

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ทัวไป

บทนี้ กล่าวอธิบายองค์ประกอบของคอนกรีตเสริมเหล็ก ประกอบด้วย ความเป็นมา โดยสังเขป ของคอนกรีตเสริมเหล็ก และมาตรฐาน โดยเฉพาะที่ใช้ในประเทศไทย พื้นฐาน เนื้อหา ขอบเขตของคอนกรีตเสริมเหล็ก นิยามศัพท์กฎหมายอาคาร กฎหมายอาคารที่เกี่ยวข้องกับ คอนกรีตเสริมเหล็ก น้ำหนัก แรง ตัวคูณประกอบแรง วิธีคำนวณออกแบบ ตัวคูณประกอบลด กำลัง หน่วยวัด กฎหมายอาคาร และกฎหมายอื่น

1.2 ประวัติคอนกรีตเสริมเหล็ก

กล่าวกันว่า คอนกรีต เป็นเทคโนโลยีหนึ่งของชาวโรมัน ซึ่งเรียก พอซโซลาน (Pozzolana) ใช้เถ้าภูเขาไฟ (Sandy volcanic ash) ภูเขาไฟ Vesuvius และใกล้เคียงใน อิตาลี โดยหากผสมกับปูนขาว (Quick lime) หวาย กรวด และน้ำ เมื่อแข็งตัวจะใช้เป็นวัสดุ ก่อสร้างได้ ซึ่งยังคงปรากฏมาถึงปัจจุบัน อาทิ มหาวิหาร Pantheon โค้ง (Arch) ที่ใช้ก่อสร้าง สะพาน สะพานยกระดับส่งน้ำ (Aqueduct) และแม้แต่ถนนของชาวโรมัน (19 Century A.D.) Marcus Vitruvius Pollio ซึ่งอยู่ในยุครุ่งเรืองของ Caesar Augustus (25 B.C.) เขียนหนังสือ ระบุชนิดของมวลรวม (Aggregate) ที่เหมาะสมเพื่อเตรียม Lime Mortar ใช้กับงานโครงสร้าง และกล่าวถึงการใช้พอซโซลานโดยแนะนำอัตราส่วนผสม ปูนขาว ต่อ พอซโซลาน 1 : 3 อีกทั้ง กล่าวถึง ทฤษฎี กับการปฏิบัติ และผู้ออกแบบ ควรมีประสบการณ์ก่อสร้าง หรือกลับกัน

ในอังกฤษ ปีค.ศ. 1824 ช่างก่ออิฐ Joseph Aspdin ได้สิทธิบัตรซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement เนื่องจากมีสีออกเขียวคล้ายหินจากเกาะ Portland ในทะเลอังกฤษ) ทั้งนี้ ใช้ดินเหนียว และหินปูนเผา (Burning หรือเรียก Pulverizing) และบด (Grinding) จนเป็นผง ละเอียด อย่างไรก็ตาม ในอังกฤษ ซีเมนต์พัฒนาอย่างช้า ๆ จนกระทั่งเผยแพร่เข้าไปใน สหรัฐอเมริกาใน ค.ศ. 1868 และถูกผลิตเป็นอุตสาหกรรมใน ค.ศ. 1870 และใน ค.ศ. 1854 William B. Wilkinson จดสิทธิบัตรระบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้านทานแรงดึง

ในฝรั่งเศส J. G. Soufflot (ค.ศ. 1713 - 81) ก่อผนังเสริมเหล็กหล่อ ที่โบสถ์ St. Sulpice ในปารีส ค.ศ. 1832 Francois Le Brune สร้างบ้าน โรงเรียน และโบสถ์ ด้วยวัสดุ อย่างเดียวกัน ค.ศ. 1850 Joseph Lambot ได้สิทธิบัตรสร้างเรือคอนกรีตที่เสริมด้วยโครงข่าย

ลวดเหล็ก (น่าจะเป็น Ferro-cement - ผู้เขียน) ขณะที่ Francois Coignet ได้สร้างอาคารคอนกรีตหลังแรกในปี ค.ศ. 1853 ต่อมา (ค.ศ. 1861) ได้เขียนหนังสืออธิบายการประยุกต์ใช้คอนกรีตเสริมแรง แสดงเนื้อหาประยุกต์ไม่มากนัก แต่เป็นคนแรกที่ระบุว่า การเติมน้ำมากเกินไป จะทำให้คอนกรีตกำลังตก Joseph Monier (ค.ศ. 1823 - 1906) ได้เริ่มใช้คอนกรีต (ระหว่าง ค.ศ. 1860 - 1867) ได้สิทธิบัตรการใช้ลวดเหล็กเสริมคอนกรีตสร้างอ่าง และถัง ในปี ค.ศ. 1867 ได้สิทธิบัตรการใช้ลวดเหล็กเสริมในคอนกรีตในสหพันธรัฐเยอรมัน (ค.ศ. 1867 - 1881) สร้างหมอนรถไฟ พื้นแผ่นเรียบ (ค.ศ. 1869) สร้างฐานสะพาน และอาคาร (ค.ศ. 1873) ใช้สร้างบันได (ค.ศ. 1875) แต่ยังไม่น่าจะเข้าใจอย่างแท้จริงในวิธีออกแบบ และคำนวณอย่างถ่องแท้

มีการทดลองเกี่ยวกับคอนกรีตในยุโรป โดย William Fairbairn และ William B. Wilkinson ชาวอังกฤษ และ Francois Hennebique ชาวฝรั่งเศส G.A. Wayss และ J. Bauschinger ชาวเยอรมัน และ F. Von Emperger ชาวออสเตรีย ถือได้ว่า คิดสร้างทฤษฎี และวิธีคำนวณออกแบบ ทั้งนี้ Francois Hennebique ชาวฝรั่งเศส ได้สิทธิบัตร ใน ค.ศ. 1892 ภายหลังใช้คอนกรีตเสริมเหล็ก และสิทธิการใช้เหล็กดัด และเหล็กคอด้านทานแรงเฉือน (ค.ศ. 1879) มีอาคารที่ก่อสร้างด้วยระบบของ Hennebique จำนวนมาก ระหว่างค.ศ. 1892 - 1902 อาทิ อาคาร Weaver (ค.ศ. 1897) สะพาน Chatellerault (ค.ศ. 1899) อาคาร Rue Franklin ในปารีส (ค.ศ. 1902)

ในสหรัฐอเมริกา ค.ศ. 1875 William E. Ward สร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กหลังแรกใน Port Chester ใน ค.ศ. 1883 ได้ตีพิมพ์เอกสารก่อน ASME กล่าวอ้างว่า ได้แนวคิดคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยสังเกตคนงานที่พยายามขจัดซีเมนต์ที่แห้งเกาะออกจากเครื่องมือเหล็ก ในปี 1867

Thaddeus Hyatt ทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กในปีค.ศ. 1850 เป็นคนแรกที่วิเคราะห์หน่วยแรงในคานคอนกรีตเสริมเหล็ก แต่ไม่เป็นที่รู้จัก จนกระทั่งได้ตีพิมพ์ผลงาน "An Account of Some Experiments with Portland Cement Concrete, Combined with Iron as a Building Material" ในปีค.ศ. 1877

Ernest L. Ransome (1852 - 1917) กล่าวถึงการใช้คอนกรีตเสริมเหล็กในปี 1870 ได้เริ่มใช้ และได้สิทธิบัตรเหล็กข้ออ้อย - Deformed (twisted) Bar ในปี 1884 ในปี 1890 ได้สร้าง Leland Stanford Jr. Museum ใน San Francisco อาคารหลังนี้ เสียหายเพราะแผ่นดินไหว (1906 ระดับ 7.9 ทำให้เป็นที่ยอมรับว่า อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก มีเสถียรภาพ และคงทนกว่าอาคารที่ใช้วัสดุก่อ) เขาร่วมกับ Alexis Saurbrey แต่งตำรา คอนกรีตเสริมเหล็ก หลังจากนั้น วิทยาการคอนกรีตเสริมเหล็ก มีพัฒนาการอย่างรวดเร็วในสหรัฐอเมริกา

ระหว่าง ค.ศ. During 1891 - 1894 มีงานตีพิมพ์ผลทดสอบ และทฤษฎีในยุโรป อาทิ งานของ Moller ในสหพันธรัฐเยอรมัน (ระบบพื้น - Moller System) - 1894 การทดสอบของ Robert Wunsch (1884) ในอิตาลี งานสะพานในออสเตรียของ Josef Melan ในปี 1892 (Melan system - dragon bridge ในปี 1901 และ 1912) ในสหพันธรัฐเยอรมัน G. A. Wayss เป็นคนแรกที่สร้างทฤษฎี เสนอวิธี และสมการออกแบบ มีงานทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กของ G. A. Wayss และ Emil Morsch

Francois Hannebique ชาวฝรั่งเศส ภายหลังใช้คอนกรีตเสริมเหล็กตั้งแต่ ค.ศ. 1879 ได้สาธิตการใช้เหล็กดัดและเหล็กค่อม (Stirrup and bent up bar) ด้านทานแรงเฉือน มีระบบของ Hannebique ประกอบด้วย 1) Concrete - Steel Rod Detailing และ Continuous Beams 2) Typical Arrangement of Reinforcement for Beams and Columns - Hannebique System และ 3) งานสะพาน และได้สิทธิบัตรใน ค.ศ. 1892 ในช่วงเวลานั้น งานของ F. Von Emperger ชาวอังกาเรียน แต่ถูกใช้ปฏิบัติไม่แพร่หลายนัก เช่นกันกับงานของ C.A.P. Turner และ Arthur Talbot ณ มหาวิทยาลัยแห่ง Illinois -และการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เกิด Diagonal Tension) โดย W.A. Slater, Morton O. Withey และ Frederick Turneaure ณ มหาวิทยาลัยแห่ง Wisconsin

ระหว่างปี 1850 -1900 มีงานวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตเสริมเหล็กตีพิมพ์น้อย เพราะยังถือกันว่า เป็น ความลับทางการค้า ในปี 1899 มีตำราเรียน โดย Armand Considere ในปี 1903 ในสหรัฐอเมริกา มีการก่อตั้งคณะทำงาน (Joint committee) ประกอบด้วยตัวแทนจากทุกหน่วย หรือองค์กรที่สนใจคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อหาแนวทางประยุกต์ใช้ความรู้ในการคำนวณออกแบบ ในปีค.ศ. 1903 - 1904 มีการก่อสร้างอาคาร Ingalls ในรัฐ Ohio เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 15 ชั้น ที่เคยได้ชื่อว่าสูงที่สุดในโลก ปีค.ศ. 1906

ตำราเล่มแรกในสหราชอาณาจักร คือ “Principles of Reinforced Concrete Construction” เขียนโดย Frederick E. Turneaure และ Maurer พิมพ์ในปี 1907 ในทศวรรษแรกของศตวรรษที่ 21 วิทยาการคอนกรีตเสริมเหล็ก ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว อาทิ การทดสอบพฤติกรรมของคาน กำลังอัดของคอนกรีต โมดูลัสความยืดหยุ่น โดย Arthur N. Talbot Frederick E. Turneaure และ Morton O. Withey และ C.A.P Turner ในมหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกา และ Bach ในสหพันธรัฐเยอรมัน

ระหว่าง 1916 ถึง 1930 มีงานวิจัยที่มุ่งศึกษาพฤติกรรมของเสาภายใต้แรงตามแกน (Axially loaded column behavior) ช่วงค.ศ. 1930 และ 1940 มีงานวิจัย อาทิ เสารับน้ำหนักเยื้องศูนย์กลาง (Eccentrically loaded column) ฐานราก และกำลังประลัย (Ultimate strength) ของคาน เนื่องด้วยความรู้ความเข้าใจวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Elastic) ตั้งแต่ปี 1900 จึงทำให้วิธีนี้¹ ปรากฏในหลายมาตรฐาน เป็นที่ยอมรับว่าเป็นวิธีออกแบบที่ดีที่สุดในขณะนั้น การดัดแปลงวิธี Elastic Working Stress ครั้งแรก เนื่องจากผลศึกษาเสาที่รับน้ำหนักตามแกนในปี ช่วง ค.ศ. 1930 ต่อมาในช่วง ค.ศ.1940 การคำนวณออกแบบเสารับน้ำหนักตามแกน ใช้วิธี Ultimate Strength²

¹ Elastic Working Stress บ้างเรียก Allowable-Stress Design หรือ Straight - Line Design ภาษาไทยใช้คำหลายคำ อาทิ วิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ หรือวิธีหน่วยแรงใช้งาน หรือวิธี Elastic

² ภาษาไทยเรียก กำลังประลัย

ในช่วง ค.ศ. 1930 Charles S. Whitney วิศวกรอเมริกัน เสนอใช้การกระจายหน่วยแรงอัดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า³ ในปี 1956 มาตรฐาน ACI-318 เพิ่มภาคผนวกที่ยอมให้ใช้การออกแบบโดยวิธีกำลังประลัย เป็นทางเลือกกับวิธีหน่วยแรงใช้งาน⁴ และมาตรฐาน ACI-318 ในปี 1963 กำหนดทั้งสองวิธี อย่างไรก็ตาม นับตั้งแต่ปีค.ศ. 1950 ในทางปฏิบัติในสหรัฐอเมริกา การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กได้เริ่มเปลี่ยนจากวิธีหน่วยแรงใช้งาน หรือวิธี Elastic เป็นวิธีกำลัง (Strength) สรุปโดยรวมว่า การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความเป็นมา และพัฒนาการสืบเนื่องจวบปัจจุบันกว่า 150 ปีแล้ว

ความข้างต้น เน้นกล่าวถึงมาตรฐานคอนกรีตเสริมเหล็กในสหรัฐอเมริกา ทั้งนี้ ในยุโรป มีมาตรฐานเช่นกัน อาทิ British Standard - BS เนื่องจากในประเทศไทย การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กในยุคแรก ขึ้นกับประสบการณ์ หรือความคุ้นชินของผู้ออกแบบ ตามที่ได้เคยศึกษา หรือทำงาน กอปรกับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กหลังแรกๆ ของไทย มักเป็นผลงานของนายช่างชาวต่างชาติ ที่รับราชการในประเทศไทย หรือคนไทยที่สำเร็จการศึกษาจากยุโรป

สันนิษฐานได้ว่า กำเนิดงานวิศวกรรมแผนใหม่ในประเทศไทย น่าจะสืบเนื่องจากการก่อสร้างทางตามหลักวิศวกรรมแผนใหม่ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (ถนนเจริญกรุง พ.ศ. 2404 - 2407 ถนนบำรุงเมือง และถนนเฟื่องนคร พ.ศ. 2406) สืบต่อถึงรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เริ่มมีรถยนต์ มีการตัดถนนเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องสร้างสะพาน อาทิ สะพานผ่านฟ้าลีลาศ (พ.ศ. 2440 - 2442) สะพานมั่งวานรังสรรค์ (พ.ศ. 2443) สะพานผ่านภักดีลีลา (พ.ศ. 2445) แม้เดิมจะเป็นสะพานโครงสร้างเหล็ก แต่ต่อม่อนจะเป็นคอนกรีต หรือคอนกรีตเสริมเหล็กแน่นอน อีกทั้งปรากฏหลักฐานว่า ได้ซ่อมแซมปรับปรุงหลายครั้ง สะพานชุดเฉลิม (เริ่มก่อสร้าง พ.ศ. 2437 ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวสืบเนื่องจนหลังรัชกาล รวม 17 แห่ง) สะพานชุดเจริญ (หกแห่ง) ในพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว สะพานสมมตอมรรค สะพานดำรงสถิต สะพานพิทยเสถียร สะพานภาณุพันธุ์ สะพานกลุ่มวัดเบญจมบพิตร สะพานข้ามคลองเม่งเส็ง สะพานพระอรรคชายา สะพานอรไทย สะพานหน้าวัดโสมนัส และข้างวัดนารนารถ สะพานวัดราชาธิวาส สะพานขมิ้มรุเชฐ สะพานบ้านดอกไม้ สะพานในกลุ่มวัดสระเกศ สะพานกลุ่มสามเสน และสะพานหน้าสวนสราญรมย์ สะพานราชเทวี สะพานอรุพงษ์ สะพานอุบลรัตน์ สะพานข้างโรงสี สะพานมอญ สะพานในบ้านพิษณุโลก สะพานเสาวณี สะพานมหาไถยอุทิศ

เมื่อกำเนิดยุครถไฟ นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2439 จนสิ้นรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ในปี พ.ศ. 2453 มีทางรถไฟที่เปิดใช้เดินรถ 932 กิโลเมตร และอยู่

³ Rectangular Compressive stress distribution or rectangular stress block) เพื่อแสดงหน่วยแรงเฉลี่ย $0.85 \cdot f_c$ ในช่วง ค.ศ. 1942 Whitney เสนอบทความเรื่องนี้ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้น ความเครียด และความถูกต้องแม่นยำสมเหตุผลผลที่จะใช้การกระจายหน่วยแรงอัดที่ประมาณเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แทนพาราโบลา

⁴ Ultimate Strength Design - USD Working Stress Design - WSD

ระหว่างก่อสร้าง 690 กิโลเมตร บนเส้นทางเหล่านี้ มีการก่อสร้างสะพานรถไฟหลายแห่ง อาทิ สะพาน อุโมงค์ บนเส้นทางรถไฟ กรุงเทพ - นครราชสีมา (พ.ศ. 2434 - 2443) สะพานข้าม แม่น้ำหลวง (แม่น้ำตาปี) ที่ตำบลท่าข้าม เมืองไชยา (อำเภอพุนพิน สุราษฎร์ธานี พ.ศ. 2453) สะพานสองหอ (ปางยางเหนือ) สะพานสามหอ (ปางยางใต้) สะพานห้าหอ (ปางแงะ) ในราวปี พ.ศ. 2458 อุโมงค์ขุนตาน พ.ศ. 2461 สะพานทาชมภู (อำเภอแม่ทา ลำพูน) พ.ศ. 2462 สะพาน พระราม 6 (พ.ศ. 2465 - 2466) สิ่งปลูกสร้างอื่นประกอบทางรถไฟ ที่มีคอนกรีตเสริมเหล็ก อาทิ อุโมงค์ขุนตาน (ขุนธำร พ.ศ. 2461 - 2471) สถานีรถไฟกรุงเทพ (หัวลำโพง พ.ศ. 2453 - 2459) สถานีรถไฟจิตรลดา (พ.ศ. 2464)

สะพานประกอบทางในยุคถัดมา คือ สะพานรัชฎาภิเศก (พ.ศ. 2460) สะพานปรีดี อารัง (พ.ศ. 2483 - 2486) สะพานเดชาดิวงศ์ (พ.ศ. 2485 - 2493) สะพานวุฒิกุล (พ.ศ. 2496) สะพานพุทธยอดฟ้า (พ.ศ. 2472 - 2475) สะพานกรุงเทพ (พ.ศ. 2497 - 2500) สะพานกรุงธน (พ.ศ. 2498 - 2500)

งานเขื่อน ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ที่ใช้คอนกรีต ประกอบด้วย เขื่อน พระราม 6 (เดิมชื่อ เขื่อนพระเทียรธรราชา) กันแม่น้ำป่าสัก ณ ตำบลท่าหลวง อำเภอท่าเรือ พระนครศรีอยุธยา (พ.ศ. 2458 - 2467) เขื่อนภูมิพล (เขื่อนยันฮี Arch concrete dam) อำเภอ สามงัว จังหวัดตาก (พ.ศ. 2504 - 2507) เขื่อนสิริกิติ์ ตำบลผาเลือด อำเภอท่าปลา อุตรดิตถ์ (พ.ศ. 2514 - 2520) เขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนขุนด่านปราการชล (เขื่อนคลองท่าด่าน) ตำบลนา หินลาด อำเภอปากพลี นครนายก (พ.ศ. 2542 - 2547) เป็นคอนกรีตบดอัด (Roller Compacted Concrete - RCC) ที่ใช้เทคโนโลยีคอนกรีต ผสมผสานกับเครื่องจักร และ เทคโนโลยีบดอัดทางปฐพีกลศาสตร์ และวิศวกรรมทาง

งานอาคารในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว อาทิ พระที่นั่งจักรี มหาปราสาท (พ.ศ. 2419 - 2425) มีนายช่างชาวอังกฤษ เป็นนายช่างหลวง ออกแบบ และ ควบคุมการก่อสร้าง พระตำหนักเหลือง ที่ประทับของสมเด็จพระศรีสวรินทราบรมราชเทวี พระ พันธวชิราภรณ์ในวังสระปทุม (พ.ศ. 2454 - 2468) ตำหนักเพชร และอาคารมณฑุยนาค วิทยาทาน ในวัดบวรนิเวศ (พ.ศ. 2457 และ พ.ศ. 2466 ตามลำดับ) ตึกอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (สภาคารวิทยาลัย พ.ศ. 2457) อาคารราชวัลลภ (โรงเรียนวชิราวุธ วิทยาลัย พ.ศ. 2466) สิ่งปลูกสร้างหลายแห่งเป็นผลงานของนายช่างชาวอิตาลี (Mario Tamayo) ที่รับราชการในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2443 ในสมัยพระบาทสมเด็จพระ จุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว อาทิ สะพานมัทวานรังสรรค์ พระที่นั่งอนันตสมาคม (พ.ศ. 2451 - 2459) ปรากฏหลักฐานการทดสอบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม ใช้พอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เหล็กเส้น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก อาทิ ไค้ง - Arch แบกรับโครงสร้าง เพื่อแก้ไขปัญหาอาคารทรุด ตัวต่างระดับขณะก่อสร้าง Radial Arch รองรับ Dome บันไดเวียน) พระรามราชนิเวศน์ (พ.ศ. 2453) วังปารุสกวัน ท้องพระโรงวังสวนกุหลาบ สถานีรถไฟกรุงเทพ สถานีรถไฟจิตรลดา บ้าน พิษณุโลก (ชื่อเดิม บ้านบรมมสินธุ์) พระตำหนักเมขลารูจี ภายในพระราชวังพญาไท ตึกไทยคู่ พ้าทำเนียบรัฐบาล (ชื่อเดิม ตึกไกรสร พ.ศ. 2460) ห้องสมุดนิลเชนเฮส์ (ถนนสุริวงค์)

อนึ่ง มีงานก่อสร้างระบบประปา โรงกรองน้ำประปาสามเสน และหอถังสูงของการประปาที่แม่น้ำศรี (พ.ศ. 2452 - 2457) โรงปูนซิเมนต์แห่งแรกของประเทศไทย ตั้งในปี พ.ศ. 2456 ตามพระบรมราชโองการในพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว เพื่อผลิตปูนซิเมนต์

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ของเอกชน กล่าวโดยสรุปว่า อาคารยุคแรก ประกอบด้วย ทหชั้นที่เอวราชของพระยาสารสิน สวามิภักดิ์ (หมอเทียนอี ดันตระกูลสารสิน หมอหลวงประจำพระองค์พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้า - ปัจจุบัน คือ เชียงไฮ้ แมนชั่น บุติค โฮเต็ล) อาคารเจ็ดชั้น (โรงแรมไชน่า ทาวน์ ปัจจุบัน) อาคารเก้าชั้น (ปัจจุบัน คือ ห้างค้าทองในย่านเอวราช) อาคาร 11 ชั้น (อเมริกันอินเตอร์แนชชั่นแนล หรือ เอไอบี ถนนสุรวงศ์ - พ.ศ. 2507) อาคาร 23 ชั้น (โรงแรมดุสิตธานี ถนนพระรามสี่ ตรงข้ามสวนลุมพินี - พ.ศ. 2511) อาคาร 33 ชั้น (สำนักงานใหญ่ธนาคารกรุงเทพ ถนนสีลม พ.ศ. 2524) อาคาร 42 ชั้น สูง 151 เมตร (อาคารใบหยก 1 ประตูน้ำ ถนนราชปรารภ เขตราชเทวี กรุงเทพฯ - พ.ศ. 2530) อาคาร 88 ชั้น รวมชั้นใต้ดินสามชั้น สูง 304 เมตร (อาคารใบหยก 2 ประตูน้ำ ถนนราชปรารภ เขตราชเทวี กรุงเทพฯ - พ.ศ. 2540) อาคาร 77 ชั้น สูง 313.4 เมตร (อาคารมหานคร ถนนราชีวาสนครินทร์ เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร - พ.ศ. 2559) อาจมีอาคารใหม่ 125 ชั้น สูง 615 เมตร สูงที่สุด เป็นสถิติใหม่ของเมืองไทยในปี พ.ศ. 2563 (ย่านถนนพระราม 9 กรุงเทพฯ ฯ)

ปัจจุบัน สิ่งปลูกสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งอาคาร และโครงสร้างพื้นฐานอื่น ๆ มีจำนวนมาก ด้วยเทคโนโลยีวัสดุ เครื่องจักรกล วิธีก่อสร้าง ทฤษฎี วิธีคำนวณออกแบบ ความรู้ความเข้าใจเรื่องปฐพีกลศาสตร์ แรงที่เกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ อาทิ แรงลม แผ่นดินไหว ทำให้กระบวนการคำนวณออกแบบ ก่อสร้าง คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร และสาธารณะเป็นสำคัญ ทำให้ต้องมีมาตรการ อาทิ กฎหมายอาคาร มาตรฐานออกแบบ

1.3 มาตรฐานคำนวณออกแบบ

ระหว่าง ค.ศ. 1904 - 1909 ในสหรัฐอเมริกา มีการก่อตั้ง National Association of Cement User ค.ศ. 1910 - 1914 เริ่มมีมาตรฐานออกแบบอาคาร (Building) และเริ่มใช้ชื่อ American Concrete Institute - ACI ค.ศ. 1915 - 1919 มีบทบาทสนับสนุนการสงคราม ACI มีที่ทำการใน Detroit ค.ศ. 1920 - 1924 เริ่มแต่งตั้ง ACI Committee และออกมาตรฐานขนาดเหล็กเสริมคอนกรีต ค.ศ. 1925 - 1929 มีวารสารวิชาการ ACI - Journal (ภายหลัง ค.ศ. 1930 - 1934 ประสบวิกฤติ ต้องปรับลดจำนวนตีพิมพ์) ค.ศ. 1935 - 1939 มี Reinforced Concrete Design Handbook: Working Stress เล่มแรก ค.ศ. 1940 - 1944 เริ่มมี Building Code ภายใต้ชื่อ ACI - 318 (ACI Manual of Concrete Inspection) ค.ศ. 1945 - 1949 มี ACI Book of Standards เล่มแรก และตั้ง Technical Activities Committee - TAC ค.ศ. 1950 - 1954 มี Joint Committee ระหว่าง ACI - ASCE ค.ศ. 1955 - 1959 ออก Revised Building Code โดยเพิ่ม Ultimate Strength Design ในภาคผนวก (Appendix) มี Local Chapter ในมลรัฐ California ค.ศ. 1960 - 1964 มี Local Chapter ในญี่ปุ่น และตีพิมพ์

Formwork for Concrete (SP - 4) ค.ศ. 1965 - 1969 ดีพิมพ์ Commentary of Building Code มี ACE Manual of Concrete Practice ใช้แทน Book of Standards เดิม ค.ศ. 1970 - 1974 มี Education Activities Committee - EAC ค.ศ. 1975 - 1979 เริ่มพิมพ์ Concrete International ค.ศ. 1980 - 1984 Local Chapter มีมากกว่า 50 แห่ง รวมทั้ง Student Chapter และเริ่มมี ACI Certification Program ค.ศ. 1985 - 1989 วารสารวิชาการ มีทั้ง ACI Structural Journal และ ACI Materials Journal และน่าจะถือเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก เพราะ ACI Building Code มี Commentary แบบหน้าต่อหน้า และมีเล่มที่ใช้หน่วยเมตริก (Metric edition) ออกมาควบคู่กัน ค.ศ. 1990 - 1994 มี Manual of Concrete manual ใน CD - ROM ค.ศ. 1995- 1999 มี Web Site และร่วมกับ International Concrete Repair Institute ดีพิมพ์ Concrete Repair Manual ค.ศ. 2000 - 2004 ACI มีอายุถึงร้อยปี และ ACI 318 - 02 Building Code เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่มีรากฐานมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971 อย่างมาก จวบจนปัจจุบัน⁵ ACI ยังคงมีพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง อนึ่ง นอกจากมาตรฐานการคำนวณออกแบบแล้ว ACI ยังมีมาตรฐานเขียนแบบรูป หรือ ACI Detailing Manual; According to ACI 315

ในประเทศไทย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) เป็นสมาคมวิชาชีพวิศวกรรม ที่ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2486 โดยก่อนที่จะก่อตั้ง ประเทศไทยมีสองสมาคม คือ “สมาคมนายช่างแห่งกรุงสยาม” ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2471 กับ “สมาคมวิศวกรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2478 ในปี พ.ศ. 2486 รัฐบาลได้ตราพระราชบัญญัติวิศวกรรม ยกเลิกสองสมาคมดังกล่าว ตั้งเป็น “สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย” เมื่อ 30 พฤศจิกายน 2486 (ก่อตั้งแล้วเสร็จเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2493) และพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชทรงพระกรุณาโปรดเกล้ารับวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยไว้ในพระบรมราชูปถัมภ์นับแต่บัดนั้น

มาตรฐาน วสท. (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์) มีลำดับความเป็นมา ดังนี้

มาตรฐานคอนกรีตเสริมเหล็กฉบับแรกในปี พ.ศ. 2515 ยึดถือ American Concrete Institute (ACI) ทั้งวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Strength Design - WSD) ตาม ACI 318 - 63 เว้นแต่ การคำนวณหน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต $f_c = \beta \cdot 0.45 \cdot f'_c$ โดยที่ $\beta = 1$ หากควบคุมคุณภาพการทำงานดี หรือ $\beta = 5/6$ หากปราศจากควบคุมคุณภาพการทำงาน ทั้งนี้ ขณะนั้น กฎหมายอาคารฯ กำหนดกำลังอัดประลัยสูงสุดของคอนกรีตไว้เพียง 180 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร⁶ และวิธีกำลังประลัย ตาม ACI 318 - 71 ความสำคัญประเด็นหนึ่ง คือ

⁵ ACI 318 - 19

⁶ กฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 กฎกระทรวงฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กฎกระทรวง ฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549) ข้อ 5 ในการคำนวณส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่ประกอบด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กตามทฤษฎีelasติกหรือหน่วยแรงปลอดภัยให้ใช้ค่าหน่วยแรงอัดของคอนกรีต

น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย คำนวณจาก $U = 1.7 \cdot D + 2.0 \cdot L$ เมื่อ D และ L คือ น้ำหนักคงที่ และ น้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ กำหนดกำลังอัดประลัยสูงสุดของคอนกรีตไว้เพียง 150 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ทั้งนี้ ยังใช้บังคับจวบจนปัจจุบัน⁷

มาตรฐานอื่น ๆ ประกอบด้วย มาตรฐานสำหรับอาคารไม้ พ.ศ. 2516 มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2518 การคำนวณออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธี ภาวะสุดขีด พ.ศ. 2524 ขณะนั้น ไม่แพร่หลายนัก อาจเนื่องจากวิศวกรไทยยังไม่คุ้นเคย⁸ มี น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม พ.ศ. 2521 ภายหลังใช้ไม่แพร่หลาย ประกอบกับบางอย่างเปลี่ยนไป (อาทิ เสาเข็มรูปตัว Y ไม่มีใช้งาน มีเสาเข็มตอกชนิดหน้าตัดกลมกลวง - Spun pile และมีการ ใช้งานเสาเข็มชนิดอื่น ๆ อาทิ เสาเข็มเจาะ)⁹ มาตรฐานคอนกรีตอัดแรง พ.ศ. 2526 อิงมาตรฐาน ACI เป็นหลัก แต่มีมาตรฐานอื่น อาทิ CP 110 ของอังกฤษ AS -1481 ของออสเตรเลีย ประกอบ มีบทกำหนดเกี่ยวแก่แรงเฉือน สมอยึดปลาย ความต้านทานอัคคีภัย และกำหนดค่าต่ำสุด สำหรับคำนวณออกแบบ และก่อสร้าง อีกทั้งให้มาตรฐานใช้ได้กับโครงสร้างหลากหลายประเภท อาทิ ระบบพื้น คาน องค์กรอาคารโค้ง ถังเก็บวัสดุ อ่างเก็บน้ำ สะพาน¹⁰

ในปีพ.ศ. 2534 มีมาตรฐานสามเล่ม คือ มาตรฐานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วย แรงใช้งาน (พัฒนามาตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน พ.ศ. 2515 โดยความสำคัญข้อหนึ่ง คือ การคำนวณหน่วยแรงใช้งานของคอนกรีต $f_c = 0.45 \cdot f'_c$ ตาม ACI 318 - 63 โดยปราศจากตัวคูณ β เพราะเชื่อว่า การผลิต และการทำงานคอนกรีตมี คุณภาพมากขึ้นแล้ว ฯลฯ)¹¹ มาตรฐานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง (ปรับปรุงตาม ACI 318 - 89 น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย คำนวณจาก $U = 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L$ เมื่อ D และ L คือ น้ำหนักคงที่ และน้ำหนักบรรทุกจร ตามลำดับ ตาม ACI 318 - 89 เช่นกัน กำหนดค่าตัวคูณลดกำลัง - ϕ

ไม่เกินร้อยละ 37.5 ของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต แต่ต้องไม่เกิน 6.5 เมกะปาสกาล (65 กิโลกรัมแรงต่อ ตารางเซนติเมตร)

⁷ กฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 กฎกระทรวงฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุม อาคาร พ.ศ. 2522 กฎกระทรวง ฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฯ ข้อ 7 ในการคำนวณส่วนต่าง ๆ ของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กตามทฤษฎีกำลังประลัยให้น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย ดังต่อไปนี้ ฯลฯ นป. = 1.7 นค. + 2.0 นจ.: นป. = น้ำหนักบรรทุกทุกประลัย นค. = น้ำหนักบรรทุกคงที่ของอาคาร นจ. = น้ำหนักบรรทุกจร รวมด้วยแรงกระแทก

⁸ ปัจจุบัน มีมาตรฐานการคำนวณออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีภาวะสุดขีด (limit state design for structural concrete) ร่างใน พ.ศ. 2558 และออกใช้ใน พ.ศ. พ.ศ. 2562

⁹ มี ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ พ.ศ. 2546 และแนวทางการตรวจสอบชั้นดินเพื่องาน ฐานราก พ.ศ. 2551

¹⁰ ภายหลัง มีมาตรฐานอาคารคอนกรีตอัดแรง พ.ศ. 2534

¹¹ มีมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน - ฉบับแก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2 พ.ศ. 2562

สองชุด คือ ใช้ตาม ACI 318 - 89 หรือลดลงขึ้นกับดุลยพินิจ) และมาตรฐานอาคารคอนกรีตอัดแรง อย่างไรก็ตาม ภายหลังมาตรฐานอาจไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจาก ACI 318 -99 ได้ปรับปรุงหลายประเด็น โดยเฉพาะการคำนวณแรงเฉือนบิด ที่เปลี่ยนจากวิธี Skew Beam Bending เป็น Thin Wall Shell & Truss Analogy ดังเช่นบางมาตรฐานในยุโรปที่ได้ใช้มาก่อนแล้ว เพราะอธิบายพฤติกรรมการบิดที่ทำให้เกิดแรงเฉือนบิดในคอนกรีตเสริมเหล็กได้ดีกว่า แทนที่จะใช้วิธีที่มีความถูกต้องสมเหตุสมผลเฉพาะกับวัสดุที่เป็น Isotropic ดังเช่นโลหะ

มาตรฐานที่ออกมาโดยลำดับ คือ มาตรฐานการเขียนแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก พ.ศ. 2532¹² มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง พ.ศ. 2538 มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณ พ.ศ. 2540 ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุ และการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต พ.ศ. 2540¹³ ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ พ.ศ. 2546 มาตรฐานการจัดเตรียมแบบสร้างจริง และคู่มือเจ้าของอาคาร พ.ศ. 2449 มาตรฐาน การจัดลำดับแบบก่อสร้างอาคารฯ และรายละเอียดที่ควรมี พ.ศ. 2551 แนวทางการตรวจสอบชั้นดินเพื่องานฐานราก พ.ศ. 2551 มาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กรูปพรรณโดยวิธีตัวคูณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก พ.ศ. 2551 แนวทางการบริหารโครงการและควบคุมงานก่อสร้าง พ.ศ. 2551 มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กขึ้นรูปเย็น พ.ศ. 2553

ในปีพ.ศ. 2548 กรมโยธาธิการและผังเมือง ดำริจะปรับปรุงแก้ไขกฎกระทรวง ฯ โดยส่วนใหญ่ให้เป็นไปตามมาตรฐานคอนกรีตเสริมเหล็กในปี พ.ศ. 2534 เว้นแต่ตัวคูณลดกำลังชุดที่สองที่ใช้ค่าตัวคูณ $\beta = 5/6$ กับกรณีค่าตัวคูณลดกำลังมาตรฐานดังเช่นที่เคยใช้ในอดีต ขณะที่ในปี ค.ศ. 2002 (พ.ศ. 2545) American Society of Civil Engineering - ASCE พยายามรวมมาตรฐานออกแบบ โดยที่ American Institute of Steel Construction - AISC กำหนดวิธี Load and Resistance factored Design - LRFD โดยสาระสำคัญหนึ่ง คือ $U = 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L$ ทำให้ ACI 318 - 02 ต้องมีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ด้วยหากตัวคูณน้ำหนักบรรทุก (γ) ลดลง ในกรณีของคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่ต้องมีปัญหาอุปสรรคในการควบคุมคุณภาพมากกว่าโครงสร้างเหล็ก (อาทิ ต้องหล่อองค์อาคารในที่ ต่างกับโครงสร้างเหล็ก ที่ผลิตจากกระบวนการอุตสาหกรรม ฯลฯ) และหากพิจารณาส่วนความปลอดภัย (Factor of Safety - F.S. = $\frac{\gamma_1 \cdot D + \gamma_2 \cdot L}{D + L} \cdot \frac{1}{\phi}$) หากตัวคูณประกอบน้ำหนักบรรทุกทุกตัวลดลง ตัวคูณลดกำลัง (ϕ) ก็ควรลดลง เพื่อมีค่าความปลอดภัยคงเดิม ตัวคูณลดกำลังที่กำหนดใช้ ไม่ได้แบ่งแยกว่า เป็นองค์อาคารต้านทานแรงดัด หรือองค์อาคารต้านทานแรงอัด ในองค์อาคารที่อยู่ภายใต้สภาวะ Tension Control ตัวคูณลดกำลังจะไม่ลดลง ทั้งนี้ มาตรฐานให้ความสำคัญในองค์อาคารที่มีเหล็กเสริมในปริมาณค่อนข้างน้อย มีความเครียด ($\epsilon_t > 0.005$) ให้เหนียว (มี Ductility) โดยตัวคูณลดกำลัง มีสองกรณี ตาม

¹² ปัจจุบัน มีมาตรฐานการเขียนแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก - แก้ไขปรับปรุง ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2559 และใช้งานในปี พ.ศ. 2561

¹³ แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2545 แก้ไขปรับปรุง ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2562

ลักษณะ Confinement คือ เหล็กปลอกเกลียว (Spiral) และกรณีนอื่น ๆ (ปลอกเดี่ยว - Tie) เมื่อความเค้นดัด ($\epsilon_s < 0.002$) จะลดลงจนถึงค่าต่ำสุด กล่าวได้ว่า มาตรฐานยอมให้ออกแบบองค์อาคารในสภาวะภายใต้แรงอัด แต่ตัวคุณลดกำลังมีค่าต่ำเหลือ 0.70 หรือ 0.65 แล้วแต่กรณี

ปัจจุบันมีมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก - ปรับปรุงครั้งที่ 3 ตั้งแต่ พ.ศ. 2559 และใช้งานในปี พ.ศ. 2562 นอกจากจะปรับการใช้ และเรียงลำดับหัวข้อตาม คู่มือการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพวิศวกรรม (พฤษภาคม พ.ศ. 2558) ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ความสำคัญ คือ ปรับนิยามให้ตรงกับนิยามตามกฎหมายกระทรวง ฯ ที่ออกโดยอาศัยอำนาจตาม พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ใช้ศัพท์บัญญัติภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยตามศัพท์บัญญัติที่กำลังดำเนินการของราชบัณฑิตยสถาน อ้างอิงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ควบคู่กับมาตรฐาน ASTM (และควรเทียบเคียงกับมาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. - ผู้เขียน) ปรับกำลังอัดคอนกรีตรูปทรงกระบอก (จาก 100 150 200 250 300 และ 350 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร เป็น 150 180 210 240 280 และ 320 กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร) จำกัดการใช้เหล็กเสริมชั้นคุณภาพ SR 24 SD 30 SD 40 (ยกเลิก SD 50) ในหัวข้อ "การต่อทาบเหล็กเสริม" ย้ายหัวข้อ "การต่อเหล็กเสริม" ในหัวข้อ "รายละเอียดเหล็กเสริม" ไปต่อหัวข้อ "แรงยึดหน่วง และการยึด" เพิ่มหัวข้อย่อย "ความยาวระยะฝัง" โดยพัฒนาจากหน่วยแรงยึดหน่วงเดิม และรวมอยู่ใน "แรงยึดหน่วง ความยาวระยะฝัง และการต่อเหล็กเสริม" (ดังเช่นวิธีกำลัง) เพิ่มข้อความจาก "เหล็กเสริมตามขวาง" เป็น จาก "เหล็กเสริมตามขวางสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด" (ดังเช่นวิธีกำลัง) และกำหนดนิยามแถบเสาและแถบกลางในการคำนวณออกแบบแผ่นพื้นสองทาง

สำหรับงานสะพาน ทั้งโครงสร้างเหล็ก และคอนกรีต มาตรฐานการออกแบบสะพาน Standard Specification for Highway Bridges และโครงสร้างประกอบของ American Association of State Highway Office - AASHTO เดิม หรือ American Association of State Highway and Transport Office - AASHTO ปัจจุบัน เป็นมาตรฐานที่อาจเห็นได้ชัดเจน เพราะใช้กับทั้งโครงสร้างสะพานเหล็ก และสะพานคอนกรีต เริ่มก่อร่างตั้งแต่ปี ค.ศ. 1921 (พ.ศ. 2464) พัฒนามาโดยตลอดจนมีความครบถ้วนสมบูรณ์ในปี 1926 และปรับปรุงแก้ไขในปี 1928 ก่อนที่จะพิมพ์ครั้งแรกในปี 1931 และมีฉบับปรับปรุงทุกสี่ปี ตั้งแต่ปี 1935 ถึง 1996 เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงในปี 1994 หลังจากปี 2002 เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นนัย โดยตั้งเป้าหมายว่า ตั้งแต่ปี 2007 เป็นต้นไป สะพานจะถูกออกแบบโดยใช้วิธี LRFD ทั้งนี้ สะพาน มี น้ำหนักและแรงกระทำซับซ้อนกว่าอาคารมาก และอยู่ภายใต้หลายสภาวะการณ์ที่แปรเปลี่ยน การคำนวณออกแบบ นอกจากจะต้องคำนึงถึง ความแข็งแรงปลอดภัยแล้ว ยังต้องตรวจสอบการใช้งาน (Serviceability) ในสภาพแวดล้อม หรือเงื่อนไขอื่น ๆ อาทิ การต้านทานน้ำหนักบรรทุกที่กระทำซ้ำ ๆ (Repetition) หรือคงค้าง แรงกระแทก การแอ่น หรือโก่งตัว พีกัดแตกร้าว (Crack) แร่ง หรือน้ำหนักที่มีนัยความรุนแรง แต่ไม่เกิดบ่อยนัก (เช่นเดียวกับโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ อื่น ๆ อาทิ ท่าเทียบเรือ เขื่อน อุโมงค์ - ดู หัวข้อต่อไป)

มาตรฐานอื่น ที่พบใช้มากพอควรกับงานโครงสร้าง คอนกรีตเสริมเหล็ก และสะพาน โดยเฉพาะในอดีต (ซึ่งอาจเพราะมีผู้ไปศึกษาในสหราชอาณาจักร) คือ มาตรฐานของสหราชอาณาจักร British Standard - Code แม้จะมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกับมาตรฐาน ACI เพราะ BS มีมาตรฐานหลายเรื่อง ไม่เฉพาะเจาะจงแต่คอนกรีต หรือโครงสร้างคอนกรีต (คล้ายคลึง มอก. หรือ มยผ.) ซึ่งพอเป็นที่รู้จักและใช้งานตั้งแต่ ค.ศ. 1948 CP 114; The Structural Use of Normal Reinforced Concrete in Buildings (ปรับปรุงในปี ค.ศ. 1957 พิมพ์เล่มที่ใช้หน่วยเมตริก ในปี ค.ศ. 1970 เป็น Part 2 ในปี ค.ศ. 1969) ค.ศ. 1959 มี CP 115; The structural use of pre-stressed concrete in buildings ค.ศ. 1960 CP 2007; Part 2; Design and construction of reinforced and pre-stressed concrete structures for the storage of water and other aqueous liquids (พิมพ์เล่มที่ใช้หน่วยเมตริก ในปี ค.ศ. 1970) ค.ศ. 1965 CP 116; The structural use of precast concrete ค.ศ. 1972 CP 110; Code of practice for the structural use of concrete ค.ศ. 1973 Technical Memorandum (Bridges) BE 1/73, Reinforced concrete highway structures, BE 2/73 Pre-stressed concrete highway structures ค.ศ. 1976 BS 5337; Code of practice for the structural use of concrete for retaining aqueous liquids ค.ศ. 1984 BS 6349; Maritime structures ค.ศ. 1985 BS 8110: Structural use of concrete; Part 1 Code of practice for design and construction; Part 2 Code of practice for special circumstances ค.ศ. 1987 BS 8007; Code of practice for design of concrete structures for retaining aqueous liquids สรุปโดยย่อว่า BS 8110 สำหรับคำนวณออกแบบ และก่อสร้าง โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และคอนกรีตอัดแรง โดยวิธี Limit State โดยโครงสร้างสะพาน ใช้ BS 5400; Steel, concrete and composite bridges, Part 4, Code of practice for design of concrete bridges และโครงสร้าง ด้านทานแรงดันน้ำ (Bridges and water - retaining) ใช้ BS 8007 ในปี ค.ศ. 2010 EN 1992 (Eurocode 2) ถูกใช้แทน BS 8110 แม้บางส่วนของมาตรฐาน จะยังปรากฏใน National Annex ของ Eurocode

วสท. บทที่ 1 ข้อกำหนดทั่วไป กำหนดขอบข่ายของมาตรฐาน การขออนุญาต และแบบรูป การตรวจงานการพิจารณารับรองการคำนวณออกแบบ หรือก่อสร้างโครงสร้างพิเศษ วสท. 1.1.1 มาตรฐานนี้ได้กำหนดค่าต่ำสุดต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการคำนวณออกแบบ และก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมทั้งองค์ประกอบของโครงสร้างเฉพาะส่วนที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก วสท. 1.1.2 สำหรับโครงสร้างพิเศษ เช่น องค์อาคารโค้ง ถังเก็บวัสดุ อ่างเก็บน้ำ ถังสูงเก็บวัสดุจำพวกเมล็ด และผง (เรียก วัสดุเทกอง - Bulk materials) โครงสร้างที่ออกแบบให้ด้านทานแรงบิด และปล่องไฟ ให้ใช้มาตรฐานนี้เฉพาะเท่าที่ใช้ได้

การขออนุญาต และแบบรูป ตลอดจนเอกสาร และการลงนามของวิศวกรผู้คำนวณ ออกแบบ เป็นไปตามกฎหมายอาคาร¹⁴ อย่างไรก็ตาม แบบรูป ต้องแสดงขนาด ตำแหน่งของ องค์ประกอบทางโครงสร้าง และเหล็กเสริมทั้งหมด กำลังของคอนกรีตตามอายุ กำลัง หรือชั้น คุณภาพของเหล็กเสริม และน้ำหนักบรรทุกจร ตลอดจนน้ำหนักบรรทุกอื่น ๆ ที่ใช้คำนวณ ออกแบบ วสท. 1.2.2 ต้องส่งรายการคำนวณพร้อมกับแบบก่อสร้าง เมื่อใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ช่วยคำนวณ ต้องแนบสมมติฐานในการคำนวณออกแบบ และข้อมูลต่าง ๆ ที่ป้อน และผลที่ได้ จากคอมพิวเตอร์ไปพร้อมกับรายการคำนวณด้วย การคำนวณนั้น อาจใช้วิธีวิเคราะห์โดยการ ทดลองรูปย่อส่วนประกอบด้วย ก็ได้

วสท. 1.4 การพิจารณารับรองการคำนวณออกแบบ หรือการก่อสร้างโครงสร้างชนิด พิเศษ วิศวกรที่ใช้ระบบการคำนวณออกแบบ หรือการก่อสร้างอื่นใดภายในขอบข่ายของ มาตรฐานนี้ โดยที่ระบบนั้น ๆ ซึ่งปรากฏว่าเคยใช้ได้ผลมาแล้ว หรือโดยได้วิเคราะห์ หรือทดสอบ มากเพียงพอแล้ว และการคำนวณออกแบบตามระบบอื่นซึ่งไม่เข้ากับมาตรฐานนี้ วิศวกรย่อมมี สิทธิจะเสนอข้อมูลซึ่งใช้เป็นหลักในการคำนวณออกแบบดังกล่าว ฯลฯ

¹⁴ 1. กฎกระทรวง ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2528 Zกำหนดแบบคำขออนุญาตก่อสร้างอาคาร ตัดแปลงอาคาร รื้อถอน อาคาร เคลื่อนย้ายอาคาร เปลี่ยนการใช้อาคาร ตัดแปลงหรือใช้ที่จอดรถ ที่กัลบริด และทางเข้าออกของรถเพื่อ การอื่น แบบคำขอต่อใบอนุญาตฯ แบบคำขอใบรับรองฯ แบบคำขอใบแทนใบอนุญาต หรือใบแทนใบรับรอง แบบคำขอโอนใบอนุญาตฯ แบบใบอนุญาตฯ คำสั่งเจ้าพนักงานท้องถิ่นฯ หนังสือของเจ้าพนักงานท้องถิ่นฯ ฯลฯ

2. กฎกระทรวงว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการ ปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการ ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550 ยกเลิก กฎกระทรวง ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2528) และกฎกระทรวงฉบับที่ 14 (พ.ศ. 2529) ข้อ 2 ให้อาคารดังต่อไปนี้ได้รับการยกเว้นไม่ต้องขออนุญาต ฯ

ผู้ดำเนินการเกี่ยวกับอาคารตามวรรคหนึ่ง ต้องส่งแผนผังบริเวณ แบบแปลน และรายการประกอบ แบบแปลน ที่ถูกต้องและเป็นไปตามกฎกระทรวง ข้อบัญญัติท้องถิ่น หรือประกาศของรัฐมนตรีว่าการ กระทรวงมหาดไทย ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฯสองชุด ให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นก่อนทำ การก่อสร้าง ตัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคารไม่น้อยกว่าสามสิบวัน

ความในวรรคสองมิให้ใช้บังคับแก่อาคารดังต่อไปนี้ ฯละฯ

ข้อปฏิบัติของเจ้าพนักงานท้องถิ่น ฯละฯ

กฎกระทรวง ว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการ ควบคุมอาคาร สำหรับอาคารในโครงการที่รัฐจัดให้มีหรือพัฒนาเพื่อเป็นที่อยู่สำหรับผู้มีรายได้น้อย พ.ศ. 2554 ฯละฯ โดยที่มาตรา 7 (8) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติ ควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550 ให้รัฐมนตรีมีอำนาจออกกฎกระทรวงยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไข ในการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ไม่ว่าทั้งหมด หรือบางส่วน เกี่ยวกับอาคารที่ กระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ องค์การของรัฐที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย หรือหน่วยงาน อื่นของรัฐจัดให้มี หรือพัฒนาเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย ทั้งนี้ ต้องมิใช่การยกเว้นหรือผ่อนผัน เงื่อนไขเกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรง และความปลอดภัยของอาคาร หรือความปลอดภัยของผู้ซึ่งอยู่อาศัยหรือใช้ อาคาร ฯละฯ

ACI กล่าวถึงขอบเขตของมาตรฐาน ACI เช่นกัน¹⁵ ในประเทศไทย มาตรฐาน ออกแบบ ไม่ได้มีผลบังคับเหมือนกฎหมาย เว้นแต่กฎหมายจะเปิดช่องให้มีผลบังคับ อาทิ ข้อความที่ระบุว่า ฯลฯ ข้อ 7 ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างปายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติด หรือตั้งปาย ให้ใช้ค่าหน่วยแรง วิธีการ และเกณฑ์การออกแบบโดยให้เป็นไปตาม ฯลฯ ของ กฎกระทรวง ฯ เว้นแต่ค่าหน่วยแรงลม ค่าหน่วยแรง วิธีการ และเกณฑ์การออกแบบ ให้เป็นไป ตามมาตรฐาน การคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคารของกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือมาตรฐานที่คณะกรรมการควบคุมอาคารรับรอง¹⁶

ยังมีมาตรฐานอีกประเภทหนึ่ง ว่า วัสดุ อาทิ วัสดุดิบ ส่วนประกอบ การผลิต ส่วนผสม สมบัติทางกายภาพ (ขนาดรูป น้ำหนัก ความยาว สี ตำหนิ เกณฑ์ผลิตพลาสติกเคลือบ) สมบัติ ทางเคมี กลสมบัติ (ความแข็ง โมดูลัสยืดหยุ่น กำลังต้านทานแรง) วิธีติดตั้ง หรือทำงาน การสุ่ม ตัวอย่าง หรือการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือทดสอบ การทดสอบ การ อ่านค่า หรือวัดผล การคำนวณ เกณฑ์มาตรฐาน เช่น ความผลิตพลาสติกเคลือบ ตัวอย่าง มาตรฐานประเภทนี้ อาทิ มาตรฐานอุตสาหกรรม-มอก. (Thai Industrial Standard-TIS) โดย สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม - สมอ. (Thai Industrial Standard Institute-TISI) กระทรวง อุตสาหกรรม มาตรฐาน ASTM, AASHTO, BS และ JIS- Japan Industrial Standard-JIS

มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) อาทิ สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต¹⁷ ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์¹⁸ ปูนซีเมนต์ผสม¹⁹ คอนกรีตผสมเสร็จ²⁰ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พอยโซลาน²¹ พอย

¹⁵ ACI เติม: This code provides minimum requirements for design and construction of structural concrete elements of any structure erected under requirements of the legally adopted general building code of which this code forms a part. In areas without a legally adopted building code, This code defines of design and construction practice,

ACI 318 - 19: ACI 1.2.5 This Code provides minimum requirements for the materials, design, construction, and strength evaluation of structural concrete members and systems in any structure designed and constructed under the requirements of the general building code. ACI 1.2.6 Modifications to this Code that are adopted by the particular jurisdiction are part of the laws of that jurisdiction, but are not a part of this Code. และ ACI 1.2.7 If no general building code is adopted, this Code provides minimum requirements for the materials, design, construction, and strength evaluation of members and systems in any structure within the scope of this Code

¹⁶ กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมปายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งปายตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2558

¹⁷ มอก. 733 - 2530 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

¹⁸ มอก. 15 1 - 2547 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

¹⁹ มอก.80-2550 ปูนซีเมนต์ผสม

²⁰ มอก. 213 - 2552 คอนกรีตผสมเสร็จ

²¹ มอก. 849-2556 ประกอบประกาศกระทรวงฯ ฉบับที่ 4928 - 2556 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พอยโซลาน

โซลาน²² ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จากเตาถลุงแบบพ่นลม²³ ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก²⁴ เหล็กเสริมคอนกรีต – เหล็กเส้นกลม²⁵ เหล็กเสริมคอนกรีต – เหล็กข้ออ้อย²⁶ ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต²⁷ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน²⁸ แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นคอนกรีต²⁹ ชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นประกอบ³⁰ เสาค้ำคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ³¹ วิธีทดสอบการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จและระบบพื้นคอนกรีต³²

มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง - มยผ. ประกอบด้วย มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้งานโครงสร้างอาคาร³³ มาตรฐานการทดสอบวัสดุในงานคอนกรีต³⁴ มาตรฐานการคำนวณแรงลม และการตอบสนองของอาคาร³⁵ มาตรฐานงาน

²²มอก. 850 - 2532. พอซโซลาน

²³มอก. 2587 - 2556 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จากเตาถลุงแบบพ่นลม.

²⁴ มอก. 2594 - 2556 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

²⁵มอก. 20 - 2559 (มอก. 20 - 2543 ประกอบประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4802 พ.ศ. 2559)

²⁶มอก. 24 - 2559 (มอก. 24 - 2548 ประกอบประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4803 พ.ศ. 2559)

²⁷มอก. 737 - 2549 ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต

²⁸มอก. 1127 - 2539 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (คือ มอก. 1127 - 2531 ประกอบประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2149 พ.ศ. 2531)

²⁹มอก. 576 - 2546 แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นคอนกรีต

³⁰มอก. 828 - 2546 ชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นประกอบ

³¹มอก. 396 - 2549 เสาค้ำคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ

³²มอก. 577 - 2531 วิธีทดสอบการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ และระบบพื้นคอนกรีต

³³ มยผ. 1101 - 52 ถึง 1106 - 52 มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้งานโครงสร้างอาคาร (มยผ.

1101 - 52 มาตรฐานงานคอนกรีต และคอนกรีตเสริมเหล็ก มยผ. 1102 - 52 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง มยผ. 1103 - 52 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต มยผ. 1104 - 52 มาตรฐานงานไม้ มยผ. 1105 - 52 มาตรฐานงานฐานราก มยผ. 1106 - 52 มาตรฐานงานเสาเข็ม)

³⁴มยผ. 1201 - 50 ถึง มยผ. 1212 - 50 มาตรฐานการทดสอบวัสดุในงานคอนกรีต (มยผ. 1201 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาขนาดผลของมวลรวม มยผ. 1202 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาความต้านทานต่อการสึกกร่อนของมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่องทดสอบลอสมองเจลิส มยผ. 1203 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปนในมวลรวมละเอียด มยผ. 1204 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ และค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบ มยผ. 1205 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ และค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียด มยผ. 1206 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของมวลรวม มยผ. 1207 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าดินเหนียว และวัสดุอื่นในมวลรวม มยผ. 1208 - 50 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตหน้างาน และการเก็บรักษา มยผ. 1209 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต มยผ. 1210 - 50 มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต มยผ. 1211 - 50 มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต มยผ. 1212 - 50 มาตรฐานการทดสอบน้ำสำหรับผสมคอนกรีต)

³⁵ มยผ. 1311 - 50 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

คอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทน และอายุการใช้งาน³⁶ มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ Dynamic Load Test และตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม ด้วยวิธี Seismic Test³⁷ มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย³⁸ มาตรฐานการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีต เสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย³⁹ มาตรฐานปฏิบัติในการซ่อมแซมคอนกรีต⁴⁰ มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว⁴¹ มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว⁴² ชุดมาตรฐานประกอบการออกแบบโครงสร้างพิเศษ⁴³

1.4 พื้นฐานความรู้ และสหวิทยาการ

การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก บูรณาการความรู้ และทักษะเรื่อง วัสดุ การทดสอบ กลศาสตร์ ทฤษฎีคำนวณ สถาปัตยกรรม การเขียนแบบวิศวกรรม ซึ่งปรากฏในหลักสูตร วิศวกรรมโยธาของสถาบันศึกษาต่าง ๆ อาทิ คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology) กลศาสตร์วัสดุ (Mechanics of Materials) กำลังวัสดุ (Strength of Materials) วัสดุวิศวกรรม และการทดสอบ (Engineering Materials and Testing) ทฤษฎี และการวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural Theory & Analysis) ปฐพีกลศาสตร์ (Soil Mechanics) วิศวกรรมฐานราก

³⁶ มยผ. 1332 - 50 มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทน และอายุการใช้งาน

³⁷ มยผ.1252 - 51 มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ Dynamic Load Test และ 1551 - 51 มาตรฐานการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม ด้วยวิธี Seismic Test

³⁸มยผ. 1501 - 51 ถึง 1507 - 51 มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (มยผ. 1501 - 51 การตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีตรวจพินิจ - Visual Inspection Method มยผ. 1502 - 51 วิธีหาค่าความแข็งแรงของคอนกรีตด้วยฆ้อนกระแทก - Rebound Hammer มยผ. 1503 - 51 วิธีทดสอบประเมินค่ากำลังอัดของคอนกรีตด้วยการยิงด้วยหัวหยั่งทดสอบ มยผ. 1504 - 51 วิธีทดสอบคอนกรีตโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก - Ultrasonic Pulse Velocity มยผ. 1505 - 51 วิธีตรวจสอบหาตำแหน่งเหล็กเสริมในคอนกรีต - Cover Meter มยผ. 1506 - 51 วิธีทดสอบหาค่าการสึกกร่อนของเหล็กเสริม - Half - Cell Potential มยผ. 1507 - 51 วิธีทดสอบเพื่อประเมินสภาพสมบูรณ์ของเนื้อคอนกรีตด้วยคลื่นเรดาร์ - Radar)

³⁹มยผ. 1508 - 51 มาตรฐานการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีต เสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย

⁴⁰ มยผ. 1901-51 มาตรฐานปฏิบัติในการซ่อมแซมคอนกรีต

⁴¹ มยผ. 1302 - 52 มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

⁴² มยผ. 1301 - 54 มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการ สั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

⁴³ มยผ. 1341 - 54 ถึง 1346 - 54 และ 8213-54 ชุดมาตรฐานประกอบการออกแบบโครงสร้างพิเศษ (มยผ. 1341 - 54 มาตรฐานประกอบการออกแบบโครงสร้างที่ใช้แผ่นบาง มยผ. 1342 - 54 มาตรฐานประกอบการออกแบบโครงสร้างที่ใช้เคเบิล มยผ. 1344 - 54 มาตรฐานประกอบการออกแบบหอ หรือหอยืดโยง มยผ. 1345 - 54 มาตรฐานประกอบการออกแบบนั่งร้าน - ค้ำยัน มยผ. 1346 - 54 มาตรฐานประกอบการออกแบบห้อง และที่เก็บฟิล์ม มยผ. 8213 - 54 มาตรฐานการทดสอบการลามไฟของโครงสร้างที่ใช้แผ่นบาง

(Foundation Engineering) ชลศาสตร์ (Hydraulic Engineering) และอื่น ๆ เนื่องจากจะต้องรู้และเข้าใจระบบโครงสร้าง สมมติฐาน การจำลอง แบบจำลองโครงสร้าง การกำหนดน้ำหนักหรือแรงต่างๆ ที่กระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้าง การวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อทราบผลของน้ำหนัก หรือแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง การรวมแรง พฤติกรรมขององค์อาคาร หรือโครงสร้างภายใต้น้ำหนักหรือแรง อาทิ การแอ่น หรือโก่งตัว (Deflection or chamfer) ทฤษฎี และวิธีคำนวณออกแบบ การเขียนแบบวิศวกรรม อาทิ ผังอาคาร การให้รายละเอียดเหล็กเสริม (Reinforcement detailing)

การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก อาจใช้วิธีหน่วยแรงใช้งาน (Elastic theory) วิธีกำลัง (Ultimate or strength method) หรือวิธีภาวะสุดขีด (Limit state method) หรืออื่นๆ วิธีหน่วยแรงใช้งานสมมติให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเป็นเส้นตรง โดยขณะรับน้ำหนักบรรทุก ความเครียดในคอนกรีต หรือเหล็กเสริมเป็นสัดส่วนตรงกับระยะจากแกนสะเทิน หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีต และเหล็กเสริมต้องไม่เกินหน่วยแรงใช้งาน หรือหน่วยแรงที่ยอมให้ (Working stress or allowable stress) หน่วยแรงใช้งานถูกกำหนดให้เป็นสัดส่วนกับกำลังครากของเหล็ก หรือกำลังอัดประลัยของคอนกรีต วิธีหน่วยแรงใช้งานจะคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เพราะความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดของคอนกรีตแทบไม่มีส่วนใดเป็นเส้นตรง และเมื่อหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในเหล็กเสริมมากกว่าขีดปฏิบัติการ (Proportional limit) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดก็ไม่เป็นเส้นตรงเช่นกัน วิธีกำลังประลัยใช้ความสัมพันธ์ในช่วงที่ไม่เป็นเส้นตรงดังกล่าวนี้มาใช้คาดคะเนกำลังประลัยของโครงสร้าง ส่วนวิธีภาวะสุดขีดพิจารณากำลังของหน้าตัดเมื่อเหล็กครากแล้วเปลี่ยนพฤติกรรม

แม้จะเข้าใจค่อนข้างยาก แต่ก็มิใช่เรื่องใหม่นัก ควรสรุปในเบื้องต้นว่า กำลังขององค์อาคาร หรือโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กย่อมมีแน่ชัดเป็นสิ่งเดียว (Unique) แต่หลายวิธีคำนวณออกแบบเพื่อพิจารณาใช้เหมาะสมกับสภาวะการณ์ (เช่น วัตถุประสงค์ การใช้งาน สภาพแวดล้อม) จึงทำให้มาตรฐานคำนวณออกแบบรวมกันเป็นหนึ่งเดียว (Unified)

1.5 วิเคราะห์ค้ำพท์

วิเคราะห์ค้ำพท์ของของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) ในมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน หรือวิธีกำลัง ดังนี้

กำลังคราก (Yield strength of steel, f_y) คือ ค่าต่ำสุดของกำลังครากเหล็กเสริม มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร (หรือ เมกะปาสกาล - นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร กำลังครากหาจากการทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม - มอก.⁴⁴

กำลังอัดของคอนกรีต (Compressive strength of concrete, f'_c) คือ ค่าที่ได้จากการทดสอบแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดมาตรฐาน $\varnothing 15 \times 30$ เซนติเมตร ตามวิธีที่ระบุในมาตรฐานอุตสาหกรรม - มอก. เมื่ออายุได้ 28 วัน หรือเร็วกว่านั้น หากต้องการให้คอนกรีตรับน้ำหนักบรรทุกเต็มที่ในเวลานั้น ๆ

ความยาวระยะฝัง (Development length) คือ ความยาวระยะฝังของเหล็กเสริมที่ฝังไว้เลยจากหน้าตัดวิกฤต

ความลึกประสิทธิผล (Effective depth, d) คือ ระยะจากผิวบนสุดค้ำรับแรงอัดถึงศูนย์ถ่วงของเหล็กเสริมรับแรงดึงในองค์อาคารหนึ่ง ๆ

คอนกรีต (Concrete) หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุพอลิเมอร์ มวลรวมละเอียด เช่น ทราย มวลรวมหยาบ เช่น หิน หรือกรวด และน้ำ โดยมี หรือไม่มีสารเคมี หรือแร่ผสมเพิ่ม (อนึ่ง ว.ส.ท. 1201 - วิธีกำลัง นิยามว่า คอนกรีต หมายถึง ส่วนผสมของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกอื่น ๆ กับมวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารผสมเพิ่ม)

คอนกรีตน้ำหนักเบา (Lightweight concrete) หมายถึง คอนกรีตที่ใช้มวลรวมเบา หรือ คอนกรีตที่พรมโฟมผลิตภายใต้แรงดัน (ขณะที่ ว.ส.ท. 1201 - วิธีกำลัง นิยาม คอนกรีตน้ำหนักเบาที่ใช้ในงานโครงสร้าง - Structural lightweight concrete ว่า หมายถึงคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมน้ำหนักเบา และมีหน่วยน้ำหนักที่แห้งในอากาศ ซึ่งหาตาม ASTM 567 ไม่เกิน 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คอนกรีตน้ำหนักเบาที่ไม่มีทรายธรรมชาติผสมเรียก คอนกรีตน้ำหนักเบาที่มีมวลรวมเบาล้วน - All - lightweight concrete คอนกรีตน้ำหนักเบาซึ่งมวลรวมละเอียดทั้งหมดประกอบด้วยทรายที่มีน้ำหนักปกติ เรียก คอนกรีตน้ำหนักเบาที่มีทรายเป็นส่วนผสม Sand - lightweight concrete)

คอนกรีตล้วน (Plain concrete) หมายถึง คอนกรีตที่อยู่นอกเหนือจากคำนิยามสำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก

คอนกรีตหล่อสำเร็จ (Precast concrete) หมายถึง ชิ้นส่วนที่ทำด้วยคอนกรีต ซึ่งหล่อสำเร็จจากที่อื่น แล้วนำมาประกอบในโครงสร้าง (อนึ่ง ว.ส.ท.1201 - วิธีกำลัง นิยามว่า คอนกรีต

⁴⁴ หรือ American Standard of Testing Materials - ASTM ตามคำปรารภของมาตรฐานวสท. โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน แก้ไขปรับปรุง ครั้งที่ 2 (พ.ศ. 2562) หรือ เทียบเคียงได้กับ มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง - มยผ.ทั้งนี้ ควรมีหมายเหตุทำนองนี้ ทุกครั้งที่อ้าง มอก.

หล่อสำเร็จหมายถึงชิ้นส่วนของคอนกรีตล้วนหรือคอนกรีตเสริมเหล็ก ที่หล่อในสถานที่อื่น ซึ่งไม่ใช่ตำแหน่งสุดท้ายในโครงสร้าง)⁴⁵

คอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced concrete) หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมฝังภายใน โดยที่ คอนกรีต และเหล็กเสริม ทำงานร่วมกันในการต้านแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น (อนึ่ง วสท.1201 - วิธีกำลัง นิยามว่า คอนกรีตเสริมเหล็กหมายถึงคอนกรีตที่เสริมเหล็กไม่น้อยกว่าปริมาณต่ำสุดที่ต้องการโดยมาตรฐาน และคำนวณออกแบบบนสมมติฐานที่ว่า วัสดุทั้งสองมีพฤติกรรมร่วมกันในการรับแรงต่าง ๆ)

คอนกรีตอัดแรง (Prestressed concrete) หมายถึง คอนกรีตที่เสริมเหล็กรับแรงดึงสูงสุด หรือวัสดุเสริมแรงอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดหน่วยแรง โดยมีขนาด และการกระจายของหน่วยแรงตามที่ต้องการ เพื่อที่จะหักล้าง หรือลดหน่วยแรงดึงในคอนกรีตอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุก

น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load, LL) หมายถึง น้ำหนักที่เกิดจากการใช้งานของอาคารตามปกติ ไม่รวมน้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load -DL) น้ำหนักบรรทุกระหว่างก่อสร้าง (Temporary loads during construction) และแรงจากสภาพแวดล้อมตามที่กำหนดในกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน และความคงทนของอาคาร ตลอดจนลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ ตามกฎหมายควบคุมอาคาร

น้ำหนักบรรทุกคงที่ หมายถึง น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่คำนวณมาได้ ซึ่งรองรับโดยองค์อาคาร

มวลรวม (Aggregate) หมายถึง วัสดุเฉื่อย (Inert materials) ต่อปฏิกิริยาทางเคมี ใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และน้ำเพื่อให้ได้คอนกรีต (อนึ่ง วสท.1201 - วิธีกำลัง นิยามว่า มวลรวมหมายถึงวัสดุที่มีลักษณะเป็นเม็ดๆ เช่น หินกรวด หินย่อย หรือ กากโลหะจากเตาหลอมเหล็ก ใช้ผสมกับวัสดุประสานเพื่อทำให้เกิดคอนกรีตหรือมอร์ต้า)

มวลรวมเบา (Lightweight aggregate) หมายถึง มวลรวมที่มีหน่วยน้ำหนักที่สภาพหลวม และแห้ง ไม่เกิน 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (อนึ่ง ว.ส.ท.1201 โดยวิธีกำลัง นิยามว่ามวลรวมเบา หมายถึงมวลรวมที่มีหน่วยน้ำหนักที่สภาพหลวมและแห้ง ไม่เกิน 1,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

สารผสมเพิ่ม (Admixture) หมายถึง วัสดุอื่นนอกเหนือจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด หรือน้ำ ซึ่งเติมลงไปขณะผสมคอนกรีต เพื่อให้ได้สมบัติของคอนกรีตตามต้องการ

เสา (Strut or column) หมายถึง องค์อาคารรับแรงอัดอยู่ในแนวตั้ง และมีความยาวเกินสามเท่าของด้านแคบสุด (อนึ่ง วสท. 1201 - วิธีกำลัง นิยามว่า เสาหมายถึงองค์อาคารที่มีอัตราส่วนความสูงต่อมิติด้านข้างที่สั้นที่สุดไม่น้อยกว่าสาม ใช้รับแรงอัดตามแกนเป็นหลัก)

⁴⁵ เห็นว่า ควรเรียก คอนกรีตที่สำเร็จ เหตุผลเพราะหล่อสำเร็จจากที่อื่น แล้วนำมาประกอบในโครงสร้างแล้ว ยังต้องมีกระบวนการอื่น ๆ อาทิ วางเหล็กเสริมด้านการยึดหด เหล็กเสริมต้านทานแรงอัด เทคอนกรีตทับหน้า (Concrete topping) หรือ วางเหล็กเสริม และเทคอนกรีตพื้น (Deck slab)

เสาคอนกรีตเสริมเหล็กแกนเหล็ก (Concrete column - Steel core) หมายถึงเสา ซึ่งมีเหล็กกล้าหรือเหล็กหล่อเป็นแกนใน มีเหล็กเสริมตามแนวยาว และพันด้วยเหล็กปลอกเกลียว

เสาแบบผสม (Composite column) หมายถึง เสาที่ใช้ข้อต่ออาคารเหล็กรับน้ำหนักส่วนใหญ่ และหุ้มด้วยคอนกรีตที่มีคุณภาพดีพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกทุกส่วนที่เหลือได้

หน่วยแรง (Stress) คือ แรงต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร (Kilogram per square centimeter - kg/cm^2 or ksc)⁴⁶

เหล็กข้ออ้อย (Deformed bars) หมายถึง เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ที่ทำคريب และบั้ง (Rib) ตลอดความยาว เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มแรงยึดหน่วง (อนึ่ง วสท.1201 - วิธีกำลังนิยามว่า เหล็กเสริมแบบข้ออ้อย หมายถึงเหล็กข้ออ้อย ตะแกรงเหล็กเส้นลวดข้ออ้อย ลวดตะแกรงเหล็กเชื่อมผิวเรียบ ตะแกรงเหล็กเชื่อมข้ออ้อย ที่เป็นไปตาม วสท. 2105 ค)

เหล็กค่อม (Bent - up bar) หมายถึง เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตตามแนวยาวที่งอขึ้นทำมุมกับแนวเหล็กเสริมตามยาว

เหล็กปลอก (Tie) หมายถึง เหล็กเส้นที่พันรอบเหล็กเสริมตามแนวยาวในองค์อาคารรับแรงอัด (อนึ่ง วสท.1201 - วิธีกำลัง นิยามว่า เหล็กปลอกหมายถึงวงของเหล็กเส้นหรือลวดที่รัดรอบเหล็กเสริมตามยาว และ ให้ดูประกอบกับเหล็กลูกตั้ง โดยนิยามว่า เหล็กลูกตั้ง - Web Reinforcement หรือ StIRRUP หมายถึงเหล็กเสริมที่ใช้รับหน่วยแรงเฉือนและหน่วยแรงบิดในองค์อาคาร โดยทั่ว ๆ ไปเป็นเหล็กเส้น ลวด ลวดตะแกรงเหล็กเชื่อมผิวเรียบหรือข้ออ้อย อาจมีขาเดียวหรือตัดเป็นรูปตัวแอล ตัวยู หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า และอยู่ในตำแหน่งตั้งฉากหรือทำมุม กับเหล็กเสริมตามยาว ในมาตรฐาน ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า ปกติ คำว่าเหล็กลูกตั้งจะใช้เป็นเหล็กเสริมด้านข้างในองค์อาคารรับแรงอัด และคำว่าเหล็กปลอก จะใช้กับองค์อาคารรับแรงอัด)

เหล็กปลอกเกลียว (Spiral) หมายถึง เหล็กเส้นที่พันรอบเหล็กเสริมตามแนวยาวในองค์อาคารรับแรงอัดอย่างต่อเนื่องเป็นรูปเกลียวทรงกระบอก

เหล็กลูกตั้ง (StIRRUP) หมายถึง เหล็กเส้นที่พันรอบเหล็กเสริมตามแนวยาวในองค์อาคารรับแรงเฉือน

เหล็กเสริม (Reinforcing bar or reinforcement) หมายถึงวัสดุที่เป็นไปตาม วสท. ข้อ 3.5 ทั้งนี้ ไม่นับรวมเหล็กเสริมที่ใช้กับคอนกรีตอัดแรง (เหล็กเสริมสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด ต้องมีสมบัติตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ท่อเหล็กที่ใช้ทำเสา และเหล็กรูปพรรณ ตลอดจนเหล็กหล่อที่ใช้ทำเสาคอนกรีตแกนเหล็ก หรือเสาเหล็กหุ้มด้วยคอนกรีต ต้องมีสมบัติตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ ASTM)

⁴⁶ อนึ่ง สำหรับวิธี หรือมาตรฐานอื่น ๆ อาจมีหน่วยเป็น นิวตัน ต่อตารางมิลลิเมตร (Newton per square millimeter - N/mm^2 or mega Pascal - MPa) หรืออื่น ๆ

เหล็กเส้นกลม (Round bar) หมายถึง เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตเส้นกลม ที่ผิวเรียบ (อนึ่ง วสท.1201 โดยวิธีกำลัง นิยามว่า เหล็กเส้นกลม หรือ เหล็กเส้นที่ไม่เป็นไปตามนิยามของ เหล็กข้ออ้อย)

องค์อาคาร (Members) หมายถึงส่วนหนึ่ง ๆ ของโครงสร้างที่ใช้ต้านทานแรงต่าง ๆ อาทิ เสา คาน แผ่นพื้น เป็นต้น

นิยาม และคำจำกัดความ ต่อไปนี้ ปรากฏในมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย วิธีกำลัง

น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load, DL) หมายถึงน้ำหนักบรรทุกคงที่ที่รองรับโดยองค์อาคาร โดยบัพัญญูเกี่ยวกับอาคารโดยทั่วไป (ที่ยังไม่ได้คูณด้วยตัวคูณน้ำหนักบรรทุก)

น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load, LL) หมายถึงน้ำหนักบรรทุกจรตามที่กำหนดไว้ในบัพัญญูเกี่ยวกับอาคารโดยทั่วไป (ที่ยังไม่ได้คูณด้วยตัวคูณน้ำหนักบรรทุก)

น้ำหนักบรรทุกใช้งาน (Service load) หมายถึงน้ำหนักบรรทุกใช้งานตามที่กำหนดไว้ในบัพัญญูเกี่ยวกับอาคารโดยทั่วไป (ไม่มีตัวคูณน้ำหนักบรรทุก)

น้ำหนักบรรทุกที่คูณด้วยตัวคูณแล้ว (Factored load) หมายถึงน้ำหนักบรรทุกที่คูณด้วยตัวคูณน้ำหนักบรรทุกที่เหมาะสม ใช้ในการจัดสัดส่วนขององค์อาคาร โดยใช้การคำนวณออกแบบโดยวิธีกำลังของมาตรฐานนี้ ฯลฯ

กำลังดึงแยกผ่าซีก (Splitting tensile strength, f_{ct}) หมายถึงกำลังดึงของคอนกรีตที่หาตามมาตรฐาน ASTM C 496

กำแพง (Wall) หมายถึงองค์อาคารซึ่งปกติอยู่ในแนวตั้ง ใช้ปิดหรือแบ่งพื้นที่ว่าง

แท่นตอมือ (Pedestal) หมายถึงองค์อาคารรับแรงอัดตั้งตรง ที่มีอัตราส่วนของส่วนสูงที่ปราศจากการรองรับต่อมิติด้านข้างที่สั้นที่สุดเฉลี่ยแล้วมีค่าน้อยกว่าสาม

โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity, E) หมายถึงอัตราส่วนของหน่วยแรงต่อความเครียดที่สอดคล้องกันสำหรับหน่วยแรงดึงหรือหน่วยแรงอัดที่ต่ำกว่าพิกัดที่เป็นสัดส่วนตรง (Proportional limit) ของวัสดุ

เหล็กปลอกเกลียว (Spiral reinforcement) หมายถึงเหล็กเสริมที่พันอย่างต่อเนื่องเป็นรูปเกลียวทรงกระบอก

องค์อาคารเชิงประกอบรับแรงดัด (Composite concrete flexural members) หมายถึงองค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดัดของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ หรือ ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อในที่โดยแยกกันหล่อแล้วต่อเข้าด้วยกัน โดยที่ทุกชิ้นส่วนทำหน้าที่เป็นชิ้นเดียวกันในการรับน้ำหนักบรรทุก

ศัพท์อื่นๆ จะกล่าวเพิ่มเติมในบทต่อ ๆ ไป อาทิ ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุ และการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา กฎกระทรวงที่ออกตาม

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร มาตรฐาน มยผ. ของกรมโยธาธิการและผังเมือง⁴⁷ (ซึ่งครอบคลุมงานโครงสร้างอาคาร หรือสิ่งปลูกสร้างทั่วไป เว้นแต่การออกแบบ หรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน จะระบุเป็นอย่างอื่น งานคอนกรีตในมาตรฐานนี้ จำกัดเฉพาะคอนกรีตมาตรฐานทั่วไป ทั้งคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก คอนกรีตเสริมเหล็ก ไม่ครอบคลุม คอนกรีตสมบัติพิเศษอื่น ๆ อาทิ คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตไหลเข้าแบบง่าย คอนกรีตกำลังสูงที่ไม่อาจใช้วิธีออกแบบส่วนผสมโดยวิธีธรรมดา) และพจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน

มยผ. 1101 กำหนด ดังนี้

คอนกรีต หมายถึงวัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน คือ ซีเมนต์ (หรือซีเมนต์ผสมวัสดุพอกโซลาน) มวลรวมละเอียด (เช่น ทราย) มวลรวมหยาบ (เช่น หิน หรือกรวด) และน้ำ โดยมี หรือไม่มีสารผสมเพิ่ม

คอนกรีตเสริมเหล็ก หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมฝังภายใน ดดยที่คอนกรีต และเหล็กเสริม ทำงานร่วมกันเพื่อต้านทานแรงต่าง ๆ

คอนกรีตอัดแรง หมายถึง คอนกรีตที่มีลวดอัดแรง หรือเหล็กเสริมอัดแรง ฝังภายในที่ทำให้เกิดหน่วยแรง โดยมีขนาด และการกระจายของหน่วยแรงตามต้องการ เพื่อหักล้าง หรือลดหน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก

มวลรวม หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดโตกว่า 0.075 มิลลิเมตร ขึ้นไป

มวลรวมหยาบ หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดโตกว่า 4.75 มิลลิเมตร ขึ้นไป

มวลรวมละเอียด หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดโตระหว่าง 0.075 ถึง 4.75 มิลลิเมตร

มวลรวมแปรใช้ใหม่ หมายถึงมวลรวมซึ่งเป็นผลจากการบดคอนกรีต เพื่อเอามวลรวมในคอนกรีตนั้นกลับมาใช้ใหม่

ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ได้จากการบดปูนเม็ด กับแคลเซียมซิลเฟตในรูปใดรูปหนึ่ง หรือหลายรูป และมีคุณลักษณะเป็นไปตามมอก. 15 เล่ม 1

ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พอกโซลาน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมระหว่างปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ กับพอกโซลานละเอียด อย่างสม่ำเสมอ โดยการบดปูนเม็ดของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับพอกโซลาน หรือผสมซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับพอกโซลานบดละเอียดหรือทั้งบด ทั้งผสม

ซีเมนต์ผสม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเติมวัสดุเฉื่อย (อาทิ ทราย หินปูน หรืออื่น ๆ) ลงไปบดหรือรวมกับการบดเม็ดปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่ง และมีคุณลักษณะเป็นไปตามมอก. 80

⁴⁷มยผ. 1101 - 52 ถึง 1106 - 52 มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้ในงานโครงสร้างอาคาร (มยผ. 1101 - 52 มาตรฐานงานคอนกรีต และคอนกรีตเสริมเหล็ก มยผ. 1102 - 52 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง มยผ. 1103 - 52 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต มยผ. 1104 - 52 มาตรฐานงานไม้ มยผ. 1105 - 52 มาตรฐานงานฐานราก มยผ. 1106 - 52 มาตรฐานงานเสาเข็ม

ระยะหุ้ม หมายถึง ระยะสั้นที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมกับผิวคอนกรีต

แร่ผสมเพิ่ม (Mineral admixture) หมายถึงแร่ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด ที่เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตเพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน อาทิ เพิ่มกำลัง เพิ่มความทนทาน หรือทดแทนปริมาณซีเมนต์ได้บางส่วน

สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical admixture) หมายถึง สารเคมีที่ใช้ผสมในคอนกรีต ไม่ว่าจะผสมในน้ำผสมคอนกรีตก่อนการผสมคอนกรีต หรือผสมขณะผสมคอนกรีต หรือผสมก่อนเทคอนกรีต เพื่อเพิ่มสมบัติบางประการของคอนกรีต อาทิ เพิ่มความสามารถในการทำงาน เพิ่มกำลัง หน่วง หรือเร่งการแข็งตัว

สารผสมเพิ่ม (Admixture) หมายถึง สารเคมีใด ๆ นอกเหนือไปจากซีเมนต์ น้ำ และมวลรวม อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีต ไม่ว่าจะก่อน หรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพของคอนกรีต ให้ได้สมบัติตามต้องการ

กำลังอัดประลัยของคอนกรีต หมายถึง กำลังอัดสูงสุดตามแกนยาวของแท่งคอนกรีต รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร หากไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่น กำลังอัดดังกล่าวตามมาตรฐานนี้ ให้ใช้กำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

เหล็กเสริม หมายถึง เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีต เพื่อเสริมกำลัง

มยผ. 1103 กำหนดเพิ่มเติม ดังนี้

กำลังดึงประลัย (Ultimate tensile strength) หมายถึงหน่วยแรงดึงสูงสุดที่วัสดุสามารถรับได้

กำลังคราก (Yield strength) หมายถึงหน่วยแรงดึงที่วัสดุเริ่มยืด โดยไม่ต้องเพิ่มแรงดึงขึ้นอีก

ความยืด (Elongation) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความยาวพิกัดที่เปลี่ยนแปลงจากการยืดตัว ต่อความยาวพิกัดเดิม (เป็นร้อยละ)

การทดสอบโดยการดัดโค้งเย็น (Cold bend test) หมายถึง การทดสอบโดยการกดขึ้นทดสอบด้วยหัวกดที่กึ่งกลางขึ้นทดสอบ โดยใช้ความเร็วสม่ำเสมอ และต่อเนื่องกันตลอดเวลา จนได้มุมดัดโค้ง (Bending angle) ตามที่กำหนด

เหล็กข้ออ้อย หมายถึง เหล็กข้ออ้อยที่มีขี้ผึ้ง และหรือมีครีบทึบผิว เพื่อเสริมกำลังยึดระหว่างเหล็กเส้น กับเนื้อคอนกรีต)

มยผ. 1105 และ มยผ. 1106 กำหนดเพิ่มเติม ดังนี้

ดินฐานราก หมายถึง วัสดุธรรมชาติที่ประกอบเป็นเปลือกโลก เช่น หิน กรวด ทราย ดินเหนียว เป็นต้น ซึ่งใช้รองรับฐานรากของอาคาร

ฐานราก หมายถึง ส่วนของอาคารที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนสู่ดินของฐานรากโดยตรง

ฐานรากแผ่ หมายถึงฐานรากที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบน ลงสู่ดินฐานรากโดยตรง

ฐานรากเสาเข็ม หมายถึงฐานรากที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนผ่านเสาเข็มลงสู่ดินฐานราก

เสาเข็ม หมายถึง เสาที่ฝังอยู่ในดินฐานราก เพื่อใช้ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคาร ลงสู่ดินฐานราก

เสาเข็มเจาะ หมายถึง เสาเข็มที่ก่อสร้างโดยการขุด หรือเจาะลงไปในพื้นที่ดิน โดยอาจใช้ปลอกเหล็กกันดินพังหรือไม่ก็ตาม แล้วหล่อคอนกรีตในหลุมที่เจาะแล้วเสร็จ

เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ หมายถึง เสาเข็มคอนกรีตที่หล่อ หรือผลิตในโรงงาน หรือสถานที่ก่อสร้าง ก่อนที่จะนำมาติดตั้ง โดยการตอก หรือฝัง

แรงต้านทานที่ยอมให้ของเสาเข็ม หมายถึง แรงต้านทานการรับน้ำหนักบรรทุกได้อย่างปลอดภัยของเสาเข็ม

1.6 น้ำหนักบรรทุก และแรง

น้ำหนักบรรทุก (Loads) หมายถึง น้ำหนักต่างๆ ที่กระทำต่อองค์อาคาร แบ่งเป็นสองประเภทหลัก คือ น้ำหนักคงที่ (Dead load) และน้ำหนักบรรทุกจร (Live load) นอกเหนือจากนิยามข้างต้นแล้ว อธิบายเพิ่มเติม ดังนี้

น้ำหนักคงที่ เป็นน้ำหนักบรรทุกที่ไม่เคลื่อนที่หรือกระทำต่อโครงสร้างอย่างถาวร แบ่งเป็น น้ำหนักของโครงสร้าง (Self weight) คำนวณจากหน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) ของชิ้นส่วนโครงสร้างหรือวัสดุ นั้นคูณกับปริมาตรของชิ้นส่วนโครงสร้าง

น้ำหนักคงที่ส่วนเพิ่ม (Superimposed Dead Load - SDL) คือ น้ำหนักคงที่อื่นที่นอกเหนือจากน้ำหนักโครงสร้างได้แก่ ผนัง พื้น วัสดุตกแต่งพื้น น้ำหนักเหล่านี้นักแสดงเป็นหน่วยน้ำหนักต่อหน่วยความยาว ต่อหน่วยพื้นที่ หรือต่อหน่วยปริมาตร

น้ำหนักบรรทุกจร (Live load) นอกเหนือจากนิยามข้างต้นแล้ว อธิบายเพิ่มเติมได้ว่า น้ำหนักบรรทุกจร คือ น้ำหนักบรรทุกที่มีการเคลื่อนไหว มีค่าไม่แน่นอน อาจเปลี่ยนแปลงเสมอ อาทิ น้ำหนักของผู้อยู่อาศัยของ เครื่องใช้ รถยนต์ ของเหลว น้ำหนักบรรทุกจรแสดงเป็นหน่วยน้ำหนักต่อความยาว หรือพื้นที่

นอกเหนือจากน้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักจร ยังมีน้ำหนัก หรือแรงอื่น ๆ ซึ่งกระทำต่อโครงสร้าง หรือองค์อาคาร โดยมากมักเป็นแรง หรือน้ำหนักที่เกิดจากอิทธิพลธรรมชาติ อุบัติภัย หรือเป็นแรงสมมติเทียบเท่า (Equivalent) หรือเป็นแรงที่เกิดจากนัยของการตอบสนอง (Response) เพื่อจำลอง สภาพ หรือเหตุการณ์ดังกล่าว แรงเหล่านี้อาจกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างอย่างถาวร อาทิ แรงดันดิน แรงดันน้ำ แรงเนื่องจากการทรุดตัวไม่เท่ากัน (Differential settlement) อาจกระทำในช่วงสั้น ๆ (อาทิ แรงที่เกิดจากการห้ามล้อ แรงชน หรือกระแทกของรถ หรือเรือ) แรงกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างเป็นครั้งคราว หรือในช่วงเวลาสั้น ๆ (แรงลม แรงเนื่องจากแผ่นดินไหว) แรงที่เกิดเป็นวงรอบ หรือเกิดสลับไปมา (อาทิ เนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ทำให้องค์อาคาร หรือโครงสร้างหดตัว คืบ การสั่น -

Vibration) ในประเทศไทย อย่างน้อยที่สุด ควรทราบน้ำหนัก หรือแรงกระทำต่อโครงสร้าง⁴⁸ โดยหน่วยน้ำหนักที่ระบุในกฎหมาย ประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุกจรต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัม ต่อตารางเมตร) การรวมแรง แรงลม (ตารางที่ 1.1 ถึง ตารางที่ 1.3 ตามลำดับ)

หน่วยน้ำหนักวัสดุอื่นซึ่งไม่ปรากฏตามกล่าวข้างต้น อาทิ หน่วยน้ำหนักคงที่ของวัสดุ ก่อสร้าง วัสดุก่อผนัง ฝ้าเพดาน กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องมุงหลังคา วัสดุตกแต่งพื้นผิว หรือหน่วยน้ำหนักบรรทุกจรที่ใช้เฉพาะกรณี เช่น น้ำหนักอุปกรณ์ เครื่องจักร สินค้า ยวดยาน พาหนะ ผู้คำนวณออกแบบต้องใช้น้ำหนักตามความเป็นจริง อาทิ เอกสาร หรือคู่มือสินค้าออก โดยผู้ผลิต หรือจำหน่าย นอกเหนือจากน้ำหนัก หรือแรง ควรแสดงรายละเอียดอื่นเพิ่ม อาทิ มิติ เครื่องจักร ฐานรองรับ เพื่อทราบน้ำหนักถ่ายลงสู่องค์อาคาร หรือโครงสร้าง

ตารางที่ 1.1 น้ำหนักบรรทุกจรของอาคารแต่ละประเภทตามกฎหมายกระทรวงฯ⁴⁹

ประเภท หรือส่วนต่าง ๆ ของอาคาร		หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร* กิโลกรัมต่อตารางเมตร
1	หลังคา	30
2	กันสาด หรือหลังคาคอนกรีต	100
3	ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4	ห้องแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรม ห้องคนไข้ พิเศษของโรงพยาบาล	200
5	สำนักงาน ธนาคาร	250
6	(ก) อาคารพาณิชย์ ส่วนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน และโรงพยาบาล	300
	(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300
7	(ก) ตลาด อาคารสรรพสินค้า หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุด หรือหอสมุด ที่จอดรถ หรือเก็บรถยนต์นั่ง หรือรถจักรยานยนต์	400
	(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคารพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย และโรงเรียน	400
8	(ก) คลังสินค้า โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์ อัฒจันทร์ โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ ห้องเก็บเอกสาร และพัสดุ	500
	(ข) ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินค้า ห้องประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร ห้องสมุด หอสมุด	500
9	ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุด หรือหอสมุด	600
10	ที่จอดรถ หรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่า	800

⁴⁸ กฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 กฎกระทรวงฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540 และกฎกระทรวง ฉบับที่ 60 พ.ศ. 2549

อนึ่ง กฎกระทรวง ฯ กำหนด ในการคำนวณออกแบบ หากปรากฏว่าพื้นที่ส่วนใดต้องรับ น้ำหนักเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ หรือหน่วน้ำหนักบรรทุกอื่นๆ ที่มีค่ามากกว่าหน่วยน้ำหนักบรรทุก ซึ่งกำหนดไว้ในข้อ 15 ให้ใช้หน่วยน้ำหนักบรรทุกที่มากกว่าเฉพาะส่วนที่ต้องรับ น้ำหนักเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1.2 อัตราการลดหน่วยน้ำหนักบรรทุกบนพื้นที่แต่ละชั้นตามกฎกระทรวง ฯ

การรับน้ำหนักของเพิ่มขึ้น	อัตราการลดหน่วยน้ำหนักบรรทุกบนพื้นที่แต่ละชั้นเป็นร้อยละ
(1) หลังคาหรือดาดฟ้า	0
(2) ชั้นที่หนึ่งถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	0
(3) ชั้นที่สองถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	0
(4) ชั้นที่สามถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	10
(5) ชั้นที่สี่ถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	20
(6) ชั้นที่ห้าถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	30
(7) ชั้นที่หกถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้า	40
(8) ชั้นที่เจ็ดถัดจากหลังคาหรือดาดฟ้าและชั้นต่อไป	50

หมายเหตุ สำหรับโรงมหรสพ ห้องประชุม หอประชุม ห้องสมุด หอสมุด พิพิธภัณฑ์ อิมจันทร์ คลังสินค้าโรงงาน อุตสาหกรรม อาคารจอด หรือเก็บรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ให้คิดหน่วยน้ำหนักบรรทุกเต็มอัตราทุกชั้น

ตารางที่ 1.3 หน่วยแรงลมตามกฎกระทรวง ฯ

ความสูงของอาคารหรือส่วนของอาคาร	หน่วยแรงลมอย่างน้อยกิโลปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร)
(1) ส่วนของอาคารที่สูงไม่เกิน 10 เมตร	0.5 (50)
(2) ส่วนอาคารที่สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	0.8 (80)
(3) ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.2 (120)
(4) ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 40 เมตร	1.6 (160)

หมายเหตุ ตามกฎกระทรวงข้อที่ 17 ในการนี้ยอมให้ใช้ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆ ของอาคารตลอดจนความต้านทานของดินได้ฐานรากเกินค่าที่กำหนดไว้ในกฎกระทรวงนี้ได้อ้อยละ 33.3 แต่ทั้งนี้ต้องไม่ทำให้ส่วนต่างๆ ของอาคารนั้นมีความมั่นคงน้อยไปกว่าเมื่อคำนวณตามปกติโดยไม่คิดแรงลม แต่ ตามข้อบัญญัติ กรุงเทพมหานคร ไม่ระบุข้อความดังกล่าว

1.7 แรง ตัวคูณประกอบแรง และการรวมแรง

กำลังขององค์อาคารขึ้นอยู่กับน้ำหนัก หรือแรงต่าง ๆ (W_i) ซึ่งอาจกระทำต่อองค์อาคารอย่างอิสระต่างกรณี หรือกระทำร่วมกัน นัยสำคัญของน้ำหนัก หรือแรง อธิบายโดยตัวคูณประกอบแรง (Load factors, γ_i) ผลรวมหลายแรงกระทำต่อองค์อาคารร่วมกัน หรือพร้อมกัน (Combination of loads) เรียกแรงรวม (U_i)

$$U_i = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot W_i \quad (1.1)$$

ทั้งตัวคูณประกอบแรง และการรวมแรงกำหนดโดยกฎหมาย หรือมาตรฐานออกแบบ ซึ่งเป็นผลการศึกษาวิจัยเชิงสถิติ หากมีเพียงแรงหลักกระทำต่อองค์อาคาร อาทิ น้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และแรงลม การรวมแรงจะไม่ยุ่งยากซับซ้อน ในองค์อาคารบางประเภท เช่น สะพาน แรงหลายประเภท มีโอกาสเกิด หรือกระทำต่อองค์อาคารพร้อม ๆ กันได้ ตัวคูณประกอบแรงจึงมีค่าแตกต่างกัน การรวมแรงซับซ้อนขึ้น นอกจากตัวคูณประกอบแรงแล้ว บางครั้งต้องคำนึงถึงการกระแทก (Impact) ที่อาจกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างในช่วงเวลาสั้น ๆ) ลำดับขั้นตอนคำนวณแรง คือ 1) ต้องทราบว่ามีแรงใดเกิด หรือกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างบ้าง 2) แรงเหล่านั้นเกิด หรือกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างอย่างไร มีทิศทาง ตำแหน่งที่กระทำ หรือการกระจายแรงอย่างไร 3) แรงใดมีโอกาสดเกิด หรือกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างร่วมกัน หรือพร้อมกัน และ 4) แรงที่เกิด หรือกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างร่วมกัน (พร้อมกัน) นั้นให้ผลลัพธ์ หรือแรงรวมอย่างไร อาทิเช่น ทิศทางที่แรงกระทำ (เสริม หรือหักล้างกัน) มีนัยสำคัญ ต่างกันอย่างไร อธิบายด้วยตัวคูณประกอบแรง

ตัวอย่าง ACI 318-99 กำหนดค่าตัวคูณประกอบแรงการรวมแรง ดังนี้

$$U_i = 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L \quad (1.2)$$

$$U_i = 0.75 \cdot (1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L + 1.7 \cdot W) \quad (1.3)$$

$$\geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L$$

$$\text{หรือ } U_i = 0.9 \cdot D + 1.3 \cdot W \quad (1.4ก)$$

$$\geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L \quad (1.4ข)$$

$$U_i = 0.75 \cdot (1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L + 1.7 \cdot 1.1 \cdot E) \quad (1.5)$$

$$\text{หรือ } U_i = 0.9 \cdot D + 1.3 \cdot (1.1 \cdot E) \quad (1.6)$$

$$U_i = 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L + 1.7 \cdot H \quad (1.7ก)$$

$$\geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L$$

ในกรณี D หรือ L ลดทอนผลของ H

$$U_i = 0.9 \cdot D + 1.7 \cdot H \quad (1.7ข)$$

$$\geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L$$

น้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ น้ำหนักบรรทุกจร น้ำหนักหรือแรงดันของไหลที่ทราบความหนาแน่น และสามารถควบคุมระดับความสูง (ของของไหล) ได้

$$U_i = 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L + 1.4 \cdot F \quad (1.8)$$

$$\geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L$$

หรือ $U_i = 0.9 \cdot D + 1.4 \cdot F \quad (1.9ก)$

$$\geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L \quad (1.9ข)$$

น้ำหนักคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และการทรุดตัวต่างระดับ

$$U_i = 0.75 \cdot (1.4 \cdot D + 1.4 \cdot T + 1.7 \cdot L) \quad (1.10ก)$$

$$\geq 1.4 \cdot (D + T) \quad (1.10ข)$$

เมื่อ	U_i	:	แรงรวม หรือน้ำหนักรวม บางครั้งมักเรียก แรง หรือน้ำหนักประลัย (Ultimate load)
	D	:	น้ำหนักบรรทุกคงที่ หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง
	E	:	แรงแผ่นดินไหว (Seismic force) หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง
	F	:	น้ำหนัก หรือแรงดันของของไหล (Fluid) หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง
	H	:	แรงดันดิน หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง
	L	:	น้ำหนักบรรทุกจร อนึ่ง กรณีมีแรงกระแทก (Impact) กระทำต่อองค์อาคาร การรวมแรงในสมการ (1.2) ถึง (1.10) ให้แทน L ด้วย $L + impact$
	T	:	แรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างระดับ (Differential settlement) การคืบ (Creep) การหดตัว (Shrinkage) หรือผลอื่นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (Temperature change)
	W	:	แรงลม หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง

ตั้งแต่ปี 2002 (ACI 318-02) กำหนดค่าตัวคูณประกอบแรง และการรวมแรง ดังนี้

$$U_i = 1.4 \cdot (D + F) \quad (1.11)$$

$$U_i = 1.2 \cdot (D + F + T) + 1.6 \cdot (L + H) + 0.5 \cdot (L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (1.12)$$

$$U_i = 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0 \cdot L \text{ or } 0.8 \cdot W) \quad (1.13)$$

$$U_i = 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot W + 1.0 \cdot L + 0.5 \cdot (L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (1.14)$$

$$U_i = 1.2 \cdot D + 1.0 \cdot E + 1.0 \cdot L + 0.2 \cdot S \quad (1.15)$$

$$U_i = 0.9 \cdot D + 1.6 \cdot W + 1.6 \cdot H \quad (1.16)$$

$$U_i = 0.9 \cdot D + 1.0 \cdot E + 1.6 \cdot H \quad (1.17)$$

- เมื่อ F : แรงรวม หรือน้ำหนักรวม บางครั้งมักเรียก แรง หรือน้ำหนักประลัย (Ultimate load)
- L_r : น้ำหนักจรบนหลังคา หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง
- R : น้ำหนักฝน (Rain) หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง
- S : น้ำหนักหิมะ (Snow) หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง

ตาม AASHTO ก่อนปี 1994 แสดงการรวมแรง และตัวคูณประกอบแรง สำหรับ โครงสร้างสะพาน หรือท่อเหลี่ยมระบายน้ำ ในสมการที่ (1.18) โดยมีทั้ง Service Load Design - SLD และ Load Factor Design - LFD ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Group } (N) = & \gamma \cdot [\beta_D \cdot D + \beta_L \cdot (L + I) + \beta_C \cdot CF + \beta_E \cdot E \\ & + \beta_B \cdot B + \beta_S \cdot SF + \beta_W \cdot W + \beta_{WL} \cdot WL \\ & + \beta_{LF} \cdot LF + \beta_R \cdot (R + S + T) + \beta_{EQ} \cdot EQ \\ & + \beta_{ICE} \cdot ICE] \end{aligned} \quad (1.18)$$

- เมื่อ N : แรงรวมตามกลุ่มต่าง ๆ ตาม AASHTO (ตารางที่ 1.4)
- γ : ตัวคูณแรงตาม AASHTO (ตารางที่ 1.4)
- β : สัมประสิทธิ์ตาม AASHTO (ตารางที่ 1.4)
- D : น้ำหนักบรรทุกคงที่ (น้ำหนักองค์อาคาร - Self Weight + น้ำหนักคงที่ส่วนเพิ่ม (Superimposed dead load))
- L : น้ำหนักบรรทุกจร
- I : แรงกระแทกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live load impact)
- E : แรงดันดิน (Earth pressure)

<i>B</i>	:	แรงยกตัว (Buoyancy)
<i>W</i>	:	แรงลมกระทำต่อโครงสร้าง (Wind load on structure)
<i>WL</i>	:	แรงลมกระทำต่อน้ำหนักบรรทุกจร (Wind load on live load, 100 lb/ft)
<i>LF</i>	:	แรงห้ามล้อ (Longitudinal force from live load) ในทิศทางเคลื่อนที่ของน้ำหนักบรรทุกจร
<i>CF</i>	:	แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force)
<i>R</i>	:	การหดตัว ของ Rib (Rib shortening)
<i>S</i>	:	การหดตัว (Shrinkage)
<i>T</i>	:	แรงเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง
<i>EQ</i>	:	แผ่นดินไหว (Earthquake)
<i>SF</i>	:	แรงกระแสน้ำ (Stream flow pressure)
<i>ICE</i>	:	แรงดันน้ำแข็ง (Ice pressure)

ในมาตรฐาน AASHTO ตั้งแต่ 1994 เป็นต้นมา กล่าวถึง Load and Resistance Factor Design - LRFD และ Load and Resistance Factor Rating - LRFR ซึ่งเป็นหลักการที่กล่าวถึง แรง ผลของแรง และการรวมแรง (Loads, Effects and Combinations) ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของโอกาส หรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสี่ยง (Probabilistic of risks) ความน่าเชื่อถือ (Reliability) ตลอดอายุใช้งานของสะพาน (ตารางที่ 1.4)

Service Limit State: พิจารณา กำลัง การเปลี่ยนรูป (เช่น แอน หรือโก่งตัว) และความกว้างของรอยแตก ภายใต้สภาพ หรือภาวะใช้งาน (Stress, deformation and crack width under regular service condition) ดังนั้น Load factor สำหรับ สำหรับ Service Limit State = 1.0 แม้ว่า จะมีข้อยกเว้น กรณีที่น้ำหนักออกแบบ มิได้กระทำตามรอบ หรือวิสัยปกติ (Routine service condition) ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยพิจารณาเพียงลำพัง กำลังวัสดุ หรือ ทฤษฎีความ น่าจะเป็น (Derive solely from strength or statistical consideration) ต้องอาศัยประสบการณ์ (Experience-related requirement)

Strength Limit State: พิจารณา กำลัง และเสถียรภาพ (Strength and stability) ขององค์อาคาร และโครงสร้างทั้งหมด หรือเฉพาะที่ (Global or local)

Fatigue and Fracture Limit State: พิจารณากช่วงกำลังภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ ออกแบบ (Stress range due to design truck) โดยเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับจำกัดโอกาส ความน่าจะเป็นของการปรากฏรอยแตกภายใต้น้ำหนักที่กระทำซ้ำ ๆ (Limit probability of cracking occurrence under repetitive load) และจำกัดรอยแตกไม่ให้ขยาย หรือลุกลามภายใต้น้ำหนักดังกล่าว (Limit crack growth under such load) เพื่อป้องกันการแตกหักระหว่างอายุใช้งานที่ออกแบบไว้ (To prevent fracture during design life)

Extreme-event Limit State: พิจารณา ส่วนประกอบ หรือสะพานทั้งระบบ ที่จะอยู่รอดจากเหตุการณ์ที่ (มีโอกาสด) เกิดยาก อาทิ แผ่นดินไหว อุทกภัย เรือชนตอม่อ รถบรรทุกชนตอม่อ การพัดพาของน้ำแข็ง หรือการกัดเซาะ (Requirement for structural survival of bridge component or system during rare event e.g. earthquake or seismic, significant flood, vessel collision, truck collision, ice flow and scouring.)

ตารางที่ 1.4 ตัวคูณแรงและการรวมแรงในโครงสร้างสะพาน หรือท่อเหลี่ยมระบายน้ำ ตาม AASHTO 2012)

Load Combination Limit State	<i>DC</i>	<i>DD</i>	<i>LL</i>	<i>IM</i>	<i>WA</i>	<i>WS</i>	<i>W</i>	<i>FR</i>	<i>TU</i>	<i>TG</i>	<i>SE</i>	ใช้ตัวใดตัวหนึ่ง		
	<i>DW</i>	<i>EH</i>	<i>CE</i>	<i>BR</i>					<i>CR</i>			<i>EQ</i>	<i>CT</i>	<i>CV</i>
	<i>EV</i>	<i>ES</i>	<i>PL</i>	<i>LS</i>					<i>SH</i>					
			<i>EL</i>											
Strength – I	γ_F		1.75		1	-	-	1	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-
Strength – II			1.35		1	-	-	1				-	-	-
Strength – III			-		1	0.4	1	1				-	-	-
Strength – IV			-		1	-	-	1		-	-	-	-	-
Strength – V			1.35		1	0.4	1	1		γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-
Extreme Event I			γ_{EQ}		1	-	-	1	-	-	-	1	-	-
Extreme Event II			0.5		1	-	-	1	-	-	-	-	1	1
Service I	1		1		1	0.3	1	1	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-
Service II	1		1.3		1	-	-	1		-	-	-	-	-
Service III	1		0.8		1	-	-	1		γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-
Service IV	1		-		1	0.7	-	1		-	1	-	-	-
Fatigue *	-		0.75		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(*) เฉพาะ *LL*, *IM*, *CE* และโดยที่ *BR*: แรงห้ามล้อ (Vehicular braking force) *CE*: แรงหนีศูนย์กลาง (Vehicular centrifugal force) *CR*: การคืบ (Creep) *CT*: แรงชนของรถ (Vehicular collision force) *CV*: แรงชนของเรือ (Vessel collision force) *DC*: น้ำหนักคงที่ของโครงสร้าง หรือส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้าง และส่วนประกอบที่ไม่ใช่โครงสร้าง และยึดติดกับโครงสร้าง *DW*: น้ำหนักคงที่ของผิวจราจรที่สึกหรอได้ (Wearing surfaces) และสาธารณูปโภค utilities *EH*: แรงดันดินทางราบ *EQ*: แรงแผ่นดินไหว (Earthquake) *L*: แรงแฝงที่เกิดจากกระบวนการก่อสร้างรวมแรงที่เกิดจากการอัดแรง (Accumulated locked-in force effects resulting from the construction process including the secondary forces from post tensioning) *LL*: น้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะ หรือรถ (Vehicular live load) *IM*: แรงจลน์

จากขยวดยานพาหนะ (Vehicular dynamic load allowance) PL : น้ำหนักคนเดินเท้า (Pedestrian live load) SE : การทรุดตัว (Settlement) SH : การหดตัว (Shrinkage) TG : การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature gradient) TU : อุณหภูมิที่สม่ำเสมอ (Uniform temperature) WA : น้ำหนักน้ำ และแรงดันกระแสน้ำ (Water load and stream pressure) WL : แรงลมกระทำต่อน้ำหนักบรรทุกจร (Wind on live load) WS : แรงลมกระทำต่อโครงสร้าง (Wind load on structure)

1.8. กำลัง ตัวคูณประกอบ และวิธีคำนวณออกแบบ

นอกเหนือจากน้ำหนัก และแรงที่กล่าวข้างต้น การคำนวณออกแบบโครงสร้าง ต้องเข้าใจสมบัติของวัสดุ (ไม้ คอนกรีต หรือเหล็ก) พฤติกรรม หรือความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดของวัสดุ ณ ภาวะต่าง ๆ ภายใต้แรง พฤติกรรมขององค์อาคารภายใต้แรง การวิเคราะห์คำนวณออกแบบขององค์อาคารภายใต้แรงดัด แรงเฉือน โมเมนต์บิด แรงอัดตามแกน สหสัมพันธ์ของแรงเหล่านี้ ที่เกิดหรือกระทำต่อองค์อาคารร่วมกัน (หรือพร้อมกัน) อาทิ ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนภายใต้การดัด และการบิด (Interaction between shear and torsion) ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตามแกนกับโมเมนต์ดัด (Interaction between axial and bending) การวิบัติ และวิธีคำนวณออกแบบของค้ำค้ำหลักพื้นฐานของการคำนวณออกแบบของค้ำอาคาร หรือโครงสร้างคือ ให้องค์อาคารมีกำลังต้านทานไม่น้อยกว่าแรงที่เกิด หรือกระทำต่อองค์อาคารนั้น กำลังต้านทานของหน้าตัดองค์อาคาร (Resistance or capacity of section) ดังนี้

วิธีหน่วยแรงใช้งาน (Elastic theory or allowable stress design)

$$\sum_i Q_i \leq \frac{R_g}{Factor} \quad (1.19)$$

วิธีกำลัง หรือวิธีตัวคูณประกอบแรง (Strength method or load factor design)

$$\sum_i \gamma_i \cdot Q_i \leq \phi \cdot R \quad (1.20)$$

Load Resistant Factor Design – LRFD

$$\sum_i \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i^* \leq \phi \cdot R_n = R_u \quad (1.21)$$

สำหรับกรณีน้ำหนัก หรือแรงสูงสุด

$$\eta_i = \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_I \geq 0.95 \quad (1.22ก)$$

สำหรับกรณีน้ำหนัก หรือแรงต่ำสุด

$$= \frac{1}{\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_I} \leq 1.00 \quad (1.22ข)$$

โดยที่	Q_i	:	น้ำหนัก หรือแรงกระทำ (Load)
	Q_i^*	:	Norminal Force Effect (a deformation stress or stress resultant)
	R_E	:	กำลังต้านทานของหน้าตัดองค์อาคารในภาวะยืดหยุ่น หรือภาวะใช้งาน (Elastic resistance)
	R	:	กำลังต้านทานของหน้าตัดองค์อาคาร (Resistance)
	R_n	:	กำลังต้านทานระบุของหน้าตัดองค์อาคาร (Norminal resistance)
	R_r	:	กำลังต้านทานระบุของหน้าตัดองค์อาคารรวมตัวคูณประกอบแรง
	Factor	:	ตัวประกอบ ณ ภาวะใช้งาน หรือยืดหยุ่น (Elastic)
	γ_i	:	ตัวคูณประกอบแรง (Load factor)
	ϕ	:	ตัวคูณประกอบลดกำลัง (Strength reduction factor) เดิมการออกแบบวิธีกำลัง ตัวคูณประกอบลดกำลังนี้ เดิมกำหนดในมาตรฐานออกแบบ อาทิ 0.90 (แรงคัต) 0.85 (แรงเฉือน หรือแรงเฉือนบิด) 0.70 (แรงอัดตามแกน) ปัจจุบัน ขึ้นอยู่กับช่วงพฤติกรรมขององค์อาคาร (รูปที่ 1.1)
	η_i	:	Load modifier
	η_D	:	Factor Relating to Ductility
	η_R	:	Factor Relating to Reundancy
	η_I	:	Factor Relating to Importance

เดิมมาตรฐาน ACI ก่อน ค.ศ. 2002 กำหนดตัวคูณประกอบลดกำลังสำหรับกรณีต่าง ๆ (ตารางที่ 1.6) มาตรฐาน ACI ตั้งแต่ค.ศ. 2002 (ACI 318-02) เป็นต้นมา กำหนดค่าตัวคูณประกอบลดกำลังตามความเครียด (Strain condition) บนหน้าตัด ณ กำลังระบุ (Norminal strength) โดย อาจมีหน้าตัดที่เป็น Compression control ได้ แต่ให้ใช้ค่าตัวคูณลดกำลังต่ำ ๆ กลับกัน สำหรับหน้าตัดที่เป็น Tension Control (ตารางที่ 1.7 และรูปที่ 1.1ก) ทำนองเดียวกัน มาตรฐาน AASHTO กำหนดตัวคูณลดกำลังสำหรับองค์อาคารคอนกรีตอัดแรง และไม่ใช่องค์อาคารคอนกรีตอัดแรง (รูป 1.1ข)

ตารางที่ 1.5 ตัวคูณประกอบลดกำลังตาม ACI ก่อน 2002 (ACI 318-99)

กรณี	ตัวคูณลดกำลัง, ϕ
แรงดัดเพียงอย่างเดียว แรงตามแกน หรือแรงตามแกนร่วมกับการดัด	0.90
แรงดัดหรือแรงดัดร่วมกับการดัด	0.90
แรงอัด หรือแรงอัดร่วมกับการดัด (ยกเว้นกรณีแรงอัดมีค่าต่ำมาก)	
: เสริมเหล็กปลอกเกลียว	0.75
: อื่น ๆ	0.70
แรงเฉือน หรือแรงบิด	0.85
แรงยึดหน่วง หรือแรงดัดทแยง	0.80
แรงแบกทาน (ยกเว้น บริเวณสมอยึด -Anchorage zone ในองค์อาคารคอนกรีตอัดแรง)	0.70
แรงแบกทานบริเวณสมอยึดในองค์อาคารคอนกรีตอัดแรง	0.85
องค์อาคารคอนกรีตล้วน (Plain concrete)	0.65

หมายเหตุ (1) การคำนวณความยาวระยะฝังเพิ่ม (Development length) ไม่ใช้ตัวคูณลดกำลัง (ACI)

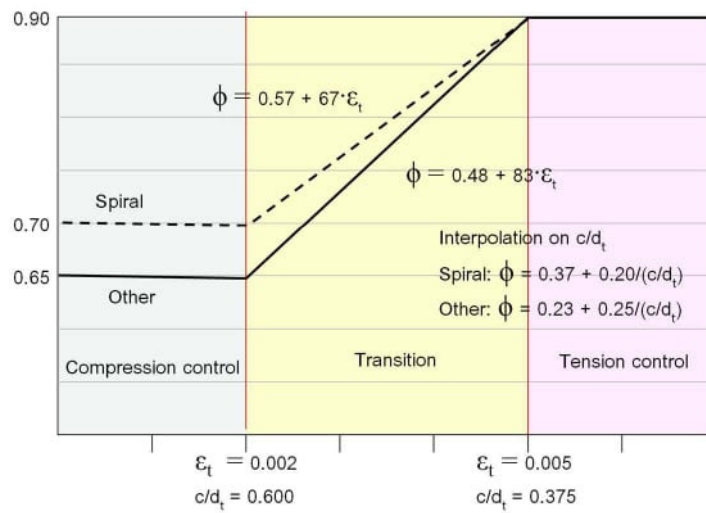
(2) ในโครงสร้างที่มีโครงข้อแข็ง หรือผนังด้านแรงเฉือนที่ด้านทานแผ่นดินไหว ดู ACI

ตารางที่ 1.6 ตัวคูณประกอบลดกำลังตาม ACI ตั้งแต่ปี 2002

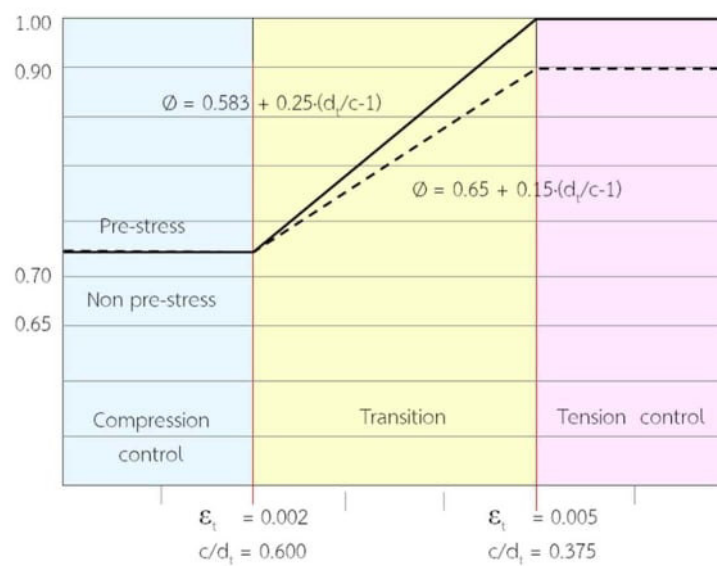
กรณี	ตัวคูณลดกำลัง, ϕ
หน้าดัดที่เป็น Tension control	0.90
หน้าดัดที่เป็น Compression control:	
: เสริมเหล็กปลอกเกลียว	0.70
: อื่น ๆ	0.65
แรงเฉือน หรือแรงบิด	0.75
แรงแบกทาน (ยกเว้น บริเวณสมอยึด -Anchorage zone ในองค์อาคารคอนกรีตอัดแรง)	0.65
แรงแบกทานบริเวณสมอยึดในองค์อาคารคอนกรีตอัดแรง	0.85
แบบจำลอง Strut & tie และ strut, ties, nodal zone, bearing areas ในแบบจำลองดังกล่าว	0.75
หน้าดัดภายใต้การดัด ในองค์อาคารที่ตึงลวดก่อน และระยะฝังของลวดน้อยกว่าระยะฝังยึด	0.75
องค์อาคารคอนกรีตล้วน (Plain concrete)	0.55

หมายเหตุ (1) การคำนวณความยาวระยะฝังเพิ่ม (Development length) ไม่ใช้ตัวคูณลดกำลัง (ACI)

(2) ในโครงสร้างที่มีโครงข้อแข็ง หรือผนังด้านแรงเฉือนที่ด้านทานแผ่นดินไหว ดู ACI



รูปที่ 1.1ก. ตัวคูณประกอบลดกำลัง สำหรับเหล็กเสริมเกรด 60 (420) ตาม ACI



รูปที่ 1.1ข. ตัวคูณประกอบลดกำลัง สำหรับเหล็กเสริมเกรด 60 ตาม AASHTO

1.9 กฎหมายอาคาร และกฎหมายอื่น

ปัจจุบัน กฎหมายอาคารในประเทศไทย คือ พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร⁵⁰ ซึ่งยกเลิกกฎหมายเดิม คือ พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคาร พ.ศ.2479 พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2504 ประกาศของคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 192 (กรกฎาคม พ.ศ. 2515) พระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ พ.ศ. 2476 และพระราชบัญญัติควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้ (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2496 โดยรวมเป็นฉบับเดียวกัน และปรับปรุงให้เป็น พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ปัจจุบัน ต่อมา พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 2) เพิ่มเติมบทบัญญัติว่าด้วยการแจ้งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบก่อนดำเนินการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน หรือเคลื่อนย้ายอาคาร แทนการขออนุญาต (มาตรา 39 ทวิ) ปรับปรุงอำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่น และบทกำหนดโทษอัตราโทษ พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 3) กำหนดมาตรการ ความมั่นคงแข็งแรง ความปลอดภัย ป้องกันอัคคีภัย สาธารณสุข รักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ผังเมือง สถาปัตยกรรม และการจราจร (หลักเกณฑ์ตรวจสอบอาคาร ตามมาตรา 32ทวิ) ผนวกเรื่องการอนุญาตให้ใช้โรงแรมสหกับกฎหมายควบคุมอาคาร กำหนดให้กระเช้าไฟฟ้า หรือสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องเล่นในสวนสนุกเป็นอาคาร พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) ยกเว้น ผ่อนผัน กำหนดเงื่อนไขให้กระทรวง ทบวง กรม ราชการส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ องค์การของรัฐที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย หรือหน่วยงานอื่นของรัฐสามารถดำเนินการจัดให้มี หรือพัฒนาที่อยู่อาศัยต้นทุนต่ำสำหรับประชาชนผู้มีรายได้น้อย พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 5) ปรับปรุงแก้ไขมาตรา 39 ทวิ (เงื่อนไข ข้อมูล เอกสารหลักฐาน) มาตรา 39 ตริ (อำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่น ในการแจ้งข้อทักท้วง และดำเนินการ ฯ) มีกฎกระทรวง ที่ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร หลายฉบับ กำหนดส่วนประกอบของอาคาร ระยะร่น ที่ว่าง ความสูง พื้นที ความมั่นคงแข็งแรง การคำนวณทางวิศวกรรม วิธีปฏิบัติ เพื่อยื่นขออนุญาต สุขอนามัย และความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร หรือผู้อื่น สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ หรือทุพพลภาพ และคนชรา คุณภาพสิ่งแวดล้อม (น้ำเสีย น้ำทิ้ง ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล) ที่จอดรถ และทางเข้าออก และการตรวจสอบอาคาร

มีประมวลกฎหมาย พระราชบัญญัติอื่น หรือกฎกระทรวงที่ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติอื่น ที่ต้องพิจารณาประกอบพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร รวมหลายฉบับ กฎหมายที่ดิน กรมสิทธิ การเวนคืนฯ และผังเมือง (ประมวลกฎหมายที่ดินพระราชบัญญัติว่าด้วยการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ พระราชบัญญัติว่าด้วยการจัดหาอสังหาริมทรัพย์เพื่อกิจการขนส่งมวลชน พระราชบัญญัติการผังเมือง) กฎหมายสาธารณสุข โภค และสาธารณสุขการ

⁵⁰พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2543 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2550 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2558

(พระราชบัญญัติการเดินอากาศ พระราชบัญญัติการเดินเรือในน่านน้ำไทย พระราชบัญญัติทางหลวง พระราชบัญญัติทางหลวงสัมปทาน พระราชบัญญัติการทางพิเศษแห่งประเทศไทย พระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย พระราชบัญญัติการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย พระราชบัญญัติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พระราชบัญญัติการไฟฟ้านครหลวง พระราชบัญญัติการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พระราชบัญญัติการประปานครหลวง พระราชบัญญัติการประปาส่วนภูมิภาค) กฎหมายว่าด้วยการขุดดิน และถมดิน พระราชบัญญัติขุดดินและถมดิน (กฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดมาตรการป้องกันการพังทลายของดิน หรือสิ่งปลูกสร้างในการขุดดินหรือถมดิน) กฎหมายว่าด้วยอาคาร หรือกิจการที่มีลักษณะเฉพาะ (พระราชบัญญัติจัดสรรที่ดิน พระราชบัญญัติอาคารชุด พระราชบัญญัติโรงงาน พระราชบัญญัติโบราณสถาน ฯ พระราชบัญญัติ โรงแรม พระราชบัญญัติควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง) กฎหมายพลังงาน และสิ่งแวดล้อม (พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ) กฎหมายความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง (พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน) กฎหมายว่าด้วยวิชาชีพ และการประกอบอาชีพ (พระราชบัญญัติสถาปนิก พระราชบัญญัติวิศวกร พระราชบัญญัติการประกอบอาชีพรับเหมาก่อสร้าง) อื่น ๆ (อาทิ ประมวลกฎหมายอาญา และประมวลกฎหมายแพ่ง และพาณิชย์)

ตัวอย่างประมวลกฎหมายอาญา หลายกรณีมักจะเป็นความที่มีผลสืบเนื่องจากกฎหมายวิชาชีพ หรือ เป็นความผิดในกฎหมายวิชาชีพด้วย อาทิ ความผิดต่อประชาชน ตามประมวลกฎหมายอาญา มาตรา 226 227 229 238 และ 239 ความผิดต่อชีวิตและร่างกาย มาตรา 291 300 และลหุโทษ มาตรา 375 385 - 387 389 390 ความผิดตามประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ เรื่องการละเมิด มาตรา 420 428 434 และ 435 เรื่องทรัพย์สินและกรรมสิทธิ์ มาตรา 1335 ถึง 1347 1349 1351 1352 และ 1355

พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร เป็นกฎหมายแม่บท เนื้อหาประกอบด้วย นิยาม เจ้าพนักงาน การบังคับใช้กฎหมาย คณะกรรมการควบคุมการก่อสร้างอาคาร การก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้ หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร อำนาจหน้าที่ของเจ้าพนักงานท้องถิ่น การอุทธรณ์ นายช่างและนายตรวจ และผู้ตรวจสอบ เขตเพลิงไหม้ เบ็ดเตล็ด บทกำหนดโทษ บทเฉพาะกาล อัตราค่าธรรมเนียม และอื่น ๆ ภายใต้ พระราชบัญญัติฉบับนี้ มีกฎหมายย่อย ที่ออกโดยเจ้าพนักงาน มีผลบังคับใช้ทั่วไป อาทิ กฎกระทรวง หรือประกาศกระทรวงมหาดไทย หรือกฎหมายท้องถิ่น ที่ออกโดยองค์กร หรือเจ้าพนักงานท้องถิ่น มีผลบังคับใช้เฉพาะพื้นที่ อาทิ ข้อบัญญัติหรือประกาศกรุงเทพมหานคร ข้อบัญญัติ หรือประกาศของเทศบาลนคร เทศบาลเมืองพัทยา องค์การบริหารส่วนจังหวัด องค์การบริหารส่วนตำบล

ภายใต้พระราชบัญญัตินี้ และกฎหมายย่อยทั้งปวง จะกล่าวถึง นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องแก่อาคาร ส่วนประกอบของอาคาร และอื่น ๆ อาทิ อาคารประเภทต่างๆ องค์ประกอบของแบบ (แผนผัง แบบแผน รูปด้าน รูปตัด มาตรฐาน) องค์ประกอบของอาคาร และวัสดุ (ฐานราก ผนัง พื้น เสาเข็ม และอื่น ๆ) สาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องกับงานอาคาร (ทาง และทางระบายน้ำ สาธารณะ) การปลูกสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย หรือเปลี่ยนการใช้ ขั้นตอนขออนุญาต

ปลูกสร้าง คัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยนการใช้อาคาร อาทิเช่น รายการเอกสารและหลักฐาน สถานที่ยื่นขอ และเจ้าพนักงาน ค่าธรรมเนียมขั้นตอนและเวลาพิจารณา ผลพิจารณา และคำสั่ง (อนุญาต คำสั่งแก้ไขฯ) การใช้ใบอนุญาต อายุ และการต่ออายุใบอนุญาต สถาปัตยกรรม ระบบและสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องงานอาคาร ได้แก่ ระบายน้ำ ที่ว่าง ทางสาธารณะ สุขภัณฑ์ น้ำทิ้ง และระบบระบายน้ำ ระบบป้องกันหรือเตือนภัยเพลิงไหม้ การกำจัดสิ่งปฏิกูลอื่น ๆ การก่อสร้าง คัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้ายหรือเปลี่ยนการใช้อาคารโดยไม่ขอ อนุญาต หรือ ผิดแผกจากใบอนุญาต คำสั่งเจ้าพนักงานได้แก่ คำสั่งระงับก่อสร้างหรือใช้งานอาคารคำสั่งให้รื้อถอนอาคาร การละเมิดคำสั่ง โทษ และ อื่น ๆ

กฎกระทรวงที่ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร จำแนก และ จัดกลุ่มตามลักษณะเนื้อหา ดังนี้

กฎกระทรวง ฯ เกี่ยวกับการกระทำ เกี่ยวแก่อาคาร⁵¹ (คือ ก่อสร้างอาคาร คัดแปลงอาคาร ใช้ หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร เคลื่อนย้ายอาคาร และรื้อถอนอาคาร) อาทิ การกระทำที่ไม่ถือเป็นการตัดแปลงฯ การกระทำที่ถือเป็นการรื้อถอน การก่อสร้าง คัดแปลง เคลื่อนย้าย รื้อถอน ที่ผิดไปจากแบบฯ กำหนดประเภท ชนิด หรือลักษณะของอาคารที่ต้องได้รับอนุญาตก่อน การสร้างหรือตัดแปลง ต่อเติมภายในระยะไม่เกินสิบห้าเมตร จากเขตทางหลวง ฯ และยังถือได้ว่าเป็นกลุ่มกฎหมายที่เกี่ยวข้องความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง คือ กล่าวถึงหลักเกณฑ์และความปลอดภัย สร้าง คัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้ เปลี่ยนการใช้

กฎกระทรวง ฯ เกี่ยวงานสถาปัตยกรรม ครอบคลุม ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร วัสดุ พื้นที่ยภายในอาคาร และบันได ที่ว่างนอกอาคาร ลักษณะ แบบ รูปทรง สัดส่วน เนื้อที่ ที่ตั้งของอาคาร ระดับ เนื้อที่ของที่ว่างภายนอกอาคาร หรือแนวอาคาร และระยะเหนือระดับระหว่างอาคารกับอาคารหรือเขตที่ดินของผู้อื่น หรือระหว่างอาคารกับ ถนน ทางเท้าหรือที่สาธารณะ ขนาด และจำนวนที่จอดรถ⁵²

⁵¹ 1. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2526) หลักเกณฑ์และความปลอดภัย สร้าง คัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้ เปลี่ยนการใช้ 2. กฎกระทรวง ฯ ฉบับที่ 18 (พ.ศ. 2530) เพิ่มเติม เรื่อง ลูกกรง เหล็กตัด 3. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2528) หลักเกณฑ์เงื่อนไขวิธีการยื่นขออนุญาตฯ 4. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 56 (พ.ศ. 2543) แก้ไขข้อ 1 วรรค 4 ม้วนผันขออนุญาต ฯ 5. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 57 (พ.ศ. 2544) เพิ่มข้อ 2/1 6/1-6/3 การขอและพิจารณาต่อใบอนุญาต กรณีต่าง ๆ 6. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2528) การกระทำที่ไม่ถือเป็นการตัดแปลงฯ การกระทำที่ถือเป็นการรื้อถอน ฯ 7. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2528) การก่อสร้าง คัดแปลง เคลื่อนย้าย รื้อถอน ที่ผิดไปจากแบบ 8. กฎกระทรวงฯ กำหนดประเภท ชนิด หรือลักษณะของอาคารที่ต้องได้รับอนุญาตก่อนการสร้างหรือตัดแปลง ต่อเติมภายในระยะไม่เกินสิบห้าเมตร จากเขตทางหลวง พ.ศ. 2550 9. กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย (2558)⁽¹⁾

⁵² 1. กฎกระทรวงฯ 5 (2527) อาคารควบคุมบางประเภท 2. กฎกระทรวง ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2532) อำนาจเจ้าพนักงาน วิธีการในการสั่งแก้ไขลูกกรง เหล็กตัด 3. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 23 (พ.ศ. 2533) ชนิด ขนาด ลักษณะป้ายที่จัดเป็นอาคารตามกฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2526) 4. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) 5. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 58 (พ.ศ. 2546) เพิ่มวรรคสี่ ข้อ 39 6. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2550) ยกเลิกข้อ 48

กฎกระทรวง ฯ เกี่ยวกับความมั่นคงแข็งแรง และการคำนวณออกแบบอาคาร โดยเฉพาะคอนกรีตเสริมเหล็กกล่าวถึง นิยามศัพท์ (แรงปฏิกิริยา แรงดึง แรงอัด แรงคัต แรงลม แรงเฉือน แรงดิ่งประลัย แรงคัตประลัย แรงคัตประลัยของคอนกรีต หน่วยแรง หน่วยแรงพิสูจน์ หน่วยแรงผิด หน่วยแรงที่ขีดปฏิบัติ ความเครียด กำลังคราก ส่วนปลอดภัย น้ำหนักบรรทุกจร น้ำหนักบรรทุกประลัย ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร คอนกรีต คอนกรีตเสริมเหล็ก เหล็กเสริม เหล็ก ข้ออ้อยเหล็กขั้วเหล็กหล่อ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ดิน กรวด ทราย ดินดาน หินดินดาน หินปูน หินทราย หินอัคนี เสาเข็ม พื้นผิวประสิทธิผลของเสาเข็ม ฐานราก กำลังแบกทานของดิน กำลังแบกทานของเสาเข็ม พื้น ฝา ผนัง โครงสร้างหลัก สถาบันที่เชื่อถือได้) น้ำหนักบรรทุกจร แรงลม การคำนวณน้ำหนักที่ถ่ายลงเสา คาน หรือโครงที่รับเสาและฐานราก การลดหน่วย น้ำหนักบรรทุกจรค่าหน่วยของไม้ น้ำหนักบรรทุกบนดินที่รองรับฐานราก การคำนวณฐานราก บนเสาเข็มที่ตอกในชั้นดินอ่อนการคำนวณฐานรากบนเสาเข็ม การทดสอบกำลังแบกทานของ เสาเข็มอัตราการทรุดตัวและการทรุดตัวของเสาเข็ม โครงสร้างหลักของอาคาร ที่ต้องก่อสร้าง ด้วยวัสดุทนไฟที่มีลักษณะ และคุณสมบัติ⁵³

กฎกระทรวง ฯ เกี่ยวก่วิธีปฏิบัติ เพื่อยื่นขออนุญาต ระเบียบวิธี ขั้นตอนปฏิบัติ ค่าธรรมเนียม และเวลา อาทิ การยื่นขออนุญาต เอกสาร หรือหลักฐาน ที่จะต้องยื่นขออนุญาต กำหนดเวลาในการยื่นขออนุญาต หรือเจ้าพนักงานจะมีคำสั่ง ค่าธรรมเนียมฯ กำหนดชนิดหรือ ประเภทของอาคาร⁵⁴

กฎกระทรวง ฯ เกี่ยวก่วัสดุขออนุมัติ และความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร หรือผู้อื่น สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการหรือทุพพลภาพและคนชรา อาทิ ระบบระบายอากาศ ระบบ

ใช้ข้อความใหม่แทน 7.กฎกระทรวง กำหนดสิ่งก่อสร้างขึ้นอย่างอื่นเป็นอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุม อาคาร (พ.ศ. 2544)

⁵³ 1. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) เกณฑ์ออกแบบทางวิศวกรรม 2. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 48 (พ.ศ. 2540) แก้ไขเพิ่มเติมฯ ข้อ 1 23 - 28 (กระจุกฯ) 3. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549) ยกเลิกข้อ 24 ใช้ข้อความใหม่แทนฯ 4. กฎกระทรวงว่าด้วยการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทน และพื้นดินรองรับอาคาร ในการต้านแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (พ.ศ. 2550) 5. กฎกระทรวง กำหนดชนิดหรือประเภทของ อาคาร หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการตรวจ สอบงานออกแบบและคำนวณส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างอาคาร (พ.ศ. 2550) 6. กฎกระทรวงฯ (พ.ศ. 2555) กำหนดหลักเกณฑ์การอนุญาตดัดแปลงอาคาร เพื่อเสริมความ มั่นคงแข็งแรงของอาคารให้สามารถต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว 7. กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้าย หรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย (พ.ศ. 2558)

⁵⁴ 1. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2528) ค่าธรรมเนียมขออนุญาตฯ 2. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 62 (พ.ศ. 2550) เพิ่มข้อ 2/1 ค่าธรรมเนียมตรวจสอบฯ 3. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2528) แบบคำขออนุญาต ฯ 4. กฎกระทรวง ว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุม อาคาร (พ.ศ. 2550) 5. กฎกระทรวงว่าด้วยการอนุญาตให้ใช้อาคารเพื่อประกอบกิจการโรงแรมหรสพ ประเภท และระบบความปลอดภัยของโรงแรมหรสพ และอัตราค่าธรรมเนียมสำหรับการอนุญาตให้ใช้อาคาร เพื่อประกอบ กิจการโรงแรมหรสพ (พ.ศ. 2550)

ไฟฟ้า ระบบป้องกันเพลิงไหม้ ระบบสัญญาณแจ้งเตือนเพลิงไหม้ และระบบดับเพลิง ระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า บันไดหนีไฟ ผนังกันไฟ ระบบอัดอากาศในช่องทางหนีไฟ การบรรเทาสาธารณภัย ระบบบำบัดน้ำเสีย และการระบายน้ำทิ้ง ระบบประปา ระบบกำจัดขยะมูลฝอย ระบบลิฟต์⁵⁵

กฎกระทรวง ฯ เกี่ยวกับคุณภาพสิ่งแวดล้อม น้ำเสีย น้ำทิ้ง ขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล⁵⁶
กฎกระทรวง ฯ ที่เกี่ยวข้องที่จอดรถ และทางเข้าออก⁵⁷

กฎกระทรวง ฯ เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการตรวจสอบงานออกแบบและคำนวณส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างอาคาร กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว⁵⁸

⁵⁵ 1. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) อาคารสูงอาคารขนาดใหญ่พิเศษฯ มาตรการเพื่อสุขอนามัย ความปลอดภัย 2.กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 42 (พ.ศ. 2537) เพิ่มข้อ 1 ทวิ 3. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 50 (พ.ศ.2540) ยกเลิก แก้ไข เพิ่มเติมฯ ข้อ 1 3 - 8 8 ทวิ 8ตรี 9 10 (4) (ข) (ค) 10 ทวิ 25 29 44 (3) 50 51 ฯ 4. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) อาคารอื่น ๆ การป้องกันอัคคีภัย ระบายอากาศ ไฟฟ้าแสงสว่าง ประปา บำบัด และระบายน้ำเสีย 5.. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 63 (พ.ศ. 2551) แก้ไขฯ ข้อ 9.9 ตารางที่ 2 กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) 6. กฎกระทรวงกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคาร สำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา (พ.ศ. 2548) 7. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 47 (พ.ศ. 2540) ยกเลิกกฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 38 (พ.ศ. 2536) อาคารบางประเภทฯ มาตรฐานป้องกันอัคคีภัยฯ 8. กฎกระทรวง ว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร สำหรับอาคารในโครงการที่รัฐจัดให้มีหรือพัฒนาเพื่อเป็นที่อยู่สำหรับผู้มีรายได้น้อย (พ.ศ. 2554) 9. กฎกระทรวง กำหนดประเภท และระบบความปลอดภัยของอาคารที่ใช้ประกอบกิจการเป็นสถานบริการ (พ.ศ. 2555) 10. กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมเครื่องเล่น (พ.ศ. 2558)

⁵⁶ 1. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 44 (พ.ศ. 2538) ราน้ำฝน น้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้ง คุณภาพน้ำทิ้ง แหล่งรับน้ำทิ้ง 2. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 51 (พ.ศ. 2541) แก้ไขเพิ่มเติม อาคารบางประเภทฯ มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

⁵⁷ 1. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2517) ที่จอดรถ จำนวนที่จอดรถสำหรับอาคารต่าง ๆ ที่กัลับริด ทางเข้าออก 2. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 41 (พ.ศ. 2537) แก้ไขเพิ่มเติม ยกเลิกข้อ 5 ขนาดที่จอดรถ ลักษณะ ยกหรือย้ายรถด้วยลิฟต์ เครื่องจักรกล การคำนวณฯ 3. กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 64 (พ.ศ. 2555) เพิ่มวรรค2 ข้อ(2) ยกเลิกข้อ 2(2) 2(8) 39(1)ข 3(1)ข 3(2)ข 3(2)ข ใช้ข้อความใหม่แทน

⁵⁸ 1. กฎกระทรวงกำหนดประเภทอาคารที่ต้องจัดให้มีผู้ตรวจสอบ พ.ศ. 2548 2. กฎกระทรวงมหาดไทย กำหนดคุณสมบัติเฉพาะของผู้ตรวจสอบ หลักเกณฑ์การขอขึ้นทะเบียนและการเพิกถอนการขึ้นทะเบียนเป็นผู้ตรวจสอบ และหลักเกณฑ์การตรวจสอบอาคาร (พ.ศ. 2548)

1.10 หน่วย

ตำราเล่มนี้ ใช้หน่วยวัดสองแบบ คือ หน่วยตามนิยมปฏิบัติในประเทศไทย ละหน่วยสากล ในประเทศไทย นิยมใช้หน่วยเมตริก (Metric) น้ำหนัก และแรง เป็นกิโลกรัม หรือ ตัน (Kilogram - kg or Ton - t) มิติ เป็นเซนติเมตร หรือเมตร (Centimeter - cm or meter -m) หน่วยแรง เป็น กิโลกรัม ต่อ ตารางเซนติเมตร กิโลกรัม ต่อ ตารางเมตร หรือ ตัน ต่อ ตารางเมตร (kilogram per square centimeter - kg/cm² or ksc, kilogram per square meter - kg/m² or ton per square meter - t/m²)

หน่วย SI ใช้น้ำหนัก และแรง เป็นนิวตัน หรือ กิโลกรัมตัน (Newton - N or Kilonewton - kN) มิติ เป็นมิลลิเมตร หรือเมตร (Millimeter - mm or meter -m) หน่วยแรง เป็น นิวตัน ต่อ ตารางมิลลิเมตร หรือ กิโลนิวตัน ต่อ ตารางเมตร (newton per square millimeter - N/mm² or MPa or kilo-Newton per square meter - kN/m²)

มีหลักประมาณว่า KN/10 ใกล้เคียงกับหน่วย Ton หรือ ksc/10 ใกล้เคียงกับหน่วย MPa (N/cm²)

1.11 สรุป

บทนี้ กล่าวอธิบายของคัพพพรวมของคอนกรีตเสริมเหล็ก ประกอบด้วย ความเป็นมา โดยสังเขป ของคอนกรีตเสริมเหล็ก และมาตรฐาน โดยเฉพาะที่ใช้ในประเทศไทย พื้นฐาน เนื้อหา ขอบเขตของคอนกรีตเสริมเหล็ก นิยามศัพท์กฎหมายอาคาร กฎหมายอาคารที่เกี่ยวข้องกับ คอนกรีตเสริมเหล็ก น้ำหนัก แรง ตัวคูณประกอบแรง วิธีคำนวณออกแบบ ตัวคูณประกอบลด กำลัง หน่วยวัด กฎหมายอาคาร และกฎหมายอื่น ข้อกำหนดทั่วไป และข้อยกเว้นของมาตรฐาน และอื่น ๆ

1.12 ตัวอย่าง

ตัวอย่างคำถาม คำตอบ บทนี้ มีดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 เหตุใดจึงต้องเรียนกลศาสตร์วิศวกรรมกลศาสตร์วัสดุ การวิเคราะห์โครงสร้าง และเขียนแบบวิศวกรรม ก่อนที่จะเรียนการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตัวอย่างคำตอบ เพราะผู้เรียน ควรเข้าใจสมบัติของวัสดุ (สมบัติกายภาพ และสมบัติทางกล) พฤติกรรมของวัสดุเมื่อเกิดแรง กำลังวัสดุ การคำนวณ มีพื้นฐานกลศาสตร์วัสดุ และโครงสร้าง น้ำหนัก แรง การวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อผนวกใช้แรงที่เป็นผลลัพธ์จากการวิเคราะห์โครงสร้าง คำนวณออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก อาทิ กำหนดขนาดหน้าตัด ได้คำนวณเหล็กเสริม และเขียนแบบรูปให้รายละเอียดคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตัวอย่างที่ 2 กฎหมายอาคาร แตกต่างจากมาตรฐานงานอาคารอย่างไร

ตัวอย่างคำตอบ กฎหมายเป็นคำสั่งของรัฐาธิปัตย์ มีผลบังคับให้ต้องปฏิบัติ หรือห้ามปฏิบัติ มีบทกำหนดโทษ แก่ผู้หลีกเลี่ยง หรือกระทำความผิด กฎหมายอาคาร จึงกำหนดข้อปฏิบัติ หรือข้อห้าม ในการคำนวณออกแบบองค์อาคาร หรือโครงสร้าง รวมไปถึงการก่อสร้าง การดัดแปลงแก้ไข การใช้ หรือเปลี่ยนการใช้ การเคลื่อนย้าย และการรื้อถอนอาคาร กฎหมายอาคาร เป็นกฎหมายมหาชน มุ่งคุ้มครองสวัสดิภาพ และความปลอดภัย ทั้งของผู้ออกแบบก่อสร้าง ผู้ใช้อาคาร และสาธารณะ

ส่วนมาตรฐาน เป็นแนว หรือหลักปฏิบัติ ที่จะช่วยให้ วิธีคำนวณออกแบบองค์อาคาร หรือโครงสร้างเป็นไปตามหลักปฏิบัติ ก่อสร้างให้มั่นคง แข็งแรง ปลอดภัย ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ มาตรฐานจะมีผลบังคับใช้ หากออกโดยผู้มีอำนาจ หรือเจ้าพนักงานตามกฎหมาย หรือถูกระบุให้ใช้บังคับ ในกฎหมาย อาทิ มาตรฐานของกรมโยธาธิการและผังเมือง อาจถูกกำหนดให้ใช้ในกฎกระทรวงฯ ที่ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร

ตัวอย่างที่ 3 องค์อาคาร หรือโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก น่าจะมีข้อดี หรือข้อด้อยอย่างไร

ตัวอย่างคำตอบ ตัวอย่างข้อดี คือ แข็งแรง ปลอดภัย คงทน มีกำลังต้านทานน้ำหนักหรือแรง ใช้งานได้ตามประสงค์ ทั้งน้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร แรงจากธรรมชาติ (อาทิ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงลม แผ่นดินไหว) สามารถใช้คอนกรีต ซึ่งผลิตจากวัสดุธรรมชาติซึ่งยังมีราคาไม่สูง ต้านทานแรงอัดเป็นส่วนใหญ่ ใช้เหล็กซึ่งเป็นวัสดุยืดหยุ่น มีสมบัติต้านทานแรงดึงได้ดี เหล็กถูกหุ้มในเนื้อคอนกรีตป้องกันการทำปฏิกิริยากับความชื้นมิให้เป็นสนิม มีความเป็นไปได้อย่างขึ้นที่ ทั้งคอนกรีต และเหล็ก สามารถนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ ในราคาที่สมเหตุผล และคุณภาพดี

ตัวอย่างข้อด้อย คือ คอนกรีตมีน้ำหนักมาก อาจสิ้นเปลืองกว่าโครงสร้างเหล็ก ที่หากบรรทุกน้ำหนักเท่ากันแล้ว คอนกรีตจะมีขนาดใหญ่กว่า น้ำหนักมากกว่า มีความเสี่ยงอันตรายในการทำงานก่อสร้าง

ตัวอย่างที่ 4 แบบรูป (Drawing) มีนัยสำคัญต่อการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างไร

ตัวอย่างคำตอบ เพราะเป็นการสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบ และผู้ก่อสร้าง (Constructor) ให้เข้าใจตรงกัน เพื่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างจะถูกก่อสร้างตรงตามรายการคำนวณ และเจตนารมณ์ของผู้ออกแบบ อีกทั้งยังเป็นเอกสารประกอบการยื่นขออนุญาตก่อสร้าง หรือดัดแปลงอาคาร แล้วแต่กรณี และใช้เป็นส่วนหนึ่งของสัญญาก่อสร้าง ระหว่างเจ้าของอาคาร หรือผู้ว่าจ้าง กับผู้ก่อสร้าง

ตัวอย่างที่ 5 น้ำหนักบรรทุกคงที่ ประกอบด้วยอะไรบ้าง

ตัวอย่างคำตอบ น้ำหนักบรรทุกคงที่ ประกอบด้วยน้ำหนักขององค์อาคาร หรือโครงสร้าง (Self weight) และน้ำหนักอื่น ที่ไม่ใช่ขององค์อาคาร หรือโครงสร้าง แต่วางอยู่บน หรือถ่ายลงบน องค์อาคาร หรือโครงสร้างอย่างค่อนข้างถาวร (Permanent) อาทิ ฝ้า ผนัง วัสดุตกแต่งพื้น ฝ้า

เพดาน น้ำหนัก หรือแรงที่ค้ำ หรือกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างอย่างค่อนข้างถาวร อาจถือเป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่ อาทิ การทรุดตัวต่างระดับ แรงอัดในลวดอัดแรง

ตัวอย่างที่ 6 น้ำหนักบรรทุกจร ประกอบด้วยอะไรบ้าง

ตัวอย่างคำตอบ น้ำหนักบรรทุกจร ประกอบด้วยน้ำหนักบรรทุกบนอาคาร หรือโครงสร้าง และแรงธรรมชาติ อาทิ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงลม แผ่นดินไหว น้ำหนักบรรทุกจร ไม่แน่นอน ทั้งปริมาณแรง ระยะเวลาที่กระทำ ความถี่ หรือคาบการเกิดซ้ำ

ตัวอย่างที่ 7 ในประเทศไทย พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฯ ให้อำนาจผู้ใด หรือหน่วยงานใด ออกกฎหมายอาคาร

ตัวอย่างคำตอบ รัฐมนตรีกระทรวงมหาดไทย ออกกฎกระทรวงมหาดไทย ผู้บริหารสูงสุดของ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท. ประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา) ออก กฎ ประกาศ ข้อบัญญัติ หรือข้อกำหนด แล้วแต่กรณี

ตัวอย่างที่ 8 ในประเทศไทย หน่วยงานใดออกมาตรฐานเกี่ยวกับคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตัวอย่างคำตอบ หากเป็นมาตรฐานวัสดุ การทดสอบ และเกณฑ์ยอมรับ ตัวอย่างหน่วยงานที่ ออกมาตรฐาน ได้แก่ สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก.) กรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.) หากเป็นมาตรฐานการคำนวณออกแบบ และการเขียนแบบรูป หน่วยงานที่ออกมาตรฐาน ได้แก่ กรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.) วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.)

1.13 คำถาม

จงตอบคำถามสั้น ๆ ให้ได้ใจความครบถ้วน

1. ประเด็นใดที่ทำให้ กฎหมาย และมาตรฐาน แตกต่างกันอย่างมากที่สุด
2. หากมาตรฐานคำนวณออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กในประเทศไทย จะอ้างอิงมาตรฐานของ สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร หรือ ยุโรป จะมีข้อดี หรือข้อเสียอย่างไร
3. การให้รายละเอียดองค์อาคาร หรือโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (Detailing of reinforced member or structure) สำคัญอย่างไร
4. แบบประณีตสถาปัตยกรรม (Architectural drawing) มีนัยสำคัญต่อการคำนวณออกแบบ องค์อาคาร หรือโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอย่างไร
5. เหตุใด การคำนวณออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก จึงมีหลายวิธี
6. ตัวคูณประกอบแรง และตัวคูณประกอบลดกำลัง แตกต่างกันอย่างไรร

1.14 อ้างอิง

1. American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO (1984), Policy on Geometric Design of Highways and Street, AASHTO, Washington.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO (1989), Roadside Design Guide, AASHTO, Washington.
3. American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO (1996), Standard Specification for Highway Bridges, AASHTO, Washington.
4. American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO (1989), Roadside Design Guide, AASHTO, Washington.
5. American Concrete Institute (1977), Reinforced Concrete Design Handbook: Working Stress Method ACI 318 - 63, 3rd Ed., American Concrete Institute, Washington.
6. American Concrete Institute (1988), ACI Detailing Manual: According to ACI 315 - 80 revised 1982, and ACI 315 R - 80 revised 1988, American Concrete Institute, Washington.
7. American Concrete Institute (1988), Building Code Requirements for Reinforced Concrete: ACI 318 M - 89 Revised 1992, and Commentary ACI 318 RM - 89 revised 1992, American Concrete Institute, Washington.
8. American Concrete Institute (1995), Building Code Requirements for Reinforced Concrete: ACI 318 M - 95, and Commentary ACI 318 RM - 95, American Concrete Institute, Washington.
9. American Concrete Institute (1999), Building Code Requirements for Reinforced Concrete: ACI 318 M - 99, and Commentary ACI 318 RM - 99, American Concrete Institute, Washington.
10. American Concrete Institute (2002), Building Code Requirements for Reinforced Concrete: ACI 318 M - 02, and Commentary ACI 318 RM - 02, American Concrete Institute, Washington.
5. American Concrete Institute (2019), Building Code Requirements for Reinforced Concrete: ACI 318 - 19, and Commentary ACI 318 R - 19, American Concrete Institute, Washington.
6. History of Reinforced Concrete and Structural Design: สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561: จาก <https://engineersoutlook.wordpress.com/2011/10/11/structural-concrete-design/>
7. กฎกระทรวง ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2517. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
8. กฎกระทรวง ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2526. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
9. กฎกระทรวง ฉบับที่ 5 พ.ศ. 2527. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
10. กฎกระทรวง ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
11. กฎกระทรวง ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2528. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
12. กฎกระทรวง ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2528. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
13. กฎกระทรวง ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2528. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
14. กฎกระทรวง ฉบับที่ 11 พ.ศ. 2528. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
15. กฎกระทรวง ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2528. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
16. กฎกระทรวง ฉบับที่ 18 พ.ศ. 2530. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
17. กฎกระทรวง ฉบับที่ 21 พ.ศ. 2532. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
18. กฎกระทรวง ฉบับที่ 23 พ.ศ. 2533. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
19. กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
20. กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 พ.ศ. 2537. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
21. กฎกระทรวง ฉบับที่ 41 พ.ศ. 2537. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>

22. กฎกระทรวง ฉบับที่ 42 พ.ศ. 2537. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
23. กฎกระทรวง ฉบับที่ 44 พ.ศ. 2538. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
24. กฎกระทรวง ฉบับที่ 47 พ.ศ. 2540. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
25. กฎกระทรวง ฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
26. กฎกระทรวง ฉบับที่ 50 พ.ศ. 2540. สืบค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
27. กฎกระทรวง ฉบับที่ 51 พ.ศ. 2541. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
28. กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
29. กฎกระทรวง ฉบับที่ 56 พ.ศ. 2543. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
30. กฎกระทรวง ฉบับที่ 57 พ.ศ. 2544. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
31. กฎกระทรวง ฉบับที่ 58 พ.ศ. 2546. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
32. กฎกระทรวง ฉบับที่ 60 พ.ศ. 2549. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
33. กฎกระทรวง ฉบับที่ 61 พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
34. กฎกระทรวง ฉบับที่ 62 พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
35. กฎกระทรวง 63 พ.ศ. 2551. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
36. กฎกระทรวง ฉบับที่ 64 พ.ศ. 2555. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
37. กฎกระทรวงมหาดไทยกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
38. กฎกระทรวงกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของผู้ตรวจสอบ หลักเกณฑ์การขอขึ้นทะเบียนและการเพิกถอนการขึ้นทะเบียนเป็นผู้ตรวจสอบ และหลักเกณฑ์การตรวจสอบอาคาร พ.ศ. 2548. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
39. กฎกระทรวงกำหนดชนิด หรือประเภทของอาคาร หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการตรวจสอบงานออกแบบและคำนวณส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
40. กฎกระทรวงกำหนดประเภทอาคารที่ต้องจัดให้มีผู้ตรวจสอบ พ.ศ. 2548. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
41. กฎกระทรวง กำหนดประเภท และระบบความปลอดภัยของอาคารที่ใช้ประกอบกิจการเป็นสถานบริการ พ.ศ. 2555. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
42. กฎกระทรวงมหาดไทยกำหนดประเภท ชนิด หรือลักษณะของอาคารที่ต้องได้รับอนุญาตก่อนการสร้างหรือดัดแปลงต่อเติมภายในระยะไม่เกินสิบห้าเมตรจากเขตทางหลวง พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
43. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2549. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
44. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่างและเสียง พ.ศ. 2549. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
45. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ. 2551. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
46. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ. 2551. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>

47. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักร ปั่นจั่น และหม้อน้ำ พ.ศ. 2552. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
48. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2553. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
49. กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า พ.ศ. 2554. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
50. กฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
51. กฎกระทรวงกำหนดสิ่งก่อสร้างขึ้นอย่างอื่นเป็นอาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
52. กฎกระทรวงมหาดไทยกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกในอาคารสำหรับผู้พิการหรือทุพพลภาพ และคนชรา พ.ศ. 2548. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
53. กฎกระทรวงกำหนดหลักเกณฑ์การอนุญาตตัดแปลงอาคาร เพื่อเสริมความมั่นคงแข็งแรงของอาคารให้สามารถต้านแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว พ.ศ. 2555. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
54. กฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดมาตรการป้องกันการพังทลายของดินหรือสิ่งปลูกสร้างในการขุดดินหรือถมดิน พ.ศ. 2548. สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
55. กฎกระทรวงว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
56. กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมเครื่องเล่น พ.ศ. 2558. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
57. กฎกระทรวงว่าด้วยการควบคุมป้ายหรือสิ่งก่อสร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย พ.ศ. 2558. สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
58. กฎกระทรวงว่าด้วยการจัดสวัสดิการในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2548. สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
59. กฎกระทรวง ว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
60. กฎกระทรวง ว่าด้วยการยกเว้น ผ่อนผัน หรือกำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร สำหรับอาคารในโครงการที่รัฐจัดให้มีหรือพัฒนาเพื่อเป็นที่อยู่สำหรับผู้มีรายได้น้อย พ.ศ. 2554. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
61. กฎกระทรวงว่าด้วยการอนุญาตให้ใช้อาคารเพื่อประกอบกิจการโรงแรมหรสพ ประเภทและระบบความปลอดภัยของโรงแรมหรสพ และอัตราค่าธรรมเนียมสำหรับการอนุญาตให้ใช้อาคาร เพื่อประกอบกิจการโรงแรมหรสพ พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2561, จาก <http://www.krisdika.go.th>
62. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2516) มาตรฐานสำหรับอาคารไม้ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
63. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2518) มาตรฐานความปลอดภัยสำหรับงานก่อสร้างอาคาร วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
64. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2521) น้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม พ.ศ. 2521 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

65. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2526) มาตรฐานคอนกรีตอัดแรง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
66. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2534) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 1 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
67. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2562) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 3 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
68. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2534) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
69. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2534) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตอัดแรง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
70. คณะกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา (2540) ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 1 ส. เอเซียเพรส กรุงเทพฯ
71. คณะอนุกรรมการคอนกรีต และวัสดุ คณะกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2540) ข้อกำหนดตามมาตรฐานวัสดุ และการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
72. คณะอนุกรรมการคอนกรีต และวัสดุ คณะกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2562) ข้อกำหนดตามมาตรฐานวัสดุ และการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต แก้ไขปรับปรุง ครั้งที่ 2 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
73. คณะอนุกรรมการบริหารงานก่อสร้าง คณะกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2549) มาตรฐานการจัดเตรียมแบบสร้างจริง และคู่มือเจ้าของอาคาร วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
74. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2561) ร่าง มาตรฐานการเขียนแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก - ปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2561 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
75. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2562) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
76. ประกาศกระทรวงฯ ฉบับที่ 4928 - 2556 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พหุไซลอน. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
77. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2149 พ.ศ. 2539. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
78. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4802 พ.ศ.(2559). สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
79. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4803 (พ.ศ. 2559). สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
80. ประมวลกฎหมายที่ดิน. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
81. พจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน
82. พระราชบัญญัติการขุดดินและถมดิน. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
83. พระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2543 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
84. พระราชบัญญัติการทางพิเศษแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2550. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
85. พระราชบัญญัติการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2559, จาก <http://www.krisdika.go.th>

86. พระราชบัญญัติการประปานครหลวง พ.ศ. 2510 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2559, จาก <http://www.krisdika.go.th>
87. พระราชบัญญัติการประปาส่วนภูมิภาค พ.ศ. 2522 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2559, จาก <http://www.krisdika.go.th>
88. พระราชบัญญัติการผังเมือง พ.ศ. 2518 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
89. พระราชบัญญัติการรถไฟแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2494 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
90. พระราชบัญญัติการรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2543 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.mrt.co.th>
91. พระราชบัญญัติการไฟฟ้าฝ่ายผลิต พ.ศ. 2511 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
92. พระราชบัญญัติการไฟฟ้าภูมิภาค พ.ศ. 2503 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
93. พระราชบัญญัติการไฟฟ้านครหลวง พ.ศ. 2511 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
94. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
95. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
96. พระราชบัญญัติควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิง. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2559, จาก <http://www.krisdika.go.th>
97. พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
98. พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
99. พระราชบัญญัติจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2543. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
100. พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
101. พระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
102. พระราชบัญญัติทางหลวงสัมปทาน พ.ศ. 2543. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
103. พระราชบัญญัติโบราณสถาน โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ พ.ศ. 2504 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
104. พระราชบัญญัติโรงแรม พ.ศ. 2547. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2559, จาก <http://www.krisdika.go.th>
105. พระราชบัญญัติว่าด้วยการจัดหาสิ่งสำหรับแพทย์เพื่ออภิกการขนส่งมวลชน พ.ศ. 2540 ฯลฯ.. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
106. พระราชบัญญัติว่าด้วยการเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ พ.ศ. 2530. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
107. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>
108. พระราชบัญญัติอาคารชุด พ.ศ. 2522 ฯลฯ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2558, จาก <http://www.krisdika.go.th>

109. มยผ. 1101 - 52 มาตรฐานงานคอนกรีต และคอนกรีตเสริมเหล็ก. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
110. มยผ. 1102 - 52 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
111. มยผ. 1103 - 52 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
112. มยผ. 1104 - 52 มาตรฐานงานไม้. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
113. มยผ. 1105 - 52 มาตรฐานงานฐานราก. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
114. มยผ. 1106 - 52 มาตรฐานงานเสาเข็ม. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
115. มยผ. 1201 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาขนาดผลของมวลรวม. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
116. มยผ. 1202 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาความต้านทานต่อการสึกกร่อนของมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่องทดสอบลอสมองเจสส์. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
117. มยผ. 1203 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปนในมวลรวมละเอียด. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
118. มยผ. 1204 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ และค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
119. มยผ. 1205 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ และค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียด. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
120. มยผ. 1206 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของมวลรวม. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
121. มยผ. 1207 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าดินเหนียว และวัสดุร่วนในมวลรวม. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
122. มยผ. 1208 - 50 มาตรฐานการเก็บตัวอย่างตอนกริตหน้างาน และการเก็บรักษา. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
123. มยผ. 1209 - 50 มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
124. มยผ. 1210 - 50 มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
125. มยผ. 1211 - 50 มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
126. มยผ. 1212 - 50 มาตรฐานการทดสอบน้ำสำหรับผสมคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
127. มยผ. 1252 - 51 มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ Dynamic Load Test. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
128. มอก. 1551-51 มาตรฐานการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม ด้วยวิธี Seismic Test. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
129. มยผ. 1301 - 54 มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการ สั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>

130. มยผ. 1302 - 52 มาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
131. มยผ. 1311 - 50 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
132. มยผ. 1332 - 50 มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทน และอายุการใช้งาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
133. มยผ. 1341 - 54 ถึง 1346 - 54 และ มอก. 8213 - 54 ชุดมาตรฐานประกอบการออกแบบโครงสร้างพิเศษ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
134. มยผ. 1501 - 51 การตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีตรวจพินิจ - Visual Inspection Method. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
135. มยผ. 1502 - 51 วิธีหาค่าความแข็งแรงของคอนกรีตด้วยฆ้อนกระทบ - Rebound Hammer. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
136. มยผ. 1503 - 51 วิธีทดสอบประเมินค่ากำลังอัดของคอนกรีตด้วยการยิงด้วยหัวหยั่งทดสอบ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
137. มยผ. 1504 - 51 วิธีทดสอบคอนกรีตโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก - Ultrasonic Pulse Velocity. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
138. มยผ. 1505 - 51 วิธีตรวจสอบหาตำแหน่งเหล็กเสริมในคอนกรีต - Cover Meter. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
139. มยผ. 1506 - 51 วิธีทดสอบหาค่าการสึกกร่อนของเหล็กเสริม - Half - Cell Potential. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
140. มยผ. 1507 - 51 วิธีทดสอบเพื่อประเมินสภาพสมบูรณ์ของเนื้อคอนกรีตด้วยคลื่นเรดาร์ - Radar). สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
141. มยผ. 1508 - 51 มาตรฐานการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีต เสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
142. มยผ. 1901-51 มาตรฐานปฏิบัติในการซ่อมแซมคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://subsites.dpt.go.th>
143. มอก. 15 1 - 2547 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
144. มอก. 20 - 2559 (มอก. 20 - 2543 ประกอบประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4802 พ.ศ. 2559) สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
145. มอก. 24 - 2559 (มอก. 24 - 2548 ประกอบประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4803 พ.ศ. 2559). สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
146. มอก. 80 - 2550 ปูนซีเมนต์ผสม. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
147. มอก. 213 - 2552 คอนกรีตผสมเสร็จ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
148. มอก. 396 - 2549 เสาค้ำคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
149. มอก. 576 - 2546 แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
150. มอก. 577 - 2531 วิธีทดสอบการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จ และระบบพื้นคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>

151. มอก. 733 - 2530 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
152. มอก. 737 - 2549 ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
153. มอก. 828 - 2546 ชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จสำหรับระบบพื้นประกอบ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
154. มอก. 849 - 2556 ประกอบประกาศกระทรวงฯ ฉบับที่ 4928 - 2556 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์พอยโซลาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
155. มอก. 850 - 2532. พอยโซลาน. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
156. มอก. 1127 - 2539 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (มอก. 1127 - 2531 ประกอบประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2149 พ.ศ. 2531). สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
157. มอก. 2587 - 2556 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กาบกลูจากเตาถลุงแบบพ่นลม. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
158. มอก. 2594 - 2556 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 ธันวาคม 2560, จาก <http://dl.parliament.go.th>
159. เรื่องเล่ามาตรฐานงานออกแบบโครงสร้าง คอนกรีตในประเทศไทย เอนก ศิริพานิชกร: สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561: <http://www.thaitca.or.th/images/journal/journal2/journal2-6.pdf>
160. รู้จักมาตรฐานวสท.: สืบค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2561: จาก <https://eitstandard.com/>
161. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541) คู่มือการตรวจสอบคอนกรีตของสมาคมคอนกรีตอเมริกัน - แปลจาก ACI Manual of Concrete Inspection American Concrete Institute 1967 5th Eds. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ
162. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2562) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธี ภาวะสุดขีด วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพฯ
163. สถาพร โกคา การออกแบบอาคารสูงน้อยกว่าสามชั้น คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 18 - 20 มิถุนายน 2562
164. สิริลักษณ์ จันทรางศุ (2524) การคำนวณออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีภาวะสุดขีด วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์