงสถาบันต่างๆ เพื่อการแข่งขันในระดับสากล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ปัญหาและสาเหตุแห่งความสูญเสียของโครงสร้างอาคาร

2.1 ผลสำรวจความเสียหายของโครงสร้าง ในสภาวะจมในน้ำจืดและน้ำกร่อย (2552-2553)

(จากงานวิจัย โดย ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ ณรงค์ มณฑปใหญ่ และ อัครเดช ครุฑพุ่ม "ความสูญเสียในอาคารที่อยู่ในสภาวะของการทรุดและจม" 2552)

2.1.1 อาคารที่สร้างอยู่ในสระน้ำ

ผู้เขียนได้นำเสนอสาเหตุ ความสูญเสียเมื่ออาคารที่ปลูกสร้างต้องจมน้ำในบทความที่ลงพิมพ์ในวารสารวิชาการของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ส.จ.ล.ที่ผ่านมา เป็นแนวทางในการการค้นหาทางช่วยชะลอไม่ให้อาคารต้องประสบกับความเสียหายจนกระทั่งลิดรอนอายุใช้งานโดยทั่วไป ในบทนี้ผู้เขียนใคร่เสนอแนวทางและรูปแบบของอาคารที่มีคุณสมบัติที่สามารถต่อต้านการกัดกร่อนของคอนกรีตโครงสร้างได้อย่างยาวนานในสภาวะน้ำท่วมขัง เป็นแนวทางเลือกใหม่ในการออกแบบสถาปัตยกรรม

การเสื่อมสภาพของคอนกรีตในสภาพแวดล้อม

การเสื่อมสภาพของคอนกรีตในสภาพแวดล้อมสามารถจำแนกออกได้ดังต่อไปนี้

1. การเสื่อมสภาพเนื่องจากการหดตัวขณะแห้ง (drying shrinkage) การหดตัวแบบพลาสติก(plastic shrinkage) การทรุดตัวของดิน (subsidence) การทรุดตัวของดินใต้ฐานราก (settlement) และ การแข็งตัวและหลอมตัวของน้ำในคอนกรีต(freezing and thawing)

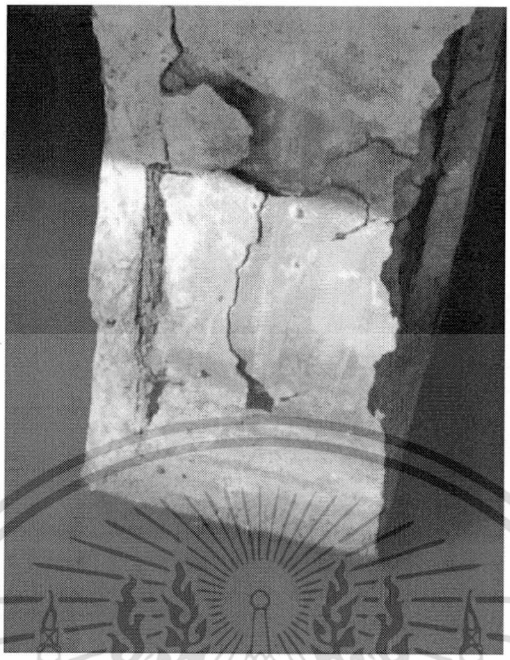
2. การเสื่อมสภาพโดยสาเหตุทางเคมี ได้แก่ คาร์บอเนชั่น(carbonation) การกัดกร่อนโดยกรด (acid attack) การกัดกร่อนโดยซัลเฟต(sulfate attack) และปฏิกิริยาระหว่างด่างกับมวลรวม (alkali-aggregate reaction)เป็นต้น

3. การเสื่อมสภาพโดยสาเหตุทางกลได้แก่การขัดสี (abrasion) การชะด้วยกระแสน้ำและกรวดทราย (erosion) และการแตกตัวของฟองอากาศในน้ำ(cavitations)

4. การเสื่อมสภาพโดยสาเหตุทางชีวภาพได้แก่การเสื่อมสภาพโดยตะไคร่ รา รากพืช หรือแบคทีเรีย

5. การเสื่อมสภาพโดยสาเหตุรวม (mixed process) ได้แก่ การก่อสนิมในเหล็กเสริม ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ที่ทำลายเศรษฐกิจทางด้านอาคารและสิงปลูกสร้างและอาจจะทำให้เกิดการวิบัติแก่โครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

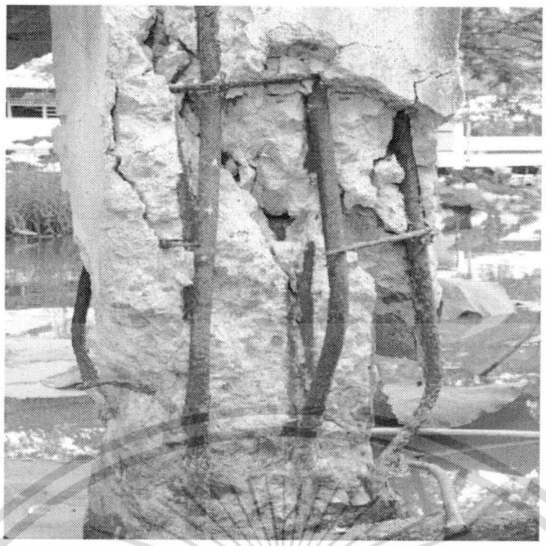


รูปที่ 2.1 สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 1 หลังจากการใช้งานมาแล้ว 45 ปี

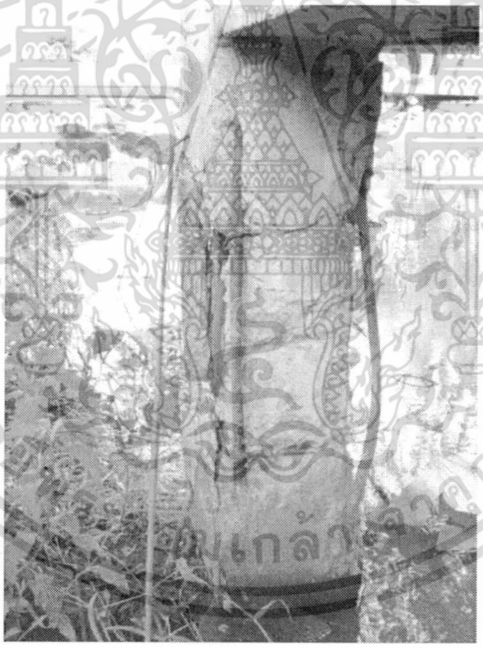
(อาคารในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

รูปที่ 2.2 สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 2 หลังจากการใช้งานมาแล้ว 45 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

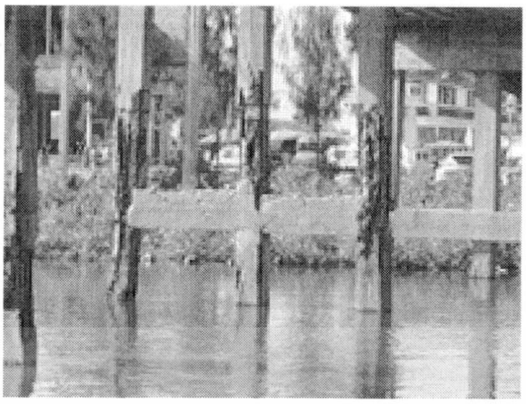


รูปที่ 2.3 สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 3 หลังจากการใช้งานมาแล้ว 45 ปี

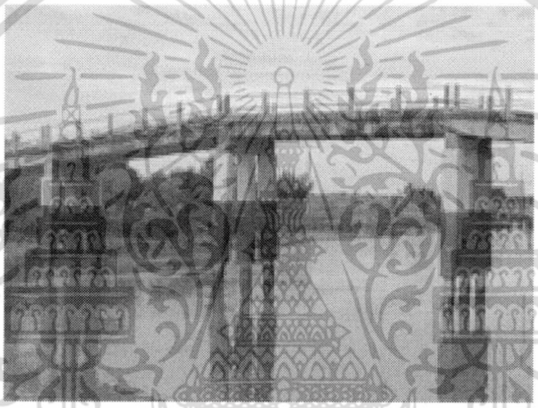


รูปที่ 2.4 สภาวะภายนอกที่ตรวจพบ 4 หลังจากการใช้งานมาแล้ว 45 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 สะพานพันท้ายนรสิงห์ ก่อนการบูรณะ

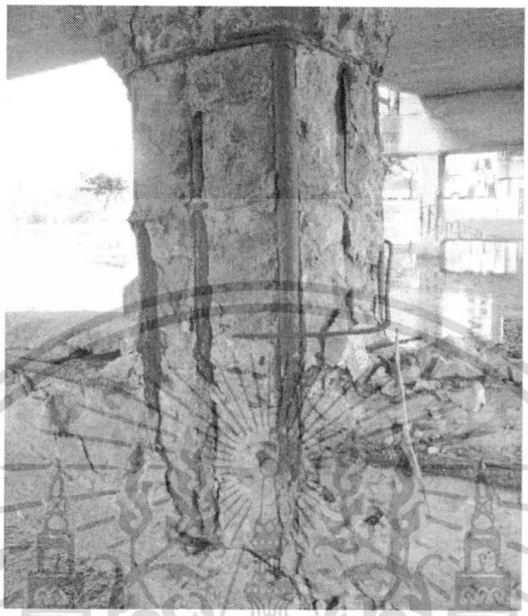


รูปที่ 2.6 สะพานพันท้ายนรสิงห์ หลังจากการบูรณะ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สะพานบริษัทสากลการทอจำกัด

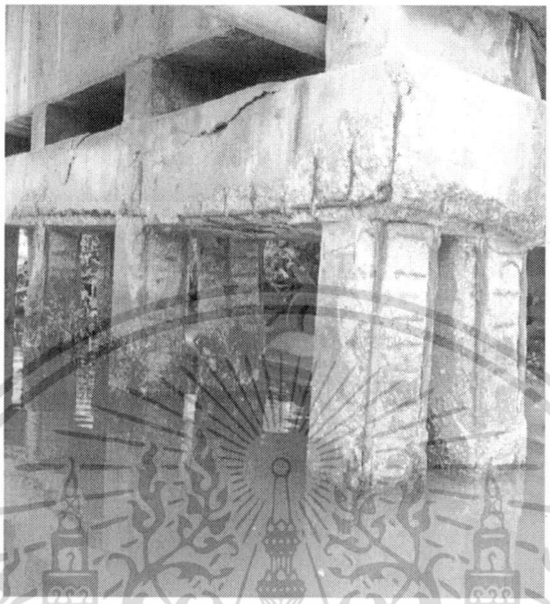


รูปที่ 2.7 ....

รูปที่ 2.8 ....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 สะพานศูนย์ฝึกพาณิชย์นาวี



รูปที่ 2.9 ....

รูปที่ 2.10 ....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.1.4 สะพานโรงเรียนอุ่นอารีวิทยา

รูปที่ 2.11 ....

รูปที่ 2.12 ....

120383

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความพรุนในเนื้อคอนกรีต (porosity & permeability of concrete)

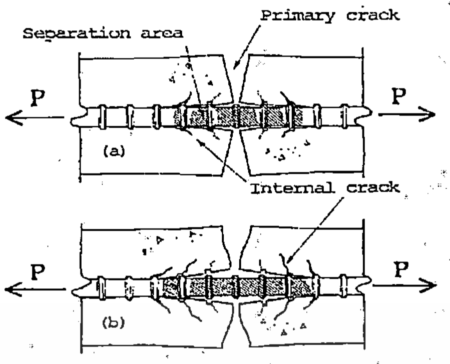
คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของคอนกรีตก็คือมีความพรุนในลักษณะของรูเล็กๆที่ต่อเชื่อมกันอย่างกว้างขวาง และมีความกว้างพอเพียงที่จะเอื้อให้น้ำซึมผ่านได้ในปริมาณหนึ่ง ในสภาวะปกติน้ำที่ฝังตัวอยู่ในอณูของคอนกรีตจะมีคุณสมบัติความเป็นด่างอยู่ในระดับ PH 12- pH 13 ซึ่งนับเป็นเกณฑ์ที่สูงพอที่จะปกป้องเหล็กเสริมในคอนกรีตจาก (oxide film) ได้ แต่บางครั้งเราค้นพบว่าเหล็กนั้นได้ก่อสนิมในตัวเองมาก่อนหน้าที่จะถูกคอนกรีตมาห่อหุ้ม ซึ่งในกรณีนี้การยึดเหนี่ยวของวัสดุทั้งสองจะมีข้อบกพร่องอยู่ ในกรณีเช่นนี้เหล็กย่อยอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการกัดกร่อนอย่างต่อเนื่องต่อไป

เมื่อปริมาณน้ำผ่านเข้าออกมีปริมาณมากและบ่อยขึ้น อีกทั้งยังมีสารแปลกปลอมชนิดอื่นเข้ามาปนเปื้อนอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารคลอไรด์ หรือเกลือโดยได้ออกซิเจนมาเป็นตัวเร่งอีก เหล็กในบริเวณนั้นจะถูกกัดกร่อนในอัตราและความเร็วที่สูงขึ้นตามกันไป การสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์นี้ไม่สามารถทำได้โดยตรง แต่สามารถใช้เครื่องจำลองการวัดความโน้มเอียงไปโดยวิธีการวัดทางไฟฟ้าเคมีชนิดหนึ่งที่เรียกว่า *'Mixed'* potential ของแท่งเหล็กในบริเวณนั้นๆโดยสังเกตค่าศักยะครึ่งเซลล์โดยไม่ต้องทำลายเนื้อคอนกรีตที่ห่อหุ้มไว้แต่อย่างใด วิธีการนี้ได้กลายมาเป็นวิธีการที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายเพื่อค้นหาร่องรอยและอัตราความสูญเสียอย่างใกล้เคียงที่สุดวิธีหนึ่ง

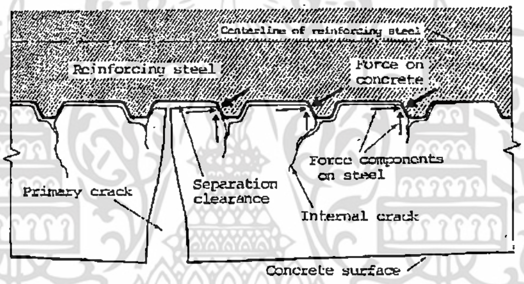
- **การแยกตัวระหว่างคอนกรีตและเหล็กและการเกิดสนิม**

เมื่อโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเกิดการแตกร้าวจนถึงส่วนที่เหล็กเสริมจับตัวกับเนื้อคอนกรีตแน่นอยู่เดิม ความเปลี่ยนแปลงเบื้องแรกที่เกิดขึ้นก็คือเกิด การแยกตัวออกจากกันของวัสดุทั้งสองชนิดนั้นซึ่งแต่เดิมมีการยึดโยงกันแน่น (Bond) อยู่ การสูญเสียการยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริมนี้เป็นปรากฏการณ์ของแตกร้าวที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน การแยกผิวกันระหว่างท่อนเหล็กและคอนกรีตเป็นระยะทางยาวประมาณ 10 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมเป็นอย่างน้อย อาจกล่าวได้ว่าที่ใดมีการแตกร้าว การสูญเสียการยึดเหนี่ยว (Bond) ระหว่างเหล็กและคอนกรีตจะเกิดขึ้น ณ บริเวณนั้น ยิ่งจะเอื้ออำนวยต่อพฤติกรรมการเพิ่มปริมาณของสนิมเหล็กขึ้นตามเวลา

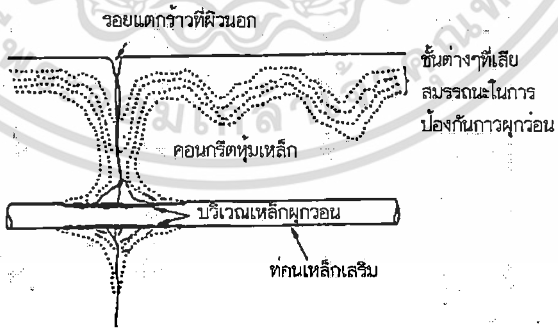
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 ภาพขยายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแตกร้าวภายใน และรอยแตกร้าวภายนอก (Suzuki, Srisompong [22], [23])



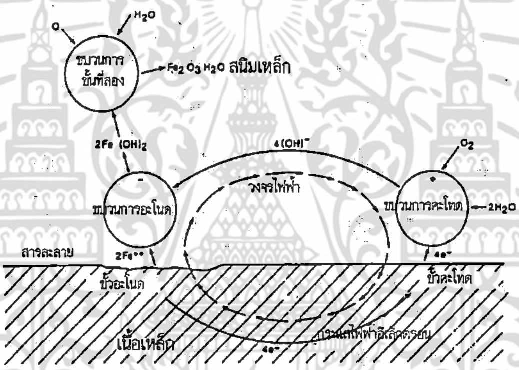
รูปที่ 2.14 ช่องว่างระหว่างการแยกผิวเหนี่ยวยึดระหว่างเหล็กและคอนกรีต ใกล้บริเวณรอยแตกร้าวภายนอก



รูปที่ 2.15 ลักษณะของการเกิดสนิมบริเวณเหล็กเสริมในคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีตสร้างเมื่อเหล็กรีด (Rolled steel) ถูกผลิตขึ้นในโรงงาน ผิวของเหล็กจะถูกเคลือบไว้ ด้วยผงของออกไซด์ขนาดใหญ่อยู่กระจัดกระจายทั่วไปปกคลุมผิวเหล็กที่รีดแล้วเอาไว้ชั้นหนึ่งก่อน แต่จากการตรวจสอบอย่างละเอียดจะพบว่ามีรอยแตก (Cracking) หรือการหลุดล่อนของสารที่เคลือบไว้ในระดับหนึ่ง ต่อมาเมื่อมีน้ำและออกซิเจนที่อยู่รอบๆ ผิวของเหล็กนั้นเซซึมเข้ามาสัมผัสก็จะทำปฏิกิริยากับอณูเล็กๆ ของเหล็กที่แตกตัวอยู่ในรูปของโมเลกุลหรือองค์ประกอบทางไฟฟ้าขนาดเล็กเรียกว่า "อิออนของเหล็ก" มีสัญลักษณ์ทางเคมีว่า "Fe++" ดังในรูปที่ 4.5 ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นที่บริเวณที่อยู่ระหว่างชั้นบางๆ ของออกไซด์ที่เคลือบเอาไว้ และมีร่องรอยหลุดลอกไปก่อนในชั้นแรกจากนั้นจะลุกลามออกไปบริเวณกว้างในเวลาอันรวดเร็ว



รูปที่ 2.16 กระบวนการณ์ของการกัดกร่อนโลหะเหล็ก

- **การกัดกร่อนของโครงสร้างที่จมปริ่มระดับน้ำ (Submerged structures)**

การกัดกร่อนในคอนกรีตเป็นปัญหาใหญ่ประการหนึ่งในการรักษาสภาพของโครงสร้างพื้นฐานและอาคารสถาปัตยกรรม ปรากฏการณ์นี้พบได้ทั่วไปในโครงสร้างอาคารที่ตั้งอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นจากน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม

ความเสียหายต่อพื้นผิวทางวิ่งแอสฟัลติคคอนกรีต (asphaltic concrete) ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

ทางวิ่งและทางขับของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิประสบปัญหาจากการขึ้น-ลงของน้ำใต้ดินจนเกิดการหลุดร่อน เนื่องจากดินในเขตนั้นต้องรับน้ำหนักของอากาศยาน และมีการขึ้น-ลงของน้ำใต้ดินปริ่มอยู่ใกล้ระดับทางวิ่งและทางขับ สภาวะการทรุดตัวของดินที่เกิดจากการสูบน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่องก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการซ้ำเติมอยู่แม้ว่าจะได้มีมาตรการควบคุมในเรื่องนี้อยู่แล้วก็ตาม นับเป็นความสูญเสียที่เกินความคาดหมาย ผู้เขียนได้เสนอแนวทางแก้ปัญหา โดยปิดกั้นการซึมผ่านของน้ำ(Water penetration) ที่ผ่านชั้นดินขึ้นมาจนถึงผิวบนของโครงสร้างพื้นทางวิ่งในวารสารทางวิชาการฯ 2551[1]

- **ปัญหาการเกิดสนิมเหล็กในสภาวะน้ำกร่อย (Brackish water)**

ปัญหาการเกิดสนิมเหล็กในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นปัญหาซึ่งมีผลกระทบต่อความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารนับตั้งแต่เสาเข็ม ฐานราก เสา คาน พื้น และหลังคาเหล็กเสริมในคอนกรีตจะถูกกัดกร่อนในในลักษณะดังต่อไปนี้คือ

1.) ขนาดหน้าตัดเหล็กเล็กลง เนื่องจากเหล็กบางส่วนกลายเป็นสารละลายอิสระ (Fe^{2+}) และอิเลคตรอน ทำให้สามารถรับแรงได้น้อยลง

2.) องค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเกิดการแตกร้าวตามแนวเหล็กเสริม เนื่องจากสนิมเหล็กจะมีปริมาตรมากกว่าเหล็กเดิมและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจึง เกิดแรงดันต่อคอนกรีตบริเวณรอบๆ ผิวเหล็กทำให้เนื้อคอนกรีตหลุดล่อนออก ความสามารถในการรับกำลังของโครงสร้างจึงลดลง

องค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก มีลักษณะปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกับที่เกิดกับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง แต่ที่แตกต่างกันอยู่และเห็นได้เด่นชัดก็คือลักษณะการหุ้มผิวของเส้นเหล็กเสริมกำลังของโครงสร้างคอนกรีตทั่วไปกับอย่างหลังก็คือ อย่างแรกนั้นมีแผ่นฟิล์มบางๆเท่านั้นที่หุ้มเคลือบผิวแท่งเหล็กไว้ก่อน ส่วนในอย่างหลังนั้นมีการห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แน่นหนาถาวรกว่ามาก

คอนกรีตและเหล็กเสริมมีการยึดโยงกันแน่น (Bond) อยู่แต่เดิม การแยกตัวออกจากกันของวัสดุทั้งสองชนิดจะเกิดขึ้นเมื่อสนิมเริ่มก่อตัว หากโครงสร้างในบริเวณนั้นเกิดการแตกร้าวจนถึงผิวคอนกรีตภายนอกด้วยแล้วความรุนแรงของการแยกตัวก็จะเพิ่มตามกัน อาจจะเป็นระยะยาวประมาณ 10 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมเป็นอย่างน้อย การสูญเสียการยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กและคอนกรีตจะเกิดขึ้น ณ บริเวณนั้น ยิ่งจะเอื้ออำนวยต่อพฤติกรรมการเพิ่มปริมาณของสนิมเหล็กในอัตราเร่งที่สูงมาก

- **แนวทางการทดลองเพื่อประเมินลักษณะและอัตราความสูญเสีย**

เพื่อที่จะทราบพฤติกรรมและสามารถประเมินลักษณะและอัตราความสูญเสียของโครงสร้างคอนกรีตในส่วนที่จุ่มจมอยู่ในน้ำ ผู้เขียนได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยเริ่มต้นเมื่อปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นมา และปัจจุบันนี้อยู่ระหว่างการบันทึกข้อมูลและเริ่มทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

---

[1] สาเหตุและการแก้ไขความเสียหายของทางวิ่งและทางขับสนามบินสุวรรณภูมิ,วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.ฉบับที่ 6/2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดเบื้องต้นดังนี้คือ

คอนกรีตที่ใช้มีกำลังรับแรงอัดประลัย :240 กก./ตร.ซม. ทำการเร่งให้ท่อนทดลองเกิดสนิม โดย : ระยะเวลาการเร่งให้เกิดสนิม 240 วัน โดยที่ แช่แท่งคอนกรีตเสริมเหล็ก ในสารละลาย โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 3 เปอร์เซนต์ที่ระดับความลึก 30 cm

วัสดุอุปกรณ์และการวัดผลในการทดลอง

การวัดผลและค่าความเปลี่ยนแปลงต่อการก่อสนิมอยู่ระหว่างดำเนินการ มีการบันทึกน้ำหนักของแท่งทดลองเป็นระยะๆเพื่อทราบความเปลี่ยนแปลง มีการใช้แว่นขยายและอุปกรณ์วัดระยะและปริมาณของการก่อสนิมในเหล็กเสริม ในอนาคตมีความดำริจะใช้วิธีประเมินค่าการก่อสนิมด้วยกรรมวิธีทางไฟฟ้าที่เรียกว่า “ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์” โดยระบุตำแหน่งต่าง ๆ บนท่อนทดลองที่ต้องการทำการวัดต่อไป

2.3 การออกแบบ-ก่อสร้างคันเขื่อนโลหะ

เพื่อป้องกันน้ำท่วมของวัดไชยวัฒนาราม 2551-2552

รูปที่ 2.17 พนังกั้นน้ำโครงสร้างแผ่นโลหะสเตนเลส

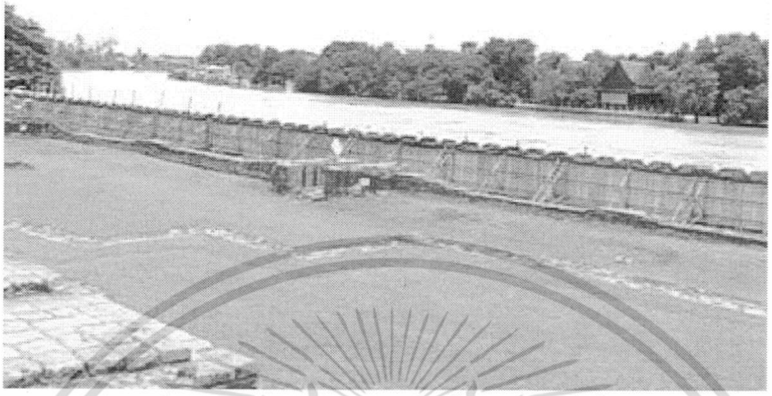
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันนี้ 9 มิถุนายน พ.ศ.2552 บ.ไทยวัฒน์วิศวการทาง จำกัด ได้ทำการสาธิตการติดตั้งแนวกำแพงป้องกันน้ำท่วมถาวรหน้าโบราณสถานวัดไชยวัฒนาราม อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา โดยการออกแบบต้นแบบของกรมโยธาธิการและผังเมือง กำแพงป้องกันน้ำท่วมดังกล่าว ทำจากแผ่นสเตนเลส กว้าง 1.20 เมตร ยาว 2.10 เมตร ติดตั้งตลอดแนวริมแม่น้ำเจ้าพระยาหน้าวัดไชยวัฒนาราม รวมระยะทาง เกือบ 400 เมตร ซึ่งกำแพงป้องกันน้ำท่วมที่จัดสร้างขึ้น จะเป็นแบบพับเก็บได้ โดยมีแผ่นปูนกว้าง 50 ซม. ยาว 1 เมตร ปิดทับอีกชั้นหนึ่ง เพื่อความสวยงาม

รูปที่ 2.18 การก่อสร้างกำแพงกันดินริมตลิ่งในเบื้องต้น

นายสมยศ สุนทรีวงศ์ วิศวกรโยธาชำนาญการ กรมโยธาธิการและผังเมือง เปิดเผยว่า โครงการซ่อมแซมและปรับปรุงคันกั้นน้ำท่วมพื้นที่โบราณสถานวัดไชยวัฒนาราม ใช้งบประมาณทั้งสิ้นทั้งสิ้น 49.5 ล้านบาท เริ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 28 กรกฎาคม 2550 แล้วเสร็จในวันที่ 20 กันยายน 2552 โดยจนถึงขณะนี้การก่อสร้างมีความคืบหน้าไปกว่าร้อยละ 80 เหลือเพียงการตกแต่ง และเก็บรายละเอียดเล็กน้อยก็จะสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การทำงานของพนังกั้นน้ำเมื่อระดับน้ำขึ้นสูง

รูปที่ 2.20 แนวหลังพนังกั้นน้ำ

กำแพงดังกล่าวถูกออกแบบโดยวิศวกรของกรมโยธาธิการและผังเมือง ได้ทำการทดสอบจนได้ผลว่า สามารถต้านทานการไหลท่วมเข้ามาในเขตวัดได้ในระดับสูงจากพื้นดินมาตรฐานของวัดได้ประมาณ 2.0 เมตร หรืออยู่ที่ระดับสูงกว่าน้ำทะเลปานกลางประมาณ 5.4 เมตร. ทั้งนี้ในการออกแบบได้นำค่าระดับน้ำสูงสุดเมื่อปี 2539 มาเป็นเกณฑ์ในการคำนวณการรับน้ำของแผ่นสเตนเลสดังกล่าว หลักการการออกแบบก็คือทำให้แผงโลหะดังกล่าวนั้นปรับยกขึ้นได้ด้วยการใช้บานพับตรึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายข้างหนึ่งไว้ ในการนี้ทำได้โดยใช้ท่อเหล็กค้ำยันทำหน้าที่ประคองแผงกั้นน้ำเหล่านั้นไว้ หลังจากนั้นก็จะใช้ผ้ายางปิดทับอีกชั้นหนึ่ง ระบบนี้ได้พัฒนาขึ้นจากระบบเดิมแต่ที่ดีกว่า กล่าวคืออุปกรณ์ทั้งหมดสามารถเก็บไว้ในที่เดิมด้วยการนอนราบลง เมื่อถึงเวลาน้ำท่วมก็จะใช้คนงานเพียง 2 – 3 คนในการยกปลายข้างหนึ่งตั้งชันขึ้น ใช้เวลาเพียง 2 วัน ก็แล้วเสร็จ นายเมธาดล วิจักขณะผู้อำนวยการอุทยานประวัติศาสตร์พระนครศรีอยุธยา กล่าวว่าในปีนี้กรมโยธาธิการและผังเมืองร่วมกับจังหวัดพระนครศรีอยุธยา และกรมศิลปากร จะทดสอบกำแพงป้องกันน้ำท่วมในปีนี้เป็นปีแรกเพื่อดูว่ามีจุดบกพร่องใดที่ต้องปรับปรุงแก้ไข กำแพงป้องกันน้ำท่วมในครั้งนี้ได้ผลดีกว่าของเดิม เนื่องจากประหยัดเวลา และแรงงาน อีกทั้งไม่ต้องยุ่งยากในการตั้งนั่งร้านเพื่อค้ำยันแผ่นปูน (ในแบบที่ใช้อยู่แต่เดิม) และไม่ต้องเสียงงบประมาณในการจัดซื้อกระสอบทรายเหมือนทุกปีที่ผ่านมา ใช้เวลาในการติดตั้งสั้นกว่าของเดิม สิ่งที่ได้ผลดีอีกประการหนึ่งที่สำคัญในการออกแบบสถาปัตยกรรมก็คือ กำแพงป้องกันน้ำท่วมนี้ไม่บดบังทัศนียภาพของการท่องเที่ยวทางน้ำ

2.4 ปรากฏการณ์ที่ซ้ำเติมปัญหาน้ำท่วม

การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมและการขยายตัวของชุมชนอย่างรวดเร็วในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ ดังกล่าวมีความจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นพื้นฐานและจากการที่การบริการประปาไม่สามารถบริการได้อย่างทั่วถึงและเพียงพอ จึงมีความจำเป็นต้องใช้น้ำบาดาลเพื่อกิจกรรมดังกล่าวและเพิ่มมากขึ้น จนทำให้เกิดการทรุดตัวของแผ่นดินส่งผลกระทบ ด้านสิ่งแวดล้อมและอื่น ๆ

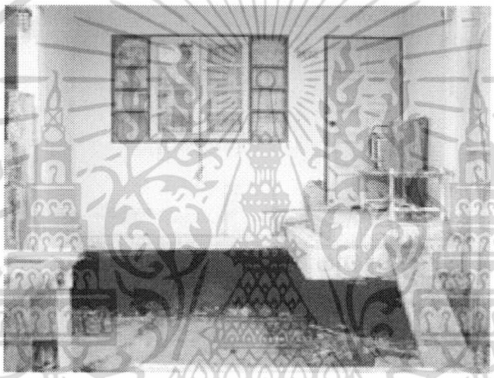
- ตัวอย่างปัญหาดินยุบตัวที่จังหวัดปทุมธานี
  ดินทรุดทั้งซอย (17 มกราคม 2553)

บ้านจัดสรรในปทุมธานีเกือบ 50 หลัง เกิดปรากฏการณ์ดินทรุดตัวหายไปจากใต้พื้นบ้านเป็นโพรงลึกกว่า 1 เมตร มองเห็นตัวบ้านอยู่บนเสาเข็มชัดเจน เผยตั้งแต่ซื้อมาก็ประสบปัญหาดินทรุดเรื่อย ๆ แถมฐานรากก็ไม่เกาะอยู่บนหัวเสาเข็ม ต้องซื้อดินมาถมกันเอง ด้านนายกเทศมนตรีเผยต้องเสียงบประมาณยกถนนไปแล้วกว่า 50 ล้านบาท แต่บางซอยต้องรองบประมาณ

เมื่อวันที่ 17 ม.ค. 2553 อดีตนายทหารอากาศนายหนึ่งได้ร้องเรียนว่าได้ซื้อบ้านทาวน์เฮาส์ขนาด 17 ตารางวา ในราคา 580,000 บาท เพื่อพักอาศัยเมื่อปี 2538 ชื่อหมู่บ้านรินทร์ทอง ลำลูกกา ม.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต.คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี จากโครงการบ้านจัดสรรที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่ง ประสบปัญหาดินทรุดมาอย่างต่อเนื่อง ส่วนหนึ่งของสาเหตุสันนิฐานว่ามาจากสาเหตุที่มีการขุดหน้าดินไปขาย ทำให้ใต้ถุนบ้านทาวน์เฮาส์จะเป็นโพรงทุกหลังเหมือนกันหมด เป็นเช่นที่กล่าวนี้คล้ายกันหมดแทบทุกซอย แต่หลังจากนั้นทางเทศบาลเมืองลำสามแก้ว ได้มาทำถนนให้อยู่ในระดับเดียวกับพื้นบ้านไปแล้วในส่วนใหญ่ ส่วนซอยที่ 6 นั้นยังไม่ได้ทำเนื่องจากงบประมาณไม่พอ บ้านของตนก็ต้องถมขึ้นมาให้เท่ากับพื้นบ้านประมาณ 1 เมตร เฉพาะซอย 6 มีทั้งหมด 48 หลังคาเรือน เวลาถึงหน้าน้ำต้องใช้เรือหรือแพออกจากบ้านทุกวัน



รูปที่ 2.21 สภาพดินยุบตัวใต้พื้นบ้านทาวน์เฮาส์

เขากล่าวต่ออีกว่า มีทาวน์เฮาส์บางหลังที่ฐานรากของตัวบ้านไม่ได้อยู่บนหัวเสาเข็มที่ตอกลงไป ซึ่งก็เป็นเรื่องที่แปลกมาก เพราะตามปกติโครงสร้างของการก่อสร้างระบบฟุตตั้งบนหัวเสาเข็มจะต้องติดกัน มีการผูกเหล็กเทปูนให้เป็น ฐานเดียวกัน แต่ที่นี่ไม่เป็นอย่างนั้น โดยเฉพาะดินที่ถม อยู่ใต้พื้นบ้านไม่มีเหลืออยู่ จึงเป็นโพรงและมีน้ำขัง ไม่ทราบเหมือนกันว่ามันจะเกิดผลกระทบอะไรตามมาในอนาคตหรือไม่

ขณะที่ผู้ครอบครองที่อยู่อาศัยอีกคนหนึ่ง อายุ 73 ปี เปิดเผยเพิ่มเติมว่า "มาซื้อบ้านที่นี่ประมาณ 15 ปี ต่อมาประมาณ 3 ปี ถนนเริ่มทรุด แต่ก็ไม่มากเท่าถึงปัจจุบัน ตอนนั้นก็ถามเจ้าของโครงการว่าทำไมเป็นอย่างนี้ ก็ได้รับคำตอบว่าเป็นธรรมชาติ จึงตีเข็มยกพื้นที่หน้าขึ้นเนื่อง จากเริ่มทรุดไปตามถนน แต่ตัวบ้านไม่ได้รับผลกระทบ แต่ก็ยังมีการทรุดมาอย่างต่อเนื่อง อย่างที่เห็นน่าจะถึงเมตร จึงตีเสาเข็มใหม่อีกครั้งลึกลงไปถึง 19 เมตรให้ถึงก้นของมันจนถึงดินแดงพื้นล่าง ตอนแรกที่มาซื้อทั้งพื้นถนนและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นบ้านก็จะเท่ากัน มาตอนหลังไม่รู้ว่าดินยุบไปไหนหมด บ้านไหนที่พอจะมีเงินก็ถมพื้นหน้าบ้านให้เสมอกับพื้นบ้านเดิมก็ประมาณ 1 เมตร เจ้าของบ้านหลังไหนที่เขามีที่ไปก็ย้ายไปอยู่ที่อื่น มีทั้งปล่อยร้างและประกาศขาย"

นายกเทศมนตรีเทศบาลเมืองลำสามแก้ว ต.คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี เปิดเผยว่า หมู่บ้านรินทร์ทอง ซึ่งอยู่ในพื้นที่รับผิดชอบ ได้ก่อสร้างมากว่าสิบปีแล้ว โดยได้ปลูกสร้างบนพื้นที่บ่อดินเก่าที่มีการนำดินมาถมใหม่ จึงเป็นเหตุให้ดินยุบตัวลงมาจำนวนมาก ซึ่งเดิมทางโครง การหมู่บ้านได้ก่อสร้างในพื้นที่เสมอกันหมด เมื่อมีการอยู่ไปสักสามสี่ปีพื้นดินได้ยุบตัวลงมาเรื่อย ๆ แต่ตัวอาคารได้ลงเสาเข็มลึกถึงพื้นดินจึงไม่ทรุดตัวมาก เขากล่าวเพิ่มเติมว่า ที่ผ่านมาทางเทศบาลได้ตั้งงบประมาณยกพื้นถนนไปจำนวน 4 ซอย หมดงบประมาณไปกว่า 40 ล้านบาท ขณะนี้ได้ตั้งงบประมาณอีก 8 ล้านบาท เพื่อยกถนนด้านท้ายหมู่บ้าน ซึ่งจะต้องตั้งงบประมาณอีกเกือบร้อยล้านถ้าจะยกถนนทางเข้าทั้งหมด ซึ่งเทศบาลได้ทยอยทำให้ครบทุกซอย แต่ก็บางซอยต้องช้าลงบ้าง เพราะงบประมาณมีไม่เพียงพอ และเจ้าของโครงการก็ขายไปหมดแล้ว จึงเป็นหน้าที่ของผู้ซื้อต้องซ่อมกันเอง แต่เทศบาลได้ยื่นมือเข้ามาช่วยเหลือ และเมื่อตรวจสอบโครงการก่อสร้างของหมู่บ้านพบว่า มีการลงเสาเข็มลึกถึง 20 เมตรลงสุดใต้ดิน แต่บางจุดที่ดินไม่แน่น ก็จะทรุดตัวลงจนฐานรากลอยตัวห่างจากหัวเสาเข็ม ซึ่งเมื่อพบเห็นทุกคนกลัวอันตรายจะเกิดขึ้นมา ชาวบ้านที่ได้รับความเดือดร้อนต่างได้ร้องเรียนไปที่ สคบ. แต่ยังไม่มีการลงมาตรวจสอบภายในหมู่บ้านที่ได้รับความเดือดร้อนแต่อย่างใด

ปัญหาดังกล่าวข้างต้นนี้เห็นกันอยู่ทั่วไปทั้งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล แต่ในช่วง 5 ปีที่แล้วมาทางกรุงเทพมหานครได้บังคับใช้มาตรการควบคุมการขุดเจาะและสูบน้ำบาดาลอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปัญหาดังกล่าวได้คลี่คลายไปในอัตราหนึ่งแม้ว่ายังไม่หมดไปอย่างเบ็ดเสร็จ แต่ในปริมณฑลนั้นยังประสบปัญหาอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มว่าจะวิกฤตลงไม่มีแนวโน้มว่าจะคลี่คลายลงแต่อย่างใด

- **กรณีแผ่นดินทรุดเป็นปัญหาที่ซ้ำเติมความสูญเสีย**

การทรุดตัวอย่างต่อเนื่องของดิน(Soil subsidence) จากรายงานการสำรวจพบว่ายังมีการทรุดตัวอยู่อย่างต่อเนื่องประมาณปีละ 40 มิลลิเมตรโดยทั่วไปในกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตลาดกระบังและหนองจอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขึ้นลงของน้ำใต้ดินเป็นอีกปัญหาหนึ่ง ระดับน้ำใต้ดินและการขึ้น-ลงตามฤดูกาลของน้ำใต้ดินนั้นมักจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างอาคารต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งตั้งอยู่ในเขตที่มีชั้นดินที่อ่อนและมีน้ำท่วมขังมายาวนาน ตามปกติจะมีแรงดันยก (up-lift force) ของน้ำใต้ดินที่กระทำต่อโครงสร้างชั้นที่อยู่ติดดินสามารถก่อความเสียหายต่อโครงสร้างคอนกรีตในอาณาบริเวณนั้นหรือต่ออาคารางเคียงได้ อาคารที่มีการระบายน้ำฝนจากหลังคาลงมายังชั้นดินใต้อาคารก็มักเกิดปัญหาเช่นเดียวกัน กล่าวคือเมื่อระบบการระบายน้ำสาธารณะเกิดติดขัดหรือมีน้ำท่วม ปริมาณน้ำทั้งหมดจะท่วมท้นก่อปัญหาอย่างใหญ่หลวง ดินใต้ฐานรากก็จะเสียกำลังแบกทานน้ำหนักลง และเมื่อฝนตกชุกน้ำก็จะท่วมขังในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทุกปี ปรากฏการณ์ดังกล่าวถือเป็นการซ้ำเติมปัญหาเดิมคือปัญหาน้ำท่วมที่มีอยู่แล้วให้รุนแรงมากขึ้น ก่อให้เกิดความสูญเสียแก่อาคารอย่างไม่สิ้นสุด

- **การติดตามตรวจสอบและแก้ไขปัญหาการใช้ ทรัพยากรน้ำบาดาลและการทรุดตัวของแผ่นดินในเขต กรุงเทพมหานครและปริมณฑล**

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมได้รับมอบหมายให้ดำเนินการศึกษาและรวบรวมข้อมูล ในโครงการป้องกันและแก้ไขวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดในเขตกรุงเทพมหานคร เมื่อปี พ.ศ. 2521-2524 ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการ เพื่อกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไข วิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2526 ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องถือแนวทางปฏิบัติและได้มอบหมายให้สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม ประสานการดำเนินงานกับกรมทรัพยากรธรณี และกรมแผนที่ทหาร ในการติดตามสถานการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุด เพื่อประเมินผลการนำมาตรการไปใช้ในทางปฏิบัติและให้รายงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ดังนั้น สำนักงานฯ จึงได้กำหนดให้มีการดำเนินงานในโครงการติดตามตรวจสอบและแก้ไขปัญหาการใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลและการทรุดตัวของแผ่นดิน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อให้มีการดำเนินการตามมาตรการซึ่งจะช่วยให้การแก้ไขปัญหาวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดสัมฤทธิ์ผล และจากการติดตามตรวจสอบพบว่าอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีอัตราการทรุดตัวลดลง แต่ในเขตจังหวัดนครปฐมและสมุทรสาคร ระดับน้ำบาดาลลดลงอย่างรวดเร็ว และอัตราการทรุดตัวของ แผ่นดินเพิ่มมากขึ้น สำนักงานฯ จึงได้เสนอเรื่องการขยายเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดให้ครอบคลุม จังหวัดนครปฐมและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

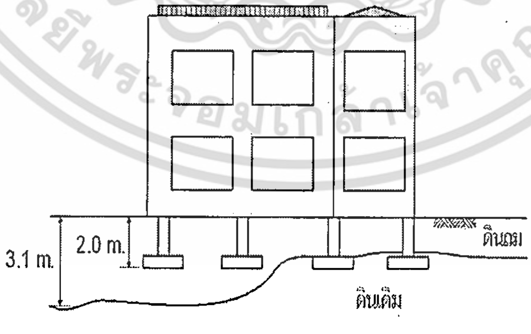
สมุทรสาครต่อคณะรัฐมนตรี ซึ่งคณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2538 ให้ขยายเขตควบคุมวิกฤตการณ์น้ำบาดาลและแผ่นดินทรุดเพิ่มจาก 4 จังหวัด เป็น 6 จังหวัด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรปราการ นครปฐม และสมุทรสาคร

2.5 ความเสียหายต่อฐานรากของอาคารเมื่อดินยุบตัว

การขึ้นลงของน้ำใต้ดินตามปกติจะมีแรงดันยก (Up-lift force) ของน้ำใต้ดินที่กระทำต่อสระว่ายน้ำหรือรางระบายน้ำจนสามารถก่อความเสียหายต่อโครงสร้างคอนกรีตในอาณาบริเวณนั้นหรือต่ออาคารข้างเคียงได้เช่นกัน อาคารที่มีการออกแบบให้มีการระบายน้ำฝนจากหลังคาหรือดาดฟ้าลงมายังชั้นดินใต้อาคารก็มักเกิดปัญหาเช่นเดียวกันนี้ กล่าวคือเมื่อระบบการระบายน้ำสาธารณะเกิดติดขัดหรือมีน้ำท่วม ปริมาณน้ำทั้งหมดจะท่วมท้นก่อปัญหาอย่างใหญ่หลวง ดินใต้ฐานรากก็จะเสียกำลังแบกทานน้ำหนักลงไปอย่างมาก

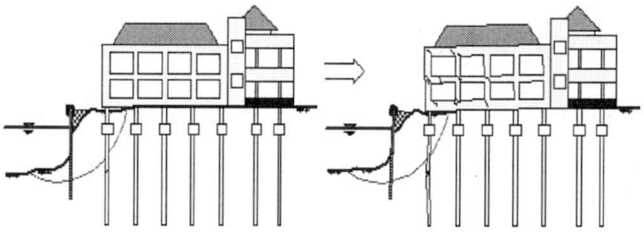
การเคลื่อนตัวของดินตามความลาดชัน

อาคารที่สร้างอยู่ใกล้ตลิ่ง หรือ คู คลอง โดยไม่มีการก่อสร้างโครงสร้างป้องกันดินพัง เมื่อเวลาผ่านไป ดินบริเวณตลิ่งจะถูกน้ำกัดเซาะออกไป ทำให้มีความลาดชันของตลิ่งสูงมากขึ้นตามเมื่อระดับน้ำมีการลดลงอย่างรวดเร็วก็จะทำให้ไหล่ลาดของดินเกิดการพังทลาย มวลดินที่พังทลายนี้ หากอยู่ภายในขอบเขตของฐานราก ก็จะส่งผลทำให้เกิดแรงดันดินปริมาณมหาศาลต่อเสาเข็มของอาคารข้างเคียง และทำให้เสาเข็มหักในที่สุด



รูปที่ 2.22 อาคารที่มีฐานรากอยู่บนชั้นดินที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 การเคลื่อนตัวด้านข้างของดินเสาเข็มหัก

ดินยุบตัวเมื่อถมไม่แน่น (Collapsible soil)

การวิบัติของฐานรากแผ่ที่วางตัวอยู่บนดินนั้นพบมากในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งดินมีลักษณะของการยึดเกาะของเม็ดดินแบบหลวมๆ คล้ายโครงสร้างรวงผึ้ง (Honey comb structure) มีออกไซด์ของเหล็กเป็นตัวเชื่อมประสานระหว่างเม็ดดิน ดินชนิดนี้เมื่ออยู่ในสภาวะแห้งจะมีความแข็งแรงมาก สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่า 100 ตัน ต่อตารางเมตร แต่เมื่อสัมผัสน้ำออกไซด์เหล็กที่ยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดินจะถูกทำลายลง ความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน จนอาจจะลดลงเหลือเพียง 5 ตันต่อตารางเมตร ซึ่งก็จะทำให้เกิดการทรุดตัวอย่างฉับพลัน

รูปที่ 2.24 การพังทลายของอาคารอันเนื่องมาจากฐานรากแผ่ที่วางอยู่บนดินยุบตัว

- **การทรุดตัวของดินที่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอาคาร**

สาเหตุแห่งการทรุดตัวของอาคาร

การล้มเหลวในการรับน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคารที่เป็นผลอันเนื่องมาจากความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกอย่างปลอดภัยของฐานรากนับว่าเป็นเรื่องสำคัญประการที่หนึ่ง นอกจากนี้การเปลี่ยนรูปไปจากเดิมของโครงสร้างอาคารเหนือฐานรากขึ้นมาก็นับได้ว่าเป็นเรื่องสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประการที่สอง ส่วนสำคัญทั้งสองของโครงสร้างอาคารทุกหลังนั้นสามารถรองรับน้ำหนักทุกชนิดได้ในเงื่อนไขที่กฎหมายกำหนดและได้ผ่านการรับรองจากทางการจนได้รับอนุญาตให้ปลูกสร้างได้นั้นนับว่าถูกต้องที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่หากว่าในข้อเท็จจริงนั้นมีอุบัติการณ์เกิดขึ้นนอกเหนือจากการควบคุมตามปกติได้เสมอและตลอดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มก่อสร้างจนกระทั่งถึงจดสิ้นสุดอายุการใช้งานของอาคารนั้น ๆ

อุบัติภัยอันเกิดโดยธรรมชาติเป็นต้นเหตุที่มิอาจคาดการได้อย่างแม่นยำด้วยประการทั้งปวง แต่หากเกิดขึ้นมาคราใดก็มักจะก่อให้เกิดความเสียหายที่มักจะเกินความสามารถที่โครงสร้างที่ถูกออกแบบมาอย่างถูกต้องดังกล่าวแล้วนั้นจะเอื้ออำนวยได้ อุบัติภัยอันได้แก่แผ่นดินทรุด ดินถล่มและเคลื่อนตัวในทิศทางต่าง ๆ น้ำท่วม แผ่นดินไหว และการสั่นสะเทือน รวมทั้งน้ำหนักทับถมที่ไม่คาดฝัน หรือแม้แต่อัคคีภัย ล้วนแล้วแต่เป็นสิ่งที่ลิดรอนความสามารถในการพยุงน้ำหนักบรรทุกที่โครงสร้างอาคารแบกรับอยู่ทั้งสิ้น

ในที่นี้ใคร่จะกล่าวถึงต้นเหตุที่มาจากการทรุดของดินที่รองรับและห้อมล้อมโครงสร้างอาคารไว้เท่านั้น เพื่อหามาตรการป้องกันหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นให้ทันท่วงทีก่อนที่จะถึงการวิบัติของโครงสร้างโดยรวม

ตัวอย่างอาคารทรุดเอียงเฉียบพลัน

ในช่วงประมาณกลางเดือนสิงหาคมของปีที่แล้ว (พ.ศ.2546) มีอาคารพักอาศัย 5 ชั้นหลังหนึ่งในเขตบางแคกรุงเทพมหานคร เกิดการทรุดตัวอย่างเฉียบพลัน ฐานรากบริเวณด้านหนึ่งของอาคารทรุดจมลงไปในดินลึกต่างระดับจากฐานรากอีกด้านหนึ่งประมาณ1.50 ม.ทำให้อาคารอยู่ในลักษณะล้มเอียงจากแนวดิ่งส่วนบนสุดของอาคารแยกออกจากอาคารข้างเคียงซึ่งเดิมเคยอยู่ชิดกัน วัดระยะห่างตามแนวราบได้ประมาณ 3.00 ม.ตอนที่เกิดเหตุนั้นเป็นช่วงเวลากลางคืนเจ้าหน้าที่และผู้ที่เกี่ยวข้องมาทราบเหตุการณ์ในตอนเช้า โชคยังดีที่ไม่มีผู้ใดได้รับอันตรายแต่ปัญหาก็คืออาคารยังทรุดตัวอย่างต่อเนื่องมีแนวโน้มที่จะล้มทับบ้านพักอาศัย 2 ชั้นที่อยู่ข้างเคียง ประกอบกับวันนั้นตรงกับวันอาทิตย์ซึ่งร้านค้าวัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่ปิดดำเนินการทำให้ยากต่อการจัดหาเหล็กรูปพรรณและอุปกรณ์ ที่จะใช้ในการค้ำยันการทรุดตัวของอาคารก็ค่อนข้างเร็ว มีอัตราการทรุดตัวประมาณ 8 มม.ต่อชม.ซึ่งถือได้ว่าเป็นอันตรายมากในสภาพเช่นนั้นจำเป็นต้องแก้ไข ปัญหาเฉพาะหน้าไปพรางๆเพื่อรอคอยเหล็กที่กำลังจัดหาอยู่การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าในครั้งนั้นได้เลือกใช้ ”ทราย” ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายที่สุดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณใกล้เคียงมาใส่ถุงแล้วนำมาวางอัดแน่นบริเวณด้านข้างของอาคารส่วนที่กำลังทรุดตัวลงเพื่อดันไม่ให้อาคารเลื่อนไถลในแนวเอียงซึ่งจะส่งผลให้อาคารทรุดตัวช้าลงกว่าเดิม ผลของการทำเช่นนั้นได้ผลเป็นที่น่าพอใจอย่างมากเพราะภายหลังจากอัดถุงทรายไปประมาณ 700 ถุงในเวลาหนึ่งชั่วโมงถัดมาอัตราการทรุดตัวของอาคารลดลงเหลือประมาณ 3-4 มม. เมื่อเห็นได้ผลเช่นนั้นแล้วและประกอบกับยังไม่ทราบว่าจะหาเหล็กค้ำยันจากที่ใดได้จึงได้ตัดสินใจที่จะใช้ทรายมาค้ำยันให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ท้ายที่สุดได้อัดถุงทรายไปประมาณ 2000 ถุงค่าการทรุดตัวของอาคารลดลงเหลือประมาณ1-2 มม. ต่อ ชม. ต่อจากนั้นได้หยุดรอจนถึง 3 โมงเย็นจึงได้เหล็กหน้าตัดรูปตัว H ขนาด175 x 175 มม. มา 5 ท่อน ใช้ทำค้ำยันเพิ่มเข้าไปอีกอาคารจึงหยุดการทรุดตัวและพร้อมที่จะทำการรื้อถอนได้ต่อไปผู้เขียนมานึกถึงเหตุการณ์ในครั้งนั้นแล้วรู้สึกเป็นความโชคดีที่การอัดถุงทรายสามารถช่วยให้อาคารชะลอการทรุดตัวได้ เพราะหากอาคารไม่ชะลอการทรุดตัวแล้ว การเข้าไปติดตั้งค้ำยันเหล็กจะเป็นความเสี่ยงมากเพราะไม่มีใครทราบได้ว่าอาคารจะล้มลงมาเมื่อไรท้ายที่สุดอาจไม่มีใครกล้าเข้าไปทำเพราะแม้แต่ตอนนำถุงทรายไปอัดข้างอาคารยังไม่ค่อยจะมีใครกล้าเข้าไปทำเลยหากไม่มีใครกล้าเข้าไปทำค้ำยันจริงๆก็คงต้องปล่อยให้อาคารค่อยๆล้มลงไปเองซึ่งผลที่ตามมาคงมีผลกระทบอย่างมากต่อบ้านเรือนและชีวิตคนที่อยู่ใกล้เคียงดังนั้นต้องถือว่าทรายที่อัดใส่ถุงเหล่านั้นช่วยได้มากทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

กรอบแนวความคิดในการออกแบบผังประธานและโครงสร้างเพื่อการปิดกั้นน้ำ

3.1 แนวทางในการออกแบบโครงสร้างอาคารที่เหมาะสม

- **เมืองจมน้ำ** “Seuthopolis, Bulgaria” **การประยุกต์คันเขื่อนกั้นน้ำ**

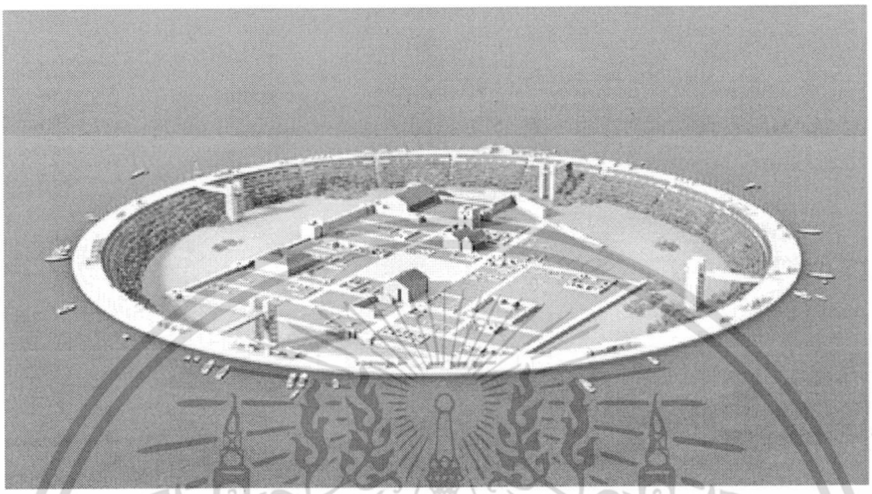
ปัญหาโลกร้อนที่กำลังคุกคามสิ่งแวดล้อมทางทะเลและบรรยากาศในปัจจุบันนี้ทำให้เราต้องหวั่นไหวและหาทางออกโดยมีการหวั่นเกรงกันว่าฝั่งทะเลที่สวยงามและมีค่าของโลกจะถูกกลืนโดยกระแสน้ำภายในเวลาไม่นานนับจากนี้ จุดนี้เป็นจุดหักเหให้เราต้องคิดค้นที่จะต้องหาหนทางออกเพื่อหลีกเลี่ยงมหันตภัยหรืออาจจะแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ ในจุดนี้มีแนวความคิดของการออกแบบอาคารลอยน้ำเพื่อหนีปัญหาเป็นการเฉพาะหน้าด้วยเช่นกันในปัจจุบันนี้ แต่งานอีกชิ้นหนึ่งที่กำลังนำเสนอนี้ **“The ‘Underwater City’ in Bulgaria”** จะกลายเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะปฏิวัติแนวความคิดในทางการออกแบบสถาปัตยกรรมให้ “ยึดติด” หรือ “ลงลึก” ลงไปในท้องถิ่น กล่าวคือสามารถอยู่กับปัญหาได้โดยไม่ต้องถอยหนีหรือละทิ้งถิ่นฐานเดิม

มันคือการสร้างหรือบูรณะเมืองขึ้นมาใหม่ลงไปในใจกลางของทะเลสาบให้มีศักยภาพ โดยที่แม้ว่าจะมีพื้นผังการใช้งานอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับน้ำขึ้นลงตามปกติงานที่กำลังจะกล่าวถึงนี้มีการออกแบบคันเขื่อนกั้นน้ำขนาดเป็นทรงกลมล้อมรอบในผังของเมืองวัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ประมาณ 450 เมตร และลึกประมาณ 20 เมตร ตั้งอยู่ห่างไกลออกไปในท้องทะเลสาบ จะมีการเข้าถึงได้จากการขนส่งทางน้ำและทางอากาศเท่านั้น เดิมเป็นเมืองที่จมน้ำอยู่นานมากแล้วชื่อว่า Seuthopolis ซึ่งถูกค้นพบเมื่อปี ค.ศ.1948 ภายหลังจากที่มีการทำลายเขื่อนเก่าแห่งหนึ่งลงในประเทศบุลกาเรีย โปรเจ็คนี้กลับกลายเป็นหนึ่งในโครงการที่น่าสนใจที่สุดชิ้นหนึ่งที่ได้รับการบันทึกไว้ในหน้าประวัติ ศาสตร์ใหม่ของวงการสถาปัตยกรรมร่วมสมัย

ในยุคใหม่ของการออกแบบสถาปัตยกรรม งานโครงสร้างชนิดลอยน้ำหรือสร้างใต้ผิวน้ำนับเป็นนวัตกรรมแห่งการออกแบบแนวใหม่ งานที่เรียกว่า **<u>‘Underwater City’</u>** ชิ้นนี้เป็นการเปิดประตูไปสู่การออกแบบแนวใหม่มาจากแนวความคิดของ Alexander Asadov ผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบชนิดที่เรียกว่า Floating Aerohotel ที่ได้กลายเป็นงานออกแบบทางสถาปัตยกรรมที่ลือเลื่องชิ้นหนึ่งของเขา โครงสร้างพื้นฐานเป็นการวางเรียงองค์โครงสร้างเป็นคานจำนวนมากที่วางเป็นรัศมีพุ่งออกจากศูนย์กลางวงกลมคล้ายซี่ลวดล้อรถจักรยาน อาคารส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดตรงกลางจะบรรจุไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของ Aerohotel ที่มีร้านขายกาแฟ ภัตตาคาร และสวนเมืองหนาว ที่โอบล้อมโรงแรมไว้ ผู้เข้าเยี่ยมหรือมาพักจะต้องเดินทางมาโดยทางน้ำหรือทางอากาศเท่านั้นดังที่กล่าวเกริ่นนำมาแล้วข้างต้น



Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

รูปที่ 3.1 การประยุกต์คันเขื่อนกั้นน้ำเพื่อกู้เมืองจมน้ำ "Seuthopolis, Bulgaria"

แนวความคิดนี้จึงสามารถที่จะนำไปเป็นแม่บทในการออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาภัยพิบัติอันอาจจะเกิดขึ้นจากปัญหาโลกร้อนและน้ำท่วมได้ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น นั่นคือเรื่องของการออกแบบ "Aerial hotel" และ "floating structures" เมืองโบราณแห่งหนึ่งในประเทศ บัลกาเรีย กำลังจะปรากฏขึ้นอีกครั้งจากก้นทะเลสาบ เมืองแห่งนี้มีชื่อว่า ซูโดโปลิส Seuthopolis ซึ่งมีอายุในช่วงสี่ศตวรรษก่อนคริสต์กาล ณ ช่วงเวลาดังกล่าว เมือง แห่งนี้เป็นเมืองหลวงของประเทศที่มีชื่อว่า โอดริสเซีย Odrissia โดย ที่มาของชื่อเมือง ซูโดโปลิส มาจากพระนามของ กษัตริย์ ทราเชียน ซูตุส ที่สาม Thracian king Seuthus the third

ไม่มีผู้ไดเคยค้นพบซากหรือสิ่งที่หลงเหลือของเมืองแห่งนี้เลยจนกระทั่ง มีการก่อสร้างเขื่อนใหม่ใน ปีคริสต์ศักราช 1948 และเมื่อต่อมาเมื่อทะเลสาบได้ถูกถมเต็มในปีคริสต์ศักราช 1954 เมืองแห่งนี้จึงได้จมหายลงไปอยู่ใต้น้ำลึกถึง 20 เมตร

ผลจากการระดมทุนในปี คริสต์ศักราช 2008 การกู้เมือง ซูโดโปลิส ที่จมอยู่ใต้น้ำจึงได้เริ่มขึ้นโดยการสร้างกำแพงกั้นน้ำเป็นวงกลม ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 420 เมตร ความคิดดังกล่าว มาจาก สำนักงานสถาปนิก ที่มีชื่อว่า 'Tilev Architects' และ ได้รับการสนับสนุนโดย เจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจและ กลุ่มบริหารท้องถิ่น เหล่าสถาปนิกกล่าวว่า โครงการนี้มีผู้ที่สนใจให้การสนับสนุนจากทั่วโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีสี่กลุ่มผู้สนใจจาก เนเธอร์แลนด์ ที่อยากจะเข้ามามีส่วนร่วมในงานนี้ ซึ่งคือการขุดลอกบนพื้นที่ราบลุ่มที่อยู่ต่ำมาก โดยลักษณะพื้นฐานแล้ว มันก็คือพื้นที่ลุ่มคล้ายหลุมเล็กๆ แห่งหนึ่งนั่นเอง จุดนี้น่าจะเป็น พื้นที่ลุ่มที่มีราคาแพงที่สุดเท่าที่จะจินตนาการได้ แบบที่ได้จากการออกแบบของ สำนักงานสถาปนิกชื่อ “Tilev Architects” ซึ่งเขาออกแบบให้สร้างกำแพงกั้นน้ำที่มีขนาดใหญ่มากกั้นไว้เพื่อที่จะทำการขุดลอกบริเวณพื้นที่เล็กๆนี้ออก ความสูงของกำแพงกั้นน้ำนี้จะต้องต้านทานแรงดันของน้ำรอบข้าง ระดับน้ำบนพื้นดินนั้นจะยังมีการซึมเข้ามาของน้ำที่ล้อมรอบอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา แต่อยู่ในปริมาณที่ควบคุมได้

ในการออกแบบนี้เขาจึงกำหนดให้ใช้ปั๊มน้ำจำนวน สองตัวเข้ามาช่วยแก้ ปัญหานี้ ปั้มคู่นี้จะใช้พลังงานจากกังหันลม กลไกนั้นมันคล้ายกับการใช้ผ้าพันแผลพันทับ บนผ้าพันแผลอีกทีหนึ่งเพื่อห้ามเลือด และทั้งหมดนี้ก็เพื่อแก้ปัญหาให้กับการจัดการกับ ผังพื้นที่ ที่สุดแสนจะไม่ยั่งยืนนี้ ซึ่งก็เป็นที่น่าสังเกตว่า มันจะไม่ประหยัดกว่าหรือ หากจะยกเลิกความคิดที่จะสร้างคันเขื่อนนี้ออกไปเสีย แล้วทำการการเคลื่อนย้ายสิ่งที่เหลืออยู่ของเมืองโบราณแห่งนี้ขึ้นไปบนพื้นที่แห้งเสียเลยจะดีกว่าหรือไม่

แต่นั่นก็คงจะไม่ใช่แนวทางที่เราตัดสินใจแทนผู้ออกแบบในที่นี้ แต่เราพบว่างานการฟื้นฟูเมือง ซูโดโปลิส แห่งนี้นั้นมิใช่เป็นการกระทำตามทฤษฎีปฏิบัตินิยม หรือหาใช่เป็นการกระทำตามแนวทางโบราณคดีวิทยาดั้งเดิม แต่ทว่านี่คือการกระทำเพื่อสื่อให้ตระหนักถึงภาพลักษณ์ ที่ยิ่งใหญ่ มันคือการสร้างสิ่ง ดึงดูดนักท่องเที่ยวในพื้นที่ลุ่มต่ำที่มีความน่าตื่นตาตื่นใจที่สุดแห่งหนึ่งทีเดียว

ในกรณีนี้ขนาดพื้นที่ๆเล็กของมันกลายเป็นข้อได้เปรียบ สถาปนิก Tilev Architects จึงได้ออกแบบให้เสมือนกับการสร้าง “สะดือ ลงไปในกลางท้องทะเลสาบ” หากนึกถึงจิตนาการก็จะดูคล้ายกับการที่ “โมเสส” สามารถทำการแยกน้ำในทะเลสาบได้ดังที่ระบุไว้ในพระคัมภีร์คริสต์ศาสนา ซึ่งมาบัดนี้ใน คริสต์ศักราช 2008 เรามีเทคโนโลยี ซึ่งทำให้เราสามารถทำแบบนั้นได้เอง จะว่าไปแล้ว นี่คือสิ่งอัศจรรย์

เราไม่สามารถมองเห็นเมืองนี้ได้ขณะมุ่งหน้าเข้าไปใกล้ๆ โดยทางเรือ แต่เมื่อก้าวขึ้นไปบนสันเขื่อนกั้นน้ำ แล้วมองลงไปก็สามารถที่จะมองเห็นมุมเปิดอันไพศาลยิ่งของเมือง ซึ่งอยู่ต่ำลงไป 20 เมตร สามารถที่จะมองเห็น ภาพรวมทั้งหมดของสิ่งที่หลงเหลืออยู่ของเมือง ซูโดโปลิส แห่งนี้ มันดูเสมือนทรัพย์ ที่ล้ำค่า ที่เหลืออยู่ในพื้นที่ลุ่มแห่งนี้

มุมมองนี้สามารถเปรียบได้กับ แรมพ์ ที่วนอยู่ภายในพิพิธภัณฑ์ เมอร์เซดีส-เบนซ์ แห่ง UNStudio ที่สามารถจะมองเห็นรถยนต์ที่ตั้งแสดงได้จากแรมพ์ที่ว่านี้ เป็นมุมมองมี่ต่างจากมุมมองที่เราเคยคุ้นอย่างสิ้นเชิง และในกรณีของ เมืองแห่งนี้ มุมมองจาก เฮลิคอปเตอร์ ก็จะน่าดูมากเช่นกัน น่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียดายว่าในปัจจุบัน ไม่มีโครงสร้างของอาคารใดเหลือให้เห็นเลยนอกจากเส้นแนวผนัง กำแพงและเส้นถนน เท่านั้น ซึ่งสามารถมองเห็นได้จากด้านบน

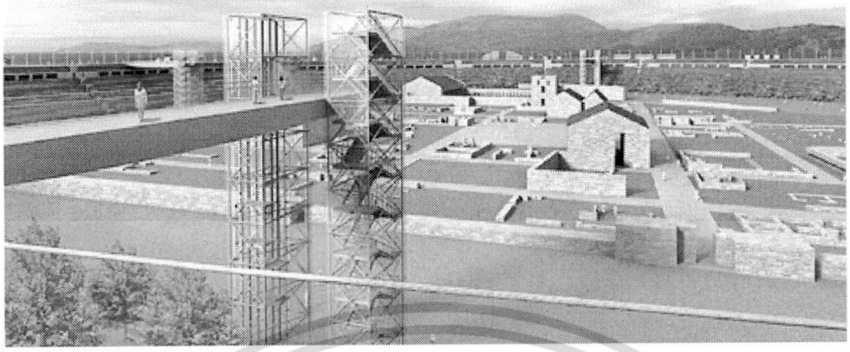
เขื่อนวงแหวนนี้ดูคล้ายแนวกั้นพรมแดน ระหว่าง อดีต กับ ปัจจุบัน ประวัติศาสตร์ กับ ความร่วมสมัย แผ่นดิน กับ ผืนน้ำ และ ที่ลุ่มต่ำ กับ ที่ราบสูง " Tilev Architects" กล่าว บนแนวของกำแพงกั้นน้ำนี้ มีการเสนอให้มีการสร้าง ที่อาคารขึ้นมาใหม่อย่างหลากหลาย รวมถึงคาเฟ่ และร้านอาหาร นอกจากนี้ยังมี สิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการพักผ่อนอื่นๆ เช่น สถานที่ให้เช่าจักรยาน หรือศูนย์บริการการตกปลา เป็นต้น และชั้นบนของภายในกำแพงกั้นน้ำแห่งนี้ก็ มีที่ว่างพอเพื่อสร้างอาคาร พิพิธภัณฑ์ ศูนย์ประชุมใหญ่ โรงแรม และ สำนักงาน ฯลฯ อีกด้วย

มีการเสริมแนวความคิดที่ว่าให้มีการติดตั้งลิฟท์ขนส่งผู้โดยสารที่มีมุมมองกว้างชนิดพาโนรามาทั้งหมด เพื่อประสบการณ์การมองที่ไร้ซึ่งรอยต่อ โครงสร้างที่มีความสมบูรณ์ที่สุดจำนวน ห้าจุดจะถูกสร้างขึ้นมาใหม่ ความเสมือนจริงของโครงสร้างที่จะถูกสร้างใหม่เหล่านี้จะมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใดยังคงเป็นคำถามให้ชวนสงสัย เนื่องจากโครงสร้าง ดั้งเดิมนั้นถูกสร้างขึ้นมาก่อนหน้านี้นานถึง 2400 ปี มาแล้ว นั้นไม่เหลือร่องรอยสามมิติให้เห็นเลย คล้ายกับภาพยนตร์เรื่อง "Jurasic Park" ที่ผู้สร้างได้พยายามให้แนวความคิดที่เขามีอยู่ด้วยการสร้างภาพศิลป์ขึ้นมาให้เคลื่อนไหวได้อีกครั้งหนึ่ง

ในยุโรปตะวันตก การนำเอาสถาปัตยกรรมโบราณมาทำการสร้างใหม่นั้นเป็นประเด็นที่ได้หลุดออกจากวงสนทนาไปนานแล้ว เมื่อกระแส'ทันสมัยนิยม (Modernism) ได้เข้ามาแทนที่ ในศตวรรษที่ 19 ยูจีน วีโอเลต-เลอ-ดอง (Eugène Viollet-le-Duc) สามารถ สร้าง โบสถ์ และ วิหารยุค โกธิค ทั่วยุโรป ซึ่งยังคงก่อสร้างไม่เสร็จในช่วงยุคกลาง จนสำเร็จอย่างที่ไม่เคยมีใครทำมาก่อน และด้วยการสนับสนุนจากรัฐบาลใน ปารีส ไม่มีโครงสร้างยุค โกธิค โครงสร้างใดที่ ยูจีน วีโอเลต-เลอ-ดอง ไม่ได้แตะต้อง

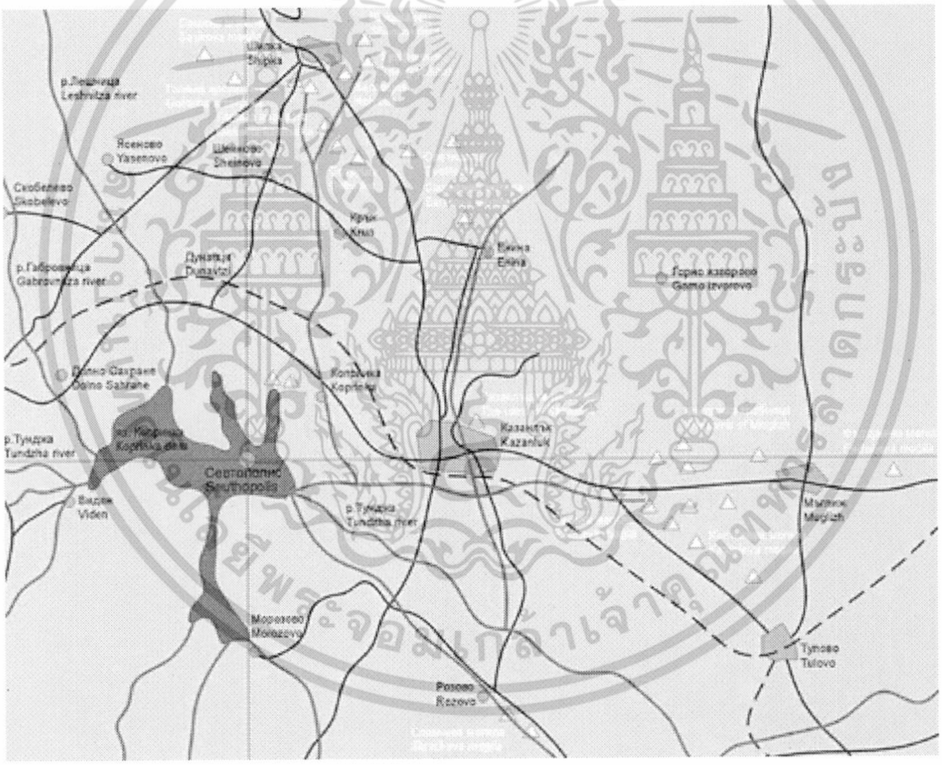
แต่ในบรรดางานอนุรักษ์สถาปัตยกรรมเก่าทั้งปวงนั้น แนวความคิดทั้งสิ้นที่มีอยู่ก็ดูเหมือนว่าไม่เหมือนกับแนวทางใหม่ที่กำลังดำเนินการอยู่ในงานการบูรณะเมืองซูโดโปลิสขึ้นมาใหม่ในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

รูปที่ 3.2 ทัศนียภาพภายในคันเขื่อนกั้นน้ำ



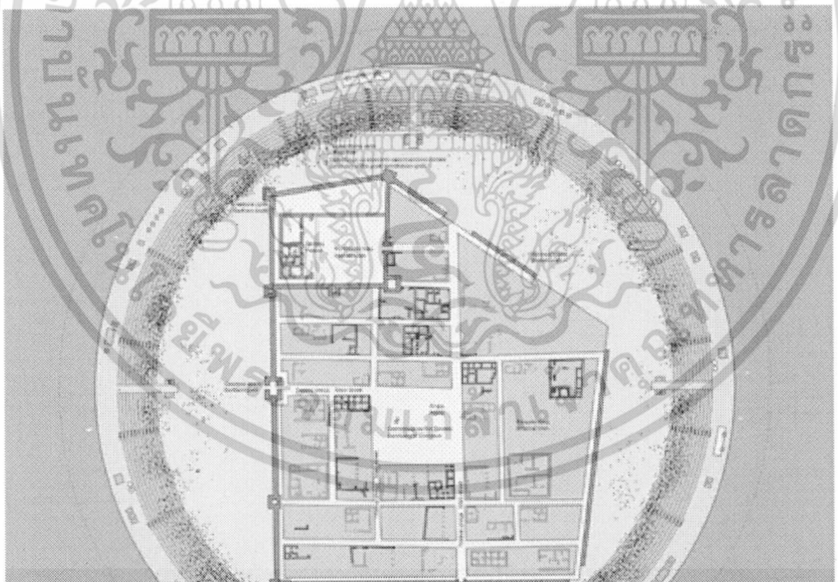
Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของโปรเจ็คกอบกู้เมืองจมน้ำ *"Seuthopolis, Bulgaria"*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

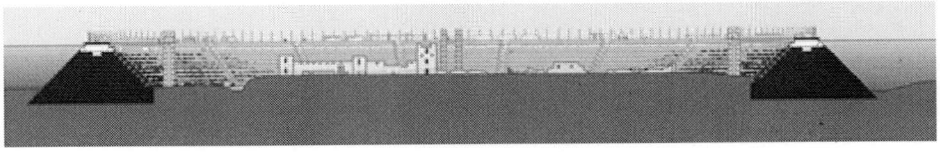
รูปที่ 3.4 ทัศนียภาพจากทางไกล



Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

รูปที่ 3.5 ผังมาสเตอร์แปลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



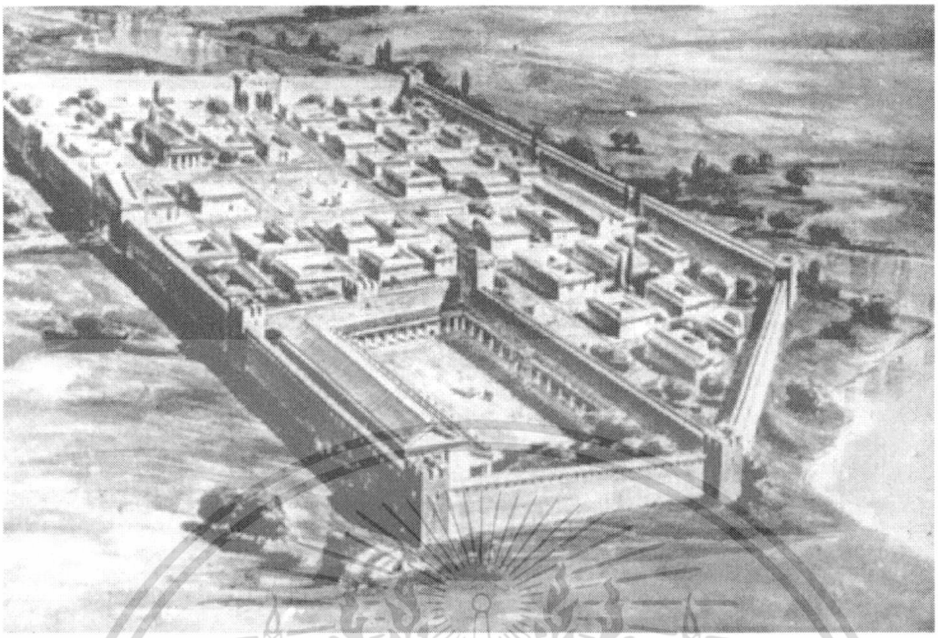
Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

รูปที่ 3.6 รูปตัดขวางผ่าศูนย์กลางทั่วไป (แสดงระดับการควบคุมน้ำ)

Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

รูปที่ 3.7 แผนผังการใช้พื้นที่เมืองโบราณ *"Seuthopolis, Bulgaria"*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

รูปที่ 3.8 สภาพของเมืองโบราณก่อนจมน้ำ

Seuthopolis, Bulgaria (Copyright Tilev Architects)

รูปที่ 3.9 ทัศนียภาพยามค่ำของเมืองฯหลังการกอบกู้แล้ว

สิ่งที่เป็นประเด็นให้เราได้ศึกษาต่อไปก็คือแนวความคิดในการออกแบบบูรณะเมืองที่จมน้ำ Seuthopolis ขึ้นมาใหม่นี้น่าจะนำไปประยุกต์เพื่อการออกแบบกันน้ำท่วมหรือการกัดเซาะของน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แนวทางการออกแบบผังประธานป้องกันน้ำท่วมของประเทศไทยในอดีต

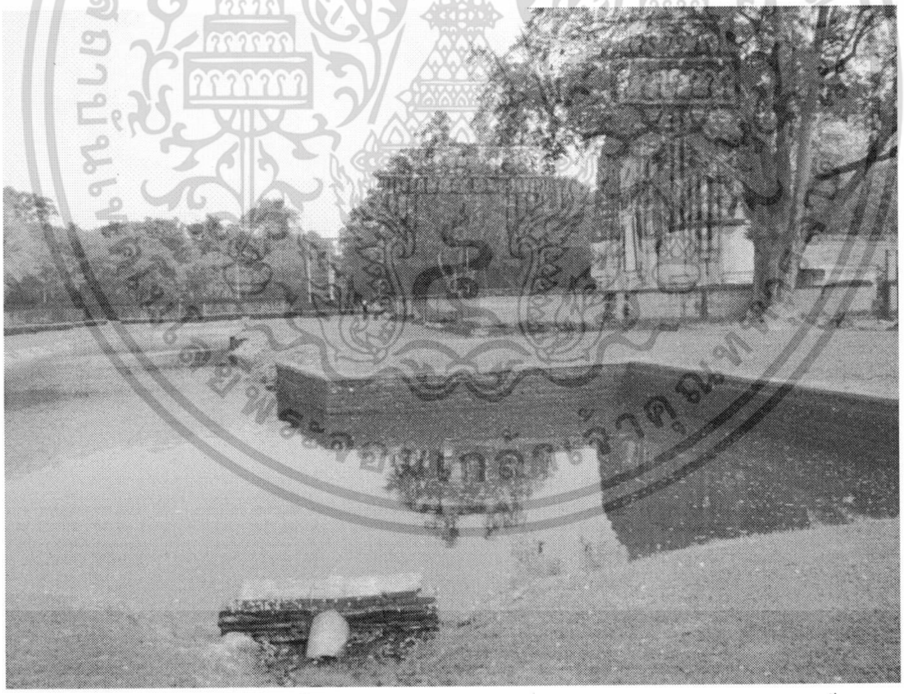
- **ทำนบพระร่วง (เขื่อนสรีดภงค์) อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย จังหวัดสุโขทัย**

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย ชี้ว่า เมื่อประมาณ 700 ปีในรัชสมัยพ่อขุนรามคำแหงนั้นได้มีการนำเทคโนโลยีในการชลประธานควบคู่กันไปกับการป้องกันน้ำท่วมเมืองประวัติศาสตร์ ซึ่งตั้งอยู่ในลุ่มแม่น้ำยม แนวทางในสมัยนั้นใช้หุบเขาสองลูกที่กระหนาบแอ่งน้ำขนาดใหญ่อยู่ คือเขาพระบาทใหญ่ และ เขากิ่วอ้ายมา ซึ่งทั้งคู่อยู่ในเทือกภูเขาหลวงด้านหลังตัวเมืองสุโขทัยโบราณ ลึกเข้าไปในซอกเขาเป็นต้นกำเนิดของทางน้ำที่เรียกว่า โซกพระร่วงลองขรรค์ ซึ่งในปัจจุบันนี้กรมชลประทานได้สร้างเขื่อนดินสูงประมาณ 10 เมตร กั้นเชื่อมปลายเขาพระบาท กับเขากิ่วอ้ายมา สามารถกักน้ำที่ไหลมาจากโซกพระร่วงลองขรรค์ น้ำในอ่างถูกควบคุมด้วยประตูน้ำชนิดยกขึ้นลงทางดิ่งควบคุมให้จ่ายระบายน้ำลงคลองเสาหอ นำน้ำเข้าไปจ่ายยังในคูเมืองสุโขทัยตรงมุมเมืองทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในความสูงที่แตกต่างกันประมาณ 45 เมตร จากต้นทางถึงปลายทาง จากนั้นจะระบายลงไปยังส่วนอื่นที่ล้วนมีระดับต่ำกว่า และต่ำที่สุดตรงคูเมืองทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และไหลลงแม่น้ำยมทางทิศตะวันออกในที่สุด ทำนบพระร่วงนี้แต่เดิมไม่สูงมากนักแต่ก็สามารถใช้ควบคุมการใช้น้ำและป้องกันน้ำท่วมเมืองสุโขทัยได้เป็นอย่างดี เมื่อเขื่อนและทำนบได้แปรสภาพไปจากเดิมเรื่องความสูงนี่เองจึงได้มีการขนานนามใหม่ให้สถานที่นี้เรียกว่า "เขื่อนสรีดภงค์" ซึ่งก็เป็นชื่อหนึ่งที่ปรากฏอยู่ในศิลาจารึกหลักที่ 1 (ศิลาจารึกพ่อขุนรามคำแหงมหาราช)

รูปที่ 3.10 สันเขื่อน "ทำนบพระร่วง (เขื่อนสรีดภงค์)" หลังการบูรณะฯโดยกรมชลประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

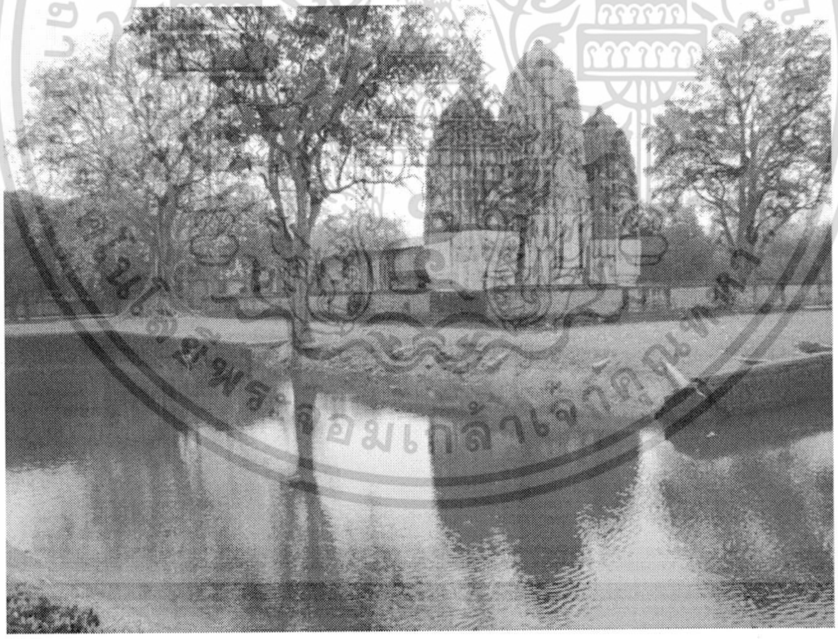
รูปที่ 3.11 แกนควบคุมน้ำออกจากเขื่อนสรีดภงค์ตั้งอยู่บนบ่าของทำนบ



รูปที่ 3.12 ท่อจ่ายและควบคุมน้ำในสระอุทยานฯสุโขทัย (อุปกรณ์ชลประทานและกันน้ำท่วม)

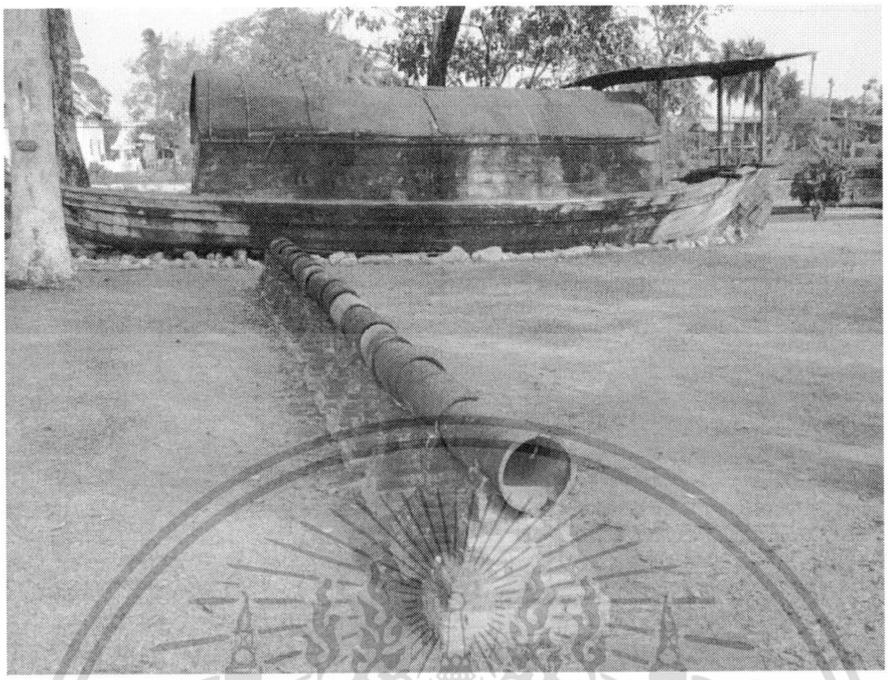
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 กำแพงกั้นน้ำทำด้วยศิลาแรงของวัดศรีสวาย ในอุทยานฯสุโขทัย



รูปที่ 3.14 สระควบคุมน้ำวัดศรีสวาย ในอุทยานฯสุโขทัย

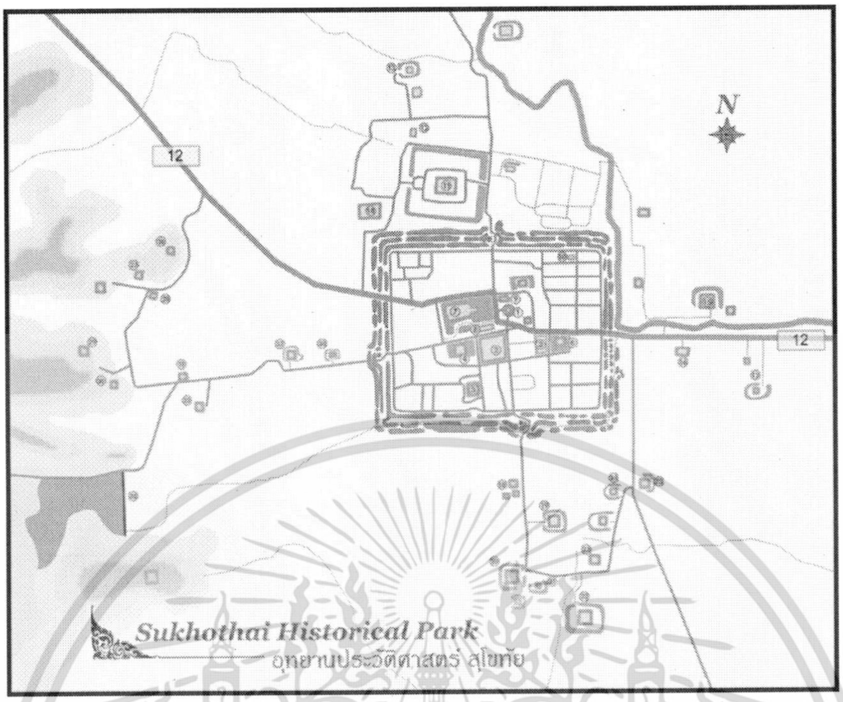
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ท่อส่งจ่ายน้ำโบราณยุคสุโขทัย (อุปกรณ์ชลประทานและกันน้ำท่วม)

รูปที่ 3.16 สภาพของเขื่อนสรีดภงค์ เมื่อวันที่ 2 พ.ค.2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

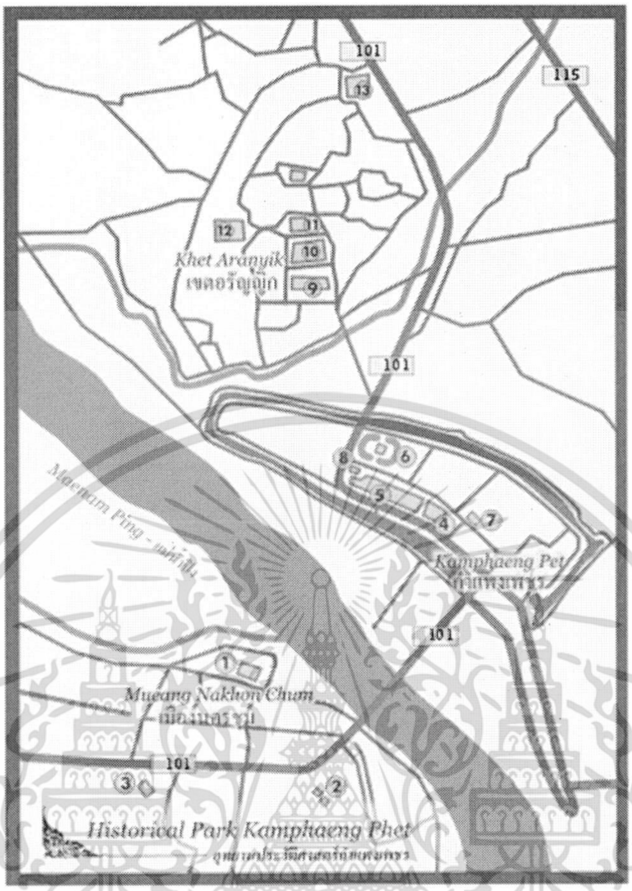


รูปที่ 3.17 แผนที่อุทยานประวัติศาสตร์สุโขทัย

(ดังปรากฏตำแหน่งของเขื่อนสรีดภงค์ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้)

รูปที่ 3.18 อุทยานประวัติศาสตร์ศรีสัชนาลัย แสดงร่องรอยการออกแบบคูคลองชั้นนอกเพื่อกันน้ำท่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร แสดงร่องรอยการออกแบบคูคลองชั้นนอกเพื่อกันน้ำท่วม

ภาพถ่ายดังปรากฏข้างบนนี้สามารถแสดงให้เห็นถึงแนวความคิดของคนโบราณที่สามารถใช้สิ่งปลูกสร้างที่อิงธรรมชาติมาเป็นอุปกรณ์ในการควบคุมและจัดการน้ำให้มีพอใช้และในเวลาเดียวกันไม่ก่อให้เกิดน้ำท่วมเมือง

จากการศึกษาวิเคราะห์จากคุณลักษณะของการออกแบบของโครงการดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่าแนวความคิดทั้งของกลุ่มสถาปนิก ***"Tilev Architects"*** และการออกแบบวางผังเมืองของไทยในยุคอดีตตามที่นำเสนอข้างต้นนี้เรานี้สามารถอ้างอิงและนำไปประยุกต์ร่วมกันได้เป็นอย่างดี เนื่องจากว่าคันเขื่อนที่ออกแบบให้มีขนาดพอสมควรแก่ภูมิประเทศนั้นสามารถนำมาใช้ทั้งหล่อเลี้ยงเมือง และใช้ป้องกันภัยธรรมชาติหรืออุทกภัยได้ในเวลาเดียวกัน ดังนั้นการออกแบบเมืองที่ปลอดภัยจากปัญหาน้ำท่วมเช่นในเขตที่ราบลุ่มเช่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยานั้นก็สามารถใช้เทคโนโลยีเช่นที่ว่านี้เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ

4.1 สาเหตุหลักแห่งความเสื่อมลงของโครงสร้างในอาคาร

สาเหตุโดยทั่วไปแห่งความเสื่อมลงในอาคารนั้นสามารถประมวลจากข้อพิจารณาข้างบนได้ดังต่อไปนี้คือ

1. วัสดุก่อสร้างที่ใช้และเทคโนโลยีในการก่อสร้างมีคุณภาพต่ำ

1) การแบกทานน้ำหนักเกินพิกัด

2) การทรุดตัวของดินรอบข้างการทรุดจมลงของอาคารจะเป็นอันตรายต่อกำแพงอิฐก่อ อาจจะนำมาซึ่งการแตกของท่อน้ำทำให้เกิดการรั่วซึม และที่สุดน้ำที่รั่วออกไปนี้จะไปเสริมรวมตัวกับสารอื่นเป็นการเร่งเสริมความเสียหายที่ก่อตัวขึ้นในโครงสร้าง

3) สารเคมี ในภาวการณ์แวดล้อมโดยทั่วไปนั้น มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีสารเคมีที่มักจะมาทำลายสภาวะความเป็นด่างของเนื้อคอนกรีต จนที่สุดแล้วจะกระตุ้นให้ผิวเหล็กเสริมคอนกรีตนั้นเปิดเผยตัว (depassivation of steel reinforcement) ตัวอย่างที่สำคัญคือการกระแทกของน้ำทะเลที่กระทำต่อผิวโครงสร้างคอนกรีตที่อยู่ริมหรือในทะเล กิจกรรมนี้ทำลายความแน่นหนาในเชิงอัลคาไลน์ของคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกจากนี้สารซัลเฟตที่มีอยู่ในน้ำใต้ดินโดยทั่วไปก็สามารถทำความเสียหายให้แก่คอนกรีตได้ไม่แพ้กัน สารเหล่านี้อาจปนเปื้อนมากับน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตในขณะเทหล่อส่วนมากจะทำอันตรายกับส่วนของคอนกรีตที่อยู่ติดดินเช่น ฐานรากอาคารและคานคอดินเป็นต้น

5. มูลเหตุทางชีววิทยา การผุกร่อนของไม้โครงสร้าง เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดถึงความสูญเสียที่เกิดจากชีวะมวล การกัดกินของมดหรือปลวก หรือหากว่าเราละเลยปล่อยให้ตะไคร่น้ำเกาะจับส่วนล่างของอาคารนานๆ มันจะกักเก็บน้ำยิ่งมียิ่งมากขึ้นจนที่สุดจะเลวร้ายเสมอเหมือนดังที่กล่าวแล้วข้างบนคือเสมือนหนึ่งน้ำรั่วซึมเข้ามาหรือน้ำท่วมขัง ยิ่งไปกว่านั้นหากยอมให้รากไม้เติบโตและชอนไชเข้าสู่องค์อาคารใดๆ มันจะก่อให้เกิดการร้าวหรือแตกออกทั้งโครงสร้างอิฐก่อหรือคอนกรีต

- **อาคารในพื้นที่ชุ่มน้ำต้องการวัสดุที่ดี**

อาคารและสิ่งปลูกสร้างในกรุงเทพมหานครโดยทั่วไปมักจะมีอายุการใช้งานสั้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ตั้งอยู่ในภูมิประเทศที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่ซ้ำเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็คือปัญหาแผ่นดินทรุดตัวอย่างต่อเนื่อง ผู้เขียนพบว่าเสาตอม่อของอาคารที่จมน้ำอยู่นานกว่า 30-35 ปี เสานั้นจะถูกกัดกร่อนจนพื้นที่หน้าตัดลดค่าลงมาก และอาคารนั้นจะต้องหยุดให้บริการใช้สอยโดยสิ้นเชิงเมื่อเสาตอม่อเกือบทั้งหมดนั้นถูกกัดกร่อนจนเหลือพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมและเนื้อคอนกรีตที่เทหล่อห่อหุ้มไว้นั้นไม่น้อยกว่า ร้อยละ 50-80 จากเดิม

คอนกรีต วัสดุที่น่ายกย่อง (Noble material)

เนื้อคอนกรีตที่หุ้มโครงสร้างอยู่นั้นสามารถปกป้องโครงสร้างจากการกัดกร่อนได้ดีในเงื่อนไขที่ว่าเนื้อคอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนและสมบูรณ์ ได้มีงานค้นคว้าวิจัยในเรื่องนี้อย่างกว้างขวางในช่วงระยะเวลาประมาณ 30 ปีก่อนหน้านี้เป็นต้นมา การศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องทั้งในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดปกติและคอนกรีตอัดแรงแม้ว่าข้อมูลที่ได้มาอาจจะต้องใช้เวลารอคอย การอ่านข้อมูลไม่สามารถทำได้เร็วและเร่งเวลาได้เนื่องจากธรรมชาติของการกัดกร่อนนั้นเป็นไปตามเวลาที่ตายตัวในแต่ละสภาพแวดล้อม บางครั้งการอ่านข้อมูลในแต่ละงวดอาจจะใช้เวลาเป็นแรมเดือน

กิจกรรมการทำงานค้นคว้า วิจัยและติดตามความแปรเปลี่ยนของสภาวะของการกัดกร่อนนั้นมักจะดำเนินไปในวิถีทางต่อไปนี้คือ

1. ตรวจสอบลักษณะการใช้งานโครงสร้างคอนกรีตในทะเลหรือใกล้น่านน้ำ
2. ตรวจสอบสภาพความทนทานของโครงสร้างที่รองรับน้ำหนักมากและซับซ้อนเช่นสะพาน
3. สำรวจหาวิธีการยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างดังกล่าวข้างบนนี้
4. หาประสบการณ์และการเรียนรู้ถึงการประยุกต์วัสดุอื่นที่เหมาะสมต่อการห่อหุ้มผิวโครงสร้าง
   เพื่อเป็น
   การปกป้องจากอันตรายดังกล่าว
5. เพื่อให้แนวทางในการทำการพัฒนาการออกแบบอาคารที่ยั่งยืนในการก่อสร้างในน่านน้ำ

- **ความทนทานของคอนกรีตมีข้อจำกัด**

แต่ความทนทานของคอนกรีตนั้นต้องพิจารณาเป็นช่วงเวลาหรือช่วงอายุของการใช้งานอันเป็นช่วงที่ “เจริญวัย” ของคอนกรีตนั้นเองดังต่อไปนี้

1. คอนกรีตสด (concrete in fresh state) หรือคอนกรีตที่มีอายุอยู่ในช่วงหลังจากการผสมจนถึงช่วงเสร็จสิ้นการเทหล่อลงในแบบแล้ว

2. คอนกรีตในภาวะพลาสติก (concrete in plastic state) หรือคอนกรีตที่มีอายุอยู่ในช่วงเสร็จสิ้นการเทหล่อจนถึงเวลาที่คอนกรีตก่อตัวในขั้นสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คอนกรีตในสภาวะอายุเริ่มต้น (concrete in early age state) หรือคอนกรีตที่มีอายุอยู่ในช่วงก่อตัวขั้นสุดท้ายจนถึงช่วงเวลาก่อนที่พัฒนาคุณสมบัติรับแรงดึงถึงค่าที่ออกแบบไว้

4. คอนกรีตในสภาวะที่แข็งตัวแล้ว (concrete in harden state) หรือคอนกรีตที่มีอายุอยู่ในช่วงหลังจากที่ได้พัฒนาคุณสมบัติรับแรงถึงค่าที่ออกแบบไว้ไปแล้ว และ

5. คอนกรีตในสภาวะยาวนาน (concrete in long-term state) หรือคอนกรีตที่มีอายุอยู่ในช่วงเกินกว่าอายุที่ใช้ออกแบบกำลัง และต้องรองรับการใช้งานต่อเนื่องไปในสภาวะแวดล้อมนั้นๆ ปัญหามักจะเกิดกับคอนกรีตในช่วงสภาวะนี้นี่เอง

หากเรามาลองพิจารณาดูอาคารที่มีอายุใช้งานอยู่ระหว่าง 65-100 ปี เรามักจะเห็นว่าอาคารเหล่านั้นมักจะไม่มีส่วนของคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นองค์ประกอบแต่อย่างใด แม้ว่าโครงสร้างส่วนใหญ่ๆจะขึ้นอยู่กับการใช้กำแพงรับน้ำหนัก หรือแม้แต่จะมีโครงสร้างไม้เนื้อแข็งเข้าไปประกอบด้วยก็ตาม ความหนาขององค์ประกอบเช่นพื้นดาดฟ้าหรือพื้นภายในห้องล้วนแต่ถูกปกป้องโดยการห่อหุ้มด้วยวัสดุปูรองที่ล้วนแต่มีความหนา ทั้งนี้ก็เพื่อจะช่วยกลายเป็นฉนวนห่อหุ้มโครงสร้างคอนกรีตเอาไว้ภายใน ไม่ยอมให้น้ำซึมเข้าไปโดยง่าย สารคาร์บอเนชั่นไม่สามารถเข้าถึงเนื้อเหล็กได้ การก่อสนิมก็ไม่สู้จะเป็นปัญหามากนัก

อาคารเป็นองค์ประกอบหนึ่งในสภาพแวดล้อมเมืองซึ่งถูกกำหนดให้ประโยชน์ใช้สอยอย่างกว้างขวางกว่าองค์ประกอบอื่นๆ อายุแห่งการใช้งานของอาคารจึงมักจะขึ้นอยู่กับชนิดและความทนทานถาวรของโครงสร้างเป็นสำคัญ

อาคารชนิดอนุสรณ์ถาวรสมบัติเช่นโบสถ์วิหารเมื่อถูกสร้างขึ้นนั้นเป็นที่คาดหมายว่าจะยืนหยัดอยู่ได้นานถึงหนึ่งพันปี เช่นอาคารโบสถ์ฮินดูหลังหนึ่งในนครลอนดอนทางเหนือซึ่งมีการใช้สอยมากว่า 1000 ปีแล้วซึ่งอาคารที่มีอายุการใช้งานในลักษณะเดียวกันนี้ก็มีอยู่ดาษดื่นในปัจจุบัน อายุการใช้งานของโครงสร้างของสะพานหรืออ่างเก็บน้ำโดยทั่วไปก็มักจะมีอายุใช้งานได้ประมาณ 100 ถึง 200 ปีเป็นอย่างน้อย

สำหรับอาคารที่ใช้พักอาศัยหรือสำนักงานนั้นโดยทั่วไปแล้วมักจะมีอายุในการใช้งานที่ไม่เกิน 100 ปี ซึ่งประเด็นนี้จะเป็นเป้าหมายในการพิจารณาในรายงานของเอกสารนี้

หากจะพิจารณาให้ลึกซึ้งแล้วจะเห็นได้ว่ามีเหตุผลทางสังคม เศรษฐศาสตร์และวัฒนธรรมเป็นอันมากที่มามีส่วนกำหนดและมีอิทธิพลต่ออายุการใช้งานของอาคารชนิดต่าง ๆ

การใช้งานของอาคารแต่ละประเภท ผู้ครอบครองอาคารแต่ละท่านที่เปลี่ยนแปลงไปจะเปลี่ยนอายุการใช้งานไปพร้อมๆกับการแปรเปลี่ยนของเมืองและสภาวะแวดล้อมที่อาคารนั้นตั้งอยู่ อาคารบางหลังอาจจะต้องยุติการให้การใช้งานลงโดยปัจจุบันทันด่วนเมื่อสองสิ่งดังกล่าวข้างต้นนั้นเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไป ตัวอย่างเช่น เจ้าของอาคารรายหนึ่งอาจต้องการตัดสินใจสร้างอาคารสูงขึ้นมาแทนอาคารเตี้ยที่มีอยู่เดิม หรือการมีมติให้ปรับเปลี่ยนอาคารย่านการค้าเดิมไปเป็นอาคารชุดเพื่อการพักอาศัยและศูนย์บันเทิงธุรกิจต่างๆขึ้นมาแทนที่ เหล่านี้เป็นต้น

การลงทุนในโครงการใดๆ-สิ่งแวดล้อมที่ถูกสร้างขึ้นในสภาวะการใดๆก็ตามผู้ประกอบการจะไม่มีความประสงค์ที่จะลงทุนสร้างเสริมโครงสร้างใดๆที่ต้องใช้ทุนสูงเพียงเพื่อที่จะยืดอายุใช้งานของอาคารให้สูงขึ้นเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วรัฐบาลจะเป็นเจ้าของงานที่มักจะมีใจกว้างกว่าเจ้าของอาคารรายอื่นๆในอันที่จะมีบทบาทในการกำหนองบประมาณเพื่อการก่อสร้างให้อาคารมีความทนทานถาวรมาก ๆ

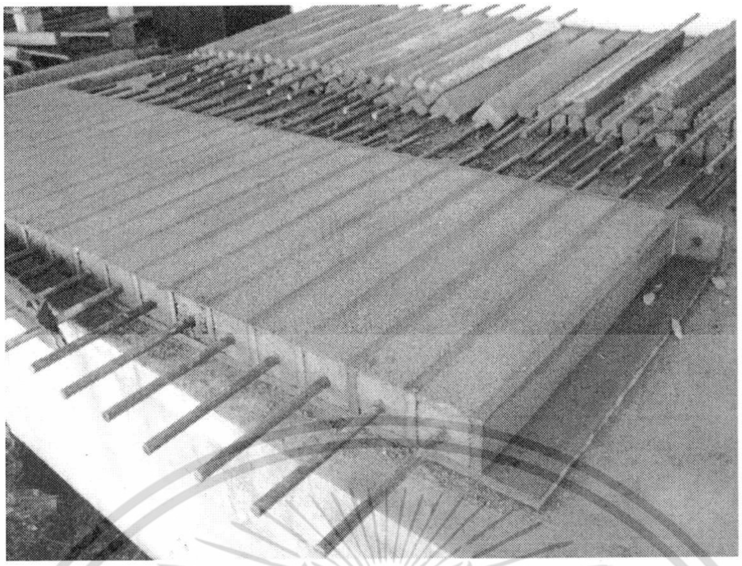
การละเลยที่จะยึดถือกฎเกณฑ์ทางด้านผังเมืองใหม่- เจ้าของอาคาร โดยทั่วไปแล้วไม่อยากที่จะเปลี่ยนแปลงการใช้สอยใดๆจนกว่าอาคารนั้นจะไม่สามารถที่จะใช้งานต่อไปได้อีกเนื่องจากไม่ประสงค์จะใช้จ่ายทุนทรัพย์ไปในการรื้อถอนทำลายหรือต่อเติมแก้ไขใหม่ใดๆเพียงเพื่อที่จะทำไปเพื่อให้สอดคล้องกับกฎผังเมืองที่ออกมาใหม่เท่านั้น เนื่องจากทราบดีว่าการปฏิบัติเช่นนั้นมักจะลงเอยด้วยการใช้ทุนรอนเป็นจำนวนมากในอันที่จะเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขดังกล่าวทุกครั้งไป

4.2 การทดลองการก่อสนิมและอัตราของความสูญเสีย จากการกัดกร่อนในโครงสร้าง

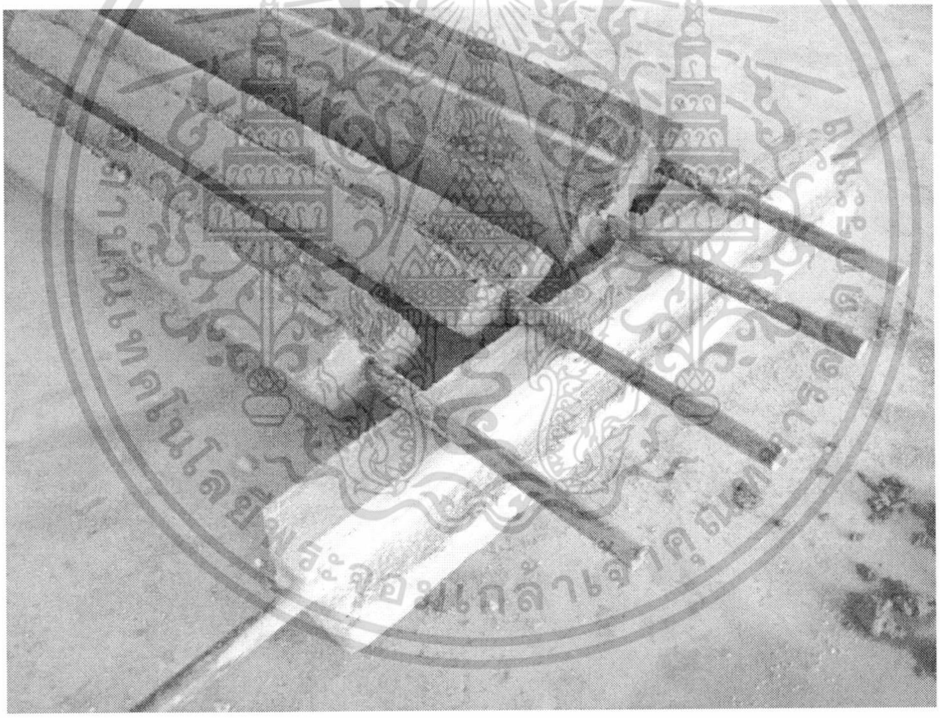
สภาพของการกัดกร่อนในคอนกรีตจากการสำรวจและผลการทดลองคณะผู้วิจัยได้นำผลงานวิจัยและข้อมูลที่ได้รับจากงานวิจัยเรื่อง “ความสูญเสียในอาคารที่อยู่ในสภาวะของการทรุดและจม” 2552 (โดย ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ ณรงค์ มณฑปใหญ่ และ อัครเดช ครุฑพุ่ม) มาประกอบการวิเคราะห์เพื่อค้นหาวิธีที่จะออกแบบอาคารในพื้นที่สุ่มเสี่ยงต่อการกัดกร่อนในภูมิภาคที่ราบลุ่มภาคกลางในพื้นที่เป้าหมายของงานวิจัยนี้ ดังต่อไปนี้

4.2.1 แท่งทดลองและคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

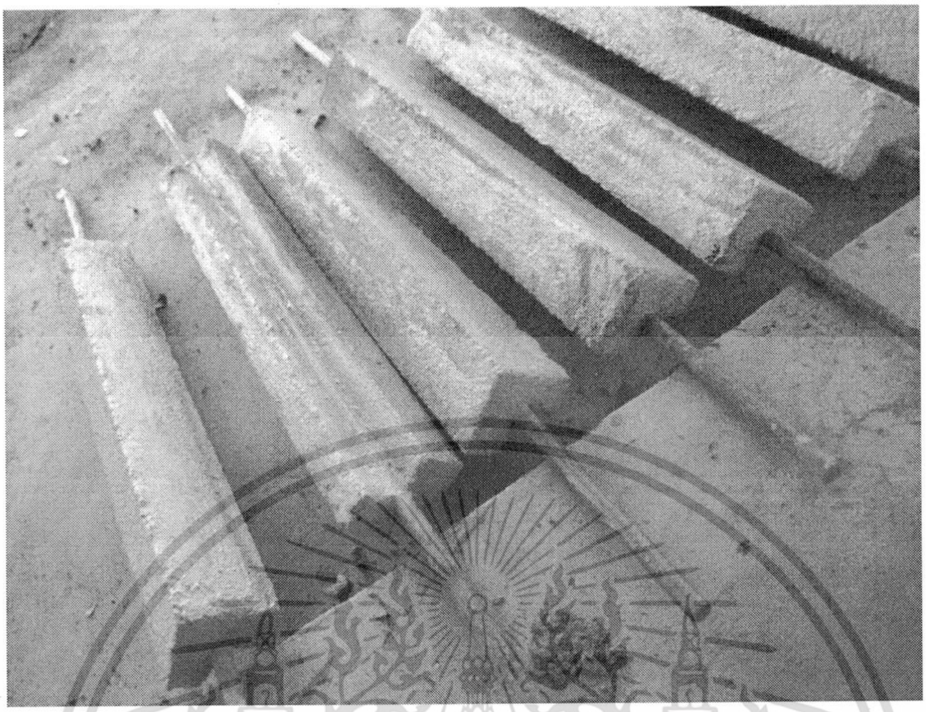


รูปที่ 4.1 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต

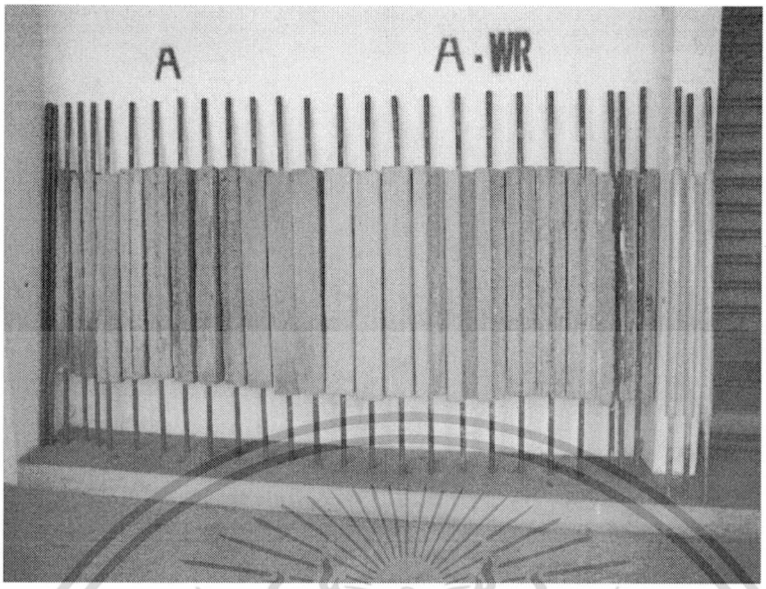
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต

รูปที่ 4.4 แท่งทดลองที่จุ่มแช่ในน้ำทะเล น้ำกร่อยและน้ำจืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แท่งทดลองที่วางในบรรยากาศ

ตารางที่ 4.1 แสดงสัญลักษณ์และการจำแนกคุณสมบัติ

Specimen	Marking	Description	Note
1	A	วางในบรรยากาศ	อ้างอิง
2	A-WR	เคลือบผิว-วางในบรรยากาศ	อ้างอิง
3	SW	จุ่มจมน้ำเกลือ-ทะเล	ทดสอบในน้ำ (18 เดือน)
4	SW-WR	เคลือบผิว-จุ่มจมน้ำเกลือ-ทะเล	ทดสอบในน้ำ (18 เดือน)
5	BW	จุ่มจมน้ำกร่อย	ทดสอบในน้ำ (18 เดือน)
6	BW-WR	เคลือบผิว-จุ่มจมน้ำกร่อย	ทดสอบในน้ำ (18 เดือน)
7	W	จุ่มจมน้ำในสระ (น้ำจืด)	ทดสอบในน้ำ (18 เดือน)
8	W-WR	เคลือบผิว-จุ่มจมน้ำในสระ (น้ำจืด)	ทดสอบในน้ำ (18 เดือน)

4.2.2 วิธีการทดลองและรวบรวมข้อมูล

ท่อนทดลองทั้งหมดจำแนกออกเป็นชิ้นส่วนจำลองภาคการเสริมเหล็กทางตั้งของโครงสร้างเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเฉพาะส่วนที่คอนกรีตได้ห่อหุ้มแท่งเหล็กเสริมไว้ โดยอัตราความหนาของส่วนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห่อหุ้มเท่ากับประมาณ 25 -27 มิลลิเมตร ทุกท่อน (R.C. prism – specimens) ซึ่งมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 146 ท่อน แบ่งออกเป็นชนิดที่จะใช้นำไปทำการทดลองโดยการจุ่มแช่ลงในน้ำที่จำแนกออกเป็น 3 แอ่งน้ำที่มีคุณสมบัติเป็น น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็มในระดับน้ำทะเล ในจำนวนที่เท่ากัน ระดับน้ำถูกควบคุมให้อยู่ที่แนวระยะกึ่งกลางของความยาวท่อนทดลอง

ทำการบันทึกข้อมูลทางกายภาพเช่น น้ำหนัก และรูปพรรณสัณฐานภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไปทุกๆ 2 เดือน จนกระทั่งมีอายุในการแช่น้ำทดลองได้ครบ 18 เดือน (กำหนดครบในเดือน มิถุนายน 2552) จะดำเนินการบันทึกความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกขั้นสุดท้าย และดำเนินการทุบทำลายเนื้อคอนกรีตที่เหลืออยู่ออกเพื่อทำการวิเคราะห์ท่อนเหล็กที่เปิดเผยออกทั้งหมด คาดว่าจะพบข้อมูลแห่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆพร้อมทั้งอัตราของการกัดกร่อนในเนื้อเหล็กในปริมาณและอัตราที่เหมาะสมสำหรับการนำไปทำการเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์แห่งการกัดกร่อนที่ค้นพบในงานก่อสร้างจริงในงานสำรวจตลอดระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา

ข้อมูลที่ได้รับเหล่านี้สามารถจะใช้พิสูจน์และยืนยันในการกำหนดมาตรการเบื้องต้นก่อการดำเนินการออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีแนวโน้มที่จะถูกจุ่มจมอยู่ในน้ำทั้งในกรณีที่เจาะจงหรือกรณีของอุทกภัยได้เป็นอย่างดี และนับได้ว่าเป็นความพยายามที่จะเข้าถึงข้อมูลทางการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็นครั้งแรกของวงการออกแบบสถาปัตยกรรมที่เรียกว่า “สถาปัตยกรรมบนน่านน้ำ” ได้เป็นอย่างดี

4.2.3 ผลการทดลองและวิเคราะห์เบื้องต้น

แท่งทดลองจำนวน 18 ท่อนในแต่ละชนิดและเงื่อนไขของการเปิดผิวเหล็กได้ถูกทุบเปลือก เผยให้เห็นสภาพของผิวเหล็กที่ได้ซ่อนอยู่ภายในหลังจากการแช่จุ่มอยู่ในน้ำจืด น้ำกร่อย หรือน้ำเค็มเป็นเวลา 18 เดือน โดยได้ทำการทุบเปลือกคอนกรีตเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2553

ผลของการทดลองสามารถประเมินได้ในเบื้องต้นดังต่อไปนี้คือ

1.สภาพทั่วไปที่เปิดเผยออกมานั้นได้แสดงไว้ในภาพข้างล่างนี้ แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าผิวของ เหล็กเสริมนั้นมีสนิมเหล็กก่อตัวรอบแท่งเหล็กทุกพื้นที่ ในลักษณะของสนิมขุมมีอัตราการกัดกร่อนเข้าจากผิวเหล็กเดิมในอัตราที่วิกฤตที่สุดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1 มิลลิเมตร 0.8 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตร ตามสภาวะของการแช่จุ่มใน น้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ สภาวะดังกล่าวปรากฏอยู่ในโซนของระดับจุ่มแช่พอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ในโซนอื่นตลอดแนวแกนของท่อนทดลองนั้นผิวของ เหล็กเสริมนั้นมีสนิมเหล็กก่อตัวรอบแท่งเหล็กทุกพื้นที่ ในลักษณะของสนิมขุมมีอัตราการกัดกร่อนเข้าจากผิวเหล็กเดิมในอัตราที่วิกฤตที่สุดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร 0.3 มิลลิเมตร และ 0.1 มิลลิเมตร ตามสภาวะของการแช่จุ่มใน น้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ

3.ท่อนทดลองที่มีคอนกรีตห่อหุ้มอยู่มิดท่อนและไม่ได้รับการเคลือบผิวด้วยอีพ๊อกซี่เรซินนั้นไม่ปรากฏให้เห็นร่องรอยของสนิมขุมที่กัดกร่อนเข้าไปจากผิวเดิม คงมีเฉพาะการก่อสนิมบนผิวในอัตราระหว่างร้อยละ 1.0 ถึง 5.0 ของผิวที่ถูกคอนกรีตห่อหุ้มอยู่

4.ท่อนทดลองที่มีคอนกรีตห่อหุ้มอยู่มิดท่อนและได้รับการเคลือบผิวด้วยอีพ๊อกซี่เรซิ่นนั้นไม่ปรากฏให้เห็นร่องรอยของสนิมชนิดใดๆ ที่กัดกร่อนเข้าไปจากผิวเดิม ยกเว้นส่วนที่โผล่พ้นระยะความยาวของการหล่อหุ้มด้วยคอนกรีตเท่านั้น

4.3 ข้อสรุปเบื้องต้นและการเสนอแนะ

จากผลการทดลองที่ระบุไว้ในข้อ 1. ข้างบนนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปนั้น หลังจากการที่ถูกปล่อยให้อยู่ในสภาวะของการจุ่มจมแช่น้ำเป็นเวลาประมาณ 540 วันไปแล้วนั้น การกัดกร่อนได้เกิดขึ้นในอัตราที่สามารถวัดได้ การกัดกร่อนนี้หากปล่อยให้อยู่ในสภาวะบรรยากาศที่มีลมธรรมชาติพัดพา และมีแสงแดดลามเลียบ้างตามช่วงเวลาของวันและตลอดฤดูกาลแห่งปีแล้ว จะมีอัตรากัดกร่อนได้รอบผิว จนทำให้เหล็กเสริมเดิมที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตรนั้นลดลงเหลือเพียง 13 มิลลิเมตร – 12.5 มิลลิเมตร – และ 12.8 มิลลิเมตร สำหรับท่อนทดลองที่จุ่มจมอยู่ในน้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ

ข้อมูลและผลการวิเคราะห์เบื้องต้นดังกล่าวข้างบนนี้ชี้ให้เห็นว่า เมื่อเหล็กโครงสร้างเริ่มต้นถูกใช้งานนั้น บรรยากาศโดยรอบที่ห่อหุ้มอยู่จะก่อให้เกิดสนิมและกัดกร่อนเนื้อเหล็กในฉับพลัน และอาจจะทำให้เหล็กเสริมโดยทั่วไปนั้นลดขนาดหน้าตัดลงไปประมาณ ร้อยละ 90, ร้อยละ 60 และ ร้อยละ 30 สำหรับท่อนทดลองที่จุ่มจมอยู่ในน้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ ภายในระยะเวลาของการใช้งาน 15 ปีแรกเท่านั้น

จากข้อสรุปผลการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างบนนี้ โครงสร้างที่ใช้งานไปแล้ว 15 ปีแรกนั้นนับได้ว่าถึงจุดเสื่อมสภาพจนเกือบจะถึงจุดอันตรายวิกฤต หากจะใช้งานต่อไปโดยไม่ได้ดำเนินการใดๆในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ่อมบำรุง โครงสร้างนี้จะพบกับสภาวะวิบัติเมื่ออายุใช้งานผ่านอยู่ในรอบปีที่ 25 – ปีที 30 โดยประมาณ แต่ในสภาวะที่แท้จริงนั้นโครงสร้างอาคารยังทรงตัวอยู่ได้อย่างไรโดยไม่วิบัติลงทันทีนั้น สามารถให้คำอธิบายในเบื้องต้นได้ว่า โครงสร้างนี้ยังคงตรึงรั้งกันอยู่เป็นระบบที่ปรองดอง อีกทั้งยังมีแฟ็คเตอร์ของความปลอดภัยคุ้มครองอยู่นั่นเอง

เมื่อเหล็กเสริมที่นำมาหล่อเป็นท่อนทดลองนั้นเป็นเหล็กที่มีเกรดธรรมดาที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป ไม่มีการเคลือบหุ้มผิวด้วยกรรมวิธีของการป้องกันสนิมใดๆ และร้อยละ 90 ของเหล็กชนิดนี้เป็นเหล็กที่มีการหมุนเวียนนำมาใช้ (re-cycling reinforcing steel) โดยทั่วไปนั่นเอง

ตารางที่ 4.2 แสดงความสูญเสียหน้าตัดของเหล็กเสริม

TYPE	No.	LOSS – 15 CM. (MAX)	LOSS – 30 CM. (MIN)
A	RB(1)	-	-
	25%(3)	-	-
	50%(2)	-	-
	100%(1)	-	-
A - WR	25%(3)	-	-
	50%(2)	-	-
SW	RB(3)	2.0 mm.	1.0 mm.
	25%(2)	1.5 mm.	0.5 mm.
	50%(2)	1.5 mm.	0.5 mm.
SW - WR	25%(2)	2.0 mm.	1.0 mm.
	50%(1)	1.5 mm.	0.5 mm.
BW	RB(1)	2.0 mm.	1.0 mm.
	25%(1)	2.0 mm.	0.5 mm.
	50%(3)	1.5 mm.	0.5 mm.
BW - WR	25%(2)	1.5 mm.	1.0 mm.
	50%(2)	1.0 mm.	0.5 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE	No.	LOSS – 15 CM. (MAX)	LOSS – 30 CM. (MIN)
W	RB(1)	1.0 mm.	0.5 mm.
	25%(1)	1.0 mm.	0.5 mm.
	50%(1)	1.0 mm.	0.5 mm.
W - WR	25%(2)	1.5 mm.	1.0 mm.
	50%(3)	1.0 mm.	0.5 mm.

4.4 ผลการวิเคราะห์จากการคำนวณค่าอัตราของการกัดกร่อนของเหล็กเสริม

ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการคำนวณอัตราการกัดกร่อนของเหล็กเสริมเพื่อวิเคราะห์อายุการใช้งานของโครงสร้างที่จมน้ำ

Table 1.10	Tendency of Loss					POND WATER	ทดลองในน้ำจืด			
Bar Size Item	Size of Bar	Initial Section Area (Sq.Cm)	Deterioration (Loss Rate)							
			18 Months After (Sq.Cm)		10 Years After (Sq.Cm)		20 Years After (Sq.Cm)		35 Years After (Sq.Cm)	
			Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)
RB15,DB16	ϕ 15 mm.	1.77	0.52	29.44	1.13	64.00	1.48	84.00	1.76	99.56
RB-DB20	ϕ 20 mm.	3.14	0.71	22.56	2.36	75.00	2.95	93.75	3.14	100.00
RB-DB22	ϕ 22 mm.	3.80	0.78	20.63	2.85	75.00	3.42	89.88	3.80	100.00
DB25	ϕ 25 mm.	4.91	0.90	18.28	3.14	64.00	4.41	89.76	4.84	98.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1.20	Tendency of Loss					BRACKISH WATER	ทดลองในน้ำกร่อย			
Bar Size Item	Size of Bar	Initial Section Area (Sq.Cm)	Deterioration (Loss Rate)							
			18 Months After (Sq.Cm)		10 Years After (Sq.Cm)		20 Years After (Sq.Cm)		35 Years After (Sq.Cm)	
			Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)
RB15,DB16	ϕ 15 mm.	1.77	0.64	36.00	1.48	84.00	1.76	99.56	none	none
RB-DB20	ϕ 20 mm.	3.14	0.87	27.75	2.01	64.00	2.95	93.75	3.14	100.00
RB-DB22	ϕ 22 mm.	3.80	0.97	25.41	2.26	59.50	3.42	89.88	3.80	100.00
DB25	ϕ 25 mm.	4.91	1.11	22.56	3.14	64.00	4.41	89.76	4.84	98.56

Table 1.30	Tendency of Loss					SALINE WATER	ทดลองในน้ำเค็ม			
Bar Size Item	Size of Bar	Initial Section Area (Sq.Cm)	Deterioration (Loss Rate)							
			18 Months After (Sq.Cm)		10 Years After (Sq.Cm)		20 Years After (Sq.Cm)		35 Years After (Sq.Cm)	
			Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)	Loss Rate	(%)
RB15,DB16	ϕ 15 mm.	1.77	0.64	36.00	1.48	84.00	1.76	99.56	none	none
RB-DB20	ϕ 20 mm.	3.14	0.87	27.75	2.36	75.00	2.86	91.00	3.14	100.00
RB-DB22	ϕ 22 mm.	3.80	0.97	25.41	2.67	70.25	3.52	92.56	3.80	100.00
DB25	ϕ 25 mm.	4.91	1.11	22.56	3.58	72.96	4.63	94.24	4.90	99.84

จากข้อมูลในตารางข้างบนนี้ หลังจากการตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง (2553) แสดงให้เห็นว่าเหล็กเสริมในคอนกรีตที่จุ่มจมอยู่ในน้ำโดยมีส่วนที่สัมผัสกับอากาศคั่นอยู่ระหว่างท่อนโครงสร้างที่ตั้งขึ้น เช่นเสาคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทั่วไปนั้นจะถูกกัดกร่อนจากการก่อสนิมจนทำให้พื้นที่หน้าตัดของท่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กเสริมเดิมนั้นลดลงไป ดังตัวอย่างของเหล็กเสริมขนาด RB15,DB16 ที่แสดงนั้น จะเห็นได้ว่ามีผลการกัดกร่อนไปในอัตราร้อยละ 12.89, 24.98 และ 46.22 ในโครงสร้างที่จมอยู่ในน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม ตามลำดับ และสามารถที่จะคาดเดาว่าหากใช้เหล็กเสริมในขนาดที่ใหญ่ขึ้นเป็น RB-DB22 แล้วผลการกัดกร่อนมีแนวโน้มว่าจะอยู่ในอัตราร้อยละ 17.36 และ 33.06 ในโครงสร้างที่จมอยู่ในน้ำจืดหรือน้ำกร่อย และในน้ำเค็ม ตามลำดับ เมื่อโครงสร้างนี้จุ่มจมอยู่ในน้ำเป็นเวลา 18 เดือน (ระยะเวลาของการทดลอง)

ตารางข้างบนนี้ยังชี้แนะอีกว่าหากระยะเวลาใช้งานผ่านไปในเงื่อนไขเดิมนี้เป็น 20 ปีแล้ว อัตราการกัดกร่อนก็จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าจะตัดตัวแปรในเรื่องสภาวะแวดล้อมวิปริตอื่นๆออกไป เช่นลมพายุ แสงแดด หรือสารเคมีเจือปนต่างๆออกไปแล้ว อัตราการกัดกร่อนในเหล็กขนาด RB15,DB16 จะมีผลการกัดกร่อนไปในอัตราร้อยละ 84.00, และ 96.56 ในโครงสร้างที่จมอยู่ในน้ำจืดหรือน้ำกร่อย และน้ำเค็ม ตามลำดับ และสามารถที่จะคาดเดาว่าหากใช้เหล็กเสริมในขนาดที่ใหญ่ขึ้นเป็น RB-DB22 แล้ว ผลการกัดกร่อนมีแนวโน้มว่าจะอยู่ในอัตราร้อยละ 89.88 และ 92.56 ในโครงสร้างที่จมอยู่ในน้ำจืดหรือน้ำกร่อย และในน้ำเค็ม ตามลำดับ (เป็นการใช้งานอย่างต่อเนื่อง-และผลจากการคาดคะเนอย่างใกล้เคียง)

4.5 การชี้แนะในการดำเนินการขั้นต่อไปเนื่องจากผลการทดลอง

ผลการทดลองข้างต้นชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของความสูญเสียที่โครงสร้างจะได้รับเมื่อโครงสร้างสำคัญต้องจุ่มจมอยู่ในน้ำเป็นเวลานานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องคิดหาเทคโนโลยีในการออกแบบและหาวัสดุอุปกรณ์ใดๆ มาใช้เพื่อการหน่วงเหนี่ยวหรือยับยั้งการกัดกร่อนของโครงสร้างก่อนที่อายุการใช้งานจะสิ้นสุดลงในเวลาอันสั้น

แนวทางเบื้องต้นที่สามารถป้องกันการก่อสนิมหรือ ปกป้องไม่ให้น้ำซึมเข้าถึงผิวของโครงสร้าง

ผลการทดลองในเบื้องต้นนี้บ่งบอกถึงปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญเพื่อหาแนวทางปกป้องจากความสูญเสียดังต่อไปนี้คือ

1) ปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตโดย ใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติและส่วนผสมดีเลิศ เช่น ใช้คอนกรีตที่มีความซึมน้ำต่ำมากๆ เช่น ใช้น้ำในส่วนผสมที่น้อยลง ลดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประเภท Filler เพื่อเพิ่มความทึบน้ำ เช่น ซิลิกาฟูม การใช้สารปอซโซลานในปริมาณที่เหมาะสม และ การเพิ่มสารผสมเพิ่มบางชนิด เช่น Calcium หรือ Sodium Nitrite ที่ทำให้ปฏิกิริยาอะโนดิกเกิดยาก

2) ลดหรือปิดกั้นอิทธิพลของออกซิเจน (reducing : influence of Oxygen)
3) ลดหรือปิดกั้นการไหล-ซึมผ่านของความชื้น (reducing : influence of moisture)
4) ลดหรือปิดกั้นการไหล-ซึมผ่านของคลอไรด์ (reducing : influence of Chloride ion concentration)
5) ลดหรือปิดกั้นการไหล-ซึมผ่านของคาร์บอเนชั่น (reducing : influence of carbonation)
6) การห่อหุ้มเสา ค.ส.ล. ด้วยวัสดุแผ่น เช่น "Aqua wraps 22-77" หรือวัสดุสังเคราะห์ชนิดอื่นที่สามารถปิดกั้นความชื้นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวิเคราะห์ปัจจัยอื่นที่จะลิดรอนอายุใช้งานของโครงสร้าง และมาตรการออกแบบเพื่อการปกป้องโครงสร้างอาคาร จากความสูญเสียอันเกิดจากน้ำ

5.1 ความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างกำแพงปูนก่อ และปูนฉาบ

ผศ.สุดจิต สนั่นไหว รักษาการ ผอ.หลักสูตร วท.ม. (การอนุรักษ์และฟื้นฟูสถาปัตยกรรมและชุมชน) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต **และกรรมาธิการอนุรักษ์ศิลปสถาปัตยกรรม สมาคมสถาปนิกสยาม** แนะนำการปิดกั้นโบราณสถานป้องกันความเสียหาย เตือนว่าต้องไม่โยกย้ายหรือสัมผัสผิวโครงสร้างกำแพงก่อของอาคารโบราณสถาน หวั่นชำรุดลอกร่อน ทั้งยังแนะให้ทำการหนุนทำพนังกั้นน้ำล้อมโบราณสถานแก้ปัญหาน้ำท่วมระยะยาว (8 พ.ย.2553)

รูปที่ 5.1 ทัศนียภาพอาคารโบราณสถานเมื่อทำการก่อกั้นกันน้ำท่วมแล้ว

(ภาพจาก www.rsunews.net **โดย ผศ.สุดจิต สนั่นไหว)**

ผศ.สุดจิต กล่าวถึงปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในหลายภูมิภาคของประเทศไทยซึ่งสร้างความเสียหายให้แก่ที่อยู่อาศัยของประชาชน และที่สำคัญ คือ โบราณสถานและโบราณวัตถุของไทยว่า กรณีดังกล่าวตนเชื่อว่ากรมศิลปากรไม่น่าจะมีงบประมาณที่จะใช้ในการบูรณะโบราณสถานทั้งหมดได้ ทั้งนี้ตนมองว่าปัญหาน้ำท่วมสามารถสร้างความเสียหายให้กับโบราณสถานได้หลายรูปแบบ แต่ปัญหาที่สำคัญและเห็นได้ชัดเจน คือ ความชื้นที่สามารถส่งผลต่อโครงสร้างของโบราณสถานและทำให้เนื้ออิฐหรือปูนเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ความชื้นยังทำให้จิตรกรรมฝาผนังในโบราณสถานต่างๆ เกิดการหลุดร่อนและชำรุด ดังนั้นหากปล่อยให้โบราณสถานแช่อยู่ในน้ำเป็นเวลานานโดยที่ไม่มีการระบายน้ำออกอาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อโบราณสถานในระยะยาวได้ นอกจากนี้ในส่วนของโบราณสถานที่มีโครงสร้างเป็นเหล็ก หากน้ำซึมผ่านชั้นปูนเข้าไปสู่ชั้นโครงสร้างที่เป็นเหล็กอาจทำให้เกิดสนิมและอาจทำให้เกิดการทรุดตัวได้ในภายหลัง ส่วนโบราณสถานที่เป็นไม้นั้นหากต้องเจอความชื้นเป็นเวลานานก็อาจทำให้เกิดเชื้อราทำให้ผุกร่อนและเสียหายในที่สุด

การป้องกันความเสียหายของโบราณสถานในเบื้องต้น คือ ต้องกั้นสถานที่เพื่อป้องกันความเสียที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายหรือสัมผัสโบราณสถานจากผู้ที่ไม่มีความรู้ในเรื่องดังกล่าว โดยเฉพาะจิตรกรรมฝาผนังที่สามารถหลุดร่อนได้ง่ายจากการสัมผัส ขั้นตอนต่อมาต้องพยายามสูบน้ำออกจากพื้นที่ดังกล่าวให้เร็วที่สุดเพื่อลดความชื้นที่เป็นปัจจัยสำคัญที่สร้างความเสียหายให้แก่โบราณสถาน นอกจากนี้หากพบชิ้นส่วนโบราณสถานที่ชำรุดเสียหายหรือหลุดร่อนก็ควรเก็บส่วนที่ชำรุดไว้เพื่อรอให้ผู้เชี่ยวชาญทำการซ่อมแซม อีกทั้งควรมีการถ่ายรูปเพื่อจัดทำบัญชีระบุความเสียหายหรือชิ้นส่วนของโบราณสถานที่ชำรุดเพื่อนำใช้ตรวจสอบที่มาของชิ้นส่วนที่ชำรุดในภายหลัง ส่วนสถานที่สำคัญหรือโบราณสถานชุมชน เช่น บ้านโบราณ หรือวัดเก่าที่ไม่ได้ถูกขึ้นทะเบียนของกรมศิลปากรนั้นสามารถใช้หลักการเดียวกัน คือ รวบรวมชิ้นส่วนที่เสียหายจัดทำบัญชีที่มาของส่วนที่ชำรุดเพื่อรอการซ่อมแซมหลังน้ำลด ทั้งนี้ตนอยากให้เจ้าของพยายามซ่อมแซมให้สามารถกลับมาอยู่ในสภาพเดิมมากที่สุด และอย่าพยายามเปลี่ยนแปลงจากเดิมเพราะอาจทำให้สูญเสียคุณค่าที่มีมาตั้งแต่ในอดีต

แนวคิดเรื่องการสร้างแนวพนังกั้นน้ำเพื่อป้องกันความเสียหายจากปัญหาน้ำท่วมโบราณสถานนั้น พบว่ามีความพยายามจากกรมศิลปากรในการทำเรื่องดังกล่าวมาหลายปีแล้ว แต่ที่เห็นเป็นรูปธรรม คือ พนังกั้นน้ำบริเวณหน้าวัดไชยวัฒนารามที่มีการออกแบบให้สามารถพับลงได้ในช่วงปกติและสามารถกางออกได้ในช่วงที่มีปัญหาน้ำท่วม ซึ่งรูปแบบดังกล่าวไม่ทำให้เสียทัศนียภาพที่สวยงามของโบราณสถาน แต่ทั้งนี้ต้องใช้ความร่วมมือระหว่างดีไซเนอร์และวิศวกรในการออกแบบพนังกั้นน้ำให้สามารถป้องกันน้ำท่วมได้จริงและไม่ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการบดบังทัศนียภาพของโบราณสถาน อย่างไรก็ตามแม้จะต้องใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดสร้างแต่ก็ถือว่าคุ้มค่า โดยเฉพาะโบราณสถานที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาที่เป็นถึงมรดกโลก และอยู่ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในทุก ๆ ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อายุการใช้งานของโครงสร้าง

จากผลการทดลองที่ระบุไว้ในข้างต้นนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปนั้น หลังจากการที่ถูกปล่อยให้อยู่ในสภาวะของการจุ่มจมแช่น้ำเป็นเวลาประมาณ 540 วันไปแล้วนั้น การกัดกร่อนได้เกิดขึ้นในอัตราที่สามารถวัดได้ การกัดกร่อนนี้หากปล่อยให้อยู่ในสภาวะบรรยากาศที่มีลมธรรมชาติพัดพา และมีแสงแดดลามเลียบ้างตามช่วงเวลาของวันและตลอดฤดูกาลแห่งปีแล้ว จะมีอัตรากัดกร่อนได้รอบผิว จนทำให้เหล็กเสริมเดิมที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตรนั้นลดลงเหลือเพียง 13 มิลลิเมตร – 12.5 มิลลิเมตร – และ 12.8 มิลลิเมตร สำหรับท่อนทดลองที่จุ่มจมอยู่ในน้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ

ข้อมูลและผลการวิเคราะห์เบื้องต้นดังกล่าวข้างบนนี้ชี้ให้เห็นว่า เมื่อเหล็กโครงสร้างเริ่มต้นถูกใช้งานนั้น บรรยากาศโดยรอบที่ห่อหุ้มอยู่จะก่อให้เกิดสนิมและกัดกร่อนเนื้อเหล็กในฉับพลัน และอาจจะทำให้เหล็กเสริมโดยทั่วไปนั้นลดขนาดหน้าตัดลงไปประมาณ ร้อยละ 90, ร้อยละ 60 และ ร้อยละ 30 สำหรับท่อนทดลองที่จุ่มจมอยู่ในน้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ ภายในระยะเวลาของการใช้งาน 15 ปีแรกเท่านั้น

จากข้อสรุปผลการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างบนนี้ โครงสร้างที่ใช้งานไปแล้ว 15 ปีแรกนั้นนับได้ว่าถึงจุดเสื่อมสภาพจนเกือบจะถึงจุดอันตรายวิกฤต หากจะใช้งานต่อไปโดยไม่ได้ดำเนินการใดๆในการซ่อมบำรุง โครงสร้างนี้จะพบกับสภาวะวิบัติเมื่ออายุใช้งานผ่านอยู่ในรอบปีที่ 25 – ปีที่ 30 โดยประมาณ แต่ในสภาวะที่แท้จริงนั้นโครงสร้างอาคารยังทรงตัวอยู่ได้อย่างไรโดยไม่วิบัติลงทันทีนั้น สามารถให้คำอธิบายในเบื้องต้นได้ว่า โครงสร้างนี้ยังคงตรึงรั้งกันอยู่เป็นระบบที่ปรองดอง อีกทั้งยังมีแฟ็คเตอร์ของความปลอดภัยคุ้มครองอยู่นั่นเอง

เมื่อเหล็กเสริมที่นำมาหล่อเป็นท่อนทดลองนั้นเป็นเหล็กที่มีเกรดธรรมดาที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป ไม่มีการเคลือบหุ้มผิวด้วยกรรมวิธีของการป้องกันสนิมใดๆ และร้อยละ 90 ของเหล็กชนิดนี้เป็นเหล็กที่มีการหมุนเวียนนำมาใช้ (re-cycling reinforcing steel) โดยทั่วไปนั่นเอง

5.3 การชี้แนะในการดำเนินการขั้นต่อไปเนื่องจากผลการทดลอง

ผลการทดลองข้างต้นชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของความสูญเสียที่โครงสร้างจะได้รับเมื่อโครงสร้างสำคัญต้องจุ่มจมอยู่ในน้ำเป็นเวลานานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องคิดหาเทคโนโลยีในการออกแบบและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาวัสดุอุปกรณ์ใดๆ มาใช้เพื่อการหน่วงเหนี่ยวหรือยับยั้งการกัดกร่อนของโครงสร้างก่อนที่อายุการใช้งานจะสิ้นสุดลงในเวลาอันสั้น

แนวทางเบื้องต้นที่สามารถป้องกันการก่อสนิมหรือ ปกป้องไม่ให้น้ำซึมเข้าถึงผิวของโครงสร้าง

ผลการทดลองในเบื้องต้นนี้บ่งบอกถึงปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญเพื่อหาแนวทางปกป้องจากความสูญเสียดังต่อไปนี้คือ

1) ปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตโดย ใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติและส่วนผสมดีเลิศ เช่น ใช้คอนกรีตที่มีความซึมน้ำต่ำมากๆ เช่น ใช้น้ำในส่วนผสมที่น้อยลง ลดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ใช้สารประเภท Filler เพื่อเพิ่มความทึบน้ำ เช่น ซิลิกาฟูม การใช้สารปอซโซลานในปริมาณที่เหมาะสม และ การเพิ่มสารผสมเพิ่มบางชนิด เช่น Calcium หรือ Sodium Nitrite ที่ทำให้ปฏิกิริยาอะโนดิกเกิดยาก
2) ลดหรือปิดกั้นอิทธิพลของออกซิเจน (reducing : influence of Oxygen)
3) ลดหรือปิดกั้นการไหล-ซึมผ่านของความชื้น (reducing : influence of moisture)
4) ลดหรือปิดกั้นการไหล-ซึมผ่านของคลอไรด์ (reducing : influence of Chloride ion concentration)
5) ลดหรือปิดกั้นการไหล-ซึมผ่านของคาร์บอเนชั่น (reducing : influence of carbonation)
6) การห่อหุ้มเสา ค.ส.ล. ด้วยวัสดุแผ่น เช่น "Aqua wraps 22-77" หรือวัสดุสังเคราะห์ชนิดอื่นที่สามารถปิดกั้นความชื้นได้ดี

5.4 มาตรการป้องกันและลดทอนความสูญเสีย

5.4.1 ยกอาคารให้โครงสร้างหลักสูงลอยกว่าระดับปานกลางของน้ำท่วมถึง (รทก)

5.4.2 เคลือบหุ้มผิวโครงสร้างหลักด้วยวัสดุที่ทนทานถาวรและทนต่อการกัดเซาะและการซึมผ่านของน้ำ

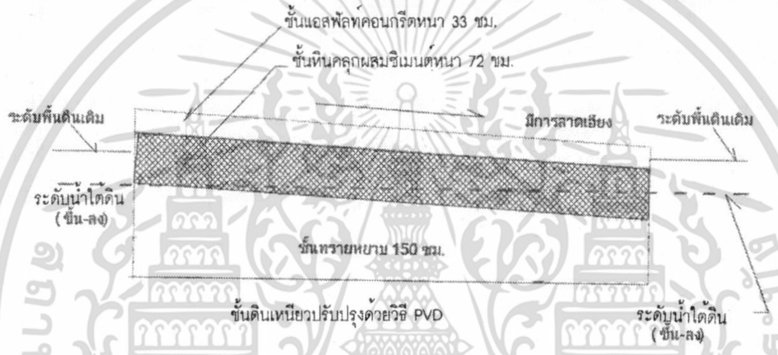
5.4.3 สร้างเขื่อนล้อมรอบด้วยวัสดุที่ทนทานถาวรหรือโลหะและสามารถระบายน้ำภายในผังทิ้งได้

5.4.4 สามารถปรับให้โครงสร้างลอยตัวได้บนผิวน้ำ (สถาปัตยกรรมบนน่านน้ำ)

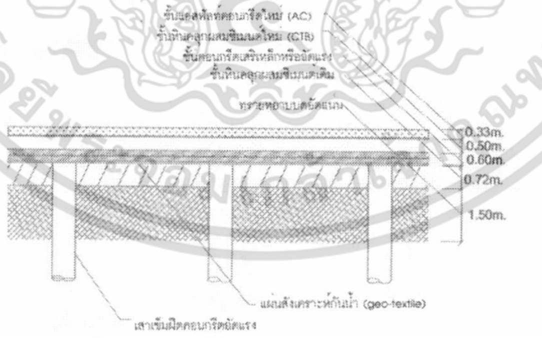
5.4.5 สำหรับส่วนของโครงสร้างที่ไม่สามารถยกสูงจากระดับ รทก. ได้ควรมีระบบปูรองพื้นด้วยวัสดุกันซึมขั้นพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำใต้ดินที่ท่วมสูงนับว่าเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้พื้นผิวท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างอย่างรวดเร็ว เนื่องจากได้ใช้งานพื้นทางวิ่งในบริเวณนั้นในอัตราที่สูงเกือบเต็มความต้องการของทางการท่าฯเป็นประการหนึ่ง เมื่อเริ่มเปิดใช้สนามบิน นั้นเป็นฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน ทำให้มีปริมาณน้ำฝนที่ค้างอยู่ในสนามบินเป็นจำนวนมาก น้ำบางส่วนได้ซึมลอดผ่านลงดินและยังอยู่สะสมอยู่ใต้ผิวพื้นสนามบินเนื่องจากระดับน้ำใต้ดินก็หนุนอยู่เป็นทุนเดิม น้ำจึงแทรกซึมขึ้นมาขังอยู่ ณ บริเวณชั้นของแอสฟัลติคคอนกรีตที่เป็นผิวของทางวิ่งโดยตรง ก่อให้เกิดการหลุดร่อนของวัสดุที่ทำหน้าที่รองรับล้อของอากาศยาน โดยตรง

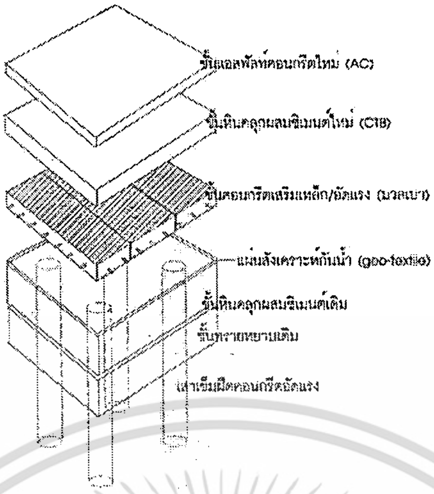


รูปที่ 5.2 โครงสร้าง พื้นทางวิ่งเดิม



รูปที่ 5.3 รูปตัดแสดงแนวทางแก้ไขโครงสร้างพื้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แนวทางการแก้ไข แสดงด้วยภาพสามมิติ

5.5 เทคโนโลยีในการปกป้องผิวคอนกรีตโครงสร้างที่จุ่มจมน้ำ

5.5.1 วอเตอร์สต๊อป และ จีโอเท็กซ์ไทล์ (Waterstop & Geo-textile)

วอเตอร์สต๊อป และ จีโอเท็กซ์ไทล์ (Waterstop & Geo-textile) เป็นวัสดุที่เหนียวและบาง มักจะผลิตและเก็บไว้ได้ในรูปวัสดุม้วนดังที่ได้กล่าวในบทก่อนแล้วว่า ระดับน้ำใต้ดินและการขึ้น-ลงตามฤดูกาลของน้ำใต้ดินนั้นมักจะก่อ ให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างอาคารต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งตั้งอยู่ในเขตที่มีชั้นดินที่อ่อนและมีน้ำท่วมขัง ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงพื้นที่ก่อสร้างในส่วนที่เป็นทางวิ่งและทางขับของสนามบินสุวรรณภูมิในกรุงเทพมหานคร พื้นที่ดินในบริเวณนั้นเป็นที่ราบลุ่มที่มีระดับต่ำปริ่มระดับน้ำทะเลปานกลาง สภาพเดิมเป็นหนองน้ำ มีการทำบ่อปลาและสวน มีคลองไหลผ่านภายในหลายสาย ระดับน้ำใต้ดินและการขึ้น-ลงตามฤดูกาลของน้ำใต้ดินนั้นมักจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างอาคารต่างๆ ผู้เขียนได้เสนอแนวทางแก้ไขในเชิงวิชาการเอาไว้ว่า วิธีการที่ประหยัดและได้ผลที่สุดน่าจะเป็นการประยุกต์การใช้ วอเตอร์สต๊อป และจีโอเท็กซ์ไทล์ (Waterstop & Geo-textile) เข้ามาแก้ปัญหา แม้ว่าจะไม่ได้ระบุไว้ในเบื้องต้นของขั้นตอนในการออกแบบทางวิศวกรรมก็ตาม เทคโนโลยีนี้เป็นที่ยอมรับกันมานานในวงการก่อสร้างและงานวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.2 การห่อหุ้มเสา ค.ส.ล. ด้วยวัสดุแผ่น “Aqua wraps 22-77” อาควาแรพพ์ (Aquawrap 22-77) เป็นชื่อทางพาณิชย์ของสารกันชื้นที่เก็บในรูปของการม้วน มีคุณสมบัติที่จะปกปิดเพื่อกั้นมิให้ความชื้นเข้าไปสัมผัสผิวโต้สร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างคอนกรีตได้ เนื้อวัสดุเป็นจำพวก ไฟเบอร์รีนฟอร์ส-โปลีเอสเตอร์(FRP) ส่วนใหญ่มักจะนำมาใช้เพื่อซ่อมแซมการกัดกร่อนในเนื้อของโครงสร้างเสา ซึ่งสามารถดำเนินการได้ง่ายเนื่องจากสามารถใช้กรรมวิธีการพันหุ้มโคนเสาไว้ได้ทันทีเมื่อมีวัสดุติดยึดคล้ายกาวมาทำหน้าที่เป็นตัวยึดไว้ไม่ให้หลุดล่อนก่อนเวลาอันสมควร

นอกจากนี้มันยังสามารถใช้หุ้มผิวที่ทำด้วยไม้หรือพลาสติกได้อีกด้วยอาควาแรพพ์ ใช้วัสดุส่วนหนึ่งที่มาจากใยแก้ว (woven glass fiber) หรือ แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ (carbon fiber sheets) ที่บ่มแล้วในโพรียูเรเทนเรซิ่น(polyurethane resin)

งานที่ใช้อย่างแพร่หลายในงานก่อสร้าง เช่นเสาตอม่อสะพานซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

- ลอกทำลายชั้นของคอนกรีตที่ล่อนลอกบริเวณผิวนอกของเสา
- ทำความสะอาดผิว
- ซ่อมส่วนหลุดล่อนของคอนกรีตด้วยวัสดุ HD-25
- หุ้มห่อด้วยแผ่น “ Aqua wrap 22-77 Cloth” และ “22-77 Veil Prepreg Cloth”ตามลำดับ
- ทำการบ่มตามระบบ และ ทาสีทับตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อมูลทางธรณีและอุทกวิทยาที่ใช้ในการออกแบบ

1. การแปรสภาพทางกายภาพของอาคารมีแนวโน้มที่จะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนสภาพของสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้อาคารที่สุด

2. ดินที่พยุงอาคารอยู่นั้นไม่คงสภาพในทางกายภาพ ดินเปลี่ยนสภาวะไปตามเวลาและการใช้งานของมนุษย์ การศึกษาและสืบค้นค่าการทรุดตัวของดินในสภาวะปัจจุบันเป็นสิ่งที่จำเป็นยิ่งในศาสตร์ของการออกแบบอาคาร งบประมาณในการซ่อมความเสียหายในระยะยาวจะมีความสิ้นเปลืองมากกว่าค่าการออกแบบทางสถาปัตยกรรมในทางระดับดินในทุกระบบรวมกัน

3. การควบคุมปริมาณการใช้น้ำและการระบายน้ำที่รวดเร็ว ช่วยแบ่งเบาความเสียหายอันเกิดจากน้ำท่วมขังบนดิน ในขณะที่การควบคุมปริมาณขุดเจาะน้ำบาดาล รอเวลาให้น้ำซึมเข้ามาแทนที่ก่อนการขุดใช้ มีความแนวโน้มว่าจะบรรเทาปัญหาการทรุดของพื้นดินในระยะยาวและต่อเนื่องได้

4. การทรุดของดินอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดการทรุดตัว หรือเอียงทรุดของระบบฐานราก และมีความเป็นไปได้อย่างสูงว่าจะลิดรอนอายุ(Durability) ของอาคาร ความเสียหายในทุกส่วนและองค์ประกอบของอาคารอาจจะบรรเทาลงได้หากการออกแบบอาคารมีการวางแผนและนโยบายที่จะประเมินค่าของการเปลี่ยนแปลงสภาวะไว้ก่อนล่วงหน้า ทั้งนี้ตัวเลขและข้อมูลที่ได้ปรับปรุงให้ใหม่อยู่เสมอจะทำให้สามารถแก้ไขได้ตรงประเด็นปัญหามากขึ้น

6.2 แนวทางออกแบบอาคารเพื่อลดทอนความสูญเสียในโครงสร้างอาคาร

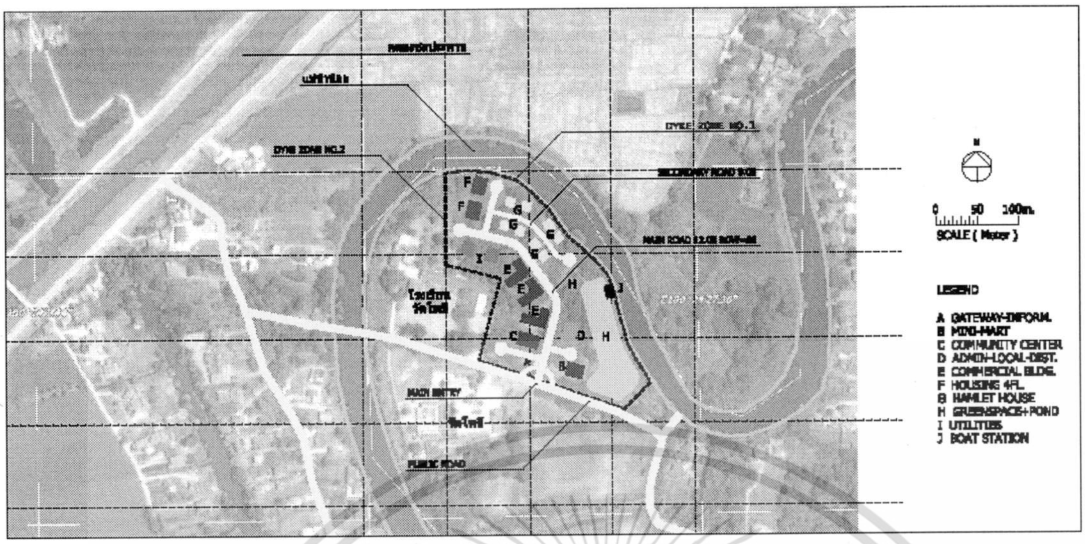
6.2.1 ออกแบบผังบริเวณ หรือผังประธานให้มีคันเขื่อนกั้นล้อมทุกด้าน

ตัวอย่างการออกแบบผังประธานและอาคารต้นแบบในที่ราบลุ่มภาคกลาง (ริมแม่น้ำน้อย) ออกแบบโดย คณะผู้วิจัยฯ (2553) ตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา[1]

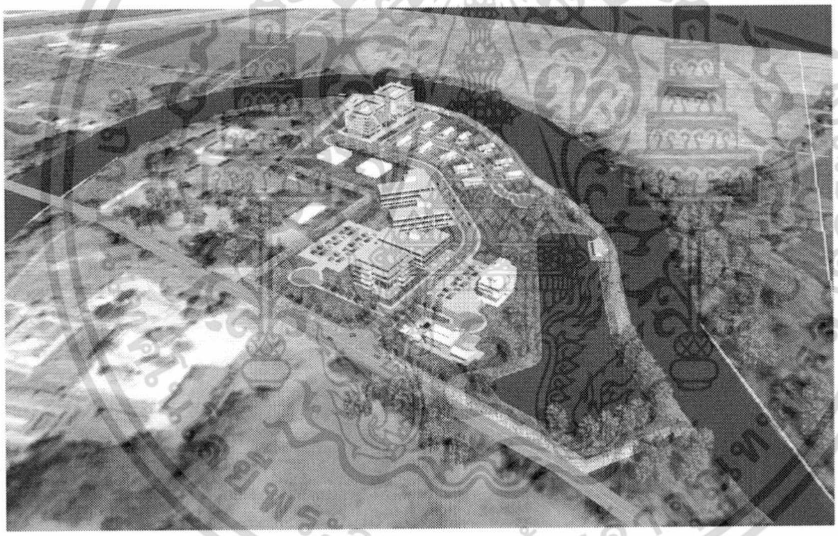
---

[1] ออกแบบโดย ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ และคณะฯ 2552- 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

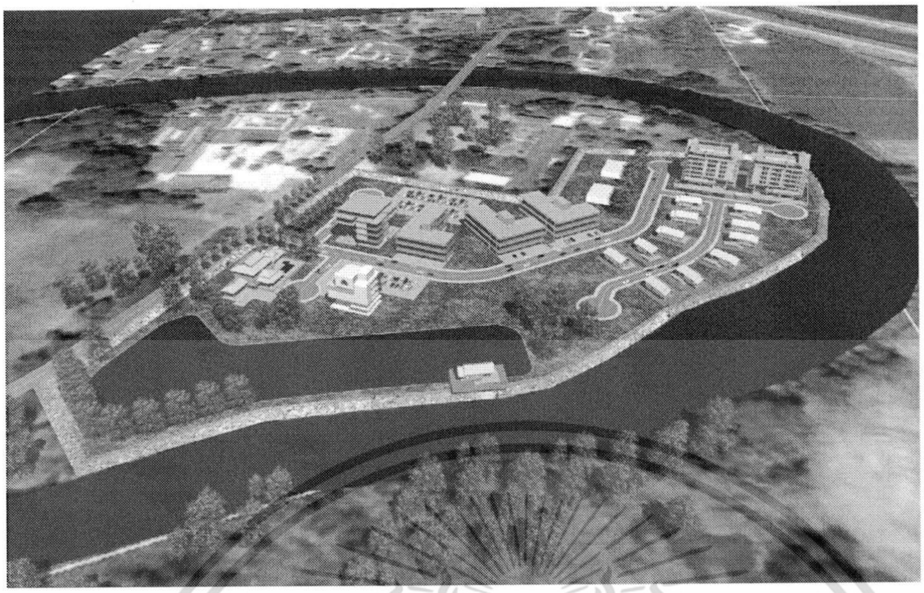


รูปที่ 6.1 ผังประธานครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 100 ไร่

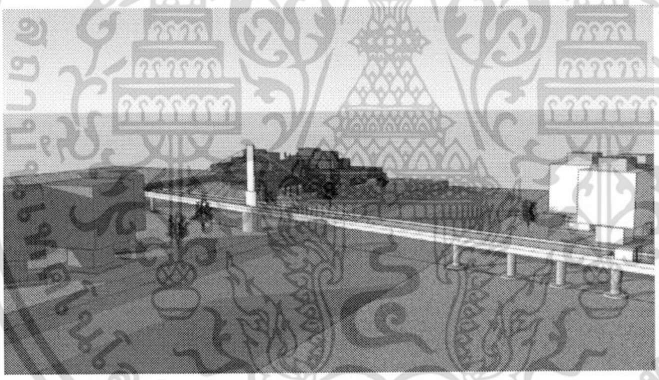


รูปที่ 6.2 ทัศนียภาพทางอากาศของผังประธาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



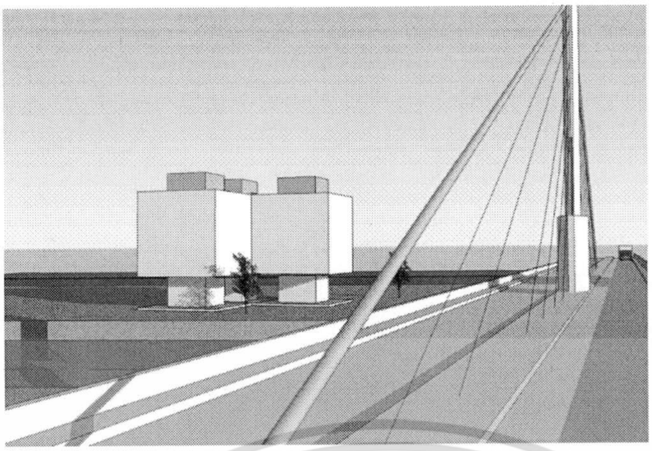
รูปที่ 6.3 ทัศนียภาพทางอากาศของผังประธาน



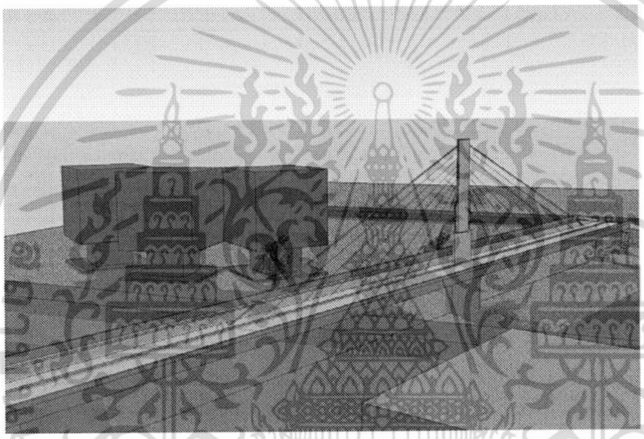
รูปที่ 6.4 สะพานข้ามแม่น้ำน้อย อยุธยา

รูปที่ 6.5 กลุ่มอาคาร สนามหญ้าริมแม่น้ำน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 ทัศนียภาพบนสะพานฯ

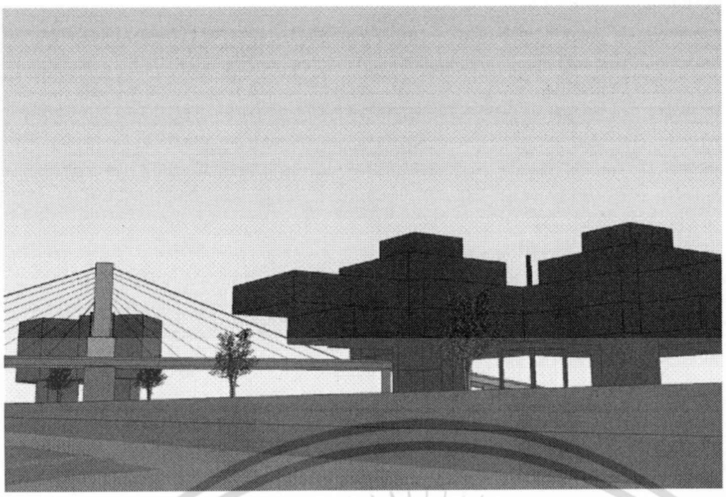


รูปที่ 6.7 ภาพทางอากาศ

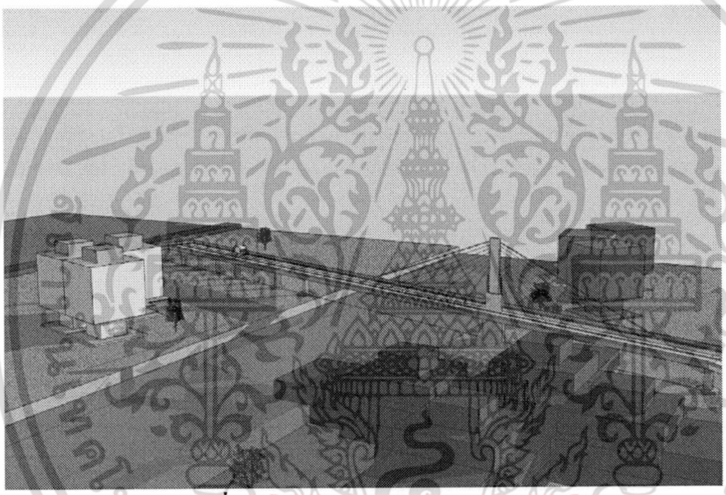
รูปที่ 6.8 สะพานขึงพาดช่วงประมาณ 110 เมตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 ทัศนียภาพในยามเย็น 1



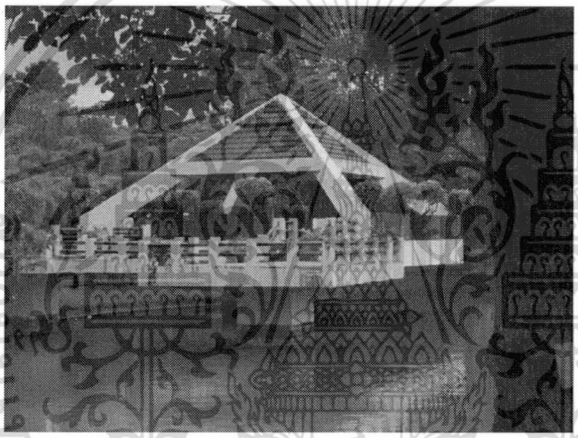
รูปที่ 6.10 ทัศนียภาพในยามเย็น 2

6.2.2 โครงสร้างเสาควรยกสูงจากระดับที่น้ำเคยท่วมสูงสุด จาก รทก.

6.2.2.1 อาคารพักอาศัย (Residentials)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.11 บ้านต้นไม้แห่งสุพรรณบุรี



รูปที่ 6.12 ศาลากลางน้ำพยุงด้วยเสาเดี่ยวยกสูง ในสวนพระนครฯ ลาดกระบัง

6.2.2.2 อาคารสาธารณะ

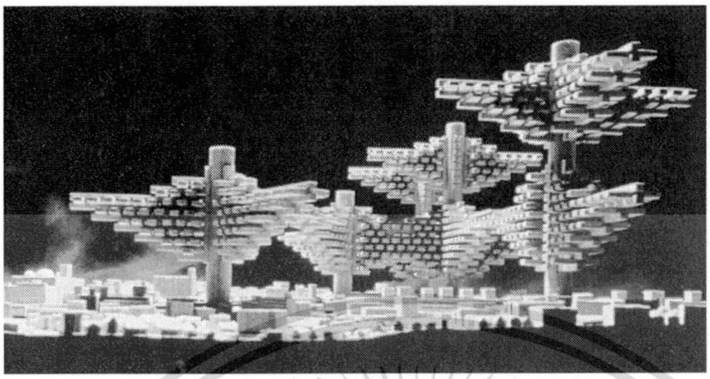
- ทฤษฎี คลัสเตอร์-อิน-ดิ-แอร์ โดย "อะระตะ ไอโซะซากิ" ("Clusters in the Air" by Arata IsoZaki)

Arata Isozaki ได้เสนอแนวความคิดที่อิงจากแนวทางชีวภาพของเซลล์ โดยออกแบบอาคารชุดที่มีรูปลักษณะผูกยึดกัยไว้คล้ายฟองลูกโป่งที่มัดติดกันเป็นพวงและห้อยแขวนอยู่กลางอากาศโดยมีการรองรับด้วยเสาขนาดใหญ่ทำเป็นแกนกลางของแต่ละ "พวงร้อย" ที่ห้อยยึดกับเป็นแพ จากนั้นให้ปลายยื่นในแต่ละชุดยื่นออกมาบรรจบกันได้เพื่อการเข้าถึงกันได้บนอากาศ

เขาได้ให้ชื่อเรียกแนวความคิดนี้ว่า "Clusters in the Air" ในนครโตเกียวในปี ค.ศ.1960-62 เขาให้ความคิดว่าถึงเวลาแล้วที่โตเกียวต้องมีที่อยู่อาศัยในลักษณะนี้ทั่วไปทั้งเมือง รูปลักษณ์โดยทั่วไปมองคล้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีบ้านเล็กๆเป็นจำนวนมากแขวนอยู่บนนั้น(ตามกิ่งก้านสาขา) ซึ่งกิ่งของต้นไม้เหล่านี้จะเชื่อมต่อกันและกัน กิ่งต่อกิ่ง

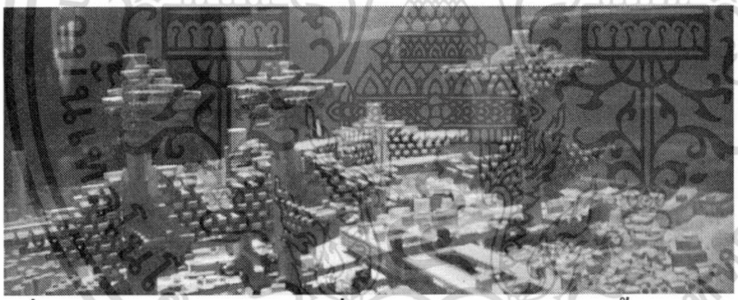


รูปที่ 6.13 "Clusters in the Air" by Arata IsoZaki Illustrated by Akis Pattihis (March 2007)

cluster in the air, arata isozaki

Sunday, October 5, 2008, 11:24 PM - london, architecture

Posted by Administrator



รูปที่ 6.14 "cluster in the air" ที่แสดงด้วยหุ่นจำลองและตั้งแสดงไว้ที่ "Victoria :- Albert Museum" ในการแสดงงานชื่อว่า "cold war exhibition"

แม้งานนี้ไม่ได้ถูกนำไปสร้างขึ้นจริง แต่นับเป็นโปรเจ็คที่กล่าวขวัญกันอย่างกว้างขวางในศตวรรษนี้ชิ้นหนึ่ง แนวความคิดนี้ได้นำสถาปัตยกรรมไปผนวกกับแนวคิดทางโครงสร้างชนิด"megastructures" ในทางวิศวกรรมโยธา ร่วมด้วยกับแนวคิดทางด้านการผลิตในระบบอุตสาหกรรมที่อยู่อาศัยในรูปแบบแคปซูล ในปี 1960-1962 นั้นแนวความคิดนี้นับว่าใหม่และล้ำยุคมาก

ความคิดนี้ได้ถูกนำมาใช้อย่างใกล้เคียงกับความคิดเดิม กล่าวคือสามารถนำมาใช้สำหรับการออกแบบที่ต้องการหนีจากความอึกทึก จอแจ และเลี่ยงปัญหาน้ำท่วมขังได้ ปัจจุบันนี้นครโตเกียวปลอดจากปัญหาน้ำท่วมเฉียบพลันได้เนื่องจากได้มีการก่อสร้างอุโมงค์กักเก็บและระบายน้ำขนาดยักษ์แล้วเสร็จและได้เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้แล้วเมื่อประมาณปี ค.ศ.2006 ลักษณะการยกสูงในความคิดของ ไอโซะวากิ นี้คงคลายความจำเป็นในที่นั้น แต่คงจะเป็นประโยชน์กับประเทศอื่นที่กำลังพัฒนาและประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก เช่นประเทศในแถบอาเซียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศสิงค์โปร์ด้วย

Isozaki ได้รับการยกย่องว่าเป็นสถาปนิกในยุคของ “Postmodernism” คนหนึ่งที่รองลงมาจาก Kenzo Tange สถาปนิกรุ่นพี่ที่มีชื่อเสียง และเคยเป็นหัวหน้างานออกแบบสถาปัตยกรรมของเขา

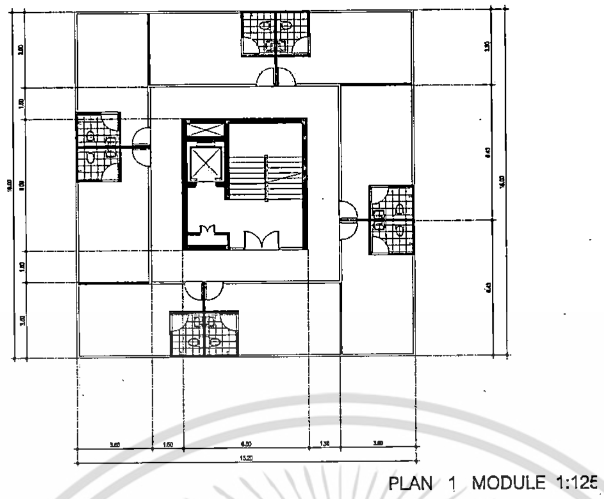
- อาคารอพาร์ตเมนต์ขนาดย่อม

อาคารลอยตัวอิสระชนิดปล่องแกนเดี่ยว ออกแบบโดย ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ และคณะฯ

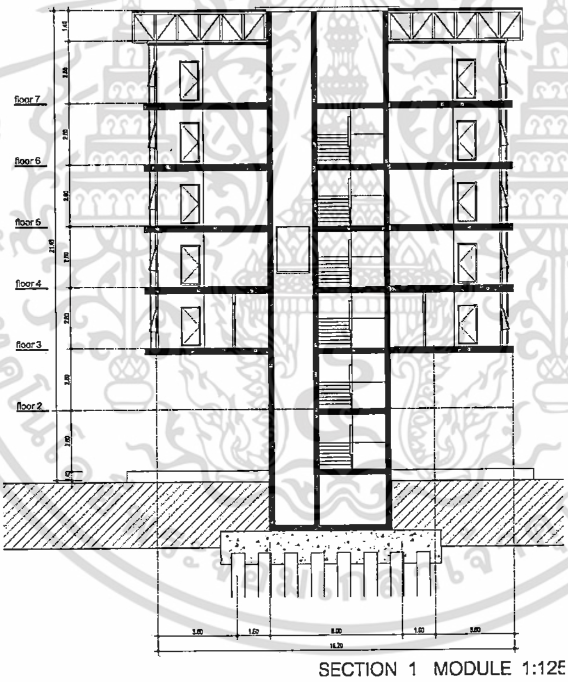
รูปที่ 6.15 ทัศนียภาพแสดงท่าเทียบเรือ

ตลาดใหม่สำหรับโครงสร้างเหล็ก คือ ประเภทอาคารสูงไม่เกิน 7 ชั้น (ความสูงที่จัดอยู่นอกข่าย "อาคารสูง" ตามกฎหมาย) ซึ่งกำลังได้รับความนิยมสำหรับใช้เป็นอพาร์ตเมนต์ทำเลของอาคารประเภทนี้มักอยู่ในซอย ซึ่งทำให้การก่อสร้างด้วยวิธีปกติก่อให้เกิดความเดือดร้อนแก่เพื่อบ้านได้ โครงสร้างเหล็กจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ร่นเวลาในการก่อสร้าง และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยส่วนรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.16 ผังชั้นมาตรฐาน

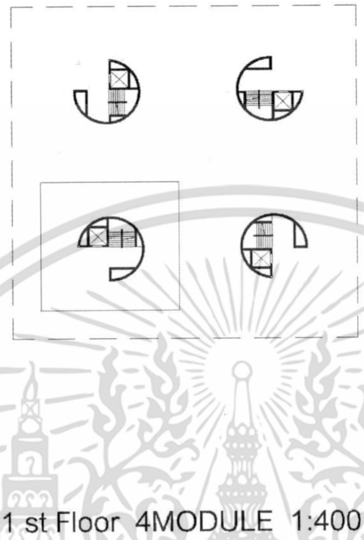


รูปที่ 6.17 รูปตัดมาตรฐาน

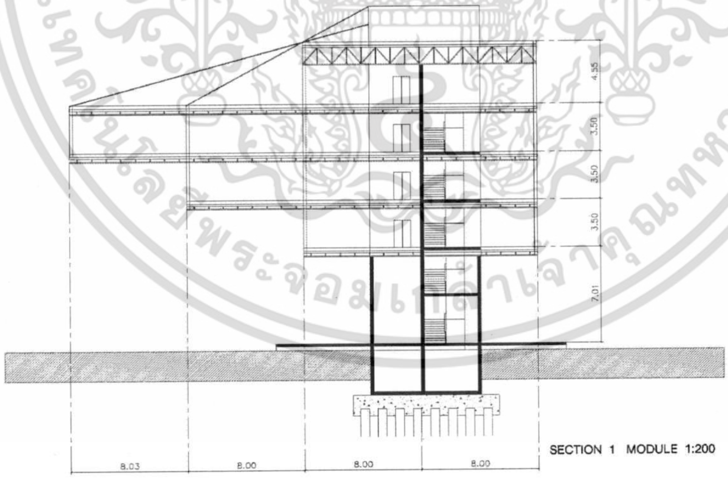
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.3 อาคารสาธารณะ (Public Buildings)

อาคารลอยตัวอิสระชนิดปล่องแกนร่วมขนาน ออกแบบโดย ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ และคณะฯ

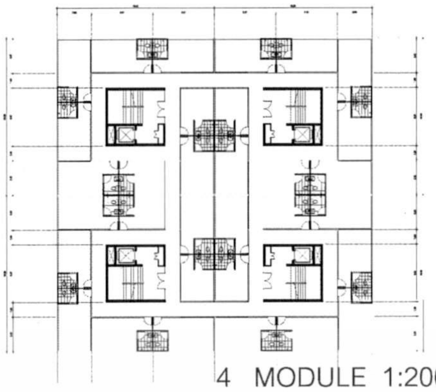


รูปที่ 6.18 ผังเสาหลักชั้นติดดิน-น้ำ

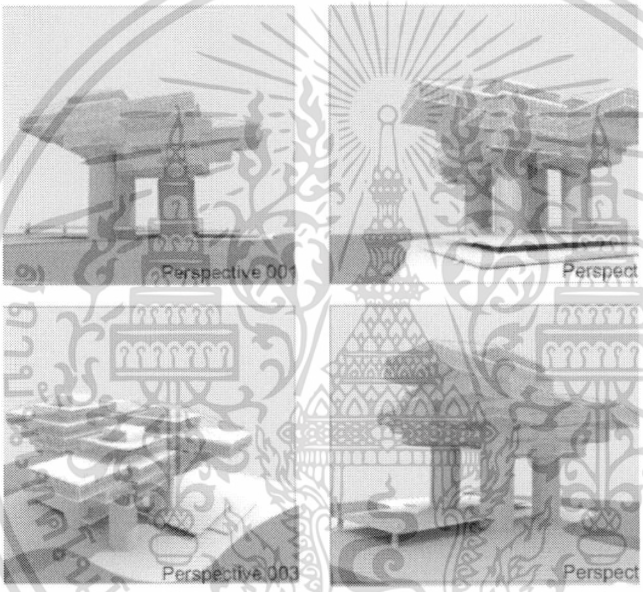


รูปที่ 6.19 รูปตัดแสดงโครงสร้างแกนร่วม

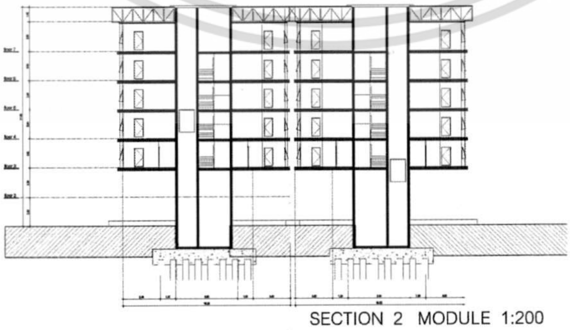
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.20 ผังพื้นมาตรฐาน

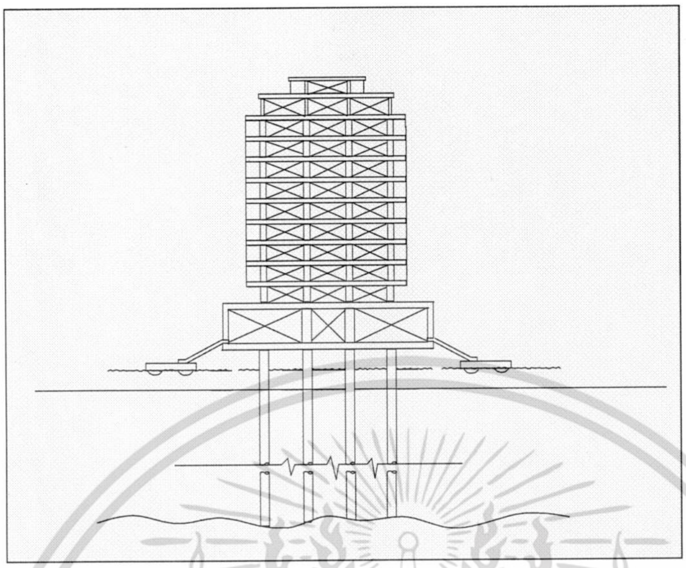


รูปที่ 6.21 ทัศนียภาพทั่วไป



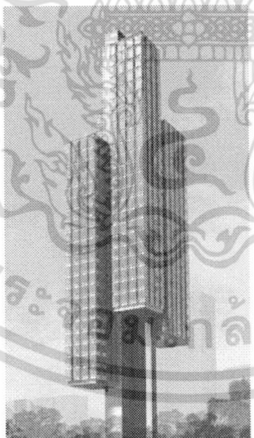
รูปที่ 6.22 รูปตัดแสดงเสาหลักคู่ขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.23 แนวทางการออกแบบอาคารลอยตัวคู่ควบกับอาคารชนิดลอยน้ำ

- งานออกแบบอาคารสูง "Singapore's floating towers[2] Scott's Tower"



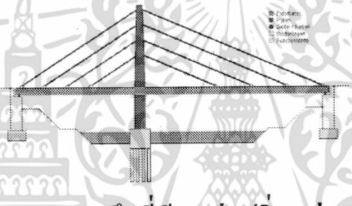
รูปที่ 6.24 Singapore's floating towers[3] Scott's Tower Orchard Road, Singapore 2006

[2] Designed by Office for Metropolitan Architecture (OMA)

[3] Designed by Office for Metropolitan Architecture (OMA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.25 โครงสร้างสะพานข้ามอ่าวหรือแม่น้ำชนิดลอยบนผิวน้ำ



รูปที่ 6.26 สะพานขึงที่มีตอม่อปริ่มอยู่เหนือผิวน้ำ

รูปที่ 6.27 สะพานขึงที่มีตอม่อถูกออกแบบให้ถูกปกป้องในส่วนจำเป็นที่จุ่มจมน้ำ

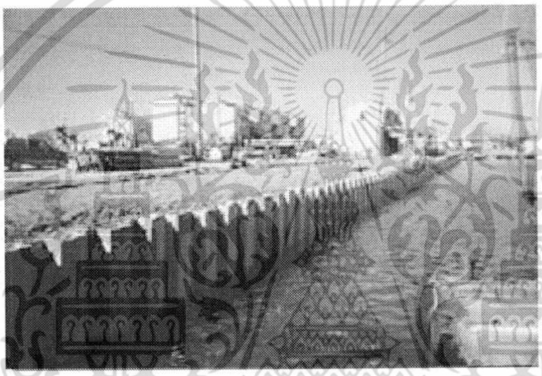
6.2.3 ใช้วัสดุเสริมกำลังที่มีการเคลือบหุ้มด้วยวัสดุสังเคราะห์ชนิดปิดกั้นน้ำได้

1. วัสดุการกั้นเขื่อนริมตลิ่งชนิด "PVC Seawall System"

Seawalls คือโครงสร้างริมฝั่งชนิดมอดูลาร์ที่ใช้สำหรับการป้องกันของ shorelines จากน้ำที่แวดล้อม แต่เดิม seawalls ถูกสร้างโดยการใช้การก่อสร้างสามัญ เช่น แผ่นเหล็ก คอนกรีตเสริมเหล็ก และไม้ เป็นต้นที่จะป้องกันพื้นที่ backshore จากกัดกร่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Seawalls ยังใช้เป็นสิ่งที่แยกแผ่นดินจากน้ำ ใช้สารประกอบ Polymer ที่มีความหนาแน่นต่ำสามารถทนต่อสภาวะทางสิ่งแวดล้อมที่หยาบ Seawalls และ sheetpiles ถูกติดตั้งเป็น shorelines สำหรับการป้องกันของบ้าน, อาคารสิ่งปลูกสร้าง, หาดทราย และของโครงสร้างพื้นฐานดั้งเดิม โดยใช้วัสดุสามัญ เช่น ดิน, ซีเมนต์, เหล็ก, ไม้อัด และ ริพ-แรพ (rip rap) เป็นต้น ต่อมามีการนำเอาวัสดุที่มีคุณสมบัติเบาเช่น PVC และ/ หรือ เส้นใย FRP (fiber reinforced plastic) เข้ามาใช้มากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งมีความทนทานมากกว่าวัสดุดั้งเดิมมากแต่มีราคาต้นทุนไม่แพงทั้งๆที่มีความแข็งแรงไม่แพ้กัน

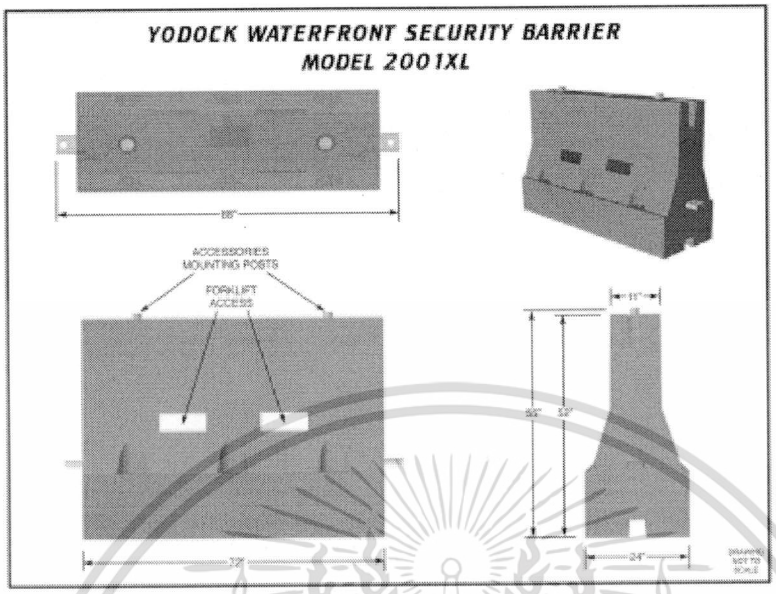


รูปที่ *6.28* การใช้ *"PVC Seawall System"* ที่ *"Steampacket Place, Quay"*

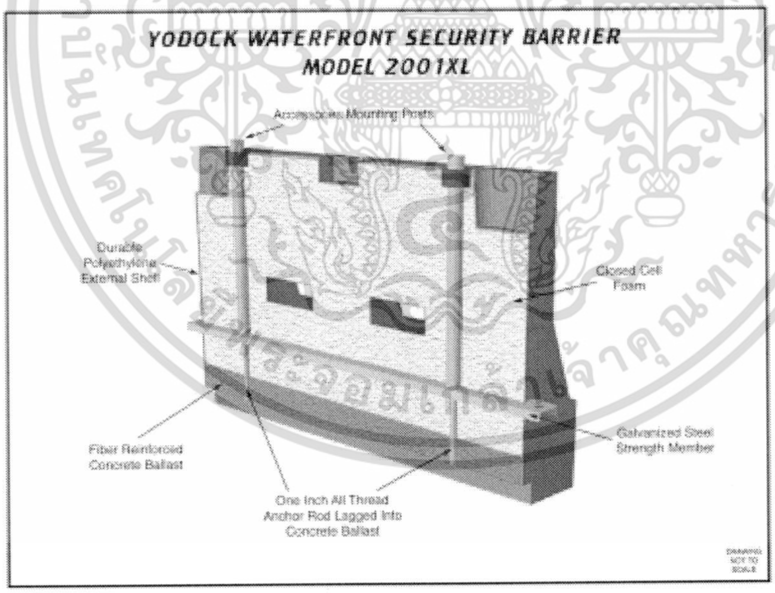
<u>คุณสมบัติเด่น:</u>

- ไม่มีเศษเหลือทิ้ง
- ทนสภาวะแวดล้อมทางทะเลและบรรยากาศเหนือทะเลได้ดี
- ไม่ต้องการอุปกรณ์ติดตั้งที่ซับซ้อน
- ราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.29 วัสดุสำเร็จรูปชนิดกันคลื่นกัดเซาะตลิ่ง



รูปที่ 6.30 รายละเอียดวัสดุสำเร็จรูปชนิดกันคลื่นกัดเซาะตลิ่ง

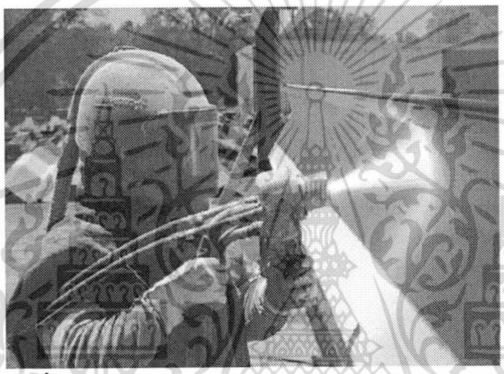
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การพ่นเคลือบผิวโครงสร้างด้วยด้วยโลหะ "Metallizing for Corrosion Protection"

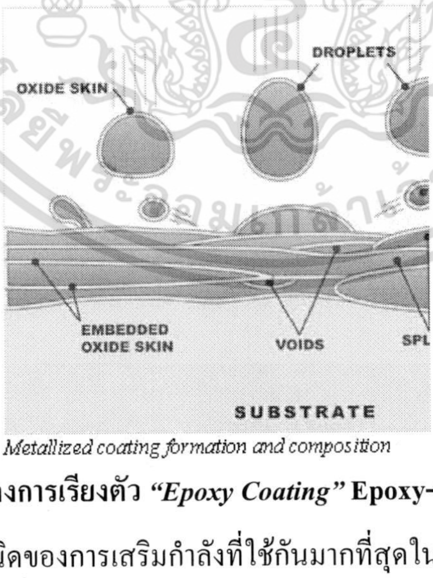
การเคลือบผิวด้วยอีพ๊อกซี่ Epoxy-Coated Rebar (ECR) เทคนิคพิเศษในการปกป้องโครงสร้างด้วยการพ่นเคลือบด้วยโลหะ "Metallizing for Corrosion Protection"

Metallizing ก็คือการเคลือบผิวโลหะชนิด "The thermal spraying" เริ่มใช้เมื่อปี 1920 เป็นการใช้วัสดุที่มีการผลิตชนิดเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นหลัก

"The thermal spraying" เป็นวิธีการที่แพร่หลายอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ความร้อนสูงและอุปกรณ์ทันสมัยมาจัดการกับผิววัสดุที่ดำเนินการ บางทีใช้ชื่อว่า "detonation gun", "high velocity oxyfuel", "high-energy plasma", หรือ "vacuum plasma"เป็นต้น



รูปที่ 6.31 การพ่นเคลือบโลหะ*"The thermal spraying"*



Metallized coating formation and composition

รูปที่ 6.32 แผนภูมิแสดงการเรียงตัว *"Epoxy Coating"* Epoxy-Coated Rebar (ECR)

Black steel และ ECR เป็นชนิดของการเสริมกำลังที่ใช้กันมากที่สุดในการสร้างสะพานที่ Colorado.

(CDOT Spec. 602 และ Spec. 709 ใช้สำหรับ black steel และ epoxy coating ตามลำดับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Epoxy coatings (often referred to as powders or fusion bonded coatings) are 100 percent solid dry powders. Epoxy dry powders เหล่านี้จะถูกพ่นทับลงไปบนผิวเหล็กเสริมที่สะอาดทำหน้าที่คล้ายเกาะกำบังแต่ว่ามีความบางเหมือนแผ่นฟิล์ม การพ่นเคลือบใช้กรรมวิธีการ thermosetting materials ทำให้ยึดเกาะได้อย่างเหนียวแน่นและทนทาน ข้อมูลอ้างอิงตั้งแต่ปี 1975 เป็นต้นมาชี้ว่าการใช้ ECR ร่วมด้วยกับคอนกรีตที่มีคุณภาพดีมีการตรวจสอบสม่ำเสมอจะยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างได้ดีมาก

3. การหุ้มเคลือบท่อนเหล็กด้วยวัสดุออร์กานิก Rebars with Organic Coating

มีการใช้ Epoxy-coated rebars (ECR) กันตั้งแต่ประมาณปี 1970 นั่นเป็นการทาทับผิวเหล็กหลังจากการหักงอและผูกอยู่ในที่แล้ว หากมีการขนส่งก็จะต้องไม่ทำลายผิวที่เคลือบแม้แต่น้อยเช่นทำการลากจูงหากจำเป็นโดยใช้เชือกพลาสติกแทนการใช้ลวดเคเบิลดึงเอา

เขาทำการทดสอบงานการทาผิวเหล็กในโปรเจ็คที่ยาวนานถึง 5 ปีของ Federal Highway Administration (FHWA) โดยวิธีการใหม่ๆ ผลการสำรวจพบว่าความสม่ำเสมอและความหนาของชั้นที่ทาเคลือบเป็นตัวแปรที่สำคัญแห่งการปกป้องอย่างมีประสิทธิภาพ (McDonald et al., 1994; McDonald et al., 1995).

จุดที่เริ่มเสียหายและมีร่องรอยของการก่อสนิมมักจะเป็นในจุดที่มีการครูดออกจากการเบียดไถของของแข็งอื่นที่เข้ามาปะทะ ซึ่งจุดเหล่านั้นพบว่ายากแก่การค้นพบและทาทับใหม่ให้ครบถ้วนด้วย epoxy coating

รูปที่ 6.33 เหล็กเสริมเคลือบอีพ๊อคซี่ *Epoxy-coated rebars (ECR)*

จากงานค้นคว้าของ FHWA มีข้อสรุปจากการบันทึกของ Virmani and Clemena 1998 ไว้ว่า

- การก่อสร้างด้วยวัสดุชนิด ECR สามารถปกป้องพื้นผิวคอนกรีตสะพานได้ดีไม่น้อยกว่า 20 ปี โดยไม่ต้องบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พื้นผิวสะพานที่ West Virginia มีการหลุดล่อนของคอนกรีตออกเพียง ร้อยละ0.25หลังอายุใช้งานแล้วเป็นเวลาถึง 19 ปี การหลุดล่อนของคอนกรีตได้เกิดขึ้นแค่เพียงจุดรอนต่อของโครงสร้างที่ประชิดกันเท่านั้น และไม่มีร่องรอยของการกัดกร่อนลงไปถึงเนื้อเหล็กเสริมให้เห็น
- ร้อยละ 81 ของวัสดุ ECR segments ที่ได้ขุดออกมา deck cores ปราศจากร่องรอยของการกัดกร่อน
- มีร่องรอยของ chloride concentrations ในอัตราที่น้อยกว่าค่าความเสี่ยงต่อการกัดกร่อนมาก และมีลักษณะเฉกเช่นสีสนิมที่เห็นเคลือบผิวเหล็กดังที่เห็นอยู่ทั่วไปในการก่อสร้างปกติ

Michael Brown et al. (2003) กล่าวสรุปว่า epoxy-coated rebars (ECR) สามารถหน่วงเหนี่ยวอัตราการเป็นสนิมได้ดีและไม่ยอมให้สนิมในรูปทรงใดได้ลุกลามเข้าไปใน cement paste matrix ได้ และเขาสามารถคำนวณได้ค่าการยืดอายุใช้งานได้มากกว่าถึง 5 ปีนานกว่าโครงสร้างที่ใช้เหล็กเสริมธรรมดาที่ไม่ได้มีสารเคลือบใดๆ มาช่วยเลย

ในเขตภูมิอากาศที่ร้อนชื้นเช่นในมลรัฐฟลอริดา การทาเคลือบเหล็กด้วยสาร organic coating ไม่สามารถอยู่ทนนานเนื่องจากมีบรรยากาศที่มีความชื้นและไอเกลือในอัตราสูงซึ่งเนื้อคอนกรีตจะชื้นแฉะอยู่ตลอดเวลา สภาวะเช่นที่ว่านี้แตกต่างจากที่ Colorado, Central US อย่างมากทีเดียว

4. การหุ้มเคลือบท่อนเหล็กด้วยวัสดุโลหะ Steel Bars with Metallic Coating and Cladding

Metallic coating เป็นอีกหนทางหนึ่งในการปกป้องโครงสร้างคอนกรีตจากการกัดกร่อนสนิม สามารถแบ่งกรรมวิธีนี้ออกเป็นสองวิธีการดังต่อไปนี้คือ

1. sacrificial protection
2. sacrificial protection

เป็นการพ่นเคลือบด้วยสารสังกะสีที่มีอัตราการสลายของอนูโลหะต่ำกว่าเหล็ก ดังนั้นแม้ในสภาวะของสารทำละลายที่เอื้อ สารที่เคลือบก็ทำการป้องกันไม่ให้กระบวนการกัดกร่อนดำเนินไปได้ง่าย ในขณะที่ non-sacrificial (noble) เป็นวิธีการที่ใช้โลหะที่สูงค่ากว่าเช่นทองแดงหรือนิเกิลมาเคลือบผิวเหล็กแทน การห่อหุ้มเช่นนี้แม้ว่าจะรัดกุมดีและไม่สลายง่ายในสภาวะแวดล้อม แต่เมื่อโลหะทั้งชิ้นหลุดล่อนออกหรือบุบสลายลง ผิวเหล็กจะกลับกลายเป็นขั้วอะโนดอย่างเต็มตัวและพร้อมจะกัดกร่อนตัวเองออกไปในทันที

<u>Galvanized Rebars</u>

การทำ Zinc-coated หรือการทำ galvanized, เหล็กจะถูกห่อหุ้มอย่างแน่นหนาด้วยการจุ่มเคลือบในสารละลาย กรรมวิธีนี้แม้จะมีประสิทธิภาพดีมากแต่มีต้นทุนสูงมากไม่แพร่หลายเท่าใดนัก แต่ข้อมูลที่มีอยู่ระบุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่า หากพื้นผิวคอนกรีตที่หุ้มอยู่มีความหนาประมาณมากกว่า 51 มม. และมีคอนกรีตคุณภาพชนิดที่ใช้สัดส่วนน้ำ/ซิเมนต์ น้อยกว่า 0.45, การเคลือบในระบบนี้จะเพิ่มอายุใช้งานให้ยาวนานออกไปอีกถึง 5 ปี

Stainless Steel-clad Rebars

การประมวลผลระบุว่าการใช้วัสดุนี้จะลดอัตราการกัดกร่อนของสนิมลง ประมาณ 800 เท่าระบบนี้ใช้กันมากในทวีปยุโรปและสหราชอาณาจักร และไม่เป็นที่นิยมมากนักในสหรัฐอเมริกาเนื่องจากมีราคาแพงมาก แต่ในเวลาเดียวกันค่าการซ่อมแซมไม่มี ดังนั้นอาจจะพิจารณาไปได้ว่าจะประหยัดกว่าหรือไม่ในระยะยาว ในเรื่องนี้ DOTs กำลังทำการค้นคว้าอยู่อย่างขมักเขม้น

Copper-clad Rebars

วิธีการนี้นับว่าใหม่มากซึ่งกำลังจะนำหน้าในบรรดากระบวนการทั้งหมดที่คล้ายคลึงกัน เป็นที่มุ่งหวังว่าจะประหยัดมากที่สุดเนื่องจากสามารถกำหนดความหนาของการเคลือบให้สม่ำเสมอจนสามารถควบคุมปริมาณการใช้วัสดุเคลือบได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการคำนวณอย่างแม่นยำสร้างความเชื่อมั่นในความคลาดเคลื่อนที่ต่ำมาก

6.2.4 หุ้มเคลือบเสาตอม่อที่จมน้ำด้วยวัสดุแผ่นผิวที่หนาและทนทานต่อการกัดกร่อนที่มีต่อวัสดุก่อกำแพงและเหล็กเสริม

1. วอเตอร์สต๊อป และ จีโอเท็กซ์ไทล์ (Waterstop & Geo-textile)

วอเตอร์สต๊อป และ จีโอเท็กซ์ไทล์ (Waterstop & Geo-textile) เป็นวัสดุที่เหนียวและบาง มักจะผลิตและเก็บไว้ได้ในรูปวัสดุม้วน ดังที่ได้กล่าวในบทก่อนแล้วว่า ระดับน้ำใต้ดินและการขึ้น-ลงตามฤดูกาลของน้ำใต้ดินนั้นมักจะก่อ ให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างอาคารต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งตั้งอยู่ในเขตที่มีชั้นดินที่อ่อนและมีน้ำท่วมขัง ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึง พื้นที่ก่อสร้างในส่วนที่เป็นทางวิ่งและทางขับของสนามบินสุวรรณภูมิในกรุงเทพมหานคร พื้นที่ดินในบริเวณนั้นเป็นที่ราบลุ่มที่มีระดับต่ำปริ่มระดับน้ำทะเลปานกลาง สภาพเดิมเป็นหนองน้ำ มีการทำบ่อปลาและสวน มีคลองไหลผ่านภายในหลายสาย ระดับน้ำใต้ดินและการขึ้น-ลงตามฤดูกาลของน้ำใต้ดินนั้นมักจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างอาคารต่างๆ ผู้เขียนได้เสนอแนวทางแก้ไขในเชิงวิชาการเอาไว้ว่า วิธีการที่ประหยัดและได้ผลที่สุดน่าจะเป็นการประยุกต์การใช้ วอเตอร์สต๊อป และ จีโอเท็กซ์ไทล์ (Waterstop & Geo-textile) เข้ามาแก้ปัญหา แม้ว่าจะไม่ได้ระบุไว้ในเบื้องต้นของขั้นตอนในการออกแบบทางวิศวกรรมก็ตาม เทคโนโลยีนี้เป็นที่ยอมรับกันมานานในวงการก่อสร้างและงานวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การห่อหุ้มเสา ค.ส.ล. ด้วยวัสดุแผ่น “Aqua wraps 22-77”

อาควาแรพพ์ (Aquawrap 22-77) เป็นชื่อทางพาณิชย์ของสารกันชื้นที่เก็บในรูปของการม้วน มีคุณสมบัติที่จะปกปิดเพื่อกั้นมิให้ความชื้นเข้าไปสัมผัสผิวโต้สร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างคอนกรีตได้ เนื้อวัสดุเป็นจำพวก ไฟเบอร์รีนฟอร์ส-โปลีเอสเตอร์(FRP) ส่วนใหญ่มักจะนำมาใช้เพื่อซ่อมแซมการกัดกร่อนในเนื้อของโครงสร้างเสา ซึ่งสามารถดำเนินการได้ง่ายเนื่องจากสามารถใช้กรรมวิธีการพันหุ้มโคนเสาไว้ได้ทันทีเมื่อมีวัสดุติดยึดคล้ายกาวมาทำหน้าที่เป็นตัวยึดไว้ไม่ให้หลุดล่อนก่อนเวลาอันสมควร

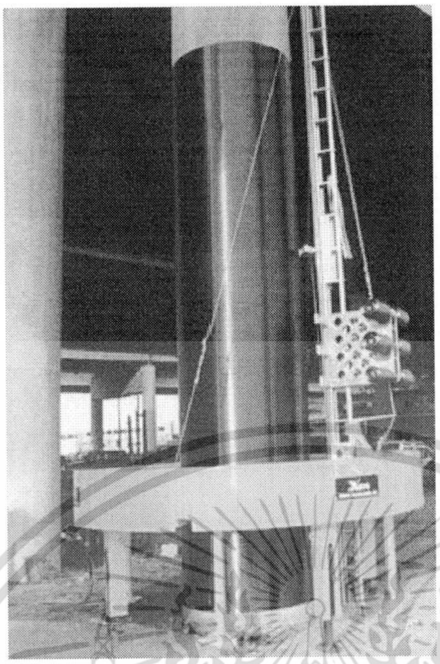
นอกจากนี้มันยังสามารถใช้หุ้มผิวที่ทำด้วยไม้หรือพลาสติกได้อีกด้วยอาควาแรพพ์ ใช้วัสดุส่วนหนึ่งที่มาจากใยแก้ว (woven glass fiber) หรือ แผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ (carbon fiber sheets) ที่บ่มแล้วในโพรียูเรเทนเรซิ่น(polyurethane resin)

งานที่ใช้อย่างแพร่หลายในงานก่อสร้าง เช่นเสาตอม่อสะพานซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

- ลอกทำลายชั้นของคอนกรีตที่ล่อนลอกบริเวณผิวนอกของเสา
- ทำความสะอาดผิว
- ซ่อมส่วนหลุดล่อนของคอนกรีตด้วยวัสดุ HD-25
- หุ้มห่อด้วยแผ่น “ Aqua wrap 22-77 Cloth” และ “22-77 Veil Prepreg Cloth”ตามลำดับ
- ทำการบ่มตามระบบ และ ทาสีทับตามต้องการ

รูปที่ 6.34 การติดตั้ง *“Aqua wraps 22-77 operation”*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.35 ลักษณะการดำเนินการหุ้มผิวของเสาตอม่อของอาคารขนาดใหญ่

6.2.5 มีการตรวจสอบร่องรอยการรั่วซึมได้ของน้ำที่จะเข้ามาในอาคารโดยทางพื้นชั้นที่จมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จิราภรณ์ จุธากรณ์ และ ชลัมภ์ อุ่นอารีย์. **อุณหภูมิสุขสบายของมนุษย์** . 2545

มันทนา พฤกษะวัน และ วนิดา สุขสุวรรณ. **อิทธิพลของภัยธรรมชาติที่มีต่อมนุษย์.** 2545

มันทนา พฤกษะวัน, วนิดา สุขสุวรรณ, วาสนา วงษ์รัตน์ และ แสงระวี สิทธิชีวภาค. **อากาศร้ายในประเทศไทย.**

นงค์นาถ อู่ประสิทธิ์วงศ์. **ดัชนีและแนวโน้มของฝนและอุณหภูมิที่ผิดปกติในประเทศไทย.** 2545

มันทนา พฤกษะวัน และ สุดาพร นิ่มมา. **ผลกระทบของลานีญาที่มีต่อฝนและอุณหภูมิของประเทศไทย.** 2542

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. **การอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ : สถานการณ์ปัจจุบันและมาตรการที่จำเป็น.** 2537.

มติที่ประชุม คณะรัฐมนตรี 5 สิงหาคม พ.ศ. 2552 เห็นชอบตามความเห็นของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในการทบทวนมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2543 เรื่อง ทะเบียนรายนามพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติและระดับชาติของประเทศไทย และมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ

เอกสารประกอบหลักสูตรการฝึกอบรมคอนกรีต เทคโนโลยีแบบบูรณาการ สำหรับวิศวกร
หนังสือโยธาสาร ปี 2538

สมชาย ศรีสมพงษ์. **สาเหตุและการแก้ไขความเสียหายของทางวิ่งและทางขับสนามบินสุวรรณภูมิ.** วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.ฉบับที่ 6/2551

สมชาย ศรีสมพงษ์. **อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ไม่สูญเสียในสภาวะน้ำท่วม.** วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.ฉบับที่ 10/2553

Anonymous. 2000. **Meeting Report on First Stakeholder Discussion on Threats to Boeung Thom and Suggested Solution Between Entangled Institutions and Local Users in Kampong Cham Province**. Kampong Cham Inventory and Management of Cambodian Wetlands Project.

Anonymous. 2000. **Summary Report of Discussion Meeting on Solutions and Agreement Related to Boeung Thom Management in Kampong Cham Province.** Kampong Cham Inventory and Management of Cambodian Wetlands Project.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

American Concrete Institute, **ACI COMMITTEE 201**, Guide for durable concrete , ACI 201.2R-92, 1992.

Engineering Service Center, Port Hueneme, CA 93043-4370.

Floating Utopia and Ocean City Project 2008 : weburbanist.com

FRP INTERNATIONAL *International Institute for FRP in Construction*

Hydrology Aspects at Boeung Thom, Kampong Cham Province. In Khmer.

JICA. 1990. Feasibility Study on Improvement of Drainage System in Vientiane. Draft Final Report. Volume 1 Main Report. Japan International Cooperation Agency.

K. Maeda ed. "FRP bridge -Technologies and their Future", pp.152-156, JSCE, 2003 "Cooperative research report on application of FRP to construction structural materials (volume 2)", Public Works Research Institute, et al, No.252, December 2000.

"On The Waterfront" is an unofficial publication of the Shore Facilities Department, Naval Facilities

OMA's first architectural project in Singapore : The Scotts Tower, Office for Metropolitan Architecture

Srisompong S., Suzuki K. 1986.

Tilev Architects - Seuthopolis, Bulgaria :- http://www.eikongraphia.com/images/seuthopolis/

The work of Akis Pattihis in AA Intermediate Unit 3 2006/7

Wetland Management Programme. 1993. Excerpts from Progress Report. Lao Wetland Management Project. Mekong Secretariat.

www.worldarchitecturenews.com

www.clusterballoon.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้