

BOOK REVIEW

DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES 14th EDITION

Arthur H. Nilson^{*}, David Darwin^{} and Charles W. Dolan^{***}**

^{*}Professor Emeritus, College of Engineering, Cornell University

^{**}Deane E. Ackers Distinguished Professor of Civil, Environmental & Architectural Engineering, University of Kansas

^{}H. T. Person Professor of Engineering, University of Wyoming***

ภาณุวัฒน์ จ้อยกลัด¹ และ สุนิติ สุภาพ²

¹อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับประเทศไทยเป็นที่ทราบกันดีว่า โครงสร้างคอนกรีต (Concrete structures) เป็นรูปแบบโครงสร้างที่ได้รับความนิยม เนื่องจากซีเมนต์ (Cement) ซึ่งเป็นส่วนผสมสำคัญของคอนกรีตสามารถผลิตขึ้นเองได้ในประเทศทำให้วัสดุดังกล่าวมีราคาถูกเมื่อเทียบกับวัสดุก่อสร้างอื่นๆ ดังนั้นหนังสือหรือตำราที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตจึงเปรียบเสมือนคู่มือของนักเรียน อาจารย์หรือแม้กระทั่งวิศวกรผู้ปฏิบัติงานในสายวิศวกรรมโยธาซึ่งต้องใช้เป็นอุปกรณ์ประจำตัวในการทำงานเสมอ

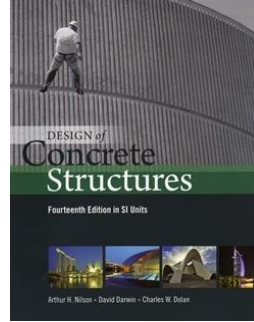
เมื่อปี ค.ศ. 2010 ที่ผ่านมา โดยการนำของ Arthur H. Nilson (รูปที่ 1) และผู้ร่วมแต่งอีก 2 ท่านคือ David Darwin และ Charles W. Dolan ได้จัดพิมพ์หนังสือ Design of Concrete Structures [1] เล่มล่าสุดฉบับปรับปรุงครั้งที่ 14 (รูปที่ 2) ออกจำหน่าย แม้ว่าเนื้อหาจะคล้ายฉบับปรับปรุงครั้งที่ 13 แต่มีความพิเศษอยู่ที่หนังสือได้เปลี่ยนมาใช้หน่วย Standard International หรือ SI Units ทำให้การจัดพิมพ์ในครั้งนี้ถือเป็นการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งของหนังสือที่มีกลืนอายุอันใกล้จะจางหายของคณาจารย์แห่ง Cornell University เล่มนี้ (??)

ซึ่งหากมองตามชื่อก็คงไม่มีอะไรแปลกใหม่ เพราะหนังสือแนวเดียวกันนี้ก็มีวางขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด ไม่ว่าจะเป็นหนังสือชั้นครูที่ได้รับการยอมรับจากผู้อ่านหนังสือออกแบบโครงสร้างคอนกรีตว่าเป็นเล่มที่ดีที่สุดเท่าที่เคยมีมา นั่นก็คือ Design of Concrete Structures ของ R. Park และ T. Paulay สองศาสตราจารย์จาก University of Canterbury ประเทศนิวซีแลนด์ ซึ่งมี

การพิมพ์เพียงครั้งเดียวในปี ค.ศ. 1975 และคงไม่มีการปรับปรุงอีกเพราะทั้งสองท่านได้จากโลกนี้ไปฝากไว้แต่ชื่ออันเลื่องลือเท่านั้น [2]



รูปที่ 1 Arthur H. Nilson



รูปที่ 2 ปรับปรุงครั้งที่ 14

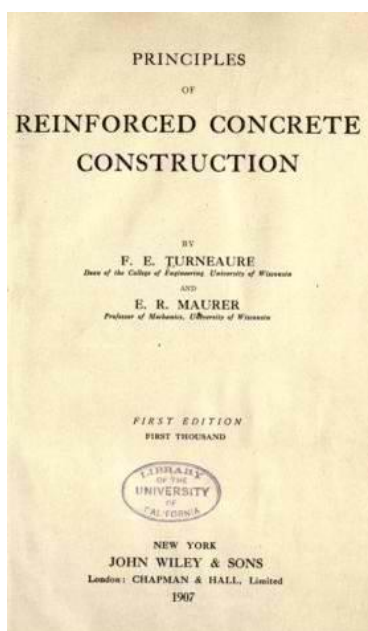
อีกตัวอย่างหนึ่งคือ Reinforced Concrete Fundamentals หนังสือเล่มนี้เป็นของค่ายอเมริกันแท้เริ่มแต่งเพียงผู้เดียวโดย Phil M. Ferguson ในปี ค.ศ. 1958 และมีการเข้าร่วมในภายหลังของ John E. Breen และ James O. Jirsa โดยทั้งหมดเป็นคณาจารย์จาก The University of Texas at Austin แต่หนังสือเล่มนี้มีการพิมพ์ต่อเนื่องมาจนถึงฉบับปรับปรุงล่าสุดครั้งที่ 5 ในปี ค.ศ. 1988 เท่านั้น [3]

สิ่งที่พิเศษของหนังสือ Design of Concrete Structures ของ Arthur H. Nilson และคณะ ในฉบับที่กำลังพูดถึงนี้คือ การพิมพ์ครั้งนี้เป็นฉบับปรับปรุง ครั้งที่ 14 (14th edition) ซึ่งหากท่านผู้อ่านลองคำนวณเล่น ๆ ว่า “หากหนังสือมีปรับปรุงทุก ๆ 5-6 ปี หนังสือเล่มนี้ก็จะมียุ่เกือบ 90 ปีเข้าไปแล้ว!!” ไม่เพียงเท่านั้นตลอดเวลาของการปรับปรุงก็ยังคงมีชีวิตอยู่เป็นพยานแห่งความสำเร็จอยู่ทุกครั้ง ซึ่งหากมองตามแนวทางที่หนังสือเล่มนี้ดำเนินการอยู่ก็คาดว่าหนังสือเล่มนี้จะรักษาสถิติที่กล่าวมาข้างต้นอย่างยาวนานหรือจนกว่าโครงสร้างคอนกรีตจะไม่ใช่ที่ต้องการของโลกนี้อีกต่อไป

Book review ฉบับนี้นอกจากจะแนะนำเนื้อหาของหนังสือที่ออกใหม่แล้ว คณะผู้เขียนจะขอเล่าความเป็นมาของหนังสือเล่มนี้ด้วยและเพื่อให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจไปพร้อม ๆ กัน คณะผู้เขียนจะขอกล่าวถึงประวัติโดยย่อของโครงสร้างคอนกรีตรวมถึงหนังสือในยุคแรก ๆ ของการพัฒนาในสาขาวิชานี้ก่อน

ย้อนไปกว่าเมื่อ 150 ปีที่ผ่านมา (ประมาณ ค.ศ. 1855) ที่นาย Joseph L. Lambot เกษตรกรชาวฝรั่งเศสได้แนะนำให้ชาวโลกรู้จักการประยุกต์ใช้ คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced concrete) จนกระทั่งถึงปี ค.ศ. 1907 (ปลายรัชสมัยของพระปิยมหาราช) จึงได้มีการพิมพ์หนังสือการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นภาษาอังกฤษเป็นครั้งแรก (รูปที่ 3) โดย Frederick E. Turneure และ

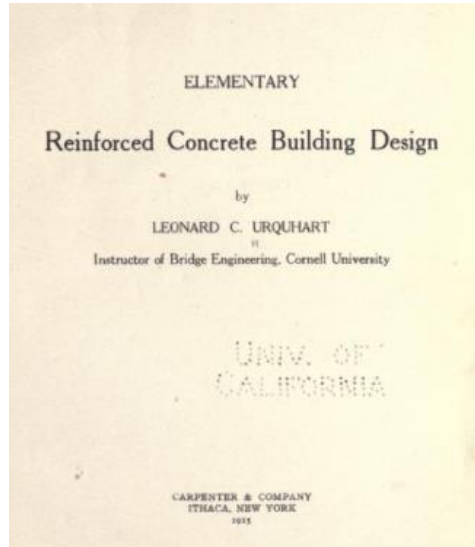
Edward R. Maurer [4] ออกมาอีกหลายปีต่อมาอาจารย์ในมหาวิทยาลัยชั้นนำต่างๆ ทั่วโลก ก็พยายามจัดพิมพ์หนังสือหรือเอกสารคำสอนในแนวเดียวกันนี้อย่างมากมายเนื่องจากโครงสร้างคอนกรีตได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ฉบับหนึ่งในยุคไล่เลี่ยกันก็คือ Elementary Reinforced Concrete Building Design โดย Leonard C. Urquhart จัดพิมพ์ในปี ค.ศ. 1915 (รูปที่ 4) อย่างไรก็ตามเอกสารดังกล่าวยังไม่ใช่นักหนังสือที่ตกผลึกความคิดของการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 3 ตำรา RC เล่มแรกใน USA (ภาษาอังกฤษ) โดย Turneaure และ Maurer [4]

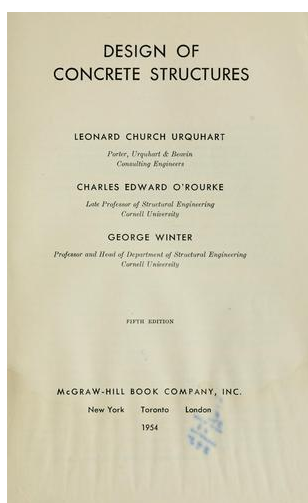
จนกระทั่งปี ค.ศ. 1923 Urquhart ร่วมกับ Charles E. O'Rourke ศาสตราจารย์อีกท่านหนึ่งของ Cornell University ได้ให้กำเนิดหนังสือ Design of Concrete Structures ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 ออกมา โดยความตั้งใจที่จะเป็นคู่มือการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตที่ครอบคลุมงานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตทั้งหมดเท่าที่มีอยู่ในเวลานั้น ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 1926, 1935 และ 1940 ได้มีการปรับปรุงหนังสือเล่มดังกล่าวเป็นฉบับที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ เนื่องจากการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ เกี่ยวกับโครงสร้างคอนกรีตอยู่ตลอดเวลา รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของมาตรฐานการออกแบบของอเมริกันในเวลานั้น ทั้งนี้เนื้อหาส่วนใหญ่แบ่งเป็น 11 บท (อ้างอิงจากฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 [5]) ประกอบด้วย (1) Plain concrete (2) General properties of reinforced concrete (3) Beams and slabs (4) Columns (5) Bending and axial stress (6) Stresses in continuous beams and building frames (7) Foundations (8) Reinforced concrete Buildings (9) Retaining Walls

(10) Arches และ (11) Slab, Beam, and Girder bridges โดยทฤษฎีที่ใช้เป็นทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน (working stress theory) ตามความนิยมในขณะนั้น



รูปที่ 4 ปกหนังสือของ Urquhart ในปี ค.ศ. 1915

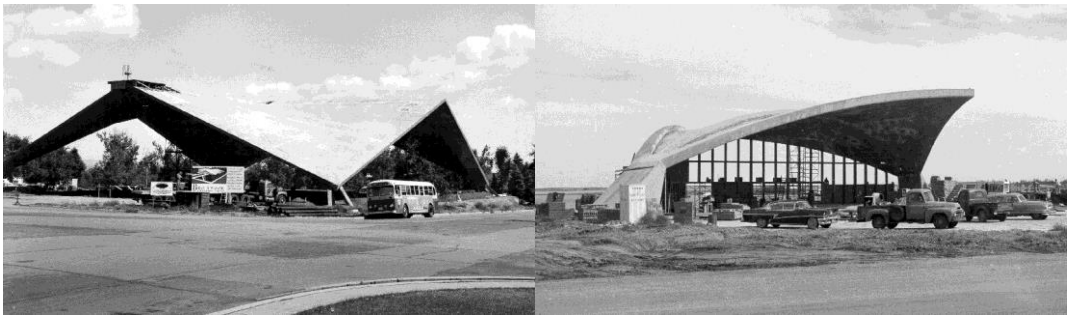
หลังการจากไปของ C. E. O'Rourke จนกระทั่งปี ค.ศ. 1954 Urquhart ได้จับมือกับศาสตราจารย์ George Winter ซึ่งเป็นหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่ Cornell university ในขณะนั้น จัดพิมพ์ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 5 ออกมา [6] โดยในฉบับนี้เป็นการปรับปรุงครั้งใหญ่ (รูปที่ 5) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างหลายอย่างเช่น การประยุกต์ใช้ทฤษฎี Moment Distribution Method ของ Hardy Cross ซึ่งกำเนิดในปี ค.ศ. 1930 ในการคำนวณมุมหมุนและการโก่งตัวแทนวิธีละเอียดซึ่งใช้กันมายาวนานและเริ่มการใช้มาตรฐานการออกแบบตาม ACI318 และมาตรฐานของ AASHTO ในขณะนั้นด้วย โดยสาระสำคัญของการปรับปรุงครั้งที่ 5 นี้ คือ ได้มีการแนะนำการออกแบบประลัย (Ultimate design) ซึ่งเป็นแนวโน้มการออกแบบที่กำลังเป็นที่นิยมในขณะนั้น โดยเพิ่มบทที่ 12 ในหัวข้อ Modern development in concrete design เข้าไปในเนื้อหา อย่างไรก็ตามเนื้อหาดังกล่าวยังคงใช้การออกแบบตามวิธีหน่วยแรงใช้งานดั้งเดิม



รูปที่ 5 ปกหนังสือของฉบับปรับปรุงครั้งที่ 5 ของ Urquhart และคณะ ในปี ค.ศ. 1954

การปรับปรุงครั้งที่ 6 ตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1958 [7] เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ACI 318-56 ที่เสนอ การออกแบบกำลังประลัย (Ultimate-Strength design) และแนวทาง การออกแบบคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete) ซึ่งค่อนข้างใหม่สำหรับวิศวกรอเมริกันในขณะนั้น ทั้งนี้ผู้แต่งหลักทั้ง 2 ยังได้เสนอกฎสำหรับการออกแบบตามวิธีใหม่ดังกล่าวและเปลี่ยนข้อบทที่ 12 เป็น Ultimate-strength design และเพิ่มบทที่ 13 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับคอนกรีตอัดแรงเข้าไปเข้าไป

ล่วงมาถึงปี ค.ศ. 1964 หลังจากการจากไปของผู้ให้กำเนิดหนังสือทั้ง 2 Winter จึงได้เชิญ Arthur H. Nilson ซึ่งยังคงเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ในขณะนั้น เข้ามาร่วมพัฒนาหนังสือซึ่งเป็นการปรับปรุงครั้งที่ 7 [8] โดยฉบับนี้เป็นการปรับปรุงครั้งใหญ่เนื่องจากมาตรฐาน ACI 318-63 ได้ยกความสำคัญของวิธีกำลังประลัยไว้เสมอกับวิธีหน่วยแรงใช้งาน พร้อมกับเสนอแนวทางการออกแบบอย่างรัดกุมไม่ใช่เพียงแค่การแนะนำแนวทางเหมือนในฉบับก่อนหน้า โดยหนังสือซีรีย์ของ Urquhart และ O'Rourke ที่ตกมาถึงมือ Winter และ Nilson นี้มีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาเกือบทั้งหมดดังนี้ (1) Concrete and reinforcing steel (2) Mechanics and behavior of reinforced concrete (3) Beams (4) Slabs (5) Columns : Axial compression plus bending (6) Footings (7) Retaining walls (8) Continuous beams and frames (9) Reinforced-concrete buildings (10) Arch and shell roofs (11) Prestressed concrete และ (12) Reinforced-concrete bridges ครั้งนี้ยังแนะนำการวิเคราะห์และออกแบบคานรับแรงบิด (Torsion) รวมทั้งเพิ่มการออกแบบหลังคาแผ่นเปลือกบาง (Shell roofs) ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในยุคนั้นเข้าไปในบทที่ 10 ด้วย (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ตัวอย่างของหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กแผ่นเปลือกบางซึ่งเคยได้รับความนิยมในยุคสมัยหนึ่ง

ในการปรับปรุงในครั้งที่ 8 และ 9 โดย Winter และ Nilson [9, 10] เมื่อปี ค.ศ. 1972 และ ค.ศ. 1979 ตามลำดับ เนื้อหาโดยมากเน้นหนักไปที่การเปลี่ยนแปลงให้ทันตามมาตรฐาน ACI ซึ่งปรับเปลี่ยนอย่างรวดเร็ว (เปลี่ยนตาม ACI 318-71 และ 77 ตามลำดับ) โดยเพิ่มเรื่องของ Precast-concrete construction และเน้นที่บทที่ 9 ซึ่งเกี่ยวกับ reinforced concrete building มากขึ้น อีกทั้งยังใส่เทคโนโลยีเกี่ยวกับชองกับคอนกรีตมวลเบา (Light-Weight concrete) ซึ่งเริ่มเป็นที่สนใจในขณะนั้นเข้าไปด้วย เนื้อหาที่ถูกนำออกจากหนังสือคือเรื่อง Retaining wall และขั้นตอนการวิเคราะห์โครงสร้างแบบ indeterminate ซึ่งผู้แต่งเห็นว่าสามารถอ่านได้จากหนังสือเฉพาะทางที่เริ่มมีมากในขณะนั้น โดยในการปรับปรุงฉบับที่ 9 (หลังการเกษียณของ Winter) หนังสือได้ตัดเรื่อง arch ออกไปและยุบเรื่อง shell roofs เข้าไปอยู่ในบทเรื่อง Reinforced-Concrete Buildings ซึ่งมีการใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมเข้ามาช่วยในการคำนวณ อีกทั้งมีการเพิ่มเรื่อง seismic design of buildings เข้าไปในบทดังกล่าว ฉบับนี้มีการแปลงหน่วยจาก U.S. Customary units เป็น SI Units ในขั้นตอนการคำนวณเนื่องจากกระแสนิยมในขณะนั้นอีกด้วย โดยการออกแบบจะเน้นหนักไปที่การออกแบบโดยวิธีกำลัง (Strength design method) แต่ยังคงมีทฤษฎีเกี่ยวกับหน่วยแรงใช้งานอยู่บ้างเพื่อตรวจสอบรอยร้าวและการแอ่นตัวซึ่งแทรกอยู่ในบทเรื่องการออกแบบคาน

หลังจากการจากไปของ Winter ในปี ค.ศ. 1982 ฉบับปรับปรุงโดยชื่อ Nilson และ Winter ก็ยังคงดำเนินมาถึงรุ่นที่ 10 และ 11 ในปี ค.ศ. 1986 และ 1991 ตามลำดับ [11, 12] โดยหนังสือทั้งสองฉบับมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาเพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีล่าสุดที่กำลังใช้โดยมาตรฐาน ACI 318-83 และ 88 ตามลำดับ ซึ่งมีรายการตามสารบัญดังนี้ (1) Introduction (2) Materials (3) Flexural analysis and design of beams (4) Shear and diagonal tension in beams (5) Bond, Anchorage, and Development length (6) Serviceability (7) Analysis and design for torsion (8) Short columns (9) Slender columns (10) Design of reinforcement at joints (11) Analysis of indeterminate beams and frames (12) Edge-supported slabs (13) Two-way column-supported

slabs (14) Yield line analysis for slabs (15) Strip method for slabs (16) Slabs on grade (17) Composite construction (18) Footing and foundations (19) Retaining walls (20) Concrete building systems (21) Prestressed concrete และ (22) Bridges ซึ่งพบว่ามีความรู้เรื่องต่างๆเพิ่มขึ้น บางเรื่องก็ขยายจากหัวข้อเดิมในฉบับปรับปรุงครั้งก่อนและเมื่อพิจารณาจากสารบัญจะพบว่ามีการแบ่งหัวข้อเรื่อง กำลัง (strength) และ ภาวะใช้งาน (Serviceability) ชัดเจนขึ้น

จนถึงปี ค.ศ. 1997 แม้ว่า Nilson จะเกษียณจาก Cornell University แล้วก็ตาม แต่ยังคงมีการจัดพิมพ์ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 12 ขึ้น [13] โดยเชิญ David Darwin (รูปที่ 7 ซ้าย) ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของ Winter เข้ามาร่วมด้วย ทั้งนี้เนื้อหาโดยรวมยังคล้ายกับฉบับปรับปรุงครั้งก่อนหน้า เพียงแต่มีการตัดเรื่องการออกแบบ Slabs on grade และ composite construction แต่เพิ่มบทที่เรื่อง Seismic design ซึ่งเป็นบทใหญ่เข้าไปแทน ทั้งนี้เนื้อหาส่วนใหญ่ปรับให้เข้ากับ ACI 318-95 และต่อมาในปี ค.ศ. 2004 มีการปรับเนื้อหาในครั้งที่ 13 [14] ของหนังสือเล่มนี้อีกครั้งเพื่อให้สอดคล้องกับ ACI 318-02 ซึ่งมีการเปลี่ยนปรัชญาในการออกแบบทั้งหน้าตัดเสาและคานของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรงให้มีความเป็น Unified approach หรือสามารถออกแบบทั้งสองหน้าตัดได้ด้วยวิธีการเดียวกันได้ โดยค่าตัวคูณลดกำลัง (Reduction factor, ϕ) มีค่าไม่คงที่และแปรผันตามค่าความเครียดของเหล็กเสริมเส้นนอกสุดของหน้าตัด โดยความใหม่อีกประการหนึ่งของการปรับในครั้งนี้ก็คือการดึง Charles W. Dolan (รูปที่ 7 ขวา) เข้ามาเป็นผู้แต่งร่วมด้วยอีกคนหนึ่ง



David Darwin



Charles W. Dolan

รูปที่ 7 ผู้แต่งร่วมในฉบับปรับปรุงล่าสุด

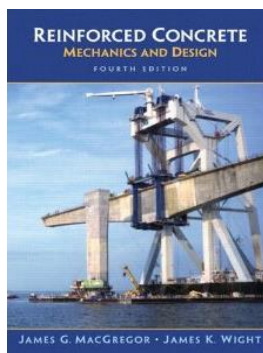
จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในหลายด้านของหนังสือ Design of concrete structures เล่มนี้ สะท้อนให้เห็นถึงความเป็นสถาบันมากกว่าความเป็นของคนใดคนหนึ่ง แม้ว่าผู้ให้กำเนิด 2 ท่านแรกจะเสียชีวิตนานแล้ว และก็คงไม่พ้นที่ Nilson จะต้องจากโลกนี้ไปตามอายุและกฎของธรรมชาติ แต่การที่ Nilson ยังรักษาเจตนาความเป็นสถาบันของหนังสือโดยการดึง Darwin และ

Dolan เข้ามาเป็นผู้สืบทอดต่อนั้น ทำให้หนังสือยังไม่ตายและคงยืดยาวต่อไป โดยคณะผู้แต่งยังคงรักษาเอกลักษณ์หรือมรดกของหนังสือไม่ว่าจะเป็น

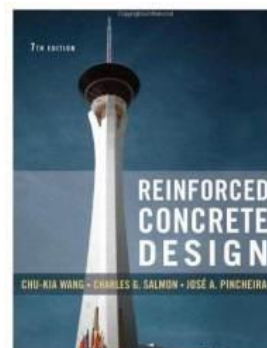
1. มีการเตรียมเนื้อหาที่ไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป ผู้อ่านสามารถอ่านจบในแต่ละหัวข้ออย่างรวดเร็ว
2. มีการเขียนเนื้อหาด้วยภาษาอังกฤษที่เข้าใจง่าย จึงเหมาะกับผู้อ่านที่ไม่ได้มีพื้นฐานภาษาอังกฤษเป็นภาษาหลัก
3. มีรูปประกอบสามารถช่วยให้เข้าใจได้ง่าย
4. มีความทันสมัยในการนำเสนอเทคโนโลยีการก่อสร้างใหม่ๆ และตามการเปลี่ยนแปลงของมาตรฐานการออกแบบอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วโดยไม่ลืมที่จะทวนความรู้เดิมที่จำเป็นเสมอ

อย่างไรก็ดีคณะผู้เขียนบทความขอให้ออกสังเกตเกี่ยวกับการเปลี่ยนหน่วยและสมการมาเป็นระบบ SI ในการปรับปรุงครั้งที่ 14 นี้ ว่ายังมีความผิดพลาดในการจัดพิมพ์หลายจุด ซึ่งอาจทำให้ผู้อ่านที่ยังไม่คุ้นเคยกับสมการและตัวเลขต่าง ๆ เกิดความสับสนได้ ดังนั้นขอให้ผู้อ่านพิจารณาอย่างละเอียดหรืออาจต้องเปิดกลับไปดูฉบับปรับปรุงครั้งก่อนเพื่อความแน่ใจในกรณีที่เกิดข้อสงสัย

แนวคิดในการส่งถ่ายทฤษฎีของหนังสือที่ได้รับความนิยมเช่นนี้ ในปัจจุบันเริ่มมีการทำมากขึ้น เช่น Reinforced Concrete Design ของ Chu-Kia Wang และ Charles G. Salmon ซึ่งเริ่มพิมพ์ตั้งแต่ ค.ศ. 1965 จนเมื่อมีการปรับปรุงครั้งที่ 7 ในปี ค.ศ. 2007 จึงได้เชิญ Jose A. Pincheira โดยทั้ง 3 ท่านเป็นอาจารย์จาก University of Wisconsin [15] อีกเล่มหนึ่งที่ไม่กล่าวถึงไม่ได้คือ Reinforced Concrete : Mechanics and Design ของ James G. MacGregor ซึ่งเริ่มพิมพ์ตั้งแต่ ค.ศ. 1988 และตั้งแต่ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4 เมื่อปี ค.ศ. 2004 ก็ได้เชิญ James K Wight [16] มาร่วมด้วย โดยเจตนาที่น่าจะคล้ายกับหนังสือ classic หลายเล่มที่กล่าวมาด้านบน (รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างหน้าปกของหนังสือทั้ง 2 เล่ม)



Wang และคณะ



MacGregor และคณะ

รูปที่ 8 ตัวอย่างหนังสือในที่มีแนวคิดในการสืบทอดเนื้อหา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Nilson, A. H., Darwin, D. and Dolan. C. W. (2010). **Design of Concrete Structures**. 14th Ed. New York: McGraw Hill Education.
- [2] Park, R. and Pualay, T. (1975). **Reinforced Concrete Structures**. 1st Ed. New York: Wiley.
- [3] Ferguson, P. M., Breen, J. E. and Jirsa, J. O. (1988). **Reinforced Concrete Fundamentals**. 5th Ed. New York: Wiley.
- [4] Frederick E. Turneure and Edward R. Maurer. (1907). **Reinforced Concrete Design**. New York: Wiley.
- [5] Urquhart, L. C. and O'Rourke, C. E. (1940). **Design of Concrete Structures**. 4th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [6] Urquhart, L. C., O'Rourke, C. E. and Winter, G. (1954). **Design of Concrete Structures**. 5th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [7] Urquhart, L. C., O'Rourke, C. E. and Winter, G. **Design of Concrete Structures**. 6th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [8] Winter, G., Urquhart, L. C., O'Rourke, C. E. and Nilson, A. H. **Design of Concrete Structures**. 7th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [9] Winter, G. and Nilson, A. H. (1972). **Design of Concrete Structures**. 8th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [10] Winter, G. and Nilson, A. H. (1979) **Design of Concrete Structures**. 9th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [11] Nilson, A. H. and Winter, G. (1986). **Design of Concrete Structures**. 10th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [12] Nilson, A. H. and Winter, G. (1991). **Design of Concrete Structures**. 11th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [13] Nilson, A. H. and Darwin, D. (1997). **Design of Concrete Structures**. 12th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [14] Nilson, A. H., Darwin, D., Dolan, C. W. (2004). **Design of Concrete Structures**. 13th Ed. New York: McGraw Hill Book Company.
- [15] Wang, C. k., Salmon, C. G. and Pincheira, J. A. (2007). **Reinforced Concrete Design**. 7th Ed. New York: Wiley.

- [16] MacGregor, J. G. and Wight, J. K. (2005). **Reinforced Concrete: Mechanics and Design**. 4th Ed. Singapore: Prentice Hall.



ผศ.ดร. สุนิติ สุภาพ

sunithi.suparp@yahoo.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต



อ.ดร.ภาณุวัฒน์ จ้อยกัลด์

joy.civil@gmail.com

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต