ความยั่งยืนและความคงทนของโครงสร้าง
Sustainability and Durability of Structures

อรุษ เพชรเชิดชู[1]
Aruz Petcherdchoo[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้มีเป้าหมายเพื่อนำเสนอแนวความคิดความยั่งยืนและความคงทนของโครงสร้าง เพื่อกระตุ้นให้วิศวกรรุ่นใหม่ตระหนักถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากก่อสร้างและหนทางบรรเทาผลกระทบนั้น มิใช่ตระหนักเพียงแต่ราคาค่าก่อสร้างและความเป็นไปได้ของการก่อสร้างเท่านั้น โดยเฉพาะในเวลานี้ที่อัตราการเพิ่มของประชากรสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้มีการขยายขนาดของเมืองและการก่อสร้างสิ่งต่างๆ ตามมา การก่อสร้างเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นมลภาวะทางน้ำ อากาศ หรือดิน ถึงกระนั้นก็ตาม รัฐก็ไม่อาจใช้มาตรการหยุดการก่อสร้างเพื่อลดมลภาวะต่างๆ ได้ เพราะการก่อสร้างเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาประเทศ แต่หากปล่อยไว้โดยไม่ดำเนินมาตรการใดๆ เลย คนในสังคมโดยเฉพาะผู้ที่ได้รับผลกระทบก็ไม่อาจจะยอมรับได้ ทางออกที่ดีทางหนึ่งก็คือ การสร้างความสมดุลระหว่างสิ่งแวดล้อมและการก่อสร้างให้เป็นไปตามแนวคิดของความยั่งยืน โดยการทำให้โครงสร้างมีความคงทน

คำสำคัญ: ความยั่งยืน ความคงทน โครงสร้าง

Abstract

The objective of this paper is to present the concept of sustainability and durability of structures in order for new engineers to realize environmental impacts caused by construction and to find approaches to relieve such impacts in addition to considering only cost and feasibility as main factors in construction. At present, the number of population is drastically increasing, resulting in city expansion and construction, and subsequently causing impacts on environment such as water, air, and soil pollution. So far, the government has not been able to find any measures to stop construction since it is one of the fundamental factors in country development. However, if any action is not taken to solve the problem, people especially those who are affected may not tolerate any longer. An alternative solution is to balance environmental impacts against construction, basing on the concept of sustainability and durability of structures.

Keywords: Sustainability, Durability, Structures

[1] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
Tel. 0-2913-2500 Ext. 8620, E-mail: aruz.rm@gmail.com

รับเมื่อ 3 มีนาคม 2554 ตอบรับเมื่อ 9 มิถุนายน 2554

1. บทนำ

ในอดีตโครงสร้างหรือสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ถูกสร้างขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกในการค้าขายและการติดต่อสื่อสารเป็นหลัก แนวคิดของผู้ออกแบบและผู้สร้างส่วนใหญ่จะเน้นไปทางด้านงานศาสตร์และศิลป์ที่ผสมผสานทั้งความแข็งแรง (Strength) และความสวยงาม (Aestheticism) ให้กับโครงสร้าง เป็นที่น่าสังเกตว่า ถึงแม้ในสมัยนั้นยังไม่ได้มีการบัญญัติ คำว่า “การควบคุมคุณภาพในการก่อสร้าง” เอาไว้อย่างเป็นรูปธรรม รวมทั้งการศึกษาทางด้านการออกแบบและการก่อสร้างยังไม่เป็นระบบเหมือนปัจจุบัน แต่คุณภาพของโครงสร้างที่สร้างในอดีตนั้นแสดงให้เห็นถึงการเอาใจใส่ทั้งในกระบวนการออกแบบและการก่อสร้าง จนทำให้โครงสร้างมีความคงทนมาจนถึงปัจจุบันนี้ ตัวอย่างของโครงสร้างเหล่านี้ก็ยังปรากฏให้เห็นอยู่ เช่น ถนนในเมืองปอมเปอีของจักรวรรดิโรมัน ซึ่งปัจจุบันตั้งอยู่ในประเทศอิตาลี (รูปที่ 1)

ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมานี้ โครงสร้างส่วนใหญ่จะได้รับการออกแบบโดยอาศัยความร่วมมือระหว่างสถาปนิกและวิศวกร เพื่อสรรค์สร้างงานโครงสร้างต่างๆ โดยใช้สิ่งรอบตัวที่เกี่ยวข้องกับงานนั้นๆ เป็นปัจจัยในการออกแบบ ไม่ว่าจะเป็นความสวยงาม ประโยชน์ใช้สอยและความต้องการของเจ้าของ หน้าที่หลักในการเลือกรูปแบบและวัสดุที่ใช้ในโครงสร้าง ส่วนใหญ่จะเป็นของวิศวกร โดยมีราคาค่าก่อสร้างและความเป็นไปได้ในการก่อสร้างเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณา

ในปัจจุบันนี้หน้าที่ของวิศวกรไม่ได้มีเพียงการเลือกชนิดของโครงสร้างและวัสดุเท่านั้น วิศวกรยังต้องเข้าใจถึงสภาพแวดล้อมและสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่อัตราการเพิ่มของประชากรสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้องมีการขยายขนาดของเมืองและการก่อสร้างสิ่งต่างๆ ตามมา ไม่ว่าจะเป็นที่อยู่อาศัย ถนน อุโมงค์ และสะพาน การก่อสร้างสิ่งเหล่านี้ได้ส่งผลให้อุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็นผู้บริโภคทรัพยากรรายใหญ่ที่สุดในสังคม ดังจะเห็นได้จากปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมดในโลกนี้จะเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างประมาณ

รูปที่ 1 ถนนของชาวโรมันในเมืองปอมเปอี [1]

40% [2] การใช้วัตถุดิบเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของมลภาวะต่างๆ ทั้งในเขตเมืองและนอกเมือง ตัวอย่างเช่น มลภาวะในรูปของฝุ่นที่มาจากการก่อสร้างในเขตเมือง มลภาวะทางอากาศซึ่งเกิดจากอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุก่อสร้างในเขตนอกเมือง จากเหตุผลต่างๆ เหล่านี้ ทำให้อุตสาหกรรมการก่อสร้างถูกมองว่าเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่างๆ อย่างมหาศาล

แม้ว่าการเพิ่มของจำนวนประชากรเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดการก่อสร้างเมืองและปัญหาทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ตามมา แต่ไม่อาจปฏิเสธได้ว่าประชากรที่เพิ่มขึ้นและก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมนั้นเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้ในการพัฒนาประเทศนั้นจำเป็นต้องมีการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ รองรับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงข่ายสายทาง เพื่อใช้ประโยชน์ในการติดต่อสื่อสารและขนส่งสิ่งของต่างๆ รวมไปถึงการอำนวยความสะดวกแก่ประชาชนในการเดินทาง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการก่อสร้างเหล่านี้ไม่เพียงแต่จะส่งผลย้อนกลับไปสู่การเติบโตของชุมชนในเขตเมืองเท่านั้น แต่ยังเป็นไปเพื่อการพัฒนาประเทศเช่นกัน จากข้อสังเกตเหล่านี้ จะพบว่าแม้การก่อสร้างจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและนำมาซึ่งมลภาวะต่างๆ แต่รัฐก็มิอาจหยุดการก่อสร้างเพื่อเป็นการลดมลภาวะเหล่านั้น เพราะจะทำให้เกิดการชะลอตัวทางเศรษฐกิจ

ของประเทศ แต่หากจะปล่อยไว้เช่นนี้ต่อไป ไม่ดำเนินมาตรการใดๆ เลย คนสังคมก็ไม่อาจจะยอมรับได้ ทางออกที่ดีที่สุดทางหนึ่งคือ การสร้างความสมดุลระหว่างสิ่งแวดล้อมและการก่อสร้างต่างๆ ตามแนวคิดความยั่งยืน โดยการทำให้โครงสร้างมีความคงทน เพื่อให้เห็นภาพได้ดียิ่งขึ้น ในบทความนี้จะอธิบายถึงคำว่า ความยั่งยืนและความคงทนของโครงสร้าง ซึ่งคาดว่าบทความนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับวิศวกรรุ่นใหม่ให้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมกับการก่อสร้าง รวมไปถึงหนทางที่จะช่วยในการบรรเทาหรือแก้ปัญหาเหล่านั้น

2. ความยั่งยืนของโครงสร้าง

โดยพื้นฐานแล้ว คำว่า ความยั่งยืน จะต้องมีแนวคิดของความประหยัดและการวางแผนอย่างเป็นระบบในการทำกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการผลิต การบริโภคและการใช้ทรัพยากร ตัวอย่างเช่น ในการใช้ทรัพยากรไม้ให้เป็นไปตามแนวความคิดความยั่งยืน ควรต้องมีการวางแผนใช้ให้พอดีกับที่ผลิตได้หรือมีการนำไม้กลับมาใช้ใหม่ [3]

คำว่า ความยั่งยืน สามารถถูกนำไปผสมรวมกับคำอื่นๆ เพื่อให้เกิดคำใหม่ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ในทางเศรษฐกิจ สังคม หรืออื่นๆ ตัวอย่างเช่น การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) การเติบโตอย่างยั่งยืน (Sustainable Growth) ในบทความนี้จะยกตัวอย่างของคำว่า การพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยในที่ประชุมวิชาการขององค์การสหประชาชาติ (UN) [4],[5] ได้ให้คำนิยามไว้ว่า หมายถึง การพัฒนาที่ตอบสนองต่อความต้องการของคนปัจจุบัน โดยปราศจากผลกระทบทางด้านลบต่อคนในรุ่นต่อๆ ไป

สำหรับในทางการก่อสร้างก็มีการกล่าวถึงคำว่าความยั่งยืนของโครงสร้าง (Sustainability of Structures) ว่าหมายถึง โครงสร้างที่ตอบสนองต่อความต้องการของคนที่อยู่ในปัจจุบัน โดยการกระทำใดๆ ก็ตามต่อโครงสร้างจะต้องปราศจากผลกระทบต่างๆ โดยเฉพาะผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่อคนรุ่นต่อๆ ไปในอนาคต จากเอกสารของ Uren และคณะ [6] และ Hendriks [7] มี

รูปที่ 2 ตัวอย่างอาคารตามแนวคิดความยั่งยืน [8]

ข้อมูลเพิ่มเติมว่า ความยั่งยืนในงานก่อสร้างจะเห็นได้จากการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการก่อสร้างต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบ วิธีการก่อสร้าง การซ่อมบำรุงและการทำลายโครงสร้าง ตัวอย่างเช่น การออกแบบให้บนอาคารมีต้นไม้เพื่อช่วยป้องกันความร้อนและให้ความร่มรื่น ซึ่งช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศในอาคาร ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นศาลาประชาคมเมืองชิคาโก ที่เป็นโครงการจากแนวคิดของกองสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครชิคาโก เริ่มสร้างขึ้นในปี ค.ศ. 2000 และแล้วเสร็จในปี ค.ศ. 2001 โดยมีการปลูกต้นไม้เพื่อปรกคลุมบางส่วนของหลังคาและกันความร้อนจากภายนอก ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานปีละประมาณ 20,000 บาท และยังใช้เป็นที่พักผ่อนของประชาชน [8]

ในทางปฏิบัติแล้วการก่อสร้างตามแนวความคิดความยั่งยืน จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อการก่อสร้างนั้นใช้ทรัพยากรที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้วัสดุรีไซเคิล เกี่ยวกับเรื่องนี้ Sakai [9] กล่าวว่า การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการทิ้งของเสีย (Waste) สามารถทำได้โดยการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด นอกจากนี้ Metha [10] กล่าวว่า ทางที่ดีที่สุดในการก่อสร้างเพื่อให้เข้าใกล้ถึงคำว่า ความยั่งยืน คือการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่และการปรับปรุงความคงทนของโครงสร้างเพื่อให้มีอายุใช้งานยืนยาว ตัวอย่างเช่น การใช้ขี้เถ้าลอย (Fly Ash) แทนที่บางส่วนของซีเมนต์ในงานคอนกรีต ซึ่งเป็นการนำเอาของเสียที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ พร้อมทั้งช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในขบวนการผลิตซีเมนต์

ได้อีกทางหนึ่ง แต่ถึงอย่างไรก็ตาม แม้ว่าขี้เถ้าลอยจะมีประโยชน์ต่อการการปรังปรุงความคงทนของคอนกรีตในโครงสร้าง ขี้เถ้าลอยก็มีข้อด้อยต่อคอนกรีต เช่น การพัฒนาการรับกำลังอัดตอนต้นของคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยน้อยกว่าของคอนกรีตที่ไม่ผสมขี้เถ้าลอย โดยร้อยละของการลดจะขึ้นกับปริมาณของขี้เถ้าลอยที่แทนที่ [11] ดังนั้นในการใช้ขี้เถ้าลอยเพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตจะต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่นๆ อย่างละเอียด

ปัญหาทางสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการผลิตซีเมนต์ในคอนกรีตที่มีการพูดถึงกันอย่างกว้างขวาง คือ ปัญหาการปล่อยก๊าซที่มีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจก หรือ Greenhouse Effect Gas โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการประมาณกันว่า การผลิตคอนกรีต 1 กิโลกรัม จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 1 กิโลกรัม ในช่วง 10 ปีมานี้มีการผลิตคอนกรีตประมาณ 200 ล้านตันต่อปี เพราะฉะนั้นโดยเฉลี่ยแล้วมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาประมาณ 200 ล้านตันต่อปี หรือประมาณร้อยละ 7 ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยทั้งหมดทั่วโลก [3] ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของปฏิญญาเกียวโต (Kyoto Protocol) เมื่อประมาณ 15 ปีที่แล้ว ปฏิญญานี้ว่าด้วยกาลดก๊าซที่มีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจกและผลักดันให้มีระบบการซื้อขายปริมาณคาร์บอน (Carbon Credit) ระหว่างประเทศ [9] และนำมาซึ่งการกล่าวถึงจนปัจจุบันนี้

จากข้อมูลเหล่านี้จะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมการก่อสร้างก่อให้เกิดสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารที่มีผลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจก ฉะนั้นจึงทำให้คนในสังคมเรียกร้องให้มีการตระหนักถึงสิ่งแวดล้อมและลดการใช้วัตถุดิบ ปัญหาและข้อเรียกร้องเหล่านี้นำมาซึ่งความท้าทายต่อวิศวกรในการที่จะใช้ประโยชน์คอนกรีตให้คุ้มค่าที่สุด แต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ การสร้างความยั่งยืนให้กับโครงสร้าง และวิธีหนึ่งที่ใช้ในการบรรเทาปัญหาเหล่านี้คือ การเพิ่มความคงทนของโครงสร้าง

3. ความคงทนของโครงสร้าง

ความคงทนของโครงสร้าง คือ คุณลักษณะของโครงสร้างที่สามารถรักษาคุณสมบัติของตัวมันเองเมื่อเวลาผ่านไป และจะสิ้นสุดลงเมื่อเลิกใช้งาน การเพิ่มความคงทนของโครงสร้างสามารถช่วยลดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม เพราะเป็นการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างโครงสร้างใหม่ ตัวอย่างเช่น การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อม อันเป็นผลมาจากขบวนการผลิตซีเมนต์ จากเอกสารอ้างอิงของ Hendriks [7] ชี้ว่า การเพิ่มความคงทนจาก 50 ปีไปเป็น 500 ปีจะสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ถึง 10 เท่า

ในปัจจุบันนี้ถึงแม้ว่าความคงทนของโครงสร้างคอนกรีตจะยังไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างอย่างจริงจัง แต่ความคงทนก็สามารถจะเกิดขึ้นได้ด้วยวิธีง่ายๆ คือ การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการก่อสร้าง เช่น การเลือกวัสดุ การก่อสร้าง เป็นต้น แต่ในทางปฏิบัติแล้ว การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนต่างๆ นั้นเป็นเรื่องที่ยาก ถ้าปราศจากมาตรฐานที่เป็นระบบ ด้วยเหตุนี้องค์กรต่างๆที่เกี่ยวกับคอนกรีตและโครงสร้าง ตัวอย่างเช่น International Standard Organization (ISO) [12] ได้พัฒนามาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างที่มีการพิจารณาความคงทนในงานคอนกรีตและโครงสร้าง ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบจนถึงการทำลาย

ในบทความนี้จะยกตัวอย่าง 3 ตัวอย่างที่จะทำให้โครงสร้างมีความคงทน ดังนี้

ก) แผนการบำรุงรักษาที่เป็นระบบตั้งแต่เริ่มใช้งานจนถึงก่อนสิ้นสุดอายุการใช้งาน วิธีนี้มีการทำกันมานานแล้วกับโครงสร้างพิเศษ ตัวอย่างเช่น โครงสร้างแท่นขุดเจาะน้ำมัน [13] เป็นต้น ส่วนในโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นสะพานหรืออุโมงค์ การบำรุงรักษาได้ทำอย่างเป็นระบบเมื่อหลายสิบปีที่ผ่านมา เช่น การจัดทำระบบบริหารจัดการโครงสร้างสะพาน (Bridge Management Systems หรือ BMS) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเกิดขึ้นมาเป็นเวลาประมาณ 50 ปีมาแล้ว [14] ส่วนในประเทศไทยมีการบำรุงรักษาโครงสร้างอย่างจริงจังและเป็นระบบเมื่อประมาณ 4 ถึง 5 ปีมานี้เอง โดยในขณะนี้ยังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา

ระบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบของสะพานหรือถนน

รูปที่ 3 โครงสร้างที่เป็นชิ้นๆ (Modular Structures) [15]

รูปที่ 5 การซ่อมถนน (การบำรุงรักษาแบบจำเป็น) [17]

รูปที่ 4 โครงสร้างอิฐก่อ [16]

รูปที่ 6 การเคลือบฝาไม้ (การบำรุงรักษาแบบป้องกัน) [18]

เช่น ระบบบริหารงานบำรุงรักษาโครงข่ายสายทางของกรมทางหลวงชนบท (ทช.) เป็นต้น

ข) การเลือกวัสดุ ควรจะเป็นวัสดุที่บำรุงรักษาได้ง่าย เช่น การใช้โครงสร้างที่ประกอบเป็นชิ้นๆ (Modular Structures) ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่มีการเสื่อมสภาพ เช่น การเปลี่ยนกำแพงบ้าน ดังแสดงในรูปที่ 3 หรือแม้แต่การใช้วัสดุพื้นฐานที่สามารถหาได้ง่าย เช่น การใช้โครงสร้างอิฐ ซึ่งสามารถเปลี่ยนใหม่เป็นส่วนๆ ได้ จะทำให้โครงสร้างเหล่านี้สามารถอยู่ได้อย่างยาวนาน ดังเช่น กำแพงเมืองเก่าในจังหวัดนครศรีธรรมราช (รูปที่ 4) เป็นที่น่าสังเกตว่า แม้การบำรุงรักษาโบราณสถานต่างๆ นั้น จะใช้วิธีการเปลี่ยนเป็นส่วนๆ ได้ แต่วิศวกรจะต้องคำนึงถึงคุณค่าทางประวัติศาสตร์ก่อนที่จะทำการบำรุงรักษา ทั้งนี้เพราะเป็นที่ทราบกันดีว่าคุณค่าทางประวัติศาสตร์นั้นไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบเป็นตัวเงินได้

ค) การบำรุงรักษาโครงสร้าง มีอยู่ 2 วิธีหลัก คือ การบำรุงรักษาแบบจำเป็น (Essential Maintenance) การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance) (รูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ) ส่วนใหญ่การบำรุงรักษาแบบจำเป็นมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสภาพโครงสร้างหลังจากเกิดการเสื่อมสภาพที่รุนแรงแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการซ่อมแซม (Repair) หรือการสร้างใหม่บางส่วน (Partial Reconstruction) ขณะที่การบำรุงรักษาแบบป้องกันจะเป็นไปเพื่อป้องกันหรือชะลอการเสื่อมสภาพของโครงสร้างก่อนการเสื่อมสภาพที่รุนแรง การบำรุงรักษาทั้งสองวิธีนี้ก็เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้โครงสร้างเสื่อมสภาพจนกล่าวได้ว่าถึงจุดสิ้นสุดของอายุโครงสร้างและจะต้องมีการทำลายเกิดขึ้นในท้ายที่สุด ซึ่งการทำลายโครงสร้างนี้จะก่อให้

เกิดของเสีย (Waste) ตกค้างในสิ่งแวดล้อม และจะเป็นปัญหาที่รุนแรงขึ้นอีกถ้าปราศจากแผนการจัดการของเสียอย่างเหมาะสม

เป็นที่น่าสังเกตว่าถึงแม้การทำการบำรุงรักษาจะเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแนวความคิดของความยั่งยืน แต่ในทางปฏิบัตินั้น ขบวนการบำรุงรักษาก็มีการใช้ทรัพยากรและการบริโภคพลังงาน อันจะนำมาซึ่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากการศึกษาและเปรียบเทียบระหว่างการบำรุงรักษาโครงสร้างด้วยวิธีการปะซ่อม (Patch Repair) และวิธีการใช้สารทึบผิวคอนกรีต (Surface Treatment) ต่อ 1 ตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 1 [19] จะสังเกตได้ว่าการบำรุงรักษาโครงสร้าง 2 วิธีนี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในด้านการใช้พลังงาน การก่อให้เกิดโลกร้อนอันเนื่องมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการเกิดสภาวะกรดอันเนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มความคงทนให้โครงสร้างวิศวกรควรจะต้องตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการบำรุงรักษาและควรทำการเปรียบเทียบการบำรุงรักษาด้วยวิธีต่างๆ เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประเภทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการบำรุงรักษาด้วยวิธีปะซ่อมและใช้สารทึบผิว [19]

วิธี	ประเภทผลกระทบ (Impact Category)		
	พลังงานที่ใช้โดยประมาณ (MJ/m^2)	การก่อให้เกิดโลกร้อน ($kg\ CO_2\ eq/m^2$)	การเกิดสภาวะกรด ($g\ SO^2\ eq/m^2$)
ปะซ่อม	1194	122	125
สารทึบผิว	76	2.6	1

นอกจากตัวอย่างที่ได้กล่าวถึงในข้างต้นแล้วนั้น การวิจัยและศึกษาในเรื่องความคงทนของโครงสร้างก็เป็นสิ่งที่มีความสำคัญเช่นกัน ถ้าพูดถึงการวิจัยในหลายสิบปีมานี้ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการพัฒนามาตรฐานในการออกแบบโครงสร้างเพื่อให้สามารถรับแรงกระทำได้อย่างปลอดภัย แต่ในเรื่องของความคงทนกลับมีการวิจัยค่อนข้างน้อย ในส่วนของการเรียนการสอนนั้น จะเห็นได้ว่า วิชาต่างๆ ของนักศึกษาในคณะวิศวกรรมศาสตร์จะเน้นหนักไปทางด้านวิศวกรรมโครงสร้าง (Structural Engineering) และกลศาสตร์ของวิศวกรรม (Engineering Mechanics) ขณะที่การเรียนการสอนทางด้านความคงทนของวัสดุ (Durability of Materials) กลับมีน้อยกว่ามาก ดังนั้นควรจะมีการสนับสนุนทางด้านการวิจัยและการเรียนการสอนให้มีเนื้อหาที่สอดคล้องกับความคงทนของวัสดุมากกว่านี้ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบันและทันต่อการใช้งานในอนาคตอันใกล้นี้ ดังคำกล่าวของ Sakai [9] ว่า จากนี้ไปวิศวกรโครงสร้างจะไม่ได้มีหน้าที่เพียงการออกแบบรูปร่างและขนาดของชิ้นส่วนโครงสร้างเท่านั้น แต่ยังต้องพิจารณาถึงการเสื่อมสภาพและความคงทนของโครงสร้าง รวมทั้งการบริหารจัดการโครงสร้าง เพื่อให้ได้โครงสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควบคู่กับความประหยัด

4. สรุป

วิศวกรรุ่นใหม่ต้องตระหนักถึงสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวและมลภาวะต่างๆ ที่เกิดขึ้น อันเนื่องมาจากการก่อสร้าง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการออกแบบโครงสร้างต่างๆ เพราะในปัจจุบันนี้การก่อสร้างถูกมองว่าเป็นปัจจัยสำคัญชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดมลภาวะต่างๆ อย่างมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่อัตราการเพิ่มของประชากรสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จนทำให้ต้องมีการขยายขนาดของเมืองและเพิ่มการก่อสร้างสิ่งต่างๆ สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปแบบต่างๆ ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แม้กระนั้นก็ตาม รัฐก็ไม่อาจหยุดการก่อสร้างเพื่อเป็นการลดมลภาวะเหล่านั้น เพราะจะทำให้เกิดการชะลอตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ ทางออกที่ดีทางหนึ่งก็คือ การปฏิบัติตามแนวคิดของความยั่งยืน (Sustainability) โดยการสร้างความคงทน (Durability) ให้กับโครงสร้าง โดยกระทำตั้งแต่การออกแบบจนถึงการทำลาย ตัวอย่างเช่น การใช้วัสดุที่สามารถบำรุงรักษาได้ง่ายและมีความคงทนสูง การวางแผนบำรุงรักษา เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ดูประหนึ่งว่าเป็นเรื่องที่ยากในสภาวะ

ที่ยังมีการก่อสร้างอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ไม่ไกลเกินจริง ถ้าวิศวกรตระหนักถึงปัญหาและแสดงให้เห็นถึงความรับผิดชอบ เพื่อสร้างให้เกิดความยั่งยืนขึ้นในงานก่อสร้าง และนำมาซึ่งสังคมที่ยั่งยืน (Sustainable Society)

เอกสารอ้างอิง

[1] K.K. Hirst. (2011, May 27). *The Street of Pompeii.* [Online]. Available : http//archaeology.about.com/od/archaeologicalsi3/ss/pompeii_streets.htm

[2] Ho, D.W.S., S.L. Mak, and K.K. Sagoe-Crentsil, *Clean Concrete Construction: An Australian Perspective. Proceedings of Concrete Technology for a Sustainable Development in the 21st Century*, ed. by O.E. Gjorv and K. Sakai, E&FN Spon, London and New York, 2000, pp.236-245.

[3] E. Peris Mora, "Life Cycle, Sustainability and the Transcendent Quality of *Building Material," Building and Environment*, vol. 42, pp.1329-1334, 2007.

[4] S.E. Chidiac, "Sustainability of Civil Engineering Structures – Durability of Concrete," *Cement and Concrete Composites*, vol.31, pp.513-514, 2009.

[5] The World Commission on Environment and Development (WECD), Our Common Future, Oxford U.P. 1987.

[6] S. Uren A. Brown and F. Gooch." Sustainable construction in practice." In *Proceedings of International Conference on sustainable building.* Ibd. 2000.

[7] Ch. F. Hendriks, *Durable and sustainable construction materials*, AENEAS. Nl. 2000.

[8] Sahasutha Home Builder. (2011, May 27). [Online]. Available : http://www.sahasutha.com/guide-detail.php?cate_id=31&tid=119

[9] K. Sakai, "Environmental Design for Concrete Structrues," *Journal of Advanced Concrete Technology*, vol.3, no.1, pp. 17-28, 2005.

[10] P.K. Metha, "Reducing the environmental impact of concrete. Concrete can be durable and environmentally friendly," *Concrete International*, vol. 23, no.10, 2001.

[11] B. Chatveera, "Durability and Compressive Strength of Mae Moh-Fly Ash Motar," *KMUTT Research and Development,* vol. 23, no.2, 2000.

[12] Draft International Standard ISO/DIS 15686-6. 2002. Building and Constructed Asset – Service Life Planning - Part 6: Guideline for Considering Environmental Impacts.

[13] E. Hognestad, "Design considerations for service life. Durable Concrete American Concrete Institute," *ACI Compilation*, no 24, 1993.

[14] A. Petcherdchoo, "Maintaining condition and safety of deteriorating bridges by probabilistic models and optimization," PhD. Thesis. Dept. of Civil, Envir., and Arch. Eng. University of Colorado, Boulder. USA, 2004.

[15] Nordvila. (2011, June 1). [online]. Available : http://www.nordvila.com/prefab_house_13_uk.html.

[16] Pateawthai. (2001, May 30). [Online]. Available : http://www.pateawthai.com/travel/view_detail.asp?code=421.

[17] Town of La Gatos. (2001, May 30). [Online]. Available : http //www.town.los-gatos.ca.us/index.aspx? nid=48

[18] Konbaan. (2001, May 30). [Online]. Available: http://www.konbaan.com/TipsTricks/TipsTricks32.php

[19] V. Arskog, S. Fossdal, and O.E. Gjorv, "Life-Cycle Assessment of Repair and Maintenance Systems for Concrete Structures," *International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology. Beijing.* China. May 20-21. pp.193-200, 2004.