การบูรณปฏิสังขรณ์อาคารเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ (ภาค ๒)
The Innovation of Building for the Re-Use (II)

รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ศรีสมพงษ์
อาจารย์ประจำสาขาสถาปัตยกรรมและการวางแผน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ความเสียหายในอาคารอันมีสาเหตุมาจากการทรุดตัวของดินเป็นปัญหาใหญ่ที่อาจจะส่งผลกระทบกับเสถียรภาพของโครงสร้างฐานรากอาคารเมื่อใช้งานไปแล้วในช่วงเวลาหนึ่งการแก้ไขต้องดำเนินการในทันที สถาปนิก วิศวกรและผู้ชำนาญทางปฐพีกลศาสตร์ต้องร่วมกันวางแผนงานแก้ไขความเสียหายนี้ร่วมกัน และการบูรณปฏิสังขรณ์อาคารก็มิได้ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีในทางวัสดุและวิศวกรรมเพียงเท่านั้น หากแต่ยังจะต้องนำเอาศาสตร์ของการจัดการในระดับสูง การวางแผนงาน และการควบคุมค่าใช้จ่ายในระยะยาว เข้ามาประยุกต์อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การบูรณะเพื่อการป้องกัน, การบูรณะเพื่อการแก้ไขและเยียวยา, การบูรณะให้เหมาะสมกับสภาพและเงื่อนไข การทำค้ำยัน, งานซ่อมเสริมฐานราก

Abstract

The damage of building structures depend most directly on the changes of the supporting ground and might affect the stability of the building foundations. The maintenance becomes a necessary action involving the building organization in the later state. The maintenance activities are then essential and take greater part in maintaining the use of the building towards its lifetime. Effective maintenance requires long range information, routine works and severe training and the work will be carried on only by skillful technicians. Finally, the accomplishment of the innovation work of building structures can not be done efficiently without taking the breakdown of design, specification and cost factors into the basic consideration.

Keywords : Preventive maintenance, Corrective or Remedial maintenance, Conditional maintenance, Shoring, Under-pinning work

1. บทนำ

การบูรณปฏิสังขรณ์สถาปัตยกรรมเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ (ภาค ๑) ได้ลงพิมพ์ในวารสารทางวิชาการและศิลปกรรมฉบับที่ 1 เดือนมีนาคม 2547 ซึ่งผู้เขียนได้เสนอความเสียหายจากความเสื่อมของคอนกรีต และแนวความคิดเบื้องต้นในการบูรณะโครงสร้างอาคารเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ด้วยการประยุกต์โครงสร้างเหล็กและเหล็กลวดแรงดึงสูงเข้ามาช่วยในงานบูรณปฏิสังขรณ์ มากกว่าที่จะรื้อถอนอาคารแล้วออกแบบสร้างขึ้นใหม่ ในข้อเขียนฉบับนี้จะนำเสนอวิธีการที่สำคัญยิ่งทางการก่อสร้างอาคารและเป็นปัจจัยที่เชื่อมโยงกัน วิธีการเหล่านี้นับได้ว่ามีความจำเป็นต้องนำมาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาความสูญเสียที่ประสบกันอยู่อย่างกว้างขวาง เพื่อให้เกิดการแก้ปัญหาที่ประหยัด ปลอดภัยและยืดอายุใช้งานของอาคารได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสียหายจากการทรุดตัวของอาคาร

ปัญหามักจะเกิดแก่ฐานรากอาคารที่พึ่งพาการพยุงน้ำหนักโดยดินใต้ฐานรากที่บดอัดแน่นหรือโดยการตอกค้ำด้วยเสาเข็มใต้ฐานรากเป็นหลัก การออกแบบทางวิศวกรรมที่รอบคอบจะช่วยให้สามารถกำหนดขนาด ความยาว และจำนวนเสาเข็มหรือขนาดของฐานรากได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงหรือลดการเอียงทรุดของฐานรากได้

2. การจัดการงานบูรณปฏิสังขรณ์ (Maintenance Management)

มักมีคำถามเสมอว่าจะต้องทำการบูรณะซ่อมแซมอาคาร ณ ช่วงเวลาใดระหว่างการใช้งาน เนื่องจากอาคารนั้นไม่เหมือนกับเครื่องใช้ไม้สอยชนิดอื่นๆที่สามารถหยุดใช้ด้วยการหามาทดแทนก่อน ณ ช่วงเวลาแห่งการบูรณะซ่อมแซมนั้น หากจะรอคอยโอกาสที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุดที่มาถึงอาจจะเป็นเวลาเดียวกันของการวิบัติของโครงสร้างอาคารใด และการหยุดใช้อาคารเพื่อกิจกรรมการบูรณะซ่อมแซมอาจจะหมายถึงการขาดตอนขาดรายได้ของกิจการที่กำลังดำเนินอยู่ งานบูรณะซ่อมแซมจึงต้องพึ่งพาการวางแผนและดำเนินการในระดับสูงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การบริหารความเสี่ยงทางธุรกิจนั้นควรจะพิจารณาผนวกงานบูรณปฏิสังขรณ์อาคารเข้าด้วย ซึ่งงานนี้ควรจะรวมเอางานการตรวจสอบความแข็งแรงและอายุการใช้งานของโครงสร้างเข้าไว้ด้วย

ตัวอย่างที่สำคัญคือการที่คณะกรรมการต้องตอบข้อซักถามของผู้ใช้สอยอาคารและผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ว่าองค์ประกอบอาคารส่วนที่เกิดเป็นปัญหาขึ้นมานั้นสมควรแก่การถอดเปลี่ยนแล้วหรือเพียงแต่ต้องการการซ่อมแซมเท่านั้น คำตอบที่เหมาะสมน่าจะถูกจัดวางว่าให้ทำการในลักษณะของการทำ "บูรณะเพื่อการป้องกัน" ที่ได้ผลสูงสุดนั่นเอง และการกำหนดขั้นตอนที่ปฏิสัมพันธ์กับเงื่อนไขเวลาในการทำงานแล้วเสร็จจะเป็นกลไกอันสำคัญที่จะควบคุมค่าใช้จ่ายในการบูรณะอาคารในที่สุด

3. ปัจจัยที่สำคัญในงานบูรณปฏิสังขรณ์

ประวัติย้อนหลัง (Historical Data)

ประวัติย้อนหลังเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดของการดำเนินการบูรณปฏิสังขรณ์อาคาร เอกสารทุกชิ้นตั้งแต่แบบร่างครั้งแรก แบบของการทำงานหน้างานจริงที่ผลิตขึ้นโดยผู้รับจ้างก่อสร้าง ตลอดจนรายการคำนวณโครงสร้างและบัญชีวัสดุก่อสร้างทุกชิ้นเป็นทรัพยากรที่สำคัญ ที่สามารถนำไปใช้ดำเนินการบูรณปฏิสังขรณ์อาคารที่มีประสิทธิภาพที่สุด

ความชำนาญพิเศษ (Specialized Skills)

ความชำนาญพิเศษก็เป็นสิ่งจำเป็นอีกประการหนึ่งในการบริหารจัดการบูรณปฏิสังขรณ์อาคารเมื่อต้องทำการกับงานระบบวิศวกรรมที่ซับซ้อน เช่น งานระบบไฟฟ้าและสื่อสาร ระบบประปา สุขาภิบาลและบำบัดของเสีย ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ เป็นต้น

การจัดการบูรณปฏิสังขรณ์ที่พร้อมมูล (Total Productive Maintenance)

การวางแผนจัดการให้มีการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เพียงพอเฉพาะในงานที่ต้องการทำการบูรณะเท่านั้น ในประเทศญี่ปุ่นเรียกว่านโยบาย "Kaizen" ซึ่งเป็นกระบวนการคิดเบ็ดเสร็จในการบูรณะแห่งความครบถ้วนสมบูรณ์เฉพาะงาน ซึ่งในการบริหารนี้ต้องทำการออกแบบการบูรณะก่อน จากนั้นทำการอบรมแก่บุคคลากรที่เกี่ยวข้องครบทุกฝ่ายให้เข้าใจในแบบแผนอย่างถ่องแท้และรัดกุมก่อนจะเริ่มลงมือปฏิบัติ มีการกำหนดแจกแจงบัญชีของวัสดุอุปกรณ์และรายชื่อบุคคลากรอย่างครบถ้วน โดยแจ้งให้ทุกฝ่ายรับทราบว่าอุปกรณ์ทุกชิ้นเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่ต้องนำไปใช้ดำเนินการบูรณปฏิสังขรณ์อาคารอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด นโยบายแห่งการบูรณปฏิสังขรณ์นี้เป็นที่ยอมรับและนำไปประยุกต์กันอย่างแพร่หลายจนกระทั่งปัจจุบันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบูรณปฏิสังขรณ์เฉพาะกิจ

เพื่อป้องกันความซ้ำซ้อนในการทำงานจำเป็นต้องแยกแยะชนิดของงานบูรณปฏิสังขรณ์ออกดังต่อไปนี้

ก. การบูรณะเพื่อการป้องกัน (Preventive Maintenance)

การบูรณะเพื่อการป้องกันคือการบริหารการบูรณะในทันใดก่อนที่ความล้มเหลวจะเกิดขึ้น หลังจากการปรึกษาหารือระบุว่าถึงเวลาที่เหมาะสมต้องดำเนินการแล้ว เช่น การทาสีกันสนิมเหล็ก และการทำระบบกันซึมดาดฟ้าอาคารเป็นต้น

ข. การบูรณะเพื่อการแก้ไขและเยียวยา (Corrective or Remedial Maintenance)

การบูรณะเพื่อการแก้ไขและเยียวยา คือการนำชิ้นส่วนหรืออะไหล่มาทดแทนในส่วนที่เสียหายไปที่เห็นได้ชัดเจน ซึ่งมักจะไม่สามารถปฏิบัติได้โดยง่ายสำหรับอาคารขนาดใหญ่ และมีองค์ประกอบย่อยมากเช่น การซ่อมรอยแตกร้าว การเปลี่ยนชิ้นส่วนเหล็กรูปพรรณหรือท่อระบายน้ำที่ผุกร่อนไปแล้ว เป็นต้น

ค. การบูรณะให้เหมาะสมกับสภาพและเงื่อนไข (Conditional Maintenance)

การบูรณะให้เหมาะสมกับสภาพและเงื่อนไขคือขบวนการที่ซับซ้อนในการแก้ไขส่วนที่เสียหายอันประกอบด้วยระบบขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินความเสียหายตลอดระยะเวลาแห่งการใช้งานเช่นการค้ำยันอาคารที่เอียงทรุด หรือการหนุนเสริมฐานรากที่ทรุดตัวลง (under pinning) และการปรับระดับพื้นอาคารหรือผิวจราจรที่เกิดการทรุดตัวไม่เท่ากัน ในการแก้ไขต้องระบุว่าสภาพแวดล้อมจะต้องไม่เลวร้ายเช่นที่เป็นมา เหล่านี้เป็นต้น

4. ภารกิจเบื้องต้นในงานบูรณปฏิสังขรณ์

4.1 การตรวจสอบความเสียหายของอาคาร

ในการก่อสร้างที่ดีนั้นจะจัดให้มีผู้ควบคุมงานที่มีความรู้ความสามารถทางวิชาชีพทางการก่อสร้างและวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องทุกระบบมาทำงานทางควบคุมงานในระหว่างการก่อสร้างและตรวจสอบความปลอดภัยในขณะทำงานอีกทั้งเมื่องานได้มีผลออกมาแล้วผู้ควบคุมงานจะอำนวยการและบริหารให้การก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและสำเร็จตามเป้าหมาย ผู้ควบคุมงานจึงต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนตามกฎหมายที่จะปฏิบัติงานนี้ได้

การทำงานที่ได้ผลดีของการควบคุมและตรวจสอบจะเอื้ออำนวยให้กรรมการตรวจการจ้างทำงานโดยสะดวก ประหยัดงบประมาณในการก่อสร้างและป้องกันการขัดแย้งอันอาจจะเกิดขึ้นระหว่างเจ้าของงานและผู้รับจ้างก่อสร้างและที่เป็นเป้าหมายสูงสุดในระยะยาวก็คือสามารถทำให้การใช้โครงสร้างอาคารนั้นได้ยาวนานตามอายุการใช้งานที่ถูกต้องเป็นการประหยัดค่าบำรุงรักษาหรือค่าซ่อมแซมตลอดอายุการใช้งาน

4.2 มาตรการตรวจสอบความสูญเสีย

การสำรวจกำหนดขอบเขตดังนี้คือ

1) การสำรวจสภาพ ระดับของดิน และพฤติกรรมการทรุดตัวอย่างต่อเนื่อง ควรตรวจสอบเฉพาะในพื้นที่ไม่ไกลกว่า 50 เมตรจากอาคารที่ทำการศึกษาวิจัยในเบื้องต้น และควรขยายออกไปอีกจุดละไม่เกิน 100 เมตร

2) การสำรวจร่องรอยการชำรุดหรือแตกร้าวของโครงสร้างอาคารจะกระทำเฉพาะที่สามารถบันทึกได้จากผิวของโครงสร้างหรือองค์ประกอบโครงสร้างส่วนนั้นๆ การปฏิบัติการใดๆ ที่เข้าไปในเนื้อโครงสร้างและอาจจะทำลายความคงทนถาวรของโครงสร้างจะถูกหลีกเลี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การสำรวจหรือตรวจค้นความชำรุดของโครงสร้างส่วนที่ลึกเกินความสามารถของเครื่องบันทึกภาพชนิดไฟเบอร์สโคป (Fiber-scope Camera) หรือกล้องขยายภาพที่เกินจากกำลังขยายขนาด 1: 1000 ขึ้นไปไม่อยู่ในภาระการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

5. งานซ่อมแซมอาคารและกันน้ำรั่วซึม (Waterproofing)

5.1 การกันน้ำรั่วซึม การกันน้ำรั่วซึมเป็นงานแก้ไขซ่อมแซมอาคารเฉพาะกิจที่พึ่งพาวัสดุอุปกรณ์ในการซ่อมแซมตามชนิดและคุณภาพของวัสดุอุปกรณ์นั้นๆ การดำเนินการแก้ไขมักจะไม่นำเอาเทคโนโลยีทางการก่อสร้างและวัสดุศาสตร์เข้ามาปฏิสัมพันธ์ด้วย

ตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์กันซึมชนิดใช้ทาเคลือบไร้รอยต่อ

- ชนิดมีความยืดหยุ่นสูง 2 ส่วนผสม “ไนโตรพรูฟ 300” ใช้สำหรับส่วนโครงสร้างหลังคา ห้องน้ำ ระเบียง พื้นฐานราก พื้นยก และพื้นอุโมงค์
- ชนิด อะคริลิคซีเมนต์ 2 ส่วนผสม “บรัชบอนด์” ใช้สำหรับส่วนโครงสร้างถังคอนกรีตน้ำดื่ม กำแพงใต้ดิน รางระบายน้ำ ฐานราก ห้องน้ำ และห้องครัว
- วัสดุหยุดน้ำ (water stop) ชนิดบวมน้ำ “ซุปเปอร์คาสท์เอสดับบลิว” ใช้กับรอยต่อโครงสร้าง (construction joint)

5.2 การอุดปิดรอยต่อโครงสร้าง (joint sealants & fillers)

ตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์

- ไธโอเฟล็ก 600 (Thaioflex600) วัสดุแนวรอยต่อโพลีซัลไฟด์ 2 ส่วนผสม
- โคลพอร์ 200 พีเอฟ (Colpor200 PF) วัสดุยาแนวรอยต่อถนนชนิดหยอดเย็น ปราศจากน้ำมันดิน และทนน้ำมันเจ็ท
- ไนโตซีล 222 (Nitiseal222) วัสดุแนวรอยต่อพื้นคอนกรีตชนิดไม่ต้องต้ม
- ไนโตซีล 525 (Nitiseal525) วัสดุยาแนวรอยต่อส่วนผสมประเภท “โมดิฟายด์โพลียูริเทน”
- เฟล็กเซล (Flexcell) แผ่นไฟเบอร์สำหรับรอยต่อที่มีการเคลื่อนตัวของคอนกรีต
- เอ็กแปนเซล (Expancell) โพลีเอธีลีนโฟมแท่งชนิดเซลปิด

5.3 ปูนอุดช่องว่างหรืออีพ็อกซีเกราท์ (precision grouts)

ตัวอย่างวัสดุอุปกรณ์อุดช่องว่าง

- ชนิดผสมที่หน่วยงาน “คอนเบ็ก 100” ใช้สำหรับงานมอร์ต้าหรือคอนกรีตที่ไม่ต้องการการหดตัว งานอัดแรงในคอนกรีต(pre-stressed concrete) หรือในท่อลวดอัดแรง (post-tensioning duct) เป็นต้น มีคุณสมบัติขยายตัวเมื่อผสมกับมอร์ต้าหรือซีเมนต์ เพิ่มอัตราการไหลของปูน ลดการหดตัว
- ชนิดซีเมนต์ผสมเสร็จ ใช้งานกับฐานเครื่องจักร หัวเสา งานซ่อมคอนกรีต และจุดรองรับสะพาน เป็นต้น
- “คอนเบ็กต้า จีพี” มีคุณสมบัติทั่วไป ไม่มีส่วนผสมของโลหะ ขยายตัวเมื่อผสมกับน้ำเพื่อลดการหดตัว มีการไหลที่ดีมาก ไม่มีการเยิ้ม (bleeding) ให้กำลังอัดสูง
- “คอนเบ็กต้า เอชเอฟ” ใช้งานกับเครื่องจักรขนาดใหญ่และยาว งานมอร์ต้าสำหรับปั๊ม จุดรองรับสะพานรางรถไฟ เป็นต้น มีคุณสมบัติทั่วไป ไม่มีสวนผสมของโลหะ มีการไหลที่ดีมาก การขยายตัวไม่เกิดจากการสร้างก๊าซไฮโดรเจน สามารถใช้กับงานปั๊มได้เป็นอย่างดี มีช่วงเวลาในการใช้งานยาวนาน
- ชนิดอีพ็อกซี่ “คอนเบ็กต้า อีพี”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานกับฐานของเครนรถไฟ ฐานของเครื่องจักรที่มีการสั่นสะเทือนสูง เป็นต้น มีคุณสมบัติทั่วไปคือ ทนต่อสารเคมีชนิดต่างๆ ทนทานต่อการรับน้ำหนักชนิดเคลื่อนที่ ให้กำลังสูงอย่างรวดเร็ว ไม่เกิดความล้าเมื่อรับน้ำหนักเป็นเวลานาน

6. วิธีป้องกันการผุกร่อนของเหล็กโครงสร้าง

โดยทั่วไปวิธีการป้องกันการผุกร่อนของเหล็กกล้าในงานก่อสร้างมีดังต่อไปนี้

6.1 วิธีป้องกันการผุกร่อนชนิดปฐมภูมิ

วิธีการเช่นนี้มีราคาแพง เป็นการเลือกการใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการผุกร่อนในตัวที่สูงกว่าวัสดุชนิดอื่น เช่น การใช้เหล็กสเตนเลส (stainless steel) หรือเหล็กทนสภาพภูมิอากาศได้ดี (weathering steel)

6.2 วิธีป้องกันการผุกร่อนชนิดทุติยภูมิ อันได้แก่

(ก.) วิธีเคลือบชุบ (coating method) โดยกรรมวิธีนี้ สารที่ทำการเคลือบชุบไว้จะทำหน้าที่ป้องกันน้ำและออกซิเจนไม่ให้มาสัมผัสกับผิวของโลหะ แบ่งออกเป็นหลายวิธีย่อยได้ดังต่อไปนี้คือ การชุบด้วยน้ำมัน ชุบด้วยโลหะ หรือการคาดหุ้ม (lining) ด้วยยาง พลาสติก หรือการบุ (กระเบื้อง) ซึ่งนับว่าเป็นการตกแต่งผิวของวัสดุไปในตัว

(ข.) วิธีทางไฟฟ้า (electrical method) วิธีนี้สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้ดีมาก มักจะใช้สำหรับโครงสร้างที่ไม่สามารถทำการซ่อมแซมได้ตลอดอายุการใช้งาน เช่น เสาเข็มเหล็ก ใช้ภาษาเรียกทางเทคนิคว่า ชนิดคะโทด (catholic protection) และชนิดอะโนด (anodic protection)

(ค.) การทาสีที่ผิว (painting) การทาสีเป็นกรรมวิธีป้องกันการสึกกร่อนที่ง่ายวิธีหนึ่ง สีที่เคลือบไว้จะทำหน้าที่คุ้มครอง ปกป้องและหน่วงเหนี่ยวปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าออกไป เป็นการยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างได้ดีอีกวิธีหนึ่ง สามารถทำได้ในวิธีการปฏิบัติที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้คือ

- การใช้แปรงทาหรือลูกกลิ้ง เหมาะสำหรับสีที่แห้งช้า สีน้ำมัน หรือน้ำมันชักเงา (oil vanish)
- การใช้สีพ่นเย็น เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ใช้ได้กับสีเกือบทุกชนิด จะทำให้ได้ผิวสีที่เรียบและสม่ำเสมอ การพ่นนั้นเป็นการอัดละอองอากาศเข้าไปทำให้สีแตกเป็นฝอยละอองก่อน แล้วพ่นลงไปบนผิวที่ต้องการ
- การพ่นสีโดยไม่ใช้อากาศ (airless spray painting) วิธีการนี้ จะใช้หัวพ่นชนิดพิเศษที่ทำให้สีแตกตัวออกอย่างรวดเร็ว และไม่พึ่งฝอยอากาศ มีทั้งวิธีการพ่นชนิดพ่นร้อน หรือ พ่นเย็น ด้วยเครื่องที่มีประสิทธิภาพจะทำให้สีกระเด็นกลับน้อย ไม่สกปรก จึงสิ้นเปลืองปริมาณสีน้อย

วิธีการทาสีที่ถูกต้อง

ปกติจะทาสีเป็นชั้นๆ เพื่อความประณีตและหวังผลในการป้องกันการผุกร่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือจะทาสีมากกว่าหนึ่งชั้น นอกจากนี้ยังจะทำให้ได้ผิววัสดุที่งดงาม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สีที่เคลือบทาโลหะจะมีหลายชั้นและแต่ละชั้นจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น สีชั้นแรก (Primer coat) จะใช้ป้องกันการผุกร่อน ส่วนสีชั้นนอกต่อๆ ไปจะทำให้วัสดุทนทานต่อสิ่ง หรือสภาพแวดล้อมภายนอก ส่วนสีชั้นกลางจะทำหน้าที่ยึดโยงสีทั้งสองเอาไว้ด้วยกัน จึงจะสังเกตเห็นได้ว่ามักจะทาเป็นสามชั้นเป็นอย่างน้อยเสมอ

7. งานซ่อมเสริมฐานรากอาคาร (Under-Pinning Work)

ฐานรากของอาคารเป็นส่วนประกอบที่ซ่อนเร้นจากสายตาและเป็นส่วนประกอบที่ทำงานหนักที่สุดในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะของดินขึ้นอย่างต่อเนื่อง และความมั่นคงอีกทั้งอายุของอาคารน่าจะขึ้นอยู่กับเสถียรภาพของฐานรากนี้เป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานรากอาคารทรุดตัวจากสาเหตุหลายประการ เช่น ดินที่รองรับอยู่เบื้องล่างเกิดการอัดตัวและคายน้ำ (Long-term consolidation) หรือจากการที่น้ำใต้ดินลดระดับลงอย่างรวดเร็วกลายเป็นช่องว่าง ในหลายภาคส่วนของพื้นที่ดินเกิดการไหลกัดเซาะของลำธารน้ำใต้ดินที่สำรวจไม่พบ ทำให้ฐานรากที่ออกแบบไว้อย่างถูกต้องอยู่แต่เดิมแล้วต้องทรุดตัวลงหลังจากใช้ไปแล้วสักระยะเวลาหนึ่ง สิ่เหล่านี้เกิดขึ้นได้เสมอ การออกแบบฐานรากจึงต้องใช้ความชำนาญและอิงอยู่บนฐานข้อมูลที่ถูกต้องและใหม่อยู่เสมอ (updated boring log data)

การทรุดตัวที่ไม่สม่ำเสมอพร้อมกันทุกฐานราก(differential settlement) นำมาซึ่งความเสียหายแก่โครงสร้างอาคารมาก และหากไม่ทำการซ่อมแซมแก้ไขให้ทันท่วงทีอาจจะนำมาซึ่งการวิบัติของอาคารได้ การตรวจสอบสาเหตุที่แท้จริงของแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้นในอาคารต่างๆเป็นเรื่องที่ซับซ้อน แต่ในทางการก่อสร้างจะต้องหากรรมวิธีในอันที่จะหยุดยั้งปรากฏการณ์นี้ลงให้ได้อย่างรวดเร็วและทันท่วงที

การทรุดตัวที่เท่ากันทุกฐานรากก็อาจจะเกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้เนื่องจากพื้นดินเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะได้ในบางโอกาส *(การบูรณปฏิสังขรณ์สถาปัตยกรรมเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ (1) ลงพิมพ์ในวารสารทางวิชาการและศิลปกรรม Vol. 1 : 2004 ฉบับที่ 1 ปี 2547)* การควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพจะสามารถลดปัญหาน้ำท่วมขังอาคารชั้นใต้ดินหรือชั้นติดดินได และสามารถป้องกันอันตรายจากการวิบัติในระยะยาวได้

การแตกร้าว สัญญาณเตือนภัย

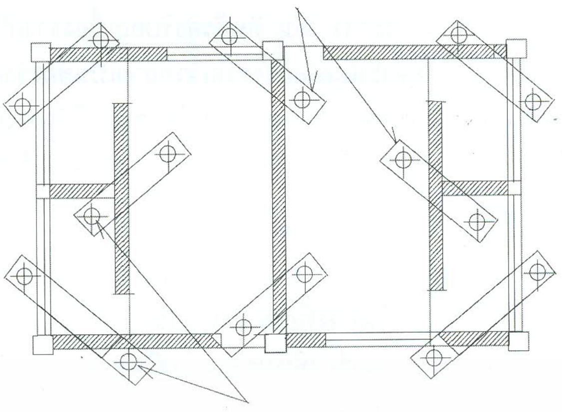
การวิบัติมักจะสังเกตเห็นได้ตั้งแต่ระยะแรก เช่น คานและเสาคอนกรีตเสริมเหล็กเริ่มร้าวเล็กน้อยแคะค่อยๆขยายตัวออกไป อาจเกิดขึ้นในฐานรากด้วยแต่มักไม่ปรากฏแก่สายตาเนื่องจากอยู่ใต้ดิน เมื่ออัตราการทรุดตัวมากขึ้นอาจจะทำให้อาคารพังทลายลงได้ในเวลาอันสั้นและสุดวิสัยที่จะแก้ไขทัน การแก้ไขความชำรุดของฐานรากเป็นงานที่ยากและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก การป้องกันด้วยการออกแบบและก่อสร้างฐานรากที่รัดกุมเป็นสิ่งเดียวที่ทำได้และไม่มีอัตราเสี่ยงอันตราย

7.1 การเสริมไมโครไพล์ (Micro Pile)

การแก้ไขฐานรากที่ทรุดตัวนั้นจะดำเนินการภายหลังการวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงได้แล้ว เมื่อพบว่าปัญหาเกิดจากความบกพร่องของเสาเข็มที่ตอกหรือเทหล่อลงไปแล้วต้องไม่ใช้เสาเข็มชุดนั้นอีกต่อไปเนื่องจากในหลายกรณีพบว่าเสาเข็มเหล่านี้จะฉุดรั้งโครงสร้างลงไปแทนการพยุงรับซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายเท่านั้น จึงต้องก่อสร้างเสาเข็มชุดใหม่เข้าไปแทนที่ และมักจะทำเสาเข็มชุดแก้ไขนี้ให้หยั่งลึกลงไปถึงชั้นดินทรายชั้นแรกยกเว้นว่าหากปัญหาเกิดขึ้นจากการยุบตัวคายน้ำของดินเหนียวใต้ฐานรากเท่านั้นที่จะตอกเสาเข็มเพิ่มในอาณาบริเวณที่ใกล้เคียงกับส่วนที่เกิดปัญหา ทั้งนี้การออกแบบจะต้องกระทำอย่างรอบคอบเพื่อหลีกเลี่ยงการกระทบกับฐานรากเดิม ผู้ควบคุมต้องทำงานอย่างใกล้ชิดตลอดเวลาโดยจะทำการวัดคุมระดับต่างๆ ให้คงที่อยู่ตัวให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

หลักการที่สำคัญของการเสริมฐานรากคือการปรับปรุงฐานรากเก่าให้รับน้ำหนักได้มากขึ้น ทำได้ด้วยการเพิ่มขนาดหรือปรับปรุงความสามารถในการรองรับน้ำหนักของดินใต้ฐานรากทางใดทางหนึ่งหรือทำร่วมกันในงานที่หวังผลสูงสุดเพื่อการหยุดยั้งการทรุดหรือเคลื่อนตัวของฐานรากอาคาร หรืออาจเป็นการปรับแก้การออกแบบที่ผิดพลาดที่ได้ทำไว้ก่อนหน้าและนำมาซึ่งปัญหาต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 การวางผังในการเสริมฐานราก

คุณลักษณะของเสาเข็มที่ใช้เสริม

เสาเข็มที่ใช้เสริมฐานรากของอาคารควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. มีขนาดพอเหมาะ สามารถทำการติดตั้งได้ในสภาพพื้นที่คับแคบ
2. ต้องการการก่อสร้างที่ไม่ก่อให้เกิดแรงสั่นสะเทือนมากในขณะติดตั้ง
3. รับน้ำหนักได้ทันทีเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ
4. สามารถเอื้ออำนวยต่อการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มได้ทั่วทุกต้น

เสาเข็มชนิดไมโครไพล์จึงนับว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถใช้แม่แรงไฮดรอลิคเป็นอุปกรณ์กดลงดินได้ง่าย วัสดุที่ใช้ทำเสาเข็มอาจจะเป็นเหล็ก คอนกรีตเสริมเหล็ก หรือเป็นชุดองค์ประกอบที่เป็นท่อนๆ ต่อกัน อนึ่งอนุญาตให้ใช้เสาเข็มเจาะชนิดแห้งได้ในกรณีที่ไม่ก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนในขณะก่อสร้างจนประเมินได้ว่าจะรบกวนและนำมาซึ่งการวิบัติแก่ฐานรากที่เป็นปัญหาอยู่ก่อนแล้ว และต้องผ่านการพิจารณาแล้วแต่กรณีไป

7.2 ลำดับขั้นตอนของการเสริมเสาเข็ม

1. ทำการคำนวณน้ำหนักที่ลงบนฐานรากที่เกิดปัญหาการทรุดตัวในเงื่อนไขสุดท้ายที่เป็นอยู่
2. เลือกชนิดของเสาเข็มที่จะก่อสร้างเสริม หาขนาดและความยาวที่เหมาะสมกับรายการคำนวณที่ได้ข้างบนโดยใช้ข้อมูลชั้นดินในจุดนั้นประกอบการพิจารณา
3. กำหนดตำแหน่งเสาเข็มใหม่ที่เหมาะสมที่สุดและทำการก่อสร้างเสาเข็มใหม่
4. ทำการถ่ายน้ำหนักลงบนเสาเข็มชุดใหม่เมื่อได้อายุพร้อมใช้งานแล้ว
5. วัดอัตราการทรุดตัวหลังการแก้ไขอย่างต่อเนื่องและทำระเบียนรายงานอย่างละเอียดต่อไป

การติดตั้งเสาเข็มเหล็กและเสาเข็มประกอบ

เสาเข็มเหล็กและเสาเข็มประกอบใช้สำหรับการติดตั้งในสถานที่คับแคบ สามารถทำการตัดต่อได้ง่ายและใช้งานได้ทันทีที่การติดตั้งแล้วเสร็จ จึงนับว่าเหมาะสมกับงานแก้ไขฐานรากทรุดตัวที่สุด เนื่องจากต้องทำงานอย่างรวดเร็วเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการวิบัติที่ฉับพลันอันอาจจะเกิดขึ้นได้ทุกขณะก่อนการแก้ไข อุปกรณ์หลักมีเพียงแม่แรงไฮดรอลิคและส่วนประกอบของแม่แรงเท่านั้นจึงปลอดจากแรงสั่นสะเทือนขณะทำงาน อนึ่ง สำหรับงานที่ซับซ้อนและเข้าถึงได้ยากอาจจะอนุโลมให้ใช้เสาเข็มไม้ที่ผ่านกรรมวิธีการปรับสภาพแล้วและไม่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการผุกร่อนจากความเปียกชื้น

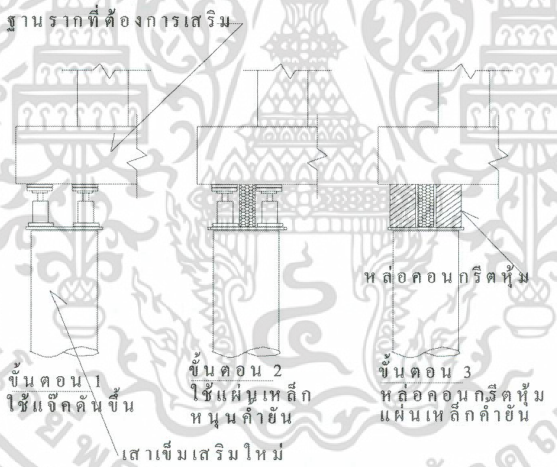
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 การทำค้ำยันเพื่อหนุนอาคาร (Shoring)

เมื่อมีแนวโน้มที่จะเกิดการเอียงหนีศูนย์กลางของโครงสร้างขึ้น หรือโครงสร้างอาคารมีความโน้มเอียงที่จะทรุดตัวลงอย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะทำการเสริมฐานรากเราจะต้องทำการค้ำยันโครงสร้างส่วนนั้นให้อยู่ในสภาวะที่ไม่เสี่ยงต่อการกลับเลวร้ายลงอย่างมั่นใจ จากนั้นจึงดำเนินการเสริมฐานรากได้ตามต้องการ หลังจากทำการสำรวจสภาพและวิเคราะห์รายละเอียดของอาคารเดิมแล้ว มักจะเริ่มต้นด้วยการขุดหลุมบริเวณข้างเคียงหรือรอบฐานรากเดิมเพื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็นต่างๆ

การค้ำยันมักทำการตัดตอนเพื่อถ่ายน้ำหนักที่เป็นภาระเกินกว่าที่ฐานรากเดิมจะรับได้หมดมาทำการถ่ายลงยังส่วนของฐานรากใหม่ให้พยุงน้ำหนักไว้ชั่วคราวอย่างมีประสิทธิภาพก่อน รอเวลาให้สามารถทำการแก้ไขฐานรากเก่าให้อยู่ในสภาวะที่พร้อมใหม่ ก่อนที่จะคืนภาระการรับน้ำหนักให้แก่ฐานรากเดิมเพื่อทำการใช้งานอีกต่อไป การทำค้ำยันต้องอาศัยประสบการณ์ที่สูงและประกอบด้วยกับรายการคำนวณที่แม่นยำเท่านั้น

การถ่ายน้ำหนักมักจะใช้คานเหล็กรูปพรรณที่มีน้ำหนักเบาพอเพียงในการใช้งานแต่สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้ง่ายเป็นหลัก การถ่ายน้ำหนักจะดำเนินการเมื่อทำการก่อสร้างเสาเข็มเสริมแล้วเสร็จ บางกรณีสามารถทำการเทหล่อคอนกรีตเสริมเหล็กหุ้มหัวเสาเข็มที่เสริม แต่การเทหล่อจะพึ่งพาการขุดดินออกเป็นจำนวนมากซึ่งต้องมั่นใจว่ามีความปลอดภัยพอเพียง สำหรับอาคารที่อยู่ในข่ายทรุดตัวอย่างรวดเร็วนั้น การทำค้ำยัน (shoring) ก่อนการขุดดินและการถ่ายน้ำหนักนับว่าเป็นความจำเป็นอย่างยิ่ง



รูปที่ 2 การถ่ายน้ำหนักลงเสาเข็มใหม่

7.4 การถ่ายน้ำหนักลงเสาเข็มใหม่

เรียกขั้นตอนการถ่ายน้ำหนักลงเสาเข็มใหม่ว่า "preloading" เมื่อการก่อสร้างเสาเข็มใหม่แล้วเสร็จควรทำการถ่ายน้ำหนักจากฐานรากเดิมลงมายังเสาเข็มชุดใหม่ในทันทีเพื่อชะลอการทรุดตัวของฐานรากเดิม วิธีการถ่ายน้ำหนักลงบนเสาเข็มเหล็กหรือเสาเข็มประกอบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ติดตั้งคานเหล็กที่จะทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักใต้คานคอดินหรือแป้นฐานรากให้มีแนวและรักษาระดับที่สามารถถ่ายน้ำหนักลงตรงมายังหัวเสาเข็มชุดที่เสริมใหม่

2) ทำแป้นเหล็กรองรับน้ำหนักบนหัวเสาเข็มที่เสริม

3) วางแม่แรงไฮดรอลิคันหัวเสาเข็มใหม่ที่ตรงกับคานแล้วดันก้านแม่แรงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ทำค้ำยันในช่วงจากหัวเสาเข็มถึงคานถ่ายน้ำหนักแล้วอัดช่องว่างด้วยแผ่นเหล็กให้แน่น จากนั้นเชื่อมต่อติดกับคานเหล็ก ทำการปรับขนาดแรงดันของแม่แรงให้พอเหมาะกับความต้องการที่พอดีกับขีดความสามารถการรับน้ำหนักได้ของเสาเข็มก่อนที่จะปลดแม่แรงออก

5) เมื่อตรวจสอบว่าได้ทำการถ่ายเทน้ำหนักบรรทุกจากฐานรากเดิมมาลงเสาเข็มใหม่หมดครบถ้วนแล้ว ตัดเสาเข็มเดิมให้ขาดได้เพื่อลดความเสี่ยงต่อการฉุดลงของเสาเข็มเก่า เราเรียกวิธีการนี้ว่า “full preloading”

7.5 การตรวจติดตามผล

การตรวจและติดตามผลเป็นงานที่ละเอียดอ่อนและจำเป็นอย่างยิ่งในงานก่อสร้างแก้ไขโครงสร้าง เฉพาะอย่างยิ่งงานแก้ไขซ่อมแซมฐานรากอาคาร ข้อมูลการรับน้ำหนักของฐานรากและสภาวะของการทรุดตัวต้องได้รับการยืนยันและบันทึกลงเป็นระเบียนจำแนกลงตามวันและเวลาอย่างละเอียด จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลการทรุดตัวเพิ่มเติมในช่วงเวลาหลังจากการก่อสร้างเสาเข็มเสริมและการลงน้ำหนักเสร็จสิ้นลง

หากผลการสำรวจพบว่าฐานรากที่แก้ไขแล้วยังมีการทรุดตัวลงไปอีกถึงแม้ว่าจะได้ดำเนินการไปด้วยความรอบคอบแล้วก็จะต้องนำข้อมูลใหม่มาวิเคราะห์ต่อไป การทรุดตัวอาจจะหยุดลงภายในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นช่วงเวลาที่ไม่นานมากนัก ทั้งนี้ต้องยอมรับว่าวัสดุใหม่ที่นำลงไปติดตั้งเพื่อทำการเสริมฐานรากทุกชิ้นมีการหดหรือขยายตัวตามสภาพแวดล้อมเล็กน้อย แต่ความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็อาจจะหยุดลงจนสามารถพิจารณาได้ว่าปลอดภัยในที่สุด

การประมวลผลสามารถทำได้โดยการเขียนกราฟสองแกนแสดงภาวะแห่งการทรุดตัวของฐานรากที่สัมพันธ์กับเวลา จากนั้นทำการกรอกข้อมูลลงไปในแบบฟอร์มและแผ่นบันทึกการแตกร้าวประกอบกัน

การบันทึกสภาวะแตกร้าวของคอนกรีตประกอบด้วยการวัดความยาวและความกว้างของรอยแยกจำแนกตามเวลาของการบันทึก ผู้บันทึกจะใช้ไม้บรรทัดสเกลและแว่นขยายร่วมกัน ในที่มืดทึบอาจจะต้องการไฟฉายช่วยในการส่องสว่างและสะดวกต่อการอ่านข้อมูล

ขั้นตอนสุดท้ายของงานแก้ไขโครงสร้างอาคารคือขั้นตอนของการวิเคราะห์เสถียรภาพของโครงสร้างเพื่อการทำบทสรุปและข้อเสนอแนะของผู้สำรวจและวิศวกรผู้รับผิดชอบในงานแก้ไขนี้ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกมอบแก่เจ้าของงานโดยมีการระบุในภาคสุดท้ายของเอกสารว่า โครงสร้างที่ได้รับการแก้ไขใหม่นั้นมีความมั่นคงมากหรือน้อย อายุใช้งานควรจะกำหนดได้เพียงใดในปัจจุบัน

หากเกิดความล้มเหลวหลังจากการแก้ไขเสร็จสิ้นลงแล้วก็ตามงานก็อาจจะต้องดำเนินต่อไปในมาตรการที่เข้มงวดยิ่งขึ้น แม้ว่าจะมีผลในทางลบปรากฏขึ้น วิศวกรผู้รับผิดชอบจะต้องระบุลงไปอย่างชัดเจนว่า การเอียงทรุดนี้จะก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินและควรให้ผู้พักอาศัยภายในอาคารย้ายออกจากอาคารหรือไม่ หากมีแนวโน้มในทางที่จะเกิดอันตรายจริง การรื้อถอนอาคารก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในที่สุด

8. การวิบัติเนื่องจากสาเหตุอื่น

8.1 การวิบัติจากการกระทำทางกล

การยืดและหดตัวของคอนกรีตและเหล็กอันเนื่องจากอุณหภูมิ เช่นจากแสงแดดที่แผดเผานานๆและกลับเย็นลงทันทีในเวลากลางคืน ความร้อนเป็นอันตรายต่อโครงสร้างอาคาร ทำให้เหล็กเสริมคอนกรีตและเหล็กรูปพรรณโครงสร้างที่ตั้งอยู่โดดเดี่ยวเปลี่ยนรูปและเสียกำลังลง วัสดุคอนกรีตที่ห่อหุ้มโครงสร้างอยู่ก็จะแตกออกทำให้โครงสร้างสูญเสียแรงอัดลงไปโดยเฉียบพลัน

ตัวอย่างที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการวิบัติอันเกิดจากอัคคีภัยทั้งในช่วงระยะเวลาของการก่อสร้างและหลังจากใช้งานแล้ว อุณหภูมิสูงสุดในขณะเกิดอัคคีภัยอาจจะใกล้กับ 2500 องศาเซลเซียส ในความร้อนนี้เหล็กและคอนกรีตจะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลายและกลายสภาพคุณสมบัติลงไป ไม่พร้อมที่จะใช้งานได้ต่อไป การฝืนใช้อาคารต่อไปไม่ว่าจะได้รับการแก้ไขในระดับใดย่อมไม่อาจประกันความวิบัติเฉียบพลันอันอาจจะเกิดขึ้นได้โดยไม่มีสัญญาณเตือนล่วงหน้า

8.2 ความเสียหายจากแรงสั่นสะเทือน

อันตรายที่เกิดจากแรงสั่นสะเทือนส่งถ่ายมาทางดินนับว่าเป็นปัญหาที่หนักหน่วงและเกิดกรณีพิพาทกันอยู่ทั่วไป การก่อสร้างในปัจจุบันจึงหาทางหลีกเลี่ยงปัญหานี้ด้วยการสร้างฐานรากที่ทำการพยุงด้วยเสาเข็มคอนกรีตหล่อในที่ (เสาเข็มเจาะชนิดแห้ง) กันมากขึ้น วิธีการป้องกันเช่นนี้ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาการสั่นสะเทือนได้ทั้งหมด วิธีที่แยบยลและได้ผลมากกว่าคือการทำกำแพงกันดินชนิดหนาที่เรียกว่า "slurry wall" นั้นนับได้ว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการก่อสร้างทุกระดับชั้น กำแพงกันดินชนิดนี้มีหลักการเฉกเช่นการทำเขื่อนคอนกรีตเสริมเหล็กล้อมรอบที่ดินที่จะทำการก่อสร้างเอาไว้ ดังนั้นดินหรือวัสดุอุปกรณ์อื่นใดทั้งหมดจะถูขังอยู่ในกองดินเดิมที่ไม่สามารถจะเคลื่อนตังออกไปทางด้านข้างได้เลย การก่อสร้างในระบบนี้แม้ว่าจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในเบื้องต้นสูงกว่าระบบอื่นก็ตาม ทว่าปัญหากระทบกับที่ดินข้างเคียงมักจะไม่เกิดขึ้น ความสูญเสียในระยะยาวไม่มีปรากฏขึ้นเลย

8.3 การวิบัติจากปฏิกิริยาทางเคมีและจุลินทรี

นอกจากความร้อนที่เปลี่ยนแปลงแล้วความชื้นและน้ำก็เป็นต้นเหตุของการวิบัติของโครงสร้างได้ การแทรกซึมของน้ำในรอยแตกร้าวที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าอาจจะสะสมและแทรกซึม เมื่อรวมตัวกับก๊าซออกซิเจน เกลือหรือสารเคมีอื่นๆ อาจจะเร่งให้การแตกร้าวทวีความรุนแรงและทำให้เหล็กเสริมหรือเหล็กรูปพรรณก่อสนิม เร่งเวลาของการวิบัติต่อโครงสร้างในอัตราที่สูงจนไม่สามารถคาดเดาได้ อาคารที่สร้างบริเวณชายทะเล มีคลื่นปะทะ อีกทั้งมีวัฏจักรของน้ำขึ้นลงเป็นประจำวันก็ดี อาคารที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ของโรงงานผลิตหรือเก็บสารเคมีก็ดี ล้วนแล้วแต่จะเสี่ยงต่อการวิบัติในเวลาอันสั้น ผู้ออกแบบมักจะเพิ่มขนาดโครงสร้างและเหล็กเสริมให้เป็นการเผื่อต่อความเสี่ยงนี้ แต่การคาดเดาและคำนวณอายุใช้งานของโครงสร้างในประเด็นนี้ไม่สามารถทำได้พอที่จะเป็นที่ยอมรับได้

การเสื่อมสภาพโดยสาเหตุทางเคมี (chemical deterioration)

เมื่อปรากฏว่าดินในพื้นที่ได้มีการทรุดตัวอยู่แล้ว และยังเกิดน้ำท่วมบ่อยๆ และมีระดับขึ้นลงที่แตกต่างกันไปในระดับที่สัมผัสกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กนั้นค่า "pH" ที่เคยอยู่ที่ระดับ 12-13 ตามปกติจะเปลี่ยนแปลงโดยลดค่าลง ปฏิกิริยา คาร์บอเนชั่น จึงเกิดขึ้น เรียกว่าการเกิดคาร์บอเนชั่น (carbonation) ในคอนกรีต กล่าวคือ ปริมาณก๊าซที่เป็นกรดบางชนิดในอากาศจะซึมผ่านเข้าไปในคอนกรีตและทำปฏิกิริยากับแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ที่ละลายน้ำ ทำให้ความเป็นเบสในคอนกรีตลดลง แผ่นฟิล์มบางๆ ที่เคลือบบนผิวเหล็กจะถูกทำลาย เหล็กเสริมขาดการปกป้อง ผสมร่วมด้วยกับน้ำและออกซิเจนในบรรยากาศนั้นอย่างไรก็ดีปฏิกิริยากับคาร์บอเนชั่นจะไม่เกิดขึ้นเมื่อคอนกรีตโครงสร้างนั้นจมอยู่ในน้ำตลอดเวลา ดังนั้นในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังบ่อยๆ มีลักษณะจะเปียกสลับแห้งอยู่ตลอดเวลาจะเป็นอันตรายมาก การหลีกเลี่ยงจากน้ำท่วมโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นทางที่ดีที่สุด

นอกจากนี้ความเสียหายที่พบได้รองลงไปคือการกัดกร่อนโดยกรด การกัดกร่อนโดยซัลเฟตเป็นต้น

8.4 ความเสียหายที่ส่งผลกระทบต่อระบบอุปกรณ์อาคาร

งานระบบอุปกรณ์อาคารมักจะได้รับผลกระทบตามไปด้วยพร้อมๆ กับความเสียหายที่เกิดกับโครงสร้างอาคารเสมอเป็นภาระต้องซ่อมแซมบ่อยๆ เนื่องจากระบบเหล่านั้นทำงานติดขัดไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทำให้สูญเสียงบประมาณซ่อมบำรุงอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ความเสียหายที่เกิดต่อระบบอุปกรณ์อาคารมีดังต่อไปนี้

- ระบบประปาและสุขาภิบาล
- ระบบบำบัดน้ำเสีย
- ระบบไฟฟ้าและสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ
- ถนนและลานวิ่งของเครื่องบิน
- ระบบป้องกันน้ำท่วมและการรั่วซึมสำหรับห้องใต้ดินและห้องมั่นคง เป็นต้น

9. อายุของอาคาร

การกำหนดอายุการใช้งานของอาคารเป็นงานที่ยากและซับซ้อนไม่น้อยไปกว่าการก่อสร้างอาคารนั้น วิศวกรอาวุโสที่มีประสบการณ์ในการทำงานอย่างต่อเนื่องมามากกว่า 40 ปีให้คำจำกัดความอย่างเข้าใจได้ง่ายว่า **"อาคารที่สร้างแล้วเสร็จเมื่อเปิดใช้แล้วในช่วงเวลาเริ่มต้นจนถึง 30 ปีหลังจากการใช้งานและไม่ประสพปัญหาเอียงทรุดหรือการแตกร้าวขององค์อาคารหลักนั้นเป็นที่ยอมรับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเลิศ"** ในขณะที่อาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวนมากที่สร้างขึ้นระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ยังตั้งอยู่ได้อย่างมั่นคงมากจนกระทั่งปัจจุบันนี้ และจะต้องทำการรื้อทำลายลงด้วยวัตถุระเบิดเพื่อตั้งโครงการขึ้นมาครอบคลุมใหม่ อายุของอาคารนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับความมั่นคงของการพยุงน้ำหนักบรรทุกนานาชนิดแล้วของโครงสร้างแล้ว การเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพและมาตรฐานสูงนับว่ามีความสำคัญมากอีกประการหนึ่ง

มีความมุ่งหวังว่าอาคารที่ใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กน่าจะมีอายุการใช้งานอย่างสมบูรณ์ได้ไม่น้อยกว่า 80 -90 ปีก่อนที่จะรื้อถอนเพื่อทำโครงการใหม่เนื่องจากการเปลี่ยนยุคหรือประโยชน์ใช้สอยใหม่ หากพิจารณาในแง่เศรษฐศาสตร์และการลงทุนแล้วการบูรณะอาคารที่มีโครงสร้างหลักที่ยังสมบูรณ์อยู่เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง

10. บทสรุป

1. การออกแบบเบื้องต้นที่อิงข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและผลกระทบที่เกิดจากการใช้สอยของมนุษย์สามารถลดภาระค่าใช้จ่ายและหลีกเลี่ยงความเสียหายที่จะเกิดขึ้นหลังการเปิดใช้อาคารแล้ว
2. การบูรณปฏิสังขรณ์อาคารอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องถูกกำหนดขึ้นอย่างชัดเจนและขึ้นอยู่กับปัญหาที่มากน้อยเฉพาะจุด และจะต้องมีการวางนโยบายแผนการใช้กำลังงานและค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม
3. ความชำนาญเฉพาะกิจ (specialized skills) เป็นสิ่งจำเป็นในการบริหารจัดการบูรณปฏิสังขรณ์อาคาร เนื่องจากต้องทำกับงานระบบวิศวกรรมที่ซับซ้อน เช่น งานระบบฐานราก ระบบไฟฟ้า สื่อสาร ระบบประปา สุขาภิบาล และการบำบัดของเสีย ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ เป็นต้น
4. เอกสารข้อมูลตั้งแต่แบบร่างครั้งแรก แบบของการทำงานหน้างานจริงตลอดจนรายการคำนวณโครงสร้างและบัญชีวัสดุก่อสร้างเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดของการดำเนินการบูรณปฏิสังขรณ์อาคาร
5. การบูรณะโครงสร้างอาคารที่ใช้ไปแล้วให้สามารถใช้งานได้ต่อไปได้อีกนั้นนับว่าเหมาะสมต่อภาวการณ์ในปัจจุบันมากกว่าการทำลายอาคารนั้นลงเพื่อสร้างขึ้นใหม่ งานของสภาสถาปนิกและสภาวิศวกรทางด้านการบังคับใช้มาตรการตรวจสอบอาคารตามระเบียบวาระกำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบันจึงนับว่าเป็นมาตรการที่มีประโยชน์อย่างอเนกอนันต์

เอกสารอ้างอิง

[1] อรุณ ชัยเสรี "การวิบัติของอาคาร สาเหตุ และการแก้ไข" วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, มิถุนายน 2538

[2] ธเนศ วีระศิริ "ประสบการณ์งานแก้ไขอาคารทรุดและยกอาคาร" วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กันยายน 2546

[3] Gasin Asawinulankul, "Management & Maintenance", Architectural research paper, ABAC, February 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[4] Prentis, E.A.,& White,L.,Underpinning 2nd Edition.(New York ,Columbia University Press 1950) Peck, Hansen & Thornburg., Foundation Engineering., Willey 1959.

[5] Durability of Concrete, E.I.T.Committee of Concrete and Materials Research, Division of Civil Engineering, Bangkok, Thailand, August 2000.

[6] Comity Euro-International Du Beton (CEB), Durable Concrete Structures CEB Design Guide, 2nd Edition, 1989

[7] Mays, G., Durability of Concrete Structures: Investigation, Repair, Protection," 1st Edition, E&FN Spon, 1992, pp.31-32

[8] Wongtanakitchareon, T., "A Study of Deterioration of RC Structures in Central and Seaside Areas of Thailand", A Master thesis submitted to Asian Institute of Technology, 1999

[9] Tangchawal S. (1990) Effects of Moisture and Mineralogy on Swelling and Strength Reduction, Sixth International IAEG Congress, Amsterdam

[10] Suzuki, K., Ohno, Y. and Srisompong, S., "Experimental Study on Internal Cracking of Partially Prestressed Concrete Flexural Members, Part 1: Examination of Double Injection Technique," Proc.AIJ.1985

[11] Suzuki, K., Ohno, Y. and Srisompong, S., "Experimental Study on Internal Cracking of Partially Prestressed Concrete Flexural Members, Part 2: Internal Cracking Characteristics," Proc.AIJ.1985

[12] Lutz, L.A. and Gergly, P., "Mechanics of Bond and Slip of Deformed Bars in Concrete," J.ACI, No.62-64, Nov.1967

[13] Goto, Y., and Otsuka, K., "Experimental Studies on Cracks Formed in Concrete around Deformed Tension Bars," Proc.JSCE No.294, Feb1980 (in Japanese)

[14] Beeby, A.W., "Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete and Its Relations to Cracking," The Structural Engineer (London), No.3, Vol. 56A, Mar.1978

ประวัติผู้เขียน รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์

ประวัติการศึกษา สถ.บ. จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย, 1968
M.Eng(Architectural Engineering), Osaka University, 1973
D.Eng(Architectural Engineering), Osaka University, 1985

ประวัติการทำงาน วิศวกรโยธา : Ohbayashi Corp.Ltd. (บ.นันทวัน จำกัด), กรุงเทพมหานคร 1973-1977
วิศวกรโยธา : Sumitomo Construction Co.Ltd. Thai-Sumicon Co.Ltd.กรุงเทพมหานคร 1977-1978
ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ระดับ 9 สังกัดภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้