

บทที่ 4

การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ

4.1 สาเหตุหลักแห่งความเสื่อมลงของโครงสร้างในอาคาร

สาเหตุโดยทั่วไปแห่งความเสื่อมลงในอาคารนั้นสามารถประมวลจากข้อพิจารณาข้างบนได้ดังต่อไปนี้คือ

1. วัสดุก่อสร้างที่ใช้และเทคโนโลยีในการก่อสร้างมีคุณภาพต่ำ

1) การแบกทานน้ำหนักเกินพิกัด

2) การทรุดตัวของดินรอบข้างการทรุดจมลงของอาคารจะเป็นอันตรายต่อกำแพงอิฐก่อ อาจจะนำมาซึ่งการแตกของท่อน้ำทำให้เกิดการรั่วซึม และที่สูญน้ำที่รั่วออกไปนี้จะไปเสริมรวมตัวกับสารอื่นเป็นการเร่งเสริมความเสียหายที่ก่อตัวขึ้นในโครงสร้าง

3) สารเคมี ในภาวะการณ์แวดล้อมโดยทั่วไปนั้น มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีสารเคมีที่

มักจะมาทำลายสภาวะความเป็นต่างของเนื้อคอนกรีต จนที่สุดแล้วจะกระตุ้นให้ผิวเหล็กเสริมคอนกรีตนั้นเปิดเผยตัว (depassivation of steel reinforcement) ตัวอย่างที่สำคัญคือการกระแทกของน้ำทะเลที่กระทำต่อผิวโครงสร้างคอนกรีตที่อยู่ริมหรือในทะเล กิจกรรมนี้ทำลายความแน่นหนาในเชิงอัลคาไลน์ของคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกจากนี้สารซัลเฟตที่มีอยู่ในน้ำใต้ดินโดยทั่วไปก็สามารถทำลายเสียหายให้แก่คอนกรีตได้ไม่แพ้กัน สารเหล่านี้อาจปนเปื้อนมากับน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตในขณะที่เทหล่อส่วนมากจะทำอันตรายกับส่วนของคอนกรีตที่อยู่ติดดินเช่น ฐานรากอาคารและคานคอดิน เป็นต้น

5. มูลเหตุทางชีววิทยา การผุกร่อนของไม้โครงสร้าง เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดถึงความสูญเสียที่เกิดจากชีวะมวล การกัดกินของมดหรือปลวก หรือหากว่าเราละเลยปล่อยให้ตะไคร่น้ำเกาะจับส่วนล่างของอาคารนานๆ มันจะกักเก็บน้ำยิ่งมีมากขึ้นจนที่สุดจะเลวร้ายเสมอเหมือนดังที่กล่าวแล้วข้างบนคือเสมือนหนึ่งน้ำรั่วซึมเข้ามาหรือน้ำท่วมขัง ยิ่งไปกว่านั้นหากยอมให้รากไม้เติบโตและชอนไชเข้าสู่องค์อาคารใดๆ มันจะก่อให้เกิดการร้าวหรือแตกออกทั้งโครงสร้างอิฐก่อหรือคอนกรีต

- อาคารในพื้นที่ชุ่มน้ำต้องการวัสดุที่ดี

อาคารและสิ่งปลูกสร้างในกรุงเทพมหานคร โดยทั่วไปมักจะมีอายุการใช้งานสั้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่ซ้ำเติม

ก็คือปัญหาแผ่นดินทรุดตัวอย่างต่อเนื่อง ผู้เขียนพบว่าเสาตอม่อของอาคารที่จมน้ำอยู่นานกว่า 30-35 ปี เสาเหล่านั้นจะถูกกัดกร่อนจนพื้นที่หน้าตัดลดค่าลงมาก และอาคารนั้นจะต้องหยุดให้บริการใช้สอยโดยสิ้นเชิงเมื่อเสาตอม่อเกือบทั้งหมดนั้นถูกกัดกร่อนจนเหลือพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมและเนื้อคอนกรีตที่เทหล่อห่อหุ้มไว้นั้น ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 50-80 จากเดิม

คอนกรีต วัสดุที่น่ายกย่อง (Noble material)

เนื้อคอนกรีตที่หุ้มโครงสร้างอยู่นั้นสามารถปกป้องโครงสร้างจากการกัดกร่อนได้ดีในเงื่อนไขที่ว่าเนื้อคอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนและสมบูรณ์ ได้มีงานค้นคว้าวิจัยในเรื่องนี้อย่างกว้างขวางในช่วงระยะเวลาประมาณ 30 ปีก่อนหน้านี้เป็นต้นมา การศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องทั้งในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดปกติและคอนกรีตอัดแรงแม้ว่าข้อมูลที่ได้มาอาจจะต้องใช้เวลารอคอย การอ่านข้อมูลไม่สามารถทำได้เร็วและเร่งเวลาได้เนื่องจากธรรมชาติของการกัดกร่อนนั้นเป็นไปตามเวลาที่ตายตัวในแต่ละสภาพแวดล้อม บางครั้งการอ่านข้อมูลในแต่ละงวดอาจจะใช้เวลาเป็นแรมเดือน

กิจกรรมการทำงานค้นคว้า วิจัยและติดตามความแปรเปลี่ยนของสภาวะของการกัดกร่อนนั้น มักจะดำเนินไปในวิถีทางต่อไปนี้คือ

1. ตรวจสอบลักษณะการใช้งาน โครงสร้างคอนกรีตในทะเลหรือใกล้น่านน้ำ
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

3. คอนกรีตในสภาวะอายุเริ่มต้น (concrete in early age state) หรือคอนกรีตที่มีอายุอยู่ในช่วงก่อตัวขั้นสุดทำจนถึงช่วงเวลาก่อนที่พัฒนาคุณสมบัติรับแรงดึงถึงค่าที่ออกแบบไว้

4. คอนกรีตในสภาวะที่แข็งตัวแล้ว (concrete in harden state) หรือคอนกรีตที่มีอายุอยู่ในช่วงหลังจากที่ได้พัฒนาคุณสมบัติรับแรงถึงค่าที่ออกแบบไว้ไปแล้ว และ

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

หากเรามาลองพิจารณาอาคารที่มีอายุใช้งานอยู่ระหว่าง 65-100 ปี เรามักจะเห็นว่าอาคารเหล่านั้นมักจะไม่มีส่วนของคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นองค์ประกอบแต่อย่างใด แม้ว่าโครงสร้างส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับการใช้กำแพงรับน้ำหนัก หรือแม้แต่จะมีโครงสร้างไม้เนื้อแข็งเข้าไปประกอบด้วยก็ตาม ความหนาขององค์ประกอบเช่นพื้นลาดฟ้าหรือพื้นภายในห้องล้วนแต่ถูกปกป้องโดยการห่อหุ้มด้วยวัสดุปรองที่ล้วนแต่มีความหนา ทั้งนี้ก็เพื่อจะช่วยกลายเป็นฉนวนห่อหุ้มโครงสร้างคอนกรีตเอาไว้ภายใน ไม่ยอมให้น้ำซึมเข้าไปโดยง่าย สารคาร์บอนเนชั่นไม่สามารถเข้าถึงเนื้อเหล็กได้ การก่อสร้างที่ไม่สู้จะเป็นปัญหามากนัก

อาคารเป็นองค์ประกอบหนึ่งในสภาพแวดล้อมเมืองซึ่งถูกกำหนดให้ประโยชน์ใช้สอยอย่างกว้างขวางกว่าองค์ประกอบอื่นๆ อายุแห่งการใช้งานของอาคารจึงมักจะขึ้นอยู่กับชนิดและความทนทานถาวรของโครงสร้างเป็นสำคัญ

อาคารชนิดอนุสรณ์ถาวรสมบัติเช่น โบสถ์วิหารเมื่อถูกสร้างขึ้นนั้นเป็นที่คาดหมายว่าจะยืนหยัดอยู่ได้นานถึงหนึ่งพันปี เช่นอาคารโบสถ์ฮินดูหลังหนึ่งในนครลอนดอนทางเหนือซึ่งมีการใช้สอยมากกว่า 1000 ปีแล้วซึ่งอาคารที่มีอายุการใช้งานในลักษณะเดียวกันนี้มีอยู่ดาษดื่นในปัจจุบัน อายุการใช้งานของโครงสร้างของสะพานหรืออ่างเก็บน้ำโดยทั่วไปก็มักจะมีอายุใช้งานได้ประมาณ 100 ถึง 200 ปีเป็นอย่างน้อย

สำหรับอาคารที่ใช้พักอาศัยหรือสำนักงานนั้น โดยทั่วไปแล้วมักจะมีอายุในการใช้งานที่ไม่เกิน 100 ปี ซึ่งประเด็นนี้จะเป็เป้าหมายในการพิจารณาในรายงานของเอกสารนี้

หากจะพิจารณาให้ลึกซึ้งแล้วจะเห็นได้ว่ามีเหตุผลทางสังคม เศรษฐศาสตร์และวัฒนธรรมเป็นอันมากที่มีส่วนกำหนดและมีอิทธิพลต่ออายุการใช้งานของอาคารชนิดต่าง ๆ

การใช้งานของอาคารแต่ละประเภท ผู้ครอบครองอาคารแต่ละท่านที่เปลี่ยนแปลงไปจะเปลี่ยนอายุการใช้งานไปพร้อมๆกับการแปรเปลี่ยนของเมืองและสภาวะแวดล้อมที่อาคารนั้นตั้งอยู่ อาคารบางหลังอาจจะต้องยุติการให้การใช้งานลงโดยปัจจุบันทันด่วนเมื่อสองสิ่งดังกล่าวข้างต้นนั้นเปลี่ยนแปลง

ไป ตัวอย่างเช่น เจ้าของอาคารรายหนึ่งอาจต้องการตัดสินใจสร้างอาคารสูงขึ้นมาแทนอาคารเดิมที่มีอยู่เดิม หรือการมีมติให้ปรับเปลี่ยนอาคารย่านการค้าเดิมไปเป็นอาคารชุดเพื่อการพักอาศัยและศูนย์บันเทิงธุรกิจต่างๆขึ้นมาแทนที่ เหล่านี้เป็นต้น

การลงทุนในโครงการใดๆ-สิ่งแวดลอมที่ถูกสร้างขึ้นในสภาวะการใดๆก็ตามผู้ประกอบการจะไม่มีผลประโยชน์ที่จะลงทุนสร้างเสริมโครงสร้างใดๆที่ต้องใช้ทุนสูงเพียงเพื่อที่จะยืดอายุใช้งานของอาคารให้สูงขึ้นเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วรัฐบาลจะเป็นเจ้าของงานที่มักจะมีความกว้างกว่าเจ้าของอาคารรายอื่นๆในอันที่จะมีบทบาทในการกำหนดงบประมาณเพื่อการก่อสร้างให้อาคารมีความทนทานถาวร มาก ๆ

การทะเลาะที่จะยึดถือกฎเกณฑ์ทางด้านผังเมืองใหม่- เจ้าของอาคาร โดยทั่วไปแล้วไม่อยากจะเปลี่ยนแปลงการใช้สอยใดๆจนกว่าอาคารนั้นจะไม่สามารถที่จะใช้งานต่อไปได้อีกเนื่องจากไม่ประสงค์จะใช้เงินทุนทรัพย์ไปในการรื้อถอนทำลายหรือต่อเติมแก้ไขใหม่ใดๆเพียงเพื่อที่จะทำไปเพื่อให้สอดคล้องกับกฎผังเมืองที่ออกมาใหม่เท่านั้น เนื่องจากทราบว่า การปฏิบัติเช่นนั้นมักจะลงเอยด้วยการใช้ทุนรอนเป็นจำนวนมากในอันที่จะเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขดังกล่าวทุกครั้งไป

4.2 การทดลองการก่อสร้างและอัตราของความสูญเสีย จากการกีดคร่อนในโครงสร้าง

สภาพของการกีดคร่อนในคอนกรีตจากการสำรวจและผลการทดลองคณะผู้วิจัยได้นำผลงานวิจัย และข้อมูลที่ได้รับจากงานวิจัยเรื่อง “ความสูญเสียในอาคารที่อยู่ในสภาวะของการทรุดและจม” 2552 (โดย ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ ณรงค์ มณฑปใหญ่ และ อัครเดช คุรุฑุม) มาประกอบการวิเคราะห์เพื่อค้นหาวิธีที่จะออกแบบอาคารในพื้นที่ชุ่มเสี่ยงต่อการกีดคร่อนในภูมิภาคที่ราบลุ่มภาคกลางในพื้นที่เป้าหมายของงานวิจัยนี้ ดังต่อไปนี้

4.2.1 แท่งทดลองและคุณสมบัติ



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างแท่งทดลองคอนกรีต



รูปที่ 4.4 แท่งทดลองที่จุ่มแช่ในน้ำทะเล น้ำร่อยและน้ำจืด



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

ก่อนทดลองทั้งหมดจำแนกออกเป็นชั้นส่วนจำลองภาคการเสริมเหล็กทางตั้งของโครงสร้างเสา คอนกรีตเสริมเหล็กเฉพาะส่วนที่คอนกรีตได้ห่อหุ้มแท่งเหล็กเสริมไว้ โดยอัตราความหนาของส่วนที่

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

ทำการบันทึกข้อมูลทางกายภาพเช่น น้ำหนัก และรูปพรรณสัณฐานภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไป ทุกๆ 2 เดือน จนกระทั่งมีอายุในการแช่น้ำทดลองได้ครบ 18 เดือน (กำหนดครบในเดือน มิถุนายน 2552) จะดำเนินการบันทึกความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายนอกขั้นสุดท้าย และดำเนินการทุบทำลายเนื้อคอนกรีตที่เหลืออยู่ออกเพื่อทำการวิเคราะห์ท่อนเหล็กที่เปิดเผยออกทั้งหมด คาดว่าจะพบข้อมูลแห่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆพร้อมทั้งอัตราของการกัดกร่อนในเนื้อเหล็กในปริมาณและอัตราที่เหมาะสม สำหรับการนำไปทำการเปรียบเทียบกับปรากฏการณ์แห่งการกัดกร่อนที่ค้นพบในงานก่อสร้างจริงในงานสำรวจตลอดระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา

ข้อมูลที่ได้รับเหล่านี้สามารถใช้พิสูจน์และยืนยันในการกำหนดมาตรการเบื้องต้นก่อนการดำเนินการออกแบบ โครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีแนวโน้มที่จะถูกจุ่มจมอยู่ในน้ำทั้งในกรณีที่จะจางหรือกรณีของอุทกภัยได้เป็นอย่างดี 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

2. ในโซนอื่นตลอดแนวแกนของท่อนทดลองนั้นผิวของ เหล็กเสริมนั้นมีสนิมเหล็กก่อตัวรอบ แท่งเหล็กทุกพื้นที่ ในลักษณะของสนิมขุมมีอัตราการกัดกร่อนเข้าจากผิวเหล็กเดิมในอัตราที่วิกฤตที่สุด โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร 0.3 มิลลิเมตร และ 0.1 มิลลิเมตร ตามสภาวะของการแช่จุ่มใน น้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ

3. ท่อนทดลองที่มีคอนกรีตห่อหุ้มอยู่มิดท่อนและไม่ได้รับการเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซีเรซินนั้นไม่ ปรากฏให้เห็นร่องรอยของสนิมขุมที่กัดกร่อนเข้าไปจากผิวเดิม คงมีเฉพาะการก่อสนิมบนผิวในอัตรา ระหว่างร้อยละ 1.0 ถึง 5.0 ของผิวที่ถูกคอนกรีตห่อหุ้มอยู่

4. ท่อนทดลองที่มีคอนกรีตห่อหุ้มอยู่มิดท่อนและได้รับการเคลือบผิวด้วยอีพ็อกซีเรซินนั้นไม่ ปรากฏให้เห็นร่องรอยของสนิมชนิดใดๆ ที่กัดกร่อนเข้าไปจากผิวเดิม ยกเว้นส่วนที่โผล่พ้นระยะความ ยาวของการหล่อหุ้มด้วยคอนกรีตเท่านั้น

4.3 ข้อสรุปเบื้องต้นและการเสนอแนะ

จากผลการทดลองที่ระบุไว้ในข้อ 1. ข้างบนนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า โครงสร้างคอนกรีตเสริม เหล็กทั่วไปนั้น หลังจากการที่ถูกปล่อยให้อยู่ในสภาวะของการจุ่มจมน้ำเป็นเวลาประมาณ 540 วัน ไปแล้วนั้น การกัดกร่อนได้เกิดขึ้นในอัตราที่สามารถวัดได้ การกัดกร่อนนี้หากปล่อยให้อยู่ในสภาวะ บรรยากาศที่มีลมธรรมชาติพัดพา และมีแสงแดดلامเลียบ้างตามช่วงเวลาของวันและตลอดฤดูกาลแห่ง ปีแล้ว จะมีอัตราการกัดกร่อนได้รอบผิว จนทำให้เหล็กเสริมเดิมที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตรนั้น ลดลงเหลือเพียง 13 มิลลิเมตร – 12.5 มิลลิเมตร – และ 12.8 มิลลิเมตร สำหรับท่อนทดลองที่จุ่มจมน้ำ อยู่ในน้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ

ข้อมูลและผลการวิเคราะห์เบื้องต้นดังกล่าวข้างบนนี้ชี้ให้เห็นว่า เมื่อเหล็กโครงสร้างเริ่มต้นถูกใช้ งานนั้น บรรยากาศโดยรอบที่ห่อหุ้มอยู่จะก่อให้เกิดสนิมและกัดกร่อนเนื้อเหล็กในจับปล้น และอาจจะ ทำให้เหล็กเสริมโดยทั่วไปนั้นลดขนาดหน้าตัดลงไปประมาณ ร้อยละ 90, ร้อยละ 60 และ ร้อยละ 30 สำหรับท่อนทดลองที่จุ่มจมน้ำอยู่ในน้ำเค็ม น้ำกร่อย และ น้ำจืด ตามลำดับ ภายในระยะเวลาของการใช้ งาน 15 ปีแรกเท่านั้น

จากข้อสรุปผลการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างบนนี้ โครงสร้างที่ใช้งานไปแล้ว 15 ปีแรกนั้นนับได้ว่า ถึงจุดเสื่อมสภาพจนเกือบจะถึงจุดอันตรายวิกฤต หากจะใช้งานต่อไปโดยไม่ได้นำเนินการใดๆในการ

ซ่อมบำรุง โครงสร้างนี้จะพบกับสภาวะวิบัติเมื่ออายุใช้งานผ่านอยู่ในรอบปีที่ 25 – ปีที่ 30 โดยประมาณ แต่ในสภาวะที่แท้จริงนั้น โครงสร้างอาคารยังทรงตัวอยู่ได้อย่างไรโดยไม่วิบัติลงทันทีนั้น สามารถให้คำอธิบายในเบื้องต้นได้ว่า โครงสร้างนี้ยังคงตั้งร้งกันอยู่เป็นระบบที่ปรองดอง 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.

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

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) แสดงให้เห็นว่าเหล็กเสริมในคอนกรีตที่จุ่มอยู่ในน้ำโดยมีส่วนที่สัมผัสกับอากาศกันอยู่ระหว่างท่อน โครงสร้างที่ตั้งขึ้น เช่นเสาตอมกรตเสริมเหล็กโดยทั่วไปนั้นจะถูกกัดกร่อนจากการก่อกสนิมจนทำให้พื้นที่หน้าตัดของท่อน

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 เมื่อ โครงสร้างนี้จมอยู่ในน้ำเป็นเวลา 18 เดือน (ระยะเวลาของการทดลอง)

ตารางข้างบนนี้ยังชี้แนะอีกว่าหากระยะเวลาใช้งานผ่านไปในเดือน ๒๐ 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

ผลการทดลองข้างต้นชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของความเสี่ยงที่โครงสร้างจะได้รับเมื่อ โครงสร้างสำคัญต้องจมอยู่ในน้ำเป็นเวลานานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องคิดหาเทคโนโลยีในการออกแบบและหาวัสดุอุปกรณ์ใดๆ มาใช้เพื่อการหน่วงเหนี่ยวหรือยับยั้งการกัดกร่อนของ โครงสร้างก่อนที่อายุการใช้งานจะสิ้นสุดลงในเวลาอันสั้น

แนวทางเบื้องต้นที่สามารถป้องกันการก่อสนิมหรือ ปกป้องไม่ให้น้ำซึมเข้าถึงผิวของโครงสร้าง ผลการทดลองในเบื้องต้นนี้บ่งบอกถึงปัจจัยที่ต้องให้ความสำคัญเพื่อหาแนวทางปกป้องจากความสูญเสียดังต่อไปนี้คือ

1) ปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต โดย ใช้คอนกรีตที่มีคุณสมบัติและส่วนผสมดีเลิศ เช่น ใช้คอนกรีตที่มีความชื้นน้ำต่ำมากๆ เช่น ใช้น้ำในส่วนผสมที่น้อยลง ลดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ใช้

สารประเภท Filler เพื่อเพิ่มความทึบน้ำ เช่น ซิลิกาฟูล์ม 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-ซึมผ่านของคาร์บอนชั่น (reducing : influence of carbonation)
- 6) การห่อหุ้มเสา ค.ส.ล. ด้วยวัสดุแผ่น เช่น “Aqua wraps 22-77” หรือวัสดุสังเคราะห์ชนิดอื่นที่สามารถปิดกั้นความชื้นได้ดี