

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ทัวไป

ในบทนำนี้ กล่าวถึงเรื่องทั่วไป วิเคราะห์ศัพท์คำว่า สะพาน ประวัตติ และวิวัฒนาการสะพาน องค์ประกอบของงานสะพาน ประกอบด้วย เรขาคณิตของสะพาน (ช่วง สะพาน ช่องว่าง การสำรวจ และกำหนดตำแหน่ง ของสะพานในแนวสำรวจ หรือก่อสร้าง) ชลศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบช่องเปิดสะพาน ระบบโครงสร้าง วิธีก่อสร้าง มาตรฐานออกแบบ วัสดุ (ไม้ เหล็ก ลวดอัดแรง คอนกรีต) สมบัติ และกลสมบัติ น้ำหนัก และแรงที่กระทำต่อสะพาน น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักโครงสร้าง น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ส่วนเพิ่ม การหลุดตัวต่างระดับ แรงในลวดอัดแรง) น้ำหนักบรรทุกจร ประกอบด้วย น้ำหนักยานพาหนะ หรือการจราจร (น้ำหนักรถ น้ำหนักแม่กระจาย และกระทำเป็นจุด แรงกระแทก แรงหนีศูนย์กลาง แรงห้ามล้อ) แรงยกตัวของน้ำ แรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงด้านข้าง อาทิ แรงลมกระทำต่อโครงสร้าง แรงลมกระทำต่อน้ำหนักบรรทุกจร แรงแผ่นดินไหว แรงดันดิน แรงดันน้ำ แรงกระแทกของเรือ หรือท่อนซุง) การคำนวณออกแบบ ส่วนประกอบสะพานชนิดต่าง ๆ การวางแผน และก่อสร้างสะพาน การใช้งาน และบำรุงรักษาสะพาน การซ่อมแซม ขยาย พื้นปูบูรณะ เสริมกำลัง สะพาน และอื่น ๆ

#### 1.2 วิเคราะห์ศัพท์

สะพานหมายถึงโครงสร้างทางสัญจร หรือถนน เพื่อข้ามหุบ ร่อง หรืออุปสรรคอื่น ๆ (Bridge: a structure carrying a pathway or roadway over a depression or obstacle) หรือ สะพาน หมายถึง โครงสร้างเพื่อข้าม แม่น้ำ ทางรถไฟ ถนน หรืออื่น ๆ (A structure built over a river, railroad, highway, etc. to provide a way across for vehicles or pedestrians) อีกนัยหนึ่ง สะพาน อาจหมายถึงการเชื่อมต่อ เวลา หรือสถานที่ (A time, place, or means of connection or transition) ซึ่งใช้ในวงกว้างกว่า ทั้งการเดินทาง ขนส่งผู้โดยสาร สินค้า สัญญาณ ข้อมูลข่าวสาร วัฒนธรรม หรืออื่น ๆ ในตำรา นี้ จะหมายความจำกัดเฉพาะสองนิยามแรก

.ในงานวิศวกรรม อาจสร้างสะพานข้ามทางน้ำ ถนน หุบเขา หรืออุปสรรคอื่น ๆ โดยอาจเป็นสะพานสำหรับยานพาหนะสัญจร คือ สะพานบนทางหลวงสำหรับรถยนต์ (Highway bridge) หรือ สะพานยกระดับ (Viaduct) สะพานรถไฟ (Railroad bridge or

railway bridge) สะพานคนข้าม (Pedestrian bridge) สะพานส่งน้ำ (Aqua-duct) หรือ สะพานหลายวัตถุประสงค์ ในวิศวกรรมทาง และชลศาสตร์ สะพาน คือ อาคารระบายน้ำ (Drainage structure) ขนาดใหญ่ที่สุด คือ ยอมให้มีช่องเปิดขนาดใหญ่ เป็นทางระบายน้ำ ผ่านถนน แล้วสร้างสะพานข้ามทางน้ำ หรืออุบสรรคั้น

งานสะพาน ครอบคลุมทั้ง การก่อสร้างสะพานใหม่ (New construction) ซ่อมแซม ปรับปรุงสภาพ หรือบูรณะฟื้นฟูสะพานเดิม (Existing building) ดังนี้

คำว่า แก้ไข หรือซ่อมแซม (Remedy หรือ repair) ความหมายตามพจนานุกรม คือ ทำให้ถูกต้อง (Correct or to make or set right or to alter or adjust so as to bring to standard or required condition)

คำว่า “Renovate” คือ ปรับปรุงสภาพ เช่นทำความสะอาด ซ่อมแซมส่วนสึกหรอ หรือสร้างใหม่ทดแทนของเดิม (To restore to a former better state as by cleaning, repairing, or rebuilding)

คำว่า “Retrofit” หมายถึง ปรับปรุง หรือเสริมสภาพ (Furnish) อาทิ โดยติดตั้ง ส่วนประกอบใหม่ หรือดัดแปลงใด ๆ ซึ่งเดิมมิได้คำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ (install new or modified parts or equipment not available or considered necessary at the time of manufacture)

คำว่าบูรณะฟื้นฟู (Rehabilitation) หมายถึงเสริมสร้างให้มีสภาพดุดเดิม (To restore to a former capacity or former state) อาจนิยามให้เข้าใจง่ายว่า หมายถึงการ ปรับปรุง ซ่อมแซม ครั้งสำคัญ

มีคำอื่นที่ความหมายคล้ายคลึงกัน อาทิ Modernize, Rebuild, Refurbish, Rejuvenate, Renew, Renovate, Restore, Update และ Mend

สะพานที่ถูกรักษา ดังเช่น อาคารอนุรักษ์ หรือโบราณสถาน ตามกฎหมาย โบราณสถาน ซึ่งหมายถึงอสังหาริมทรัพย์ซึ่งโดยอายุ หรือโดย ลักษณะแห่งการก่อสร้าง หรือโดยหลักฐานเกี่ยวกับประวัติของ อสังหาริมทรัพย์นั้นเป็นประโยชน์ในทางศิลปะ ประวัติศาสตร์ หรือโบราณคดี ทั้งนี้ รวมถึงแหล่งโบราณคดี แหล่ง ประวัติศาสตร์ และ อุทยานประวัติศาสตร์ด้วย กระบวนการที่เป็นที่ยอมรับว่า ทำให้โบราณสถาน ซึ่งหมายรวม สะพาน ยังคงอยู่ได้ ทรงคุณค่า นอกจากจะใช้มาตรการทางกฎหมาย โดยออกกฎหมายคุ้มครอง (Protection by regulation) แล้ว ยังหมายถึงการ ผดุงสภาพ (Preservation) การ อนุรักษ์ปกป้อง (Conservation) การเสริมสภาพให้มั่นคง (Consolidation) การซ่อมแซม ส่วนที่ชำรุดเสียหายให้มีสภาพดุดเดิม (Restoration) การชดเชยแล้วประกอบใหม่ โดยอาจทำ ขึ้นส่วนใหม่ทดแทนชิ้นส่วนที่ขาดหาย โดยต้องทำเครื่องหมายให้ทราบ หรือแยกแยะได้ (Anastylosis) การสร้างขึ้นใหม่ทดแทนของเดิม (Reconstruction) การปรับปรุง หรือบูรณะ

ฟื้นฟู (Renovation or rehabilitation) โดยอาจมีการเปลี่ยน หรือดัดแปลงบางส่วน การเคลื่อนย้าย หรือย้ายไปอยู่ ณ ตำแหน่งใหม่ (Relocation) อนึ่ง พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ให้ความหมายคำว่า ปฏิสังขรณ์ ว่าหมายถึง ซ่อมแซมทำให้กลับคืนดีเหมือนเดิม ปกติมักใช้เฉพาะวัดวาอาราม ซึ่งอาจตรงกับ คำว่า Consolidate, Retrofit, Renovate หรือ Rehabilitation

### 1.3 บริบทของงานสะพาน

บริบทของงานสะพานคือ บูรณาการ สหวิทยาการ (อาทิ กฎหมาย สถาปัตยกรรม วิศวกรรม และความรู้อื่น ๆ) ความต้องการ (Needs) และข้อจำกัด (Constraints อาทิ งบประมาณ ที่ดิน ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ วัตถุประสงค์ใช้งานสะพาน) กฎหมาย หลักสถาปัตยกรรม และวิศวกรรม เพื่อศึกษาความเหมาะสม แล้วประมวลแนวความคิด (Concept) วางแผน สำรวจ เพื่อกำหนด แนว ตำแหน่ง รูปแบบ และรายละเอียด (รูปแบบตอม่อ ช่วงสะพาน จำนวนช่องจราจร หรือความกว้าง) คำนวณออกแบบ ก่อสร้าง ใช้งาน บำรุงรักษาให้สะพานใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ มั่นคง (Sound) ทนทาน (Durable) ประหยัด (Save)

เรขาคณิตของสะพาน (ช่วงสะพาน ช่องว่าง การสำรวจ และกำหนดตำแหน่ง ของสะพานในแนวสำรวจ หรือก่อสร้าง) ชลศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบช่องเปิดสะพาน การจำแนกสะพาน ตามวัสดุ จำแนกตามระบบโครงสร้าง หรือจำแนกตามวิธีก่อสร้าง วัสดุ (ไม้ เหล็ก ลวดอัดแรง คอนกรีต) สมบัติ และกลสมบัติ น้ำหนัก และแรงที่กระทำต่อสะพาน น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักโครงสร้าง น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ส่วนเพิ่ม การทรุดตัวต่างระดับ แรงในลวดอัดแรง) น้ำหนักบรรทุกจร ประกอบด้วย น้ำหนักยานพาหนะ หรือการจราจร (น้ำหนักรถ น้ำหนักแม่กระจาย และกระทำเป็นจุด แรงกระทำ แรงหนีศูนย์กลาง แรงห้ามล้อ) แรงยกตัวของน้ำ แรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงต้านข้าง อาทิ แรงลมกระทำต่อโครงสร้าง แรงลมกระทำต่อน้ำหนักบรรทุกจร แรงแผ่นดินไหว แรงดันดิน แรงดันน้ำ แรงกระทำของเรือ หรือท่อนซุง) การคำนวณออกแบบ ส่วนประกอบของสะพานชนิดต่าง ๆ การวางแผน และก่อสร้างสะพาน การใช้งาน และบำรุงรักษาสะพาน การซ่อมแซม ขยายฟื้นฟูบูรณะ

เรขาคณิตของสะพาน เกิดจากการสำรวจ และออกแบบทาง (Route survey) การวางแผนถนน การออกแบบทางราบ และทางตั้ง ซึ่งประกอบด้วย แนว ลาด (Gradient) ระดับ โค้งตั้ง ที่ผู้ขับขี่มีทัศนวิสัยดี และขับได้อย่างปลอดภัยตามความเร็วออกแบบ หรือความเร็วที่กำหนด (Design speed)

ชลศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบช่องเปิดสะพาน ประกอบด้วย การศึกษา ภูมิประเทศ พื้นที่รับน้ำ (Catchment area) ความหนาแน่น หรือความชุกของฝน และคาบการเกิด (Rainfall intensity and design period) ปริมาณน้ำท่า (Run-off or discharge) Time concentration ความเร็ว ระดับน้ำสูงสุด และต่ำสุด ช่องว่างระหว่างฝิน้ำถึงใต้ท้องสะพาน สภาพทางธรณีวิทยา กลศาสตร์ของดิน ที่เป็นปัจจัยต่อการกัดเซาะ และการป้องกันกัดเซาะ (Erosion and prevention) ท้องน้ำ และตลิ่ง การเลือกชนิด และคำนวณออกแบบฐานราก แรงดันน้ำ และแรงยกตัว ที่กระทำต่อโครงสร้าง หรือองค์อาคาร การออกแบบช่องเปิดของทางน้ำ

การจำแนกสะพาน ตามวัสดุ วัสดุ ประกอบด้วย ไม้ เหล็ก ลวดอัดแรง คอนกรีต หรือวัสดุประกอบ (Composite materials) หรือจำแนกตามระบบโครงสร้าง อาทิ ระบบแพนพื้น หรือคานทางเดียว สะพานที่ใช้คานสะพานรูปตัวไอ หรือตัวที (Girder) สะพานระบบกล่องกลวง (Hollow-box) หรือกล่องกลวงเป็นท่อน ๆ ประกอบกัน (Segmental box) or สะพานคานเหล็ก (Steel girder) สะพานแบบโครงยก (Deck plate) สะพานโครงถักแบบระนาบ (Plane truss) หรือแบบ Through truss สะพาน Vierendeel สะพานโค้ง (Arch) ชนิดต่าง ๆ (Fixed-end arch, one-hinge arch, two-hinges arch, three-hinges arch, tied arch, barrel arch, ribbed arch) สะพานขึง (Suspension bridge) สะพานแขวน (Cable-stayed bridge) การจำแนกตามวิธีก่อสร้าง ประกอบด้วย สะพานที่ก่อสร้างในที่ (Cast-in-situ) สะพานที่ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Precast member)

สมบัติ และกลสมบัติ ของวัสดุหลัก คือ ไม้ คอนกรีต เหล็ก ลวดอัดแรง สมบัติของไม้ ประกอบด้วย โมดูลัสความยืดหยุ่น กำลังต้านทานแรงอัด แรงดึง แรงเฉือน ในทิศทางขนานเสี้ยน ตั้งฉากเสี้ยน หรือตั้งฉากวงปี สมบัติของคอนกรีต ประกอบด้วย โมดูลัสยืดหยุ่น โมดูลัสแรงเฉือน อัตราส่วน Poisson กำลังอัดประลัย กำลังต้านทานแรงเฉือน กำลังต้านทานแรงดึง พิกัดแตกร้าว (Crack) การคืบ และหดตัว (Creep and shrinkage) ความคงทนของคอนกรีต (Durability) และอื่น ๆ สมบัติของเหล็กรูปพรรณ ประกอบด้วย โมดูลัสยืดหยุ่น กำลังต้านทานแรงอัด แรงดึง และแรงเฉือน) สมบัติของเหล็กกล้าละมุน หรือเหล็กเสริมคอนกรีต ประกอบด้วย โมดูลัสยืดหยุ่น แรงดึงประลัย การยืดตัว และอื่น ๆ) สมบัติของลวดอัดแรง ลวดอัดแรงแบบตีเกลียว หรือลวดเหล็ก ซึ่งใช้กับคอนกรีตอัดแรง การขึง แขวน หรือยึดโยง (Anchorage) ประกอบด้วย โมดูลัสยืดหยุ่น แรงดึงประลัย การยืดตัว การล้า และอื่น ๆ

การวางแผน เพื่อออกแบบ และก่อสร้างสะพาน คือ การกำหนดรูปแบบโครงสร้าง ชนิด ขนาดขององค์อาคาร อาทิ คานสะพาน (Girder) คานขวาง (Crossbeam) ฐานรองรับคานสะพาน (Bearing) ตอม่อ (Pier) ฐานราก การวางแผนเพื่อออกแบบ และก่อสร้าง

สะพาน เป็นผลจากการสำรวจ วางแนว และกำหนดตำแหน่งสะพาน มีหลักโดย พยายาม จัดกลุ่มองค์อาคาร (Structural grouping or cataloging) โดยใช้เรขาคณิต ประกอบกับ น้ำหนักบรรทุกที่ใกล้เคียง หรือคล้ายคลึงกัน เพื่อลดภาระงานออกแบบ และการผลิต ชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป นอกจากนี้ การวางแผนเพื่อก่อสร้าง ยังมีวัตถุประสงค์ที่จะป้องกัน ปัญหา อุปสรรคในการทำงาน เพื่อให้ก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัด ปลอดภัย โดย คำนึงถึงการลำเลียง ขนย้าย ยกประกอบ หรือติดตั้ง การใช้เครื่องจักรกลทุ่นแรง การจัด การจราจรชั่วคราว การเคลื่อนย้าย หรือติดตั้งสาธารณูปโภค และเพื่อให้ได้โครงสร้าง สะพานที่มีมั่นคงแข็งแรง และคงทน อาทิ ปัญหาเรื่องน้ำหนักของโครงสร้าง หรือองค์อาคาร ที่ไม่สมดุล (Unbalance loads during construction) ระหว่างก่อสร้าง การออกแบบ ติดตั้ง หรือรื้อถอนนั่งร้าน ค้ำยัน หรือโครงสร้างชั่วคราว ระหว่างติดตั้งชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป หรือ ก่อสร้าง สะพาน จึงเป็นโครงสร้างที่จะต้องคำนึงถึงวิธี และลำดับขั้นตอนก่อสร้าง (Construction method, sequence or stage) ซึ่งจำเป็นจะต้องมีกระบวนการวิเคราะห์ ออกแบบ หรือตรวจสอบ ทุกขั้นตอนก่อสร้าง หรือโดยนัยกลับกัน จะต้องคำนึงถึงวิธี และ ลำดับขั้นตอนรื้อถอน ซึ่งจำเป็นจะต้องมีกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบ ทุกขั้นตอนรื้อถอน เช่นกัน

น้ำหนัก และแรงที่กระทำต่อสะพาน ประกอบด้วย น้ำหนักคงที่ (น้ำหนัก โครงสร้าง น้ำหนักบรรทุกคงที่ส่วนเพิ่ม การทรุดตัวต่างระดับ แรงในลวดอัดแรง) น้ำหนัก บรรทุกจร ประกอบด้วย น้ำหนักยานพาหนะ หรือการจราจร ทั้งน้ำหนักรถ (Truck load) น้ำหนักแผ่กระจาย และกระทำเป็นจุด (Uniformed and concentrated load) แรง กระแทก (Impact) แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) แรงห้ามล้อ (Braking force) แรงยก ตัวของน้ำ (Bouyancy) แรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature effects) แรง ด้านข้าง อาทิ แรงลมกระทำต่อโครงสร้าง (Wind load on structure) แรงลมกระทำต่อ น้ำหนักบรรทุกจร (Wind load on live load) แรงแผ่นดินไหว (Earthquake) แรงดันดิน (Earth pressure) แรงดันน้ำ (Water pressure) แรงกระแทกของเรือ หรือท่อนซุง (Log force) การรวมแรง หรือปฏิสัมพันธ์ของแรงต่าง ๆ (Loads combination)

การคำนวณออกแบบ ส่วนประกอบของสะพานชนิดต่าง ๆ เป็นผลจากแรง การ รวมแรง วัสดุ และสมบัติของวัสดุ เพื่อกำหนดขนาดหน้าตัด ตรวจสอบหน่วยแรง หรือกำลัง ของหน้าตัดในภาวะต่าง ๆ ภายใต้แรงอัด แรงดึง แรงเฉือน โมเมนต์ดัด โมเมนต์บิด และ พฤติกรรม หรือผลของแรงนั้น อาทิ การแอ่น หรือโก่งตัว (Deflection or chamfer) การ เสื่อมรูป (Deformation or distortion) การเซ (Sway) พีกัดแตกร้าว (Crack) หรือวิบัติ (Rupture)

การใช้งาน และบำรุงรักษาสะพาน ทั้งการบำรุงรักษาตามรอบเวลา (Routine or periodic maintenance) และการบำรุงรักษาพิเศษ (Special maintenance) ทำให้สะพานและส่วนประกอบอื่น ๆ อยู่ในสภาพดี ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ เมื่อเกิดความเสียหายหรือสมควรแก่เวลา สะพานอาจจำเป็นต้อง ขยายช่องจราจร เพื่อเพิ่มความจุการจราจร อาจต้องซ่อมแซม แก้ไข เมื่อเกิดความเสียหายจากการใช้งาน จากธรรมชาติ อุบัติภัย หรือพิบัติภัย และอาจต้องฟื้นฟูบูรณะ เพื่อฟื้นฟูสภาพ กำลัง หรือสมรรถนะใช้งาน หรือขยายอายุใช้งาน (Extending of service life) ของสะพาน

#### 1.4 องค์ประกอบของสะพาน

สะพาน ประกอบด้วย ส่วนประกอบที่ใช้ต้านทานน้ำหนัก หรือแรงเรียก ส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้าง (Structural component) อาจเป็นองค์อาคารหลัก ที่ต้านทานน้ำหนัก หรือแรง (Primary structural member) อาทิ พื้นสะพาน (Deck slab) คานสะพาน (Girder) คานขวาง (Cross beam) ตอม่อ (Pier) ฐานราก (Footing) หอยึดโยง (Tyron) ลวดขึงยึด หรือแขวน (Cable stayed or suspension)

ส่วนองค์อาคารรอง (Secondary structural member) อาทิ แก่งแนง หรือแผงยึด (Bracer or diaphragm) ราวสะพาน หรือแผงกันตก (Barrier or parapet) ส่วนประกอบบางอย่างไม่ใช่โครงสร้าง (Non-structural component) อาทิ อุปกรณ์ควบคุมจราจร (แผงกัน เครื่องกัน บ้ายเครื่องหมาย หรือสัญญาณจราจร) สาธารณูปโภคที่ติดตั้งบนสะพาน

อาจกล่าวได้ว่า องค์ประกอบของสะพาน ประกอบด้วยโครงสร้างส่วนบน (Super structure) ได้แก่ แผ่นพื้นสะพาน คานสะพาน และโครงสร้างส่วนล่าง (Sub-structure) ประกอบด้วย คานขวาง ตอม่อ ฐานราก หรือเสาเข็ม ทั้งโครงสร้างส่วนบน และโครงสร้างส่วนล่าง ถูกแบ่งแยกโดย ฐานรองรับ (Bearing) ส่วนประกอบอื่น ๆ ของสะพาน ได้แก่ แผง หรือราวสะพาน ตอม่อตัมบริม (Abutment) โครงสร้างเชิงลาดสะพาน (Approach structure) กำแพงปีก (Wing wall) กำแพงกันดิน (Retaining structure)

#### 1.5 กฎหมายสะพาน

นอกเหนือจากวิเคราะห์ศัพท์ข้างต้น กฎหมายอาคาร อาทิ พระราชบัญญัติควบคุมอาคารกระทรวง ที่ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร นิยามศัพท์คำว่า อาคาร หรือคำศัพท์อื่น ๆ ดังนี้



สะพาน เป็นอาคาร ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (คำว่า "อาคาร" หมายความว่า ตึก บ้าน เรือน โรง ร้าน แพ คลังสินค้า สำนักงาน และสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่น ซึ่งบุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้ และหมายความรวมถึง อัฒจันทร์ หรือสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่น เพื่อใช้เป็นที่ชุมนุมของประชาชน เช่น สะพาน อุโมงค์ ทางหรือท่อระบายน้ำ อุ้งเรือ คานเรือ ทำน้ำ ทำจอดเรือ รั้ว กำแพงหรือประตูที่สร้างขึ้นติดต่อกันหรือใกล้เคียงกับที่สาธารณะ หรือสิ่งที่สร้างขึ้นให้บุคคลทั่วไปใช้สอย ป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้าย นอกจากนี้ ฯลฯ

กฎกระทรวง ที่ออกภายใต้พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร นิยามศัพท์ อาคารบางประเภท กำหนดให้ สะพาน เป็นอาคารสาธารณะ ("อาคารสาธารณะ" คือ อาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์ในการชุมนุมคนได้โดยทั่วไป เพื่อกิจกรรม ทางราชการ การเมือง การศึกษา การศาสนา การสังคม การนันทนาการ หรือการพาณิชย์กรรม เช่น โรง มหรสพ หอประชุม โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา หอสมุด สนามกีฬากลางแจ้ง สนามกีฬาในร่ม ตลาด ห้างสรรพสินค้า ศูนย์การค้า สถานบริการ ท่าอากาศยาน อุโมงค์ สะพาน อาคารจอดรถ สถานีรถ ทำจอดเรือ โป๊ะจอดเรือ สุสาน ฌาปนสถาน ศาสนสถาน) อาคารพิเศษ (โรงมหรสพ อัฒจันทร์ หอประชุม หอศิลป์ พิพิธภัณฑ์สถาน หรือศาสนสถาน อุ้งเรือ คานเรือ หรือท่าจอดเรือ) อาคารที่เก็บวัสดุไวไฟ วัสดุระเบิด หรือวัสดุกระจายแพร่พิษ หรือรังสีตามกฎหมายว่าด้วยการนั้น ฯลฯ

สะพาน จัดเป็นงานวิศวกรรมควบคุม ตามขอบเขตของงานอาคาร และงานอื่น ๆ ตามกฎกระทรวง มหาดไทยกำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรม และวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (ประเภท และขนาดของงานวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมโยธา ครอบคลุมอาคาร อาคารสาธารณะ คลังสินค้า ไซโล ห้องเย็น หรือยุงฉาง โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นหอ ปล่อง หรือศาสนวัตถุ เช่น พระพุทธรูปหรือเจดีย์ โครงสร้างสะพาน ทำเทียบเรือ หรืออุ้งเรือ ชั้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ หรือคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จ เสาค้ำคอนกรีตงานเสริมความมั่นคงของฐานราก นั่งร้าน หรือค้ำยันชั่วคราว แบบหล่อคอนกรีตสำหรับเสาหรือคาน โครงสร้างใต้ดิน สิ่งก่อสร้างชั่วคราว กำแพงกันดิน คันดินป้องกันน้ำหรือคลองส่งน้ำ โครงสร้างของระบบขนส่งสาธารณะ ทางรถสาธารณะ หรือทางวิ่งสนามบินทุกขนาด ทางรถไฟ ทางรถรางสาธารณะ ทางหลวง ทางสาธารณะ หรือทางวิ่งสนามบินทุกขนาด เขื่อน ฝ่าย อุโมงค์ ท่อระบายน้ำ หรือระบบชลประทาน โครงสร้างที่มีการกักของไหล เช่น ถังเก็บน้ำ ถังเก็บน้ำมัน อุโมงค์ส่งน้ำ หรือสระว่ายน้ำ ท่อส่งน้ำ ท่อระบายน้ำ หรือช่องระบายน้ำ ระบบชลประทานป้าย หรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติด หรือตั้งป้าย อัฒจันทร์ โครงสร้างสำหรับใช้ในการรับส่ง หรือติดตั้งอุปกรณ์รับส่งวิทยุ หรือโทรทัศน์)

.พระราชบัญญัติทางหลวง กำหนดให้ “ทางหลวง” หมายความว่า ทางหรือถนนซึ่งจัดไว้เพื่อประโยชน์ในการจราจรสาธารณะทางบกไม่ว่าในระดับพื้นดิน ใต้หรือเหนือพื้นดิน หรือใต้หรือเหนือสิ่งทึบหรือสิ่งอื่น นอกจากทางรถไฟ และหมายความรวมถึงที่ดิน พืช พันธุ์ไม้ทุกชนิด สะพาน ท่อหรือรางระบายน้ำ อุโมงค์ ร่องน้ำ กำแพงกันดิน เขื่อน รั้ว หลักสำรวจ หลักเขต หลักระยะป้ายจราจร เครื่องหมายจราจร เครื่องหมายสัญญาณ เครื่องสัญญาณไฟฟ้า เครื่องแสดงสัญญาณที่จอดรถ ที่พักคนโดยสาร ที่พักริมทาง เรือหรือพาหนะสำหรับขนส่งข้ามฟาก ท่าเรือสำหรับขึ้นหรือลงรถ และอาคารหรือสิ่งอื่นอันเป็นอุปกรณ์งานทางบรรดาที่มีอยู่หรือที่ได้จัดไว้ในเขตทางหลวงเพื่อประโยชน์แก่ทางหรือผู้ใช้ทางหลวงนั้นด้วย

นอกจากนั้น ยังกำหนดให้ ผู้อำนวยการทางหลวงหรือผู้ซึ่งได้รับมอบหมายจาก ผู้อำนวยการทางหลวงมีอำนาจทำงานทางเพื่อเชื่อม ผ่าน ทับ ข้าม หรือลอดทางรถไฟหรือทางน้ำได้แต่ต้องแจ้งเป็นหนังสือพร้อมทั้งส่งสำเนาแบบก่อสร้างให้ผู้ควบคุมการรถไฟหรือทางน้ำนั้นทราบล่วงหน้า ๆ และ เพื่อรักษาทางหลวง ผู้อำนวยการทางหลวงมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษาห้ามใช้ยานพาหนะบนทางหลวงโดยที่ยานพาหนะนั้นมีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุก หรือน้ำหนักกลวงเพลาเกินกว่าที่กำหนด หรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหาย ฯลฯ

ประกาศคณะปฏิวัติ ฉบับที่ 290 (27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2515) จัดตั้งการทางพิเศษแห่งประเทศไทย โดยมีอำนาจหน้าที่ในการสร้างทางพิเศษ เพื่อแก้ไขอุปสรรคที่เกิดเนื่องจากการขาดแคลนเส้นทางคมนาคมที่อำนวยความสะดวกรวดเร็วแก่การจราจร และการขนส่ง ฯลฯ และพระราชบัญญัติแก้ไขประกาศคณะปฏิวัติฉบับที่ 290 พ.ศ. 2530 วิเคราะห์ศัพท์ “ทางพิเศษ” หมายความว่า ทาง หรือถนน ซึ่งจัดสร้างขึ้นใหม่ ไม่ว่าในระดับพื้นดิน ใต้พื้นดิน เหนือพื้นพื้นดิน หรือพื้นน้ำ เพื่ออำนวยความสะดวกในการจราจรเป็นพิเศษ และหมายความรวมถึงทางซึ่งใช้สำหรับรถรางเดี่ยว หรือรถใต้ดิน สะพาน อุโมงค์ เรือสำหรับขนส่งรถข้ามฟาก ท่าเรือสำหรับขึ้นลงรถ ทางเท้า ที่จอดรถ เขตทาง ไหล่ทาง เขื่อนกันน้ำ ท่อทางระบายน้ำ กำแพงกันดิน รั้วเขต หลักระยะสัญญาณจราจร เครื่องหมายจราจร และอาคารหรือสิ่งอื่น อันเป็นอุปกรณ์เกี่ยวกับงานทางพิเศษ นอกจากนั้น ยังได้วิเคราะห์ศัพท์คำว่า “รถ” โดยให้หมายความรวมถึง ล้อเลื่อนด้วย ฯลฯ ดังนั้น โดยนัยของกฎหมายนี้ ทาง หรือถนน ซึ่งจัดสร้างขึ้นใหม่ เหนือพื้นพื้นดิน หรือพื้นน้ำ ก็คือ ทางยกระดับ (Elevated road or viaduct) ซึ่งจัดเป็นสะพาน เช่นกัน

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงาน การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ และแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบ



สิ่งแวดลอม พ.ศ. 2552 ที่ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดลอมแห่งชาติ พ.ศ.2535 กำหนด โครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดลอม ฯลฯ ประกอบด้วย ฯลฯ (19) ระบบทางพิเศษตามกฎหมายว่าด้วยการทางพิเศษ หรือโครงการที่มีลักษณะเช่นเดียวกับทางพิเศษทุกขนาด ฯ โดยให้เสนอในชั้นขออนุมัติ หรือขออนุญาตโครงการ (20) ทางหลวงหรือถนน ซึ่งมีความหมายตามกฎหมายว่าด้วยทางหลวง ทุกขนาด ที่ (20.1) ตัดผ่านพื้นที่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และเขตห้ามล่าสัตว์ป่า ตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า (20.2) พื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติตามกฎหมายว่าด้วยอุทยานแห่งชาติ (20.3) พื้นที่เขตลุ่มน้ำชั้น 2 ตามที่คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบแล้ว (20.4) พื้นที่เขตป่าชายเลนที่เป็นป่า สงวนแห่งชาติ (20.5) พื้นที่ชายฝั่งทะเลในระยะ 50 เมตร ห่างจากระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดตามปกติทางธรรมชาติ (20.6) พื้นที่ที่อยู่ในหรือใกล้พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ หรือแหล่งมรดกโลกที่ขึ้นบัญชีแหล่งมรดกโลกตามอนุสัญญาระหว่างประเทศ ในระยะทาง 2 กิโลเมตร (20.7) พื้นที่ที่ตั้งอยู่ใกล้โบราณสถาน แหล่งโบราณคดี แหล่งประวัติศาสตร์ หรืออุทยานประวัติศาสตร์ตามกฎหมายว่าด้วยโบราณสถาน โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ ในระยะทาง 2 กิโลเมตร และ (21) ระบบขนส่งมวลชนที่ใช้งาน ทุกขนาด โดยให้เสนอในชั้นขออนุมัติ หรือขออนุญาตโครงการ

กฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2550 (ออกโดย อาศัยอำนาจตามความในบทนิยามคำว่า “วิชาชีพวิศวกรรม” และ “วิชาชีพวิศวกรรมควบคุม” ในมาตรา 4 และมาตรา 5 แห่งพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542) กำหนดประเภทและขนาดของงานวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมสาขาวิศวกรรมโยธา ที่ครอบคลุมงานทาง และงานสะพาน ดังนี้ ฯลฯ (5) โครงสร้างสะพานที่มีช่วงระหว่างศูนย์กลางตอม่อ ช่วงใดช่วงหนึ่งยาวตั้งแต่ 10 เมตรขึ้นไป ฯลฯ (7) ชั้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ หรือคอนกรีตอัดแรงหล่อสำเร็จทุกชนิดที่มีความยาวตั้งแต่ 5 เมตรขึ้นไป (8) เสาค้ำคอนกรีตที่มีความยาวตั้งแต่ 6 เมตรขึ้นไป หรือที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกพลอตภัยตั้งแต่ 3 เมตริกตันขึ้นไป (9) งานเสริมความมั่นคงของฐานรากทุกขนาด ฯลฯ (10) นั่งร้านหรือค้ำยันชั่วคราวที่มีความสูงตั้งแต่ 4 เมตรขึ้นไป (11) แบบหล่อคอนกรีตสำหรับเสาค้ำที่มีความสูงตั้งแต่ 4 เมตร หรือคานที่มีช่วงคานตั้งแต่ 5 เมตรขึ้นไป (12) โครงสร้างใต้ดิน สิ่งก่อสร้างชั่วคราว กำแพงกันดิน คันดินบัง ้องกันน้ำ หรือคลองส่งน้ำที่มีความสูงหรือความลึกตั้งแต่ 1.50 เมตรขึ้นไป (13) โครงสร้างของระบบขนส่งสาธารณะ ทางรถสาธารณะ หรือทางวิ่งสนามบินทุกขนาด (14) ทางรถไฟ ทางรถรางสาธารณะ ทางหลวง ทางสาธารณะ หรือทางวิ่งสนามบินทุกขนาด

## 1.6 มาตรฐานสะพาน

มาตรฐานสะพาน อาจจำแนกเป็นสามกลุ่มหลัก คือ มาตรฐานการออกแบบ  
เรขาคณิต มาตรฐานงานสะพาน และมาตรฐานทดสอบวัสดุ

มาตรฐานออกแบบเรขาคณิต กำหนดเกณฑ์ออกแบบเรขาคณิต ประกอบด้วย  
แนวถนน และโค้ง ทั้งทางราบ และทางตั้ง (Horizontal and vertical alignment) ของถนน  
ประเภทต่าง ๆ ความลาดชัน (Gradient) ของถนน รัศมีโค้ง การยกโค้ง (Super elevation)  
ความเร็วออกแบบ (Design speed) ระยะมองเห็นปลอดภัย (Sight distance) สำหรับผู้ขับ  
ขี่ในการห้ามล้อ หรือชะลอความเร็ว (Stopping sight distance) การสวนทาง หรือการแซง  
(Passing sight distance) ทั้งบนทางราบตรง โค้งราบ และโค้งตั้ง และในยามค่ำคืน ซึ่งผู้  
ขับต้องอาศัยลำแสงไฟจากดวงโคมหน้ารถ (Head light sight distance) ช่องว่าง  
(Clearance) ทั้งทางราบ และทางตั้ง ซึ่งสอดคล้องกับความเร็ว ระยะปลอดภัยในการ  
มองเห็น โค้งราบ และโค้งตั้ง การออกแบบช่องจราจร ช่องทางทางแยก และช่องทางร่วม  
(Diverting and merging) การออกแบบทางแยก (Intersection) และทางแยกต่างระดับ  
(Interchange or flyover) การออกแบบช่องลอด หรือทางลอด (Culvert) ทั้งใต้สะพาน และ  
อุโมงค์ การออกแบบถนนในชุมชน (Arterial or urban street) การออกแบบทางเท้า  
อุปกรณ์ควบคุมจราจร (Traffic control device) และสิ่งอำนวยความสะดวก บนถนน และ  
ทางเท้า อาทิ คันหิน (Curb) แฉกกัน (Barrier) เกาะกลาง (Raised median or depress)  
หลัก (Monument and post) เครื่องกัน หรือแผงกัน (Guard rail or barricade) เนิน  
(Hum) ตัวกระแทก หรือสลายพลังงาน (Crash cushion) และอื่น ๆ ซึ่ง ทั้งปวงที่กล่าวนี้  
ใช้กับสะพานที่ประกอบ หรือเป็นส่วนหนึ่งของถนนด้วย

มาตรฐานงานสะพาน กำหนดวิธี และเกณฑ์ เกี่ยวกับ นิยามศัพท์ องค์ประกอบ หรือ  
ส่วนประกอบของสะพาน การคำนวณแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อสะพาน ประกอบด้วย  
น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักโครงสร้าง น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ส่วนเพิ่ม การทรุดตัวต่างระดับ แรงใน  
ลวดอัดแรง) น้ำหนักบรรทุกจร ประกอบด้วย น้ำหนักยานพาหนะ หรือการจราจร  
(น้ำหนักรถ น้ำหนักแผ่กระจาย และกระทำเป็นจุด แรงกระแทก แรงหนีศูนย์กลาง แรงห้ามล้อ)  
แรงยกตัวของน้ำ แรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงต้านข้าง อาทิ แรงลมกระทำต่อ  
โครงสร้าง แรงลมกระทำต่อน้ำหนักบรรทุกจร แรงแผ่นดินไหว แรงดันดิน แรงดันน้ำ แรง  
กระแทกของเรือ หรือท่อนซุง) การรวมแรง หรือปฏิสัมพันธ์ของแรงต่าง ๆ (Loads  
combination) วัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของสะพาน คือ ไม้ เหล็ก คอนกรีต ลวดอัดแรง  
ลวดอัดแรงชนิดตีเหล็ก ลวดเหล็ก และอื่น ๆ สมบัติของวัสดุเหล่านั้น อาทิ โมดูลัสยืดหยุ่น  
หน่วยแรง หรือกำลังในภาวะใช้งาน กำลังคราก กำลังสูงสุด จุกแตกหัก ระยะยืด อัตราส่วน  
Poisson การคืบ และหดตัว และอื่น ๆ การคำนวณออกแบบ ส่วนประกอบของสะพานชนิด

ต่าง ๆ เป็นผลจากแรง การรวมแรง วัสดุ และสมบัติของวัสดุ เพื่อกำหนดขนาดหน้าตัด ตรวจสอบหน่วยแรง หรือกำลังของหน้าตัดในภาวะต่าง ๆ ภายใต้แรง (แรงอัด แรงดึง แรงเฉือน โมเมนต์ดัด โมเมนต์บิด) และพฤติกรรม หรือผลของแรงนั้น (การแอ่น หรือโก่งตัว การเสียรูป การเซ พิกัดแตกร้าวหรือวิบัติ) นอกจากนี้ บางมาตรฐานยังอาจกำหนดมิติของหน้าตัดมาตรฐาน ขององค์อาคาร โดยเฉพาะคานสะพาน (Standard section of girder)

มาตรฐานออกแบบ ยังกำหนดวิธีคำนวณออกแบบ อาทิ วิธีหน่วยแรงใช้งาน (Elastic theory) วิธีกำลัง (Strength design method) วิธี Load and Resistance Factor Design - LRFD การคำนวณออกแบบส่วนประกอบ หรือองค์อาคารต่าง ๆ (คานสะพาน แผ่นพื้น ฐานรองรับคานสะพาน คานขวาง ตอม่อ ฐานราก ราวสะพาน และอื่น ๆ) จุดต่อ ยึด หรือรอยต่อแบบต่าง ๆ ในสะพาน โดยเฉพาะสะพานที่มีเหล็กรูปพรรณเป็นส่วนประกอบ อาทิ การใช้หมุดย้ำ (Rivet) หมุดร้อย (Bolt) รอยต่อเชื่อม (Weld) และรอยต่อขยายตัว (Expansion joint) การป้องกันสนิม อย่างไรก็ตาม หากนำมาตรฐานต่างประเทศ มาใช้กับสะพานในประเทศไทย บางเรื่องอาจต้องปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม อาทิ ชนิดของไม้ ช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงลม บางมาตรฐานกล่าวถึงวิธีก่อสร้าง และการควบคุม และตรวจสอบก่อสร้าง กาเกณฑ์คลาดเคลื่อน (Tolerance)

มาตรฐานทดสอบวัสดุ ว่าด้วยเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับวัสดุ อาทิ วัตถุประสงค์ ส่วนประกอบ การผลิต ส่วนผสม สมบัติทางกายภาพ (ขนาดระบุน้ำหนัก ความยาว สี ตาหนิ เกณฑ์ผิดพลาดคลาดเคลื่อน) สมบัติทางเคมี กลสมบัติ (ความแข็ง โมดูลัสยืดหยุ่น กำลังต้านทานแรง) วิธีติดตั้ง หรือทำงาน การสูมตัวอย่าง หรือการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือทดสอบ การทดสอบ การอ่านค่า หรือวัดผล การคำนวณ เกณฑ์เกี่ยวกับมาตรฐาน อาทิ ความผิดพลาดคลาดเคลื่อน ตัวอย่างมาตรฐานประเภทนี้ อาทิ มาตรฐานอุตสาหกรรม-มอก. (Thai Industrial Standard-TIS) โดยสำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม -สมอ.(Thai Industrial Standard Institute-TISI) กระทรวงอุตสาหกรรม มาตรฐาน ASTM, AASHTO, BS และ JIS- Japan Industrial Standard-JIS

การออกแบบถนน และสะพานในประเทศไทย ส่วนใหญ่ จะอ้างอิง American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2457 (ค.ศ. 1914) เดิมใช้ชื่อว่า The American Association of State Highway and Official (AASHTO) ต่อมาได้เพิ่มเติมคำว่า Transportation จนเป็นชื่อที่ใช้เรียกในปัจจุบัน เพื่อให้ความหมายครอบคลุมขอบเขตงานศึกษาค้นคว้าวิจัยมากยิ่งขึ้น เป็นสถาบันที่ทำหน้าที่ศึกษา ค้นคว้า วิจัย ตลอดจนกำหนด

มาตรฐานการออกแบบก่อสร้างงานทาง และวิธีทดสอบวัสดุหลักที่ใช้ในงานทางมาตรฐานที่ ถูกใช้อย่างแพร่หลาย อาทิ A Policy on Geometric Design ประกอบด้วยข้อกำหนด นโยบาย วางแผนออกแบบทางหลวง และถนนประเภทต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็นสองภาค (Parts) คือ ถนนนอกเขตชุมชน (Rural highways) และถนนภายในชุมชน (Arterial Highways in urban area) และ Standard Specification for Highway Bridges เป็น ข้อกำหนดในการวิเคราะห์ออกแบบก่อสร้าง และใช้งานสะพาน ซึ่งรวมเกณฑ์กำหนดเรื่อง น้ำหนักบรรทุก แรง วัสดุ กลสมบัติ วิธีออกแบบ คอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตอัดแรง และ โครงสร้างเหล็ก

มาตรฐานต่างประเทศอื่น ๆ ที่นิยมใช้อ้างอิงในการออกแบบสะพาน คือ American Society of Civil Engineering-ASCE, American Concrete Institute (ACI), Portland Cement Association-PCA, Pre-stressed Concrete Institute - PCI, American Iron and Steel Institute - AISC, American National Standard Institute - ANSI, American Railway Engineering Association - AREA ของสหรัฐอเมริกา และ มาตรฐานของอังกฤษ British Standard (BS)

ปัจจุบัน กรมโยธาธิการและผังเมือง สังกัดกระทรวงมหาดไทย มีหน้าที่กำกับดูแล งานอาคาร ในฐานะเจ้าพนักงาน อีกทั้งยังเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่ยกร่างกฎหมาย ออก มาตรฐาน ได้มีมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง (มยผ.) ที่เกี่ยวแก้ววัสดุ และการทดสอบ การออกแบบ คำนวณโครงสร้าง การตรวจสอบ อีกทั้งมาตรฐานของงานระบบวิศวกรรมอื่น ๆ ถือเป็นมาตรฐานที่มีผลทางกฎหมาย เนื่องด้วยออกโดยหน่วยงาน หรือเจ้าพนักงานอาคาร (ภาคผนวก ก8)

มาตรฐานมาตรฐานทดสอบวัสดุที่นิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ American Society of Testing and Materials - ASTM, Japanese Institute Standard - JIS และ Deutsches Institut für Normung - DIN และมาตรฐานอุตสาหกรรม - มอก. (Thai Industrial Standard Institute - TIS)

ผู้ใช้มาตรฐาน พึงตระหนักว่า มาตรฐานเป็นเพียงข้อแนะนำปฏิบัติขั้นต่ำ มิได้มี ผลบังคับให้วิศวกรผู้ออกแบบต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดดังเช่นกฎหมาย ดังนั้น วิศวกร ผู้ออกแบบจะต้องใช้ความรู้ ความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์ หรือวิจรณ์ญาณประกอบอย่าง รอบคอบ โดยคำนึงถึงสภาพข้อเท็จจริง ความสมเหตุสมผล

## 1.7 สรุป

ในบทนำนี้ กล่าวถึงเรื่องทั่วไป วิเคราะห์ศัพท์คำว่า สะพาน ประวัตติ และ วิศวกรรมการสะพาน กฎหมายงานสะพาน ประกอบด้วย กฎหมายอาคาร กฎหมายทางหลวง กฎหมายทางพิเศษ กฎหมายวิชาชีพ องค์ประกอบของงานสะพาน ประกอบด้วย เรขาคณิตของสะพาน (ช่วงสะพาน ช่องว่าง การสำรวจ และกำหนดตำแหน่ง ของสะพาน ในแนวสำรวจ หรือก่อสร้าง) ชลศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบช่องเปิดสะพาน ระบบโครงสร้าง จำแนกตามวัสดุ ระบบโครงสร้าง กรรมวิธีก่อสร้าง) มาตรฐานออกแบบ วัสดุ (ไม้ เหล็ก ลวดอัดแรง คอนกรีต) สมบัติ และกลสมบัติ น้ำหนัก และแรงที่กระทำต่อสะพาน น้ำหนักคงที่ (น้ำหนักโครงสร้าง น้ำหนักบรรทุกคงที่ส่วนเพิ่ม การทรุดตัวต่างระดับ แรงในลวดอัดแรง) น้ำหนักบรรทุกจร ประกอบด้วย น้ำหนักยานพาหนะ หรือการจราจร (น้ำหนักรถ น้ำหนักแผ่นกระจาย และกระทำเป็นจุด แรงกระแทก แรงหนีศูนย์กลาง แรงห้ามล้อ) แรงยกตัวของน้ำ แรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงต้านข้าง อาทิ แรงลมกระทำต่อโครงสร้าง แรงลมกระทำต่อน้ำหนักบรรทุกจร แรงแผ่นดินไหว แรงดันดิน แรงดันน้ำ แรงกระแทกของเรือ หรือท่อนซุง) การคำนวณออกแบบ ส่วนประกอบของสะพานชนิดต่าง ๆ การวางแผน และก่อสร้างสะพาน การใช้งาน และบำรุงรักษาสะพาน การซ่อมแซม ขยายพื้นที่บูรณะ เสริมกำลัง สะพาน และอื่น ๆ บทอื่น ๆ ซึ่งเป็นเนื้อหาส่วนแรก มีดังนี้

บทที่ 2 ประวัตติ และวิศวกรรมการของงานสะพาน (ประวัตติ และวิศวกรรมการสะพานของโลก และประเทศไทย)

บทที่ 3 การจำแนกประเภท และระบบโครงสร้างสะพาน ระบบโครงสร้าง จำแนกตามวัสดุ ระบบโครงสร้าง กรรมวิธีก่อสร้าง

บทที่ 4 การสำรวจเพื่อออกแบบและก่อสร้างสะพาน ประกอบด้วย สถานที่ตั้ง หมายถึงตำแหน่ง และอาณาบริเวณ ซึ่งอาคารจะก่อสร้างอยู่อย่างชั่วคราว (Temporary) หรือมั่นคงถาวร (Permanent) หมายรวมถึงสภาพภูมิประเทศ (Topology) สภาพธรณีวิทยา (Geographic) ฤดูกาล หรือภูมิอากาศ (Climate) ที่เป็นปัจจัยต่อการใช้งาน หรือความคงทนของสะพาน

บทที่ 5 การวางแผนออกแบบ และก่อสร้างสะพาน ประกอบด้วย การกำหนดรูปแบบโครงสร้าง ชนิด ขนาดขององค์อาคาร (คานสะพาน คานขวาง ฐานรองรับคาน สะพาน ตอม่อ ฐานราก) การจัดกลุ่มองค์อาคาร วิธี และลำดับขั้นตอนก่อสร้าง

บทที่ 6 น้ำหนัก และแรงที่กระทำต่อสะพาน ประกอบด้วย องค์ประกอบของน้ำหนัก และแรงที่กระทำต่อโครงสร้างสะพาน และวิธีคำนวณแรง การรวมแรง หรือปฏิสัมพันธ์ของแรงเหล่านั้น หลักการ หรือทฤษฎีคำนวณออกแบบ

บทที่ 7 การคำนวณออกแบบระบบโครงสร้างส่วนบน ประกอบด้วย การเลือกระบบโครงสร้างส่วนบน รูปหน้าตัด และสมบัติของรูปหน้าตัด การจำลอง วิเคราะห์ และออกแบบแผ่นพื้นสะพาน คานสะพาน หรือแฉ่งยึด ภายใต้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักบรรทุกคงที่ ส่วนเพิ่ม น้ำหนักบรรทุกจร และอื่น ๆ โดยวิธีประมาณ และแม่นยำ และการถ่ายน้ำหนักลงโครงสร้างส่วนล่าง ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ น้ำหนักที่กระทำซ้ำ ๆ ความล้า และอื่น ๆ

บทที่ 8 การคำนวณออกแบบโครงสร้างส่วนล่าง ประกอบด้วย การกำหนดรูปแบบของโครงสร้างส่วนล่าง มิติขององค์อาคาร น้ำหนัก และแรงที่กระทำต่อโครงสร้างส่วนล่าง การเยื้องศูนย์กลาง และระยะเยื้องศูนย์กลางที่สุด ผลของความขรุขระ การตรวจสอบเกียรติภาพ การคำนวณออกแบบหน้าตัด และอื่น ๆ

บทที่ 9 การคำนวณออกแบบฐานรองรับคานสะพาน ประกอบด้วย ชนิด และการใช้งานฐานรองรับคานสะพาน วัสดุที่ใช้คำนวณออกแบบฐานรองรับคานสะพาน การติดตั้งและบำรุงรักษาฐานรองรับคานสะพาน

ส่วนที่สอง ของตำรานี้ ประกอบด้วยหัวเรื่อง ต่อไปนี้ บทที่ 10 สะพานไม้ บทที่ 11 สะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก บทที่ 12 สะพานคอนกรีตอัดแรง บทที่ 13 สะพานเหล็ก และสะพานประกอบ บทที่ 14 สะพานขึงและสะพานแขวน บทที่ 15 การวางแผนก่อสร้างสะพาน บทที่ 16 การซ่อมบำรุง และฟื้นฟูบูรณะสะพาน

ทั้งนี้ ทุกบทมีตัวอย่างโจทย์ คำถามท้ายบท หรือภาคผนวก ประกอบตามสมควร ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดโดยลำดับ.

## 1.8 โจทย์ตัวอย่าง

โจทย์ตัวอย่าง บทนี้ มีดังนี้

**ตัวอย่างที่ 1** จงอธิบายความหมายของ องค์อาคารรอง (Secondary structural member) ในสะพานพร้อมยกตัวอย่าง

**ตัวอย่างคำตอบ** Secondary structural member ไม่ใช่องค์อาคารที่ต้านทานน้ำหนัก หรือแรง เป็นหลักในองค์อาคาร แต่จำเป็นต้องมีองค์อาคารเหล่านี้ เพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น ยึดรั้งระหว่างองค์อาคารหลัก หรือองค์อาคารรอง กับองค์อาคารหลัก เพื่อช่วยถ่ายเทแรง หรือเสริมเสถียรภาพขององค์อาคารหลัก หรือโครงสร้าง ตัวอย่างองค์อาคารรอง อาทิ แฉ่งยึด



(Diaphragm) ระวัง คาน (Girder) สะพาน แกงแวง หรือแผงยึดทางราบ (Horizontal bracer or diaphragm)

**ตัวอย่างที่ 2** จงอธิบายวัตถุประสงค์ในการออกแบบสะพาน

**ตัวอย่างคำตอบ** เพื่อให้ทาง หรือถนน สามารถข้ามอุปสรรคต่าง ๆ อาทิ ทางน้ำ ถนน ทางรถไฟ หุบเขา ได้โดยใช้สะพาน เพื่อให้ตำแหน่ง และแนวสะพานสอดคล้องกับการออกแบบเรขาคณิตของทาง โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถยนต์พาหนะ อาทิ ความเร็ว ระยะปลอดภัยในการหยุด หรือชะลอความเร็ว ระยะปลอดภัยในการสวนทาง หรือแซง ทั้งในโค้งราบ และโค้งดิ่ง ระยะมองเห็นปลอดภัยขณะขับขี่รถยนต์พาหนะในโค้ง หายใจในเวลากลางคืน เพื่อประโยชน์ในการระบายน้ำจากผิวทาง และผิวพื้นสะพาน เพื่อให้สามารถก่อสร้างสะพานได้ง่าย ประหยัดค่าก่อสร้าง และเพื่อให้สะพานสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และคงทน

**ตัวอย่างที่ 3** ข้อมูลจราจร เป็นปัจจัยสำคัญในการคำนวณออกแบบสะพานอย่างไร

**ตัวอย่างคำตอบ** ข้อมูลจราจร ทำให้ทราบปริมาณจราจร ชนิด ของรถยนต์พาหนะ ปริมาณรถบรรทุก (Truck) ซึ่งมีน้ำหนัก การคาดคะเนอัตราเพิ่มของปริมาณจราจร การออกแบบจำนวน และความจุ ของช่องจราจร และความเร็วออกแบบ น้ำหนักของรถยนต์พาหนะ เปรียบเทียบกับน้ำหนักมาตรฐาน (น้ำหนักเพลามาตรฐาน หรือน้ำหนักแผ่นกระจาย) มีน้ำหนักต่อแรงกระทำต่อองค์อาคาร หรือระบบโครงสร้าง (แรงตามแกน แรงเฉือน โมเมนต์ดัด) น้ำหนักที่กระทำซ้ำ ๆ ความล้า หรืออายุใช้งานของสะพาน

**ตัวอย่างที่ 4** เศรษฐวิศวกรรม มีนัยต่อการวางแผน ออกแบบ และก่อสร้างสะพานอย่างไร

**ตัวอย่างคำตอบ** เศรษฐวิศวกรรม ช่วยให้การศึกษาค้นคว้า ออกแบบ กำหนดทางเลือกของแนวถนน สะพาน ตำแหน่งที่ตั้ง และรูปแบบของสะพาน ที่ก่อสร้างง่าย ประหยัด และวิธีเปรียบเทียบความเหมาะสม หรือคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของแต่ละทางเลือก อายุทาง เศรษฐศาสตร์ (Economical life) และอายุใช้งาน (Service life) ของสะพาน

**ตัวอย่างที่ 5** สะพานที่มีวัตถุประสงค์ใช้งานแตกต่างกัน จะต้องคำนวณออกแบบแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

**ตัวอย่างคำตอบ** สะพานที่มีวัตถุประสงค์ใช้งานแตกต่างกัน มีกระบวนการคำนวณออกแบบแตกต่างกัน อาทิ มิติ จำนวนช่องจราจร หรือความกว้างสะพาน น้ำหนักบรรทุก พื้นสะพาน สาธารณูปโภค และน้ำหนักสาธารณูปโภคติดตั้งบนสะพาน ตัวอย่างสะพานคนข้าม ความ

กว้างน้อยกว่าสะพานสำหรับยวดยานพาหนะ น้ำหนักบรรทุก หรือน้ำหนักคนเดิน ต่ำกว่า น้ำหนักรถ แม้จะเคลื่อนไหว แต่ก็สามารถประมาณเสมือนน้ำหนักแผ่กระจายได้ สะพานรถไฟ น้ำหนักขบวนรถมีตำแหน่งทิศทางแน่นอน เพราะวิ่งบนราง พื้นสะพานเปิดโล่งได้ เพื่อลดน้ำหนักบรรทุก และระบายน้ำสะดวก พื้นสะพานสำหรับรถ น้ำหนักรถค่อนข้างมาก ทิศทางการเคลื่อนที่ และความเร็วไม่แน่นอน กำกับดูแล หรือควบคุมได้ยากกว่า

**ตัวอย่างที่ 6** จงกล่าวถึงหน่วยงานในประเทศไทยที่มีหน้าที่รับผิดชอบ วางแผน สํารวจ ออกแบบ กำกับดูแลการใช้งาน และบำรุงรักษาสะพาน

**ตัวอย่างคำตอบ** พระราชบัญญัติเปลี่ยนแปลงฐานะของสุขาภิบาลเป็นเทศบาล พ.ศ. 2542 และพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 มีผลให้ตั้งตราพระราชบัญญัติทางหลวง ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2549 โดย พระราชบัญญัติทางหลวง กำหนดให้ทางหลวงมีห้าประเภท โดย ทางหลวงพิเศษ และทางหลวงแผ่นดิน กรมทางหลวงเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา ฯลฯ ทางหลวงชนบท กรมทางหลวงชนบทเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา ฯ ทางหลวงท้องถิ่น องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา ฯ ทางหลวงสัมปทาน คือ ทางหลวงที่รัฐบาลได้ให้สัมปทานตามกฎหมายว่าด้วยทางหลวงที่ได้รับสัมปทาน ฯ

ดังนั้น หน่วยงานส่วนกลางระดับกรม คือ กรมทางหลวง (Department of Highway) และกรมทางหลวงชนบท (Department of Rural Highway) ในอดีต มีกรมพัฒนาชุมชน และกรมโยธาธิการ ภายหลังพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวงทบวงกรม พ.ศ.2545 ยุบกรมพัฒนาชุมชน กรมโยธาธิการ ยุบรวมกับกรมผังเมือง เป็น กรมโยธาธิการและผังเมือง ภารกิจงานถนน และสะพานของกรมโยธาธิการ ถูกถ่ายโอนให้กรมทางหลวงชนบท งานสะพานภายใต้ความรับผิดชอบของหน่วยงานอื่น ๆ อาจมีได้ ตามภารกิจเฉพาะด้าน อาทิ สะพานส่งน้ำ สะพานข้ามคลองชลประทาน (เปิดปิด ให้เรือผ่านได้) ภายใต้ความรับผิดชอบของกรมชลประทาน

หน่วยงานระดับท้องถิ่น คือ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น อาทิ องค์การบริหารส่วนจังหวัด เทศบาล องค์การบริหารส่วนตำบล กรุงเทพมหานคร เมืองพัทยา หรือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นอื่นที่กฎหมายจัดตั้ง แล้วแต่กรณี ซึ่งหน่วยงานเหล่านี้ มีเป็นจำนวนมาก โดยที่ รัฐธรรมนูญ พ.ศ. 2550 และพระราชบัญญัติกำหนดแผนและขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พ.ศ. 2542 ให้ถ่ายโอนภารกิจให้องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท) รับผิดชอบบริหารจัดการ กำกับดูแลและควบคุมทางหลวงท้องถิ่น ขณะนั้นมีระยะทางประมาณ 352,000 กิโลเมตร (ร้อยละ 79.11 ของระยะทางหลวงทั้ง

ประเทศ) หากอปท.วางแผนพัฒนาทางหลวงท้องถิ่นแบบแยกส่วน จะทำให้โครงข่ายทางหลวงท้องถิ่นขาดความเชื่อมโยงต่อเนื่อง ไม่สมบูรณ์ แผนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2551 และแผนปฏิบัติการกำหนดขั้นตอนการกระจายอำนาจให้แก่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (ฉบับที่ 2) กำหนดให้กรมทางหลวงชนบทมีภารกิจจัดทำแผนแม่บท เพื่อให้ อปท. ใช้พัฒนาทางหลวงท้องถิ่นอย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพ

### 1.9 คำถามท้ายบท

จงตอบคำถามสั้น ๆ อัจฉราตอบประกอบได้ตามความเหมาะสม

1. การคำนวณออกแบบ สะพาน แตกต่างจากอาคาร อย่างไร
2. ข้อมูลที่ต้องสำรวจ เพื่อวางแผน กำหนดตำแหน่ง และออกแบบสะพาน มีอะไรบ้าง แนะนำ ให้แยกตอบเป็นประเด็น ข้อมูลกายภาพ หรือภูมิประเทศ (Topography) ข้อมูลจราจร (Traffic) ข้อมูลอุทกวิทยา และชลศาสตร์ของทางน้ำ (Hydrological and hydraulics) และอื่น ๆ ที่เห็นสมควร
3. องค์กรอาคาร หรือชิ้นส่วนคานสะพานกึ่งสำเร็จรูป (Prefabricated or pre-cast girder) มีข้อได้เปรียบอย่างไร
4. อะไร คือ บั๊จยกำหนดช่องว่างทางตั้ง (Vertical clearance - ความสูงจากผิวดิน ผิวน้ำ หรือผิวทาง ถึงใต้ท้องพื้น หรือคานสะพาน) ของสะพาน
5. อะไร คือ บั๊จยกำหนดช่วงของสะพาน (Span - ระยะระหว่างศูนย์ต่อม่อสะพาน)
6. เหตุใด กฎหมายจึงกำหนดให้สะพาน เป็น “อาคารสาธารณะ” (Public building)
7. อายุทางเศรษฐศาสตร์ และอายุใช้งานของสะพาน ขึ้นอยู่กับอะไร
8. เพราะเหตุใด มาตรฐานงานสะพาน จึงต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ
9. วิศวกรรมระบบ มีความจำเป็น ต่ออาคารอย่างไร
10. วิศวกร มีบทบาทหน้าที่อย่างไรในขั้นตอนวางแผน และสำรวจสะพาน
11. วิศวกร มีบทบาทหน้าที่อย่างไรในขั้นตอนออกแบบสะพาน

## 1.10 หนังสืออ้างอิง

1. กฎกระทรวง มหาดไทยกำหนดสาขาวิชาที่วิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2550
2. กฎกระทรวงมหาดไทย ว่าด้วยการกำหนดมาตรการป้องกันการพังทลายของดินหรือสิ่งปลูกสร้างในทางขุดดินหรือถมดิน พ.ศ. 2548
3. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550) มยผ. 1131-50 มาตรฐานการคำนวณแรงลม และการตอบสนองของอาคาร
4. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550) มยผ.1201-50 ถึง มยผ.1212-50 มาตรฐานการทดสอบวัสดุในงานคอนกรีต
5. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2554) มยผ. 1301-54 มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ปรับปรุงครั้งที่ 1
6. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2550) มยผ.1332-50 มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทน และอายุการใช้งาน
7. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) มยผ.1252-51 และ 1551-51 มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์ Dynamic Load Test และตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม ด้วยวิธี Seismic Test
8. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) มยผ.1312 ข้อแนะนำสำหรับรูปแบบและการก่อสร้างอาคารทั่วไปที่เหมาะสมในเขตเสี่ยงภัยสึนามิระดับปานกลาง
9. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) มยผ.1312-51 มาตรฐานการออกแบบโครงสร้างอาคารอพยพในเขตเสี่ยงภัยสึนามิระดับปานกลาง
10. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) มยผ.1501-51 ถึง 1507-51 มาตรฐานการตรวจสอบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
11. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) มยผ.1508-51 มาตรฐานการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย
12. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) มยผ.1552-51 มาตรฐานการตรวจวัดการเคลื่อนตัวของอาคาร
13. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) มยผ.1561-51 ถึง 1565-51 มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กบูรณาการด้วยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย
14. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2551) มยผ.1901-51 มาตรฐานปฏิบัติในการซ่อมแซมคอนกรีต
15. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2552) มยผ.1101-52 ถึง 1106-52 มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้งานโครงสร้างอาคาร
16. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2552) มยผ.1202-52 มาตรฐานคอนกรีตอัดแรง

17. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2552) มยผ.1302-52 มาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
18. กรมโยธาธิการและผังเมือง (2552) มยผ.1911-52 ถึง 1914-52 มาตรฐานประกอบการปฏิบัติตามกฎหมายว่าด้วยการขุดดินและถมดิน
19. ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยจรรยาบรรณแห่งวิชาชีพวิศวกรรม และการประพฤติผิดจรรยาบรรณอันจะนำมาซึ่งความเสื่อมเสียเกียรติศักดิ์แห่งวิชาชีพ พ.ศ. 2543
20. ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงาน การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ และแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2552
21. พระราชบัญญัติการขุดดินและถมดิน พ.ศ.2543
22. พระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ. 2535
23. พระราชบัญญัติทางหลวง ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2549
24. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
25. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2535
26. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2543
27. พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2550
28. พระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542
29. พระราชบัญญัติโบราณสถาน โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ พ.ศ.2504
30. พระราชบัญญัติโบราณสถาน โบราณวัตถุ ศิลปวัตถุ และพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2535
31. พระราชบัญญัติว่าด้วยการจัดหาสังหาริมทรัพย์เพื่อกิจการขนส่งมวลชน พ.ศ. 2540
32. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535
33. สถาพร โภคา กฎหมาย และมาตรฐานเกี่ยวกับงานอาคาร การอบรมเชิงวิชาการเรื่อง การพัฒนาการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมโยธา ตำแหน่งคำนวณออกแบบโครงสร้าง โดยกรรมการโครงการ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 7 ตุลาคม 2548
34. สถาพร โภคา กฎหมายควบคุมอาคาร การอบรมเชิงวิชาการเรื่อง กฎหมายสำหรับวิศวกร โดยกรรมการโครงการ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 23 มกราคม 2549.
35. Dictionary and Thesaurus Merriam Webster On-line: สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2551: จาก <http://www.merriam-webster.com>

36. American Concrete Institute (1988), ACI Detailing Manual; According to ACI 315-80 revised 1982, and ACI 315R-80 revised 1988, American Concrete Institute, Washington.
37. American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO (2010), Standard Specification for Highway Bridges, AASHTO, Washington.
38. American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO (2001), Policy on Geometric Design of Highways and Street, AASHTO, Washington.
39. HEINS C.P. and LAWRIE R.A. (1984) Design of Modern Concrete Highway Bridge, John Wiley & Sons, New York.
40. NEUFELDT V. and GURALNIK D.B. ( 1992), Webster's New World Dictionary, 3<sup>rd</sup> Eds, Prentice-Hall New York

