# 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 พย.2553)

**รูปที่ 5.1 ทัศนียภาพอาคารโบราณสถานเมื่อทำการก่อกั้นกันน้ำท่วมแล้ว**
**(ภาพจาก www.rsunews.net โดย ผศ.สุดจิต สนั่นไหว)**

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

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

## 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 – ปีที 30 โดยประมาณ แต่ในสภาวะที่แท้จริงนั้นโครงสร้างอาคารยังทรงตัวอยู่ได้อย่างไรโดยไม่วิบัติลงทันทีนั้น สามารถให้คำอธิบายในเบื้องต้นได้ว่า โครงสร้างนี้ยังคงตรึงรั้งกันอยู่เป็นระบบที่ปรองดอง อีกทั้งยังมีแฟ็คเตอร์ของความปลอดภัยคุ้มครองอยู่นั่นเอง

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

## 5.3 การชี้แนะในการดำเนินการขั้นต่อไปเนื่องจากผลการทดลอง

ผลการทดลองข้างต้นชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของความสูญเสียที่โครงสร้างจะได้รับเมื่อโครงสร้างสำคัญต้องจุ่มจมอยู่ในน้ำเป็นเวลานานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องคิดหาเทคโนโลยีในการออกแบบและ

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)

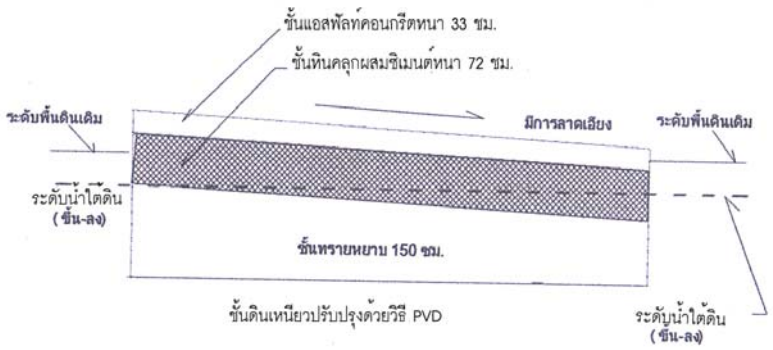
5.4.2 เคลือบหุ้มผิวโครงสร้างหลักด้วยวัสดุที่ทนทานถาวรและทนต่อการกัดเซาะและการซึมผ่านของน้ำ

5.4.3 สร้างเขื่อนล้อมรอบด้วยวัสดุที่ทนทานถาวรหรือโลหะและสามารถระบายน้ำภายในผังทิ้งได้

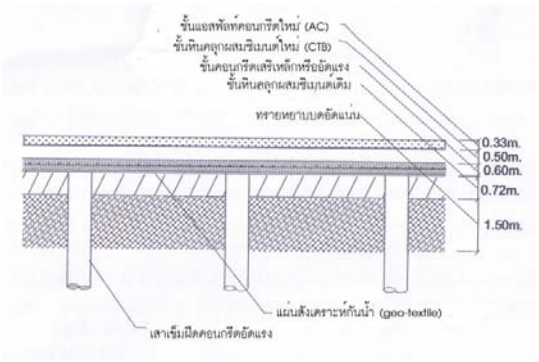
5.4.4 สามารถปรับให้โครงสร้างลอยตัวได้บนผิวน้ำ (สถาปัตยกรรมบนน่านน้ำ)

5.4.5 สำหรับส่วนของโครงสร้างที่ไม่สามารถยกสูงจากระดับ รทก. ได้ควรมีระบบปูรองพื้นด้วยวัสดุกันซึมขั้นพื้นฐาน

น้ำใต้ดินที่ท่วมสูงนับว่าเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้พื้นผิวท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างอย่างรวดเร็ว เนื่องจากได้ใช้งานพื้นทางวิ่งในบริเวณนั้นในอัตราที่สูงเกือบเต็มความต้องการของทางการท่าฯเป็นประการหนึ่ง เมื่อเริ่มเปิดใช้สนามบิน นั้นเป็นฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน ทำให้มีปริมาณน้ำฝนที่ค้างอยู่ในสนามบินเป็นจำนวนมาก น้ำบางส่วนได้ซึมลอดผ่านลงดินและยังอยู่สะสมอยู่ใต้ผิวพื้นสนามบินเนื่องจากระดับน้ำใต้ดินก็หนุนอยู่เป็นทุนเดิม น้ำจึงแทรกซึมขึ้นมาขังอยู่ ณ บริเวณชั้นของแอสฟัลติคคอนกรีตที่เป็นผิวของทางวิ่งโดยตรง ก่อให้เกิดการหลุดร่อนของวัสดุที่ทำหน้าที่รองรับล้อของอากาศยานโดยตรง




**รูปที่ 5.2 โครงสร้าง พื้นทางวิ่งเดิม**




**รูปที่ 5.3 รูปตัดแสดงแนวทางแก้ไขโครงสร้างพื้นทาง**

**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

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