

การวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้างโดย พิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

ดร.ภักวัฒน์ แสนเจริญ และ ดร.รักติพงษ์ สหมิตรมงคล

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้างและบำรุงรักษา

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ในปัจจุบันเราจะพบเห็นความเสียหายที่เกิดขึ้นใน โครงสร้างคอนกรีตแบบต่างๆ ได้โดยทั่วไป ซึ่งความเสียหายดังกล่าว ไม่ว่าจะเกิดจากแรงต่างๆที่กระทำต่อโครงสร้างหรือ การเสื่อมสภาพตามพฤติกรรม ของวัสดุก็ตามล้วนมีผลต่อการใช้งานของโครงสร้าง และทำให้ เจ้าของอาคารหรือผู้ที่มีหน้าที่ดูแลรักษาโครงสร้างนั้นหันมาให้ความสนใจต่อการบำรุงรักษา โครงสร้างต่างๆ มากขึ้นเป็นอย่างมากในปัจจุบัน

หากพิจารณาความเสียหายของโครงสร้างต่างๆในประเทศไทยนั้น สามารถกล่าว ได้ว่าความเสียหายดังกล่าวส่วนใหญ่นั้นเกิดมาจากการออกแบบ โครงสร้างที่คำนึงถึง ความสามารถในการรับน้ำหนัก บรรทุกเพียงอย่างเดียวแต่ไม่ได้คำนึงถึงสภาพการใช้งาน หรือ สภาวะแวดล้อมของโครงสร้างดังกล่าวเลย นอกจากนี้ยังพบว่าบาง โครงสร้างนั้นมีปัญหาอัน เนื่องมาจากการควบคุมคุณภาพของ งานก่อสร้างไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในแบบ ก่อสร้างหรือข้อกำหนดวัสดุ ที่ระบุไว้ เช่น มีระยะหุ้มเหล็กเสริมน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ หรือมี

วารสารคอนกรีต

TCA e-magazine



ปริมาณคลอไรด์หรือสารปนเปื้อนอื่นๆ ในคอนกรีตจนทำให้การเสื่อมสภาพเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น การที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวได้นั้นไม่เพียงต้องมีการปรับปรุงการออกแบบและควบคุมการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตให้มีความคงทนมากขึ้นต่อสภาพแวดล้อม และสภาวะการใช้งานเท่านั้น แต่การบำรุงรักษาโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้โครงสร้างดังกล่าวมีอายุการใช้งานตามที่ต้องการโดยใช้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดก็เป็นสิ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่ากัน การบำรุงรักษาโครงสร้างนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และ การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance) ความแตกต่างระหว่างการบำรุงรักษาสองประเภทนี้ คือ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะเน้นการปกป้องโครงสร้างก่อนที่โครงสร้างจะแสดง ความเสียหายอย่างชัดเจนให้เห็น ในขณะที่การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขจะเน้นการซ่อมแซมโครงสร้างหลังจากที่โครงสร้างได้รับความเสียหายแล้ว ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาที่พบส่วนใหญ่มากในปัจจุบัน ในประเทศไทยเรามักจะพบการบำรุงรักษาโครงสร้างเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance) เพราะผู้ดูแลรักษาโครงสร้างนั้นไม่จำเป็นต้องทำการตรวจติดตามสภาพของโครงสร้าง (Monitoring) อย่างไรก็ตามการบำรุงรักษาเชิงแก้ไขอาจมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงมาก หากโครงสร้างดังกล่าวไม่ได้รับการซ่อมแซมอย่างทันที่ นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดความเสียหายจนผู้ใช้งานไม่สามารถใช้งานโครงสร้าง ดังกล่าวได้อย่างเต็มประสิทธิภาพอีกด้วย ดังนั้นการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข เปรียบเสมือนกับการดูแลสุขภาพที่ไม่ได้รับการตรวจเป็นระยะ แต่จะไปพบแพทย์ก็ต่อเมื่อมีอาการเจ็บป่วย ซึ่งอาจทำให้อาการเจ็บป่วยเกิดการลุกลาม และยากต่อการรักษา ในทางตรงกันข้าม การตรวจสุขภาพเป็นระยะเปรียบเสมือนการบำรุงรักษาโครงสร้างเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ซึ่งเน้นการป้องกันหรือซ่อมแซมก่อนที่จะเกิดความเสียหายรุนแรงในโครงสร้าง แม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบติดตามและการเก็บข้อมูลของโครงสร้างเป็น ระยะเวลา แต่จะช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมโครงสร้าง และมูลค่าความเสียหาย ที่อาจเกิดขึ้นได้ เพราะการดำเนินการตรวจสอบสภาพและปกป้องโครงสร้างก่อนที่จะมีความเสียหาย รุนแรงนั้นมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า การซ่อมแซมโครงสร้างที่มีความเสียหายแล้วมาก

สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ชั้น 3 อาคารสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 487 รามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0-2935-6539 โทรสาร 0-2935-6538 Email : thaitca@gmail.com Homepage : <http://www.thaitca.or.th>

ตัวอย่างของโครงสร้างที่จำเป็นควรได้รับการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน คือ โครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างนาน และยากต่อการสร้างใหม่ขึ้นทดแทนของเดิม (เช่น สะพานขนาดใหญ่ เขื่อน โรงงานขนาดใหญ่) โครงสร้างที่ไม่สามารถทำการซ่อมแซมโครงสร้างได้สะดวกเนื่องจากยากต่อการเข้าถึงได้ โครงสร้างที่ความเสียหายอาจจะก่อให้เกิดความสูญเสียความมั่นใจของผู้ใช้งาน และโครงสร้างที่จะส่งผลกระทบต่อทางสังคมและเศรษฐกิจอย่างกว้างขวางหากสูญเสีย สมรรถภาพในการใช้งานไป อย่างไรก็ตามในกรณีที่โครงสร้างเป็นโครงสร้างชั่วคราว และไม่มีความสำคัญมากนัก การบำรุงรักษาเชิงแก้ไขก็อาจจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าในการแก้ไข การวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้างที่เหมาะสมนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อนในทางปฏิบัติ แต่ก็ควรได้รับการพิจารณาควบคู่ไปกับการออกแบบโครงสร้างและการกำหนดอายุการใช้งานของโครงสร้าง วิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยให้การวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้างเป็นไปได้ อย่างมีประสิทธิภาพคือ การพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้าง (Life Cycle Cost) ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นหากโครงสร้างไม่สามารถใช้งานได้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ปัจจุบันเจ้าของสิ่งก่อสร้างในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงคำนึงถึงการลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพียงอย่างเดียวซึ่งเป็นแนวทางที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากหากโครงสร้างมีการเสียหายที่ทำให้ไม่สามารถใช้งานโครงสร้างได้ตาม วัตถุประสงค์หรืออาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานเกิดขึ้นภายในระยะเวลาอันสั้น ก็จะต้องมีการซ่อมแซมโครงสร้างและเกิดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ดังนั้นค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างในกรณีดังกล่าวอาจมีค่าสูง กว่าโครงสร้างที่มีการก่อสร้างอย่างดีตั้งแต่แรก แม้ อาจจะมีราคาค่าก่อสร้างเริ่มต้นที่สูงกว่าก็ตาม การวางแผนการบำรุงรักษาที่ถูกต้องเหมาะสมกับสถานะการใช้งานและอายุการใช้งาน ของโครงสร้าง จะสามารถลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างได้อย่างมาก

การวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้างตลอดอายุการใช้งานที่ถูกต้องนั้นประกอบไปด้วยหลาย ขั้นตอน ตั้งแต่การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโครงสร้าง การตรวจสอบโครงสร้าง การวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายและอัตราความเสียหายของโครงสร้างในอนาคต และการเก็บรวบรวมประวัติการบำรุงรักษา ข้อมูลต่างๆของโครงสร้างล้วนมีความสำคัญในการวางแผนการบำรุงรักษา ดังนั้นเจ้าของอาคารควรมีการเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ อย่างดีตลอดอายุการใช้งาน ของโครงสร้าง

การตรวจสอบโครงสร้างมีจุดประสงค์หลักเพื่อตรวจสอบสภาพโดยรวม และหาสัญญาณของความเสียหาย ซึ่งโดยปกติความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ตรวจพบ จะมีระดับความเสียหายแตกต่างกันในแต่ละส่วนของโครงสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 1 (มีความเสียหายรุนแรงในเสาแต่แผ่นพื้นยังคงมีสภาพค่อนข้างดี) ความแตกต่างกันนี้เป็นผลเนื่องจากหลายสาเหตุ อาทิเช่น ความไม่ สม่ำเสมอของคุณภาพวัสดุ ความไม่สม่ำเสมอของขนาดโครงสร้าง สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันของแต่ละส่วนของโครงสร้าง เป็นต้น ด้วยเหตุนี้เพื่อที่จะทำนายความเสียหายของโครงสร้างในอนาคตได้อย่างถูกต้อง จะต้องพิจารณาถึงความแตกต่างกันของส่วนต่างๆของโครงสร้าง จากผลการตรวจสอบโครงสร้างจริง ดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นตัวอย่างของผลการทดสอบประเมินกำลังอัดของคอนกรีตของโครงสร้างจริง ณ ตำแหน่งต่างๆ ด้วย Schmidt Hammer ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าตั้งแต่ 20MPa ถึง 58MPa ในการทำนายระดับความเสียหายของโครงสร้างในอนาคต ต้องเริ่มจากการพิจารณาถึงสาเหตุของการเสื่อมสภาพ ขั้นตอนของการเสื่อมสภาพของโครงสร้าง สมการการคำนวณ และข้อมูลพื้นฐานของโครงสร้างและข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบโครงสร้างจริง มาประกอบกัน เพื่อให้สามารถทำนายระดับความเสียหายของโครงสร้างในอนาคตได้ อย่างแม่นยำ การดำเนินการบำรุงรักษาโครงสร้างตามผลการคาดการณ์สภาพความเสียหายของโครงสร้างในอนาคต สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายระดับตั้งแต่ การตรวจสอบเพิ่มเติม (Extensive Inspection) การซ่อมแซม (Repair) การเสริมกำลัง (Strengthening) การปรับปรุงในด้านความสวยงามของโครงสร้าง (Appearance Improvement) การฟื้นความสามารถในการใช้งานได้ของ

โครงสร้างตามวัตถุประสงค์ (Serviceability Restoration) การปรับปรุงความสามารถในการให้บริการของโครงสร้าง (Functionality Improvement) การจำกัดระดับการใช้งานของโครงสร้าง (Restriction in Service) และการรื้อทำลายโครงสร้าง (Demolition and Removal) การตัดสินใจเลือกวิธีการและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการเป็นประเด็นหลักของการวางแผนบำรุงรักษาโครงสร้าง ซึ่งการพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างสามารถช่วยผู้ตัดสินใจในการเลือกวิธีการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยกตัวอย่างเช่น การวางแผนการบำรุงรักษาสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการเสื่อมสภาพ เนื่องจากผลของคลอไรด์ที่เหมาะสมตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างที่ต้องการ ที่สมมุติว่าเหลืออยู่อีก 57 ปี การวางแผนการบำรุงรักษาเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโครงสร้าง และดำเนินการตรวจสอบข้อมูลของโครงสร้างที่จำเป็นในการทำนายความเสียหายในอนาคต เช่นระยะหุ้มเหล็กเสริม กำลังอัดของคอนกรีต ปริมาณคลอไรด์ในคอนกรีต เป็นต้น จากข้อมูลที่ได้ จะสามารถทำนายการกระจายตัวของระดับการเสื่อมสภาพของโครงสร้างในอนาคตได้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ประกอบกับทฤษฎีความน่าจะเป็น โดยรูปที่ 3 แสดงตัวอย่างความเสียหายที่โครงสร้างจะเกิดรอยร้าวเนื่องจากสนิมในเหล็กเสริมที่อายุต่างๆ ทั้งในกรณีที่ไม่ได้รับการบำรุงรักษา และในกรณีที่โครงสร้างได้รับการซ่อมแซมหรือปกป้องด้วยวิธีการต่างๆกัน เช่น การซ่อมแซมส่วนที่เสียหายเป็นจุดๆ การซ่อมแซมส่วนที่เสียหายเป็นจุดๆ พร้อมทั้งการทาเคลือบผิว หรือการซ่อมแซมส่วนที่เสียหายและป้องกันการเกิดสนิมด้วยสัคยีไฟฟ้า ซึ่งโครงสร้างไม่ได้รับการซ่อมแซมจะมีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายสูงมาก เมื่อเทียบกับโครงสร้างที่ได้รับการซ่อมแซม ในช่วงอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ จากผลการคาดการณ์ระดับความเสียหายของ โครงสร้างตามที่แสดงในรูปที่ 3 เราสามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมโครงสร้างด้วยวิธีต่างๆ และมูลค่าเสียหายในกรณีที่โครงสร้างไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพได้ โดยค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและความคงทนของโครงสร้างภายหลังการซ่อมแซมนั้นจะ แตกต่างกันไปตามวิธีการที่ใช้ โดยทั่วไปการซ่อมแซมที่มีคุณภาพต่ำ อาจทำให้เกิดการเสื่อมสภาพซ้ำภายในระยะเวลาอันสั้นและต้องมีการซ่อมแซมเพิ่มเติมในช่วงอายุการใช้งานของ โครงสร้างที่เหลืออยู่ ดังนั้นในการเลือกวิธีการ

ซ่อมแซมที่เหมาะสม จะต้องมีการพิจารณาค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้งานเช่นเดียวกับการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเริ่มต้น รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานในกรณีต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่า แม้ว่าไม่มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเกิดขึ้นในกรณีที่โครงสร้างไม่ได้รับการซ่อมแซมตลอดอายุการใช้งาน แต่ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างในกรณีนี้จะมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากผู้ใช้งานไม่สามารถใช้งานโครงสร้างได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ส่วนในกรณีที่มีการซ่อมแซมโครงสร้างด้วยวิธีการซ่อมแซมเฉพาะจุดที่เสียหาย แม้ว่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมจะถูกกว่าวิธีอื่นๆ แต่ความคงทนของโครงสร้างหลังการซ่อมแซมน้อยกว่าการซ่อมแซมด้วยวิธีอื่น ดังนั้นจึงต้องมีการซ่อมแซมโครงสร้างอีกหลายครั้งตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้าง ทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานสูงกว่าการซ่อมแซมด้วยวิธีอื่นๆ และเมื่อพิจารณาการซ่อมแซมและป้องกันโครงสร้างจากการเกิดสนิมด้วยสัคยไฟไฟฟ้า แม้ว่าค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมในแต่ละครั้งจะสูงกว่าวิธีอื่น แต่เนื่องจากประสิทธิภาพของระบบการป้องกันสามารถลดอัตราการเสื่อมสภาพและการซ่อมแซมโครงสร้างลงได้ ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างที่ซ่อมแซมด้วยวิธีดัง กล่าวมีค่าต่ำที่สุดในวิธีการซ่อมแซมทั้ง 3 แบบที่ยกตัวอย่างมานี้ จะเห็นได้ว่า การวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้างโดยพิจารณาค่าใช้จ่ายของการซ่อมแซม ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเพียงอย่างเดียวนั้นเป็นวิธีที่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากโครงสร้างต้องอยู่ในสภาวะใช้งาน และควรได้รับการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องต่อไป การพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างเป็นวิธีที่เหมาะสมมากกว่าในการวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้าง ทั้งนี้ประเทศไทยจะต้องใช้งบประมาณในการบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานมากขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต ดังที่หลายๆ ประเทศเผชิญอยู่ในปัจจุบัน ดังนั้นการพัฒนางานวิจัยความรู้ และความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการวางแผนการบำรุงรักษาโครงสร้าง เป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างมาก เพื่อที่จะสามารถบำรุงรักษาสสิ่งก่อสร้างให้มีความปลอดภัย สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และประหยัดงบประมาณในการบำรุงรักษาลงได้

เอกสารอ้างอิง

BRIME (Bridge management in Europe), (2001). “Deliverable D14 final report”, Mar., 2001.

FHWA (Federal highway administration), (1991). “Life cycle cost analysis in pavement design – In search of better investment decisions-“, FHWA, USA.

JSCE, (2005). “Standard specifications for concrete structures-2001 “Maintenance”.” Tokyo: Japan Society of Civil Engineers.

Nowak, A. S., Yamani, A. S., and Tabsh, S. W., (1994). “Probabilistic Models for Resistance of Concrete Bridge Girders,” ACI Structural Journal, 91 (3), 269-276.

Sancharoen, P., Kato, Y., and Uomoto, T., (2006a). “Life cycle repairing cost of RC structure deteriorated by salt attack based on probabilistic model.” Proceedings of the Tenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction (EASEC-10), Bangkok, Thailand.

Sancharoen, P., Kato, Y., and Uomoto, T., (2006b). “Effect of variation of parameters used in the deterioration prediction model on the R&M Plan.” Proceedings of the Second International Conference of Asian Concrete Federation, Bali, Indonesia.

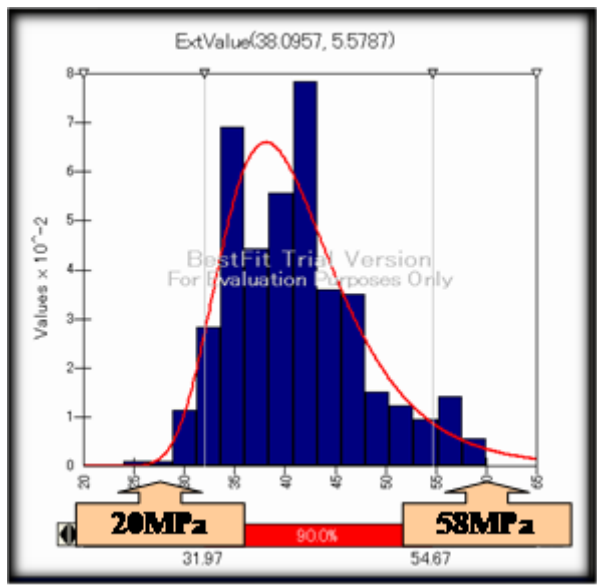
Tangtermsirikul, S., and Khunthongkeaw, J., (2005). “Maintenance-free service life design of concrete subjecting to carbonation”, In Proceedings of the International Workshop on Service Life of Concrete Structures – Concept and Design, 4 February 2005, Sapporo, Japan. pp. 41-52.

Uomoto, T., 2000, “Non-destructive Testing in Civil Engineering”, Elsevier.

วารสารคอนกรีต TCA e-magazine



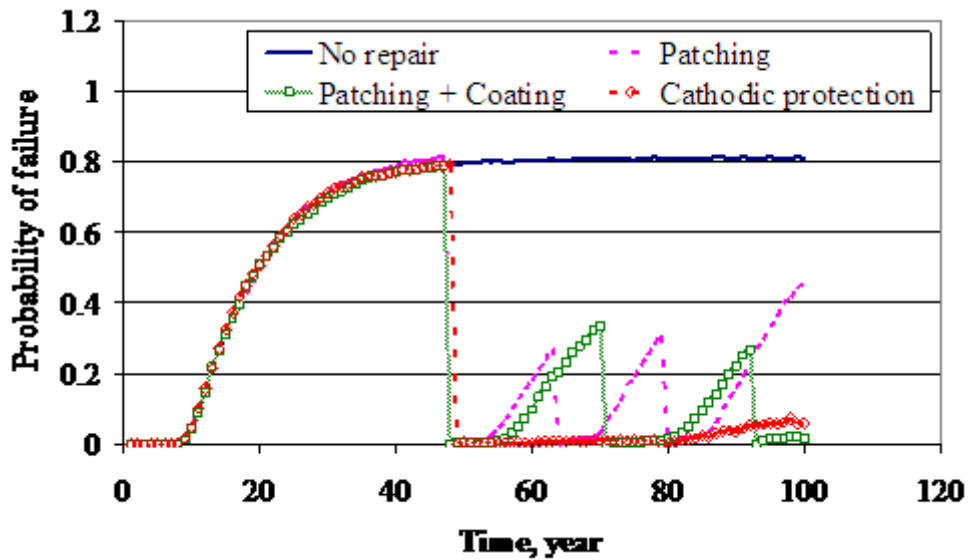
รูปที่ 1 ระดับความเสียหายที่แตกต่างกันในแต่ละส่วนของโครงสร้าง



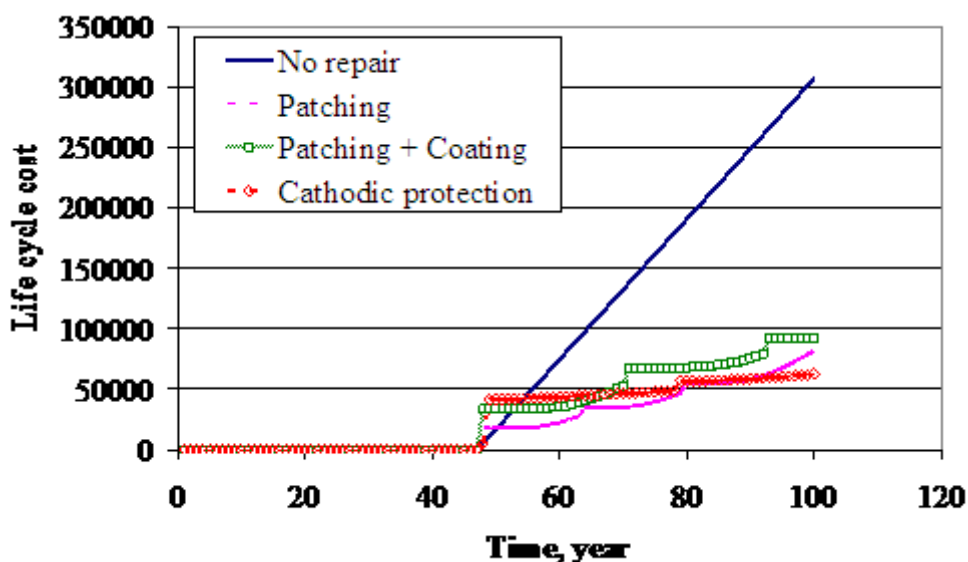
รูปที่ 2 การกระจายตัวของข้อมูลการตรวจสอบประเมินกำลังอัดของคอนกรีต ณ ตำแหน่งต่างๆของโครงสร้าง

สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ชั้น 3 อาคารสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 487 รามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0-2935-6539 โทรสาร 0-2935-6538 Email : thaitca@gmail.com Homepage : <http://www.thaitca.or.th>



รูปที่ 3 เปรียบเทียบโอกาสการเกิดรอยร้าวเนื่องจากสนิมในเหล็กเสริมของโครงสร้างที่มีการบำรุงรักษาด้วยวิธีต่างๆ



รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างที่มีการบำรุงรักษาด้วยวิธีต่างๆ