

รายการคำนวณ และแบบรูป

โดย นายสถาพร โภคา ปรับปรุงเมื่อ ๑๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๗

เอกสารนี้ ปรับปรุงโดยเพิ่มเนื้อหาใน กฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 และกฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฯ อย่างไรก็ดี มีหลายประเด็น หรือหลายเรื่อง ที่เคยปรากฏในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 **กฎกระทรวงฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540** **กฎกระทรวงฉบับที่ 60 พ.ศ. 2549** แต่ไม่ปรากฏในกฎกระทรวงทั้งสองฉบับนี้ กอปรกับหลายข้อ ในกฎกระทรวงทั้งสองฉบับมีหมายเหตุ ฯลฯ **กำหนดตามหลักเกณฑ์ที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา** อนาคตน่าจะมีกฎกระทรวง หรือประกาศกระทรวงประกาศบังคับใช้ ในเรื่องต่าง ๆ อีกไม่น้อย ตามที่หมายเหตุไว้

1. ทัวไป และกิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้ กล่าวถึงรายการคำนวณ และแบบรูป ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ องค์ประกอบของรายการคำนวณ และแบบรูปอาคาร (หรือเรียกว่า แบบโครงสร้าง) ลำดับขั้นตอนเตรียมรายการคำนวณ และแบบโครงสร้าง มิติ แนว ระดับ การอ้างอิง สัญลักษณ์ การให้รายละเอียด เหล็กเสริมคอนกรีตในแบบ และอื่น ๆ ได้รวบรวม จัดทำขึ้นจากประสบการณ์การทำรายการคำนวณ และแบบรูป เมื่อครั้งทำงานในบริษัท TEAM CONSULTING ENGINEER ตั้งแต่ระหว่างปี พ.ศ. 2530 ถึง พ.ศ. 2533 และระหว่างปี พ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2543 และเมื่อครั้งทำงานในบริษัท THAI ENGINEERING CONSULTANT ระหว่างปี พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2539 ตามลำดับ ต่อมา ได้ใช้ประกอบการสอน ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งอยู่ใน กลุ่มวิชา วิชาชีพบังคับ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ตามพระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 กฎกระทรวงกำหนดสาขาวิชาที่วิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2550 ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตร ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2554 ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2561 ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2564 (การเรียนการสอนภาคทฤษฎี และปฏิบัติ วิชา เฉพาะทางวิศวกรรม) ระเบียบคณะกรรมการสภาวิศวกรว่าด้วยวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ วิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม และวิชาเฉพาะทางวิศวกรรมที่สภาวิศวกรจะให้การรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร และวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2558 ระเบียบคณะกรรมการสภาวิศวกร ว่าด้วยองค์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ องค์ความรู้พื้นฐานทาง

วิศวกรรม และองค์ความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม ที่สภาวิศวกรจะให้การรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2562 (สาขา วิศวกรรมโยธา) ข้อบังคับสภาวิศวกรว่าด้วยจรรยาบรรณแห่งวิชาชีพวิศวกรรมและการประพฤติ ผิดจรรยาบรรณอันจะนำมาซึ่งความเสียหายเกียรติศักดิ์แห่งวิชาชีพ พ.ศ. 2559 (ฯลฯ) ปฏิบัติการออกแบบ ภาคปฏิบัติ ให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก และเขียน รายละเอียด Practice: Reinforced Concrete Design and Detailing¹ และใช้ประกอบการ บรรยายที่จัดโดยคณะกรรมการหลายคณะ ของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระ บรมราชูปถัมภ์ อาทิ “การออกแบบโครงสร้างอาคารที่สูงน้อยกว่าสามชั้น (อาคารที่ไม่เป็น อาคารควบคุม ฯลฯ)” “การออกแบบโครงสร้างอาคารขนาดใหญ่” “พัฒนาการประกอบวิชาชีพ

¹ นอกจากนี้ วิชาเรียนในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ ยังมุ่งให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะวิชาชีพ ได้คุณภาพมาตรฐาน ตามเกณฑ์สภาวิศวกร และมาตรฐานสากล สามารถขอใบอนุญาตประกอบวิชาชีพในประเทศจากสภาวิศวกร และ ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพสากล ทั้งงานคำนวณ ตรวจสอบสภาพ ทดสอบ บำรุงรักษา ซ่อมแซมแก้ไข เพื่อประกอบ วิชาชีพ หรือศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา สามารถเรียนรู้ตลอดชีวิตเพื่อพัฒนาตนเองให้รู้เท่าทันวิทยาการ และเทคโนโลยี ใหม่ ๆ สร้างนวัตกรรม คิด และทำอย่างได้อย่างเป็นองค์รวม มีระบบ ให้เกิดประสิทธิผลเป็นรูปธรรม โดยคำนึงถึงผลงาน ที่มีนัยเชิงแรง ปลอดภัย ประโยชน์ อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และยั่งยืน ตรงต่อเวลาและหน้าที่ ซื่อสัตย์ มีคุณธรรม รู้ จรรยาบรรณวิชาชีพ

ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานของวิศวกรรมศาสตร์ ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (Thai Qualification Framework-TQF) ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมศาสตร์ ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ คือ Mechanics (ความรู้ที่อยู่บนพื้นฐานที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์แรง หรือภาระอื่นๆ ที่กระทำกับระบบเชิงกล การ วิเคราะห์ความเค้นและการเปลี่ยนรูปของวัสดุภายใต้ภาระแบบต่าง ๆ กระทำ) Chemistry and Materials (สมบัติ และ สถานะของสสาร การเปลี่ยนแปลง การแปรรูป และการเกิดปฏิกิริยาของสสาร การประยุกต์ใช้งานสสารในด้านต่างๆ รวมทั้งกระบวนการทางวิศวกรรมของคอนกรีต และเหล็กเสริม) System Management (การจัดการ ควบคุม มาตรฐาน และความปลอดภัยทางวิศวกรรม)

มุ่งให้ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ ด้านพัฒนาคุณธรรมจริยธรรม มีภาวะเป็นผู้นำและผู้ตาม มีทักษะความสัมพันธ์ ระหว่างบุคคล และรับผิดชอบ มีทักษะวิเคราะห์เชิงตัวเลข สื่อสาร และใช้เทคโนโลยี (ใช้คอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ข้อมูล สารสนเทศทางคณิตศาสตร์ หรือสถิติประยุกต์ ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารทันสมัยสื่อสารข้อมูล ทูต เขียน และใช้สัญลักษณ์ ใช้เครื่องมือคำนวณ และเครื่องมือทางวิศวกรรมเพื่อประกอบวิชาชีพ

สอดคล้องสถานการณ์ระดับสากล อาทิ ประชาคมเศรษฐกิจเอเชีย - แปซิฟิก Asia-Pacific Economic Cooperation - APEC Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) Engineer Agreement 1999 Engineers Mobility Forum (EMF), 2001 ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ASEAN Economic Community (AEC) Thai Accreditation Board for Engineering Education (TABEE) การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สำหรับวิชาชีพวิศวกรรมโยธาดตาม "Civil Engineering Body of Knowledge for the 21st Century: Preparing the Civil Engineer for the Future" American Society of Civil Engineers - ASCE

และสอดคล้องกับการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตาม พระราชบัญญัติวิศวกร พ.ศ. 2542 กฎกระทรวง กำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2550 ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตร ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2554 (การเรียนการสอนภาคทฤษฎี และ ปฏิบัติ วิชาเฉพาะทางวิศวกรรม) ระเบียบคณะกรรมการสภาวิศวกรว่าด้วยวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ วิชาพื้นฐานทาง วิศวกรรม และวิชาเฉพาะทางวิศวกรรมที่สภาวิศวกรจะให้การรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร และวุฒิบัตรในการ ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2558 ข้อบังคับสภาวิศวกรว่าด้วยจรรยาบรรณแห่งวิชาชีพวิศวกรรมและการ ประพฤติผิดจรรยาบรรณอันจะนำมาซึ่งความเสียหายเกียรติศักดิ์แห่งวิชาชีพ พ.ศ. 2559

วิศวกรรมโยธา ด้านงานคำนวณออกแบบโครงสร้าง (กฎหมาย และมาตรฐานเกี่ยวกับงานอาคาร) “ออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก วิธีกำลัง” โดยอนุกรรมการคอนกรีต และวัสดุ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับสมาคมคอนกรีตอเมริกัน (ACI) “อบรมเสริมทักษะวิศวกรุ่นเยาว์ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง” โดยยูวีวิศวกร ทั้งนี้ ก่อนที่จะมีมาตรฐานการจัดเตรียมแบบสร้างจริง และคู่มือเจ้าของอาคาร โดย คณะอนุกรรมการบริหารงานก่อสร้าง คณะกรรมการวิชาการ สาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2549 และร่าง มาตรฐานการเขียนแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก - ปรับปรุงครั้งที่ 1 โดย คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2561

งานวิศวกรรมพัฒนามาโดยลำดับ ตั้งแต่การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณออกแบบ และเขียนแบบ พัฒนาการของ Platform และ Software CAD-CAM การคำนวณออกแบบ และเขียนแบบ ในระบบสามมิติ ควบคู่กับการทำงานด้านอื่น ๆ อาทิ การออกแบบเบื้องต้น แบบประณีตสถาปัตยกรรม กฎหมายอาคาร ที่ว่าง ระยะร่น (OSR FAR) วัสดุ พลังงาน (เช่น เปลือกอาคาร ช่องแสง ช่องระบายอากาศ การคำนวณ BER OTTV และ RTTV) อาคารหรือกิจการที่มีลักษณะเฉพาะ (ที่ดินจัดสรร อาคารชุด สถานพยาบาล โรงแรม หอพัก สถานีบริการน้ำมัน หรือคลังน้ำมัน โรงงาน โบราณสถาน ป้าย สถานประกอบการ โรงมหรสพ เครื่องเล่น) ความปลอดภัยของอาคาร (ระบบวิศวกรรมในอาคาร สุขอนามัย และความปลอดภัยของผู้อาศัย ผู้ใช้อาคาร ผู้พิการ หรือทุพพลภาพ คนชรา เด็ก สตรีมีครรภ์) ความปลอดภัยในการทำงานก่อสร้าง (แรงงาน และความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน) ปริมาณวัสดุ ราคา วางแผนงานก่อสร้าง ควบคุมคุณภาพ ความพึงพอใจ และความยั่งยืน จนกลายเป็นเขียนแบบในระบบสี่มิติ เป็นการจัดการคุณภาพในองค์กรรวม (Total Quality Management – TQM) และ Building Information Management - BIM ปัจจุบัน นอกจากรายการคำนวณและแบบรูป (ประณีตสถาปัตยกรรม โครงสร้าง และวิศวกรรมอื่น ๆ) อาคารบางประเภทยังอาจต้องมีเอกสารอื่น อาทิ รายงานการศึกษา ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม และมาตรการ ฯ (Environmental Impact assessment –EIA) รายงานการใช้พลังงาน ฯ ในอนาคต ย่อมมีความยุ่งยากซับซ้อนขึ้น เช่นเดียวกับพัฒนาการของ วิทยาการ และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และกฎหมายอาคาร

อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นเกียรติแก่องค์กรข้างต้น ซึ่งทำให้เกิดเอกสารนี้ และได้ใช้ประโยชน์พอควรเป็นเวลายาวนาน ข้าพเจ้าเห็นควรคงเนื้อหาไว้ให้มากที่สุด (ปรับเปลี่ยนให้ทันสมัย ตามกฎหมาย มาตรฐาน และความจำเป็นอื่น) เพื่ออย่างน้อยท่านจะได้ทราบพัฒนาการและแนวทางการเตรียมรายการคำนวณ และแบบรูป อนาคต เอกสารนี้ คงจะเปลี่ยนเป็นกระบวนเชื่อมโยงงานวิศวกรรม กับกฎหมายอาคาร ซึ่งมีจำนวนไม่น้อย นอกจากกระบวนทำงาน และจัดการด้วย BIM แล้ว ยังหมายถึงกระบวนตรวจ และอนุญาต ซึ่งคงต้องใช้วิทยาการคอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงาน หรือทำงานแทนคนมากขึ้น อาทิ Checklist (If – Then) Comparison to Maximum Permissible Scheme หรือ AI (KBES, ANNs, Gas)

2. วัตถุประสงค์ของแบบ และรายการคำนวณ

รายการคำนวณ และแบบ เป็นผลผลิตสุดท้าย (End product) ของการคำนวณ ออกแบบอาคาร รายการคำนวณเป็นการรวบรวมข้อมูล สมมติฐาน วิธี รายละเอียดการคำนวณ ออกแบบอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ส่วนแบบเป็นการแปลผลรายการคำนวณ ให้เกิดรายละเอียด เพื่อใช้สื่อความเข้าใจในการก่อสร้างอาคารให้เกิดเป็นรูปธรรม ทั้งรายการคำนวณและแบบ เป็น เอกสารยืนยัน หรือกำกับอาคาร นอกจากจะใช้อื่นขออนุญาตปลูกสร้าง หรือเพื่อก่อสร้างแล้ว ยังเป็นคู่มือในการใช้งาน ซ่อมแซม ปรับปรุง หรือแก้ไขอาคารในอนาคต หรือเมื่อจำเป็น ในเชิง กฎหมายวิชาชีพ รายการคำนวณ และแบบเป็นผลงานของวิศวกรผู้คำนวณออกแบบ ซึ่งมี ภาระหน้าที่ หรือความรับผิดชอบทั้งปวงตามกฎหมาย อาจกล่าวได้ว่า หากการคำนวณออกแบบ อาคาร และรายการคำนวณกระทำอย่างครบถ้วนถูกต้อง แบบก่อสร้างก็ควรจะต้องครบถ้วน และถูกต้องอาทิกัน ทั้งนี้ เพื่อป้องกันปัญหา อุปสรรค หรือความผิดพลาดระหว่างก่อสร้าง และ เพื่อให้ได้อาคารที่มั่นคง แข็งแรง มีคุณภาพดี และใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

3. ปก บทสรุปย่อ และผังบริเวณ

รายการคำนวณโครงสร้างเตรียมโดยวิศวกรผู้คำนวณออกแบบโครงสร้าง เป็นการ รวบรวมข้อมูล สมมติฐาน ผลวิเคราะห์คำนวณโครงสร้าง และรายละเอียดอื่น ๆ ซึ่งจะต้องยื่น ขออนุญาตควบคุมกับแบบขุดขออนุญาตก่อสร้าง นอกจากนั้นยังใช้อ้างอิง หรือตรวจสอบในกรณี จำเป็น อาทิ คำนวณตรวจสอบระหว่างขั้นตอนก่อสร้าง ซ่อมแซม แก้ไข หรือก่อสร้างเพิ่มเติม รายการคำนวณที่ติดต้อง ครบถ้วน ถูกต้อง และตรวจสอบได้แม้ได้ยื่นขออนุญาตไปแล้วหากมี ความจำเป็นที่จะต้องดัดแปลงแก้ไขโครงสร้าง ก็จะต้องมีรายการคำนวณเพิ่มเติม ประกอบการ ดัดแปลงแก้ไขนั้น รายการคำนวณมีองค์ประกอบ ดังนี้

รายละเอียดที่จะต้องแสดงบนปรายการคำนวณควรประกอบด้วย ชื่อผู้ว่าจ้างหรือ เจ้าของโครงการ ชื่อโครงการ หรืออาคารที่ออกแบบ สถานที่ตั้งโครงการ หัวเรื่องของรายการ คำนวณ (ตัวอย่าง อาทิ “รายการคำนวณโครงสร้างอาคารที่จอดรถ คอนกรีตเสริมเหล็ก5 ชั้น” “รายการคำนวณโครงสร้างโรงอาหาร ป้อมยาม รั้ว และอื่น ๆ” “รายการคำนวณอาคารที่พัก ผู้โดยสาร แก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 1” เป็นต้น) ชื่อ ที่อยู่ (หน่วยงาน หรือองค์กร) ของวิศวกรผู้ คำนวณโครงสร้าง ออกแบบ เตรียม หรือเสนอรายการคำนวณ วัน เดือน ปี ที่ทำ หรือส่งรายการ คำนวณ (รูปที่ 1)

บทสรุปย่อ (Summary or executive summary) ไม่ค่อยพบปรากฏในรายการ คำนวณทั่วไปนัก เนื่องจากผู้คำนวณออกแบบส่วนใหญ่อาจไม่เห็นความสำคัญ แต่หากมีสรุป ย่อจะเป็นประโยชน์มาก เพราะผู้อื่นที่นอกเหนือจากผู้คำนวณออกแบบจะสามารถทราบ และ เข้าใจเนื้อหาของรายการคำนวณเล่มนั้นอย่างรวบรัดในเวลาจำกัด บทสรุปย่อควรประกอบด้วย ชื่อโครงการ สถานที่ตั้ง ลักษณะของโครงสร้าง สมบัติทางกลของวัสดุ พารามิเตอร์ออกแบบ

สมมติฐาน มาตรฐานออกแบบ และสิ่งอ้างอิงอื่น ๆ อาทิ ผลเจาะสำรวจ และผลวิเคราะห์ดิน ในห้องปฏิบัติการ แบบรูปที่ต้องอ่านควบคู่กับรายการคำนวณ ตัวอย่าง ข้อความในบทสรุปย่อ

“รายการคำนวณนี้ประกอบด้วย แบบจำลอง รายการวิเคราะห์ และคำนวณออกแบบ โครงสร้างอาคารที่พักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็ก สามชั้น มีตาดฟ้า อาคารหลังนี้ใช้เสาเข็ม คอนกรีตอัดแรงสี่เหลี่ยม ขนาด 0.30x0.30x21.0 เมตร น้ำหนักปลอดภัย 35 ตันต่อตัน วิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้แบบจำลองโครงข้อแข็ง ภายใต้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และ แรงลม หน่วยที่ใช้ ประกอบด้วย มิติ เป็นเมตร น้ำหนัก หรือแรง เป็นกิโลกรัม หน่วยแรง เป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การคำนวณออกแบบใช้วิธีกำลัง ตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) วิธีหน่วยแรงใช้งาน พ.ศ. 2562 กำลังอัดประลัย ของคอนกรีต 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (แบ่งตัวอย่างมาตรฐานรูปทรงกระบอก) เหล็กเสริมขนาด 6 และ 9 มิลลิเมตร ใช้ชั้นคุณภาพ SR 24 (ม.อ.ก. 20-2559) เหล็กเสริมขนาดอื่น ๆ ชั้นคุณภาพ SD 40 (ม.อ.ก. 24-2559) รายการคำนวณออกแบบองค์อาคารต่าง ๆ (แผ่นพื้น บันได คาน เสา ฐานราก และถังเก็บน้ำ คอนกรีตเสริมเหล็ก.) และแสดงผลเจาะสำรวจ และ ทดสอบดินในห้องปฏิบัติการไว้ในภาคผนวก รายการคำนวณฉบับนี้อ่านประกอบกับแบบรูป หมายเลข S-00-00 ถึง S-15-12”

แผนที่ หรือผังอาคาร ปกติ แผนที่ หรือผังอาคาร มักปรากฏในแบบรูป เพราะจะต้อง ให้มีตามที่กฎหมายอาคารกำหนด แต่อาจปรากฏในรายการคำนวณด้วย (รูปที่ 2)

รายการคำนวณ

อาคารพักอาศัย (หอพัก หรืออพาทเมนต์) ทกชั้น
๑๔ x ๑๔ เมตร สูง ๒๐.๘๕ เมตร มีดาดฟ้า
เลขที่ ๑๒๔๐ ถนนสุวินทวงศ์ มีนบุรี กรุงเทพฯ ๑๐๒๖๐.



โดย

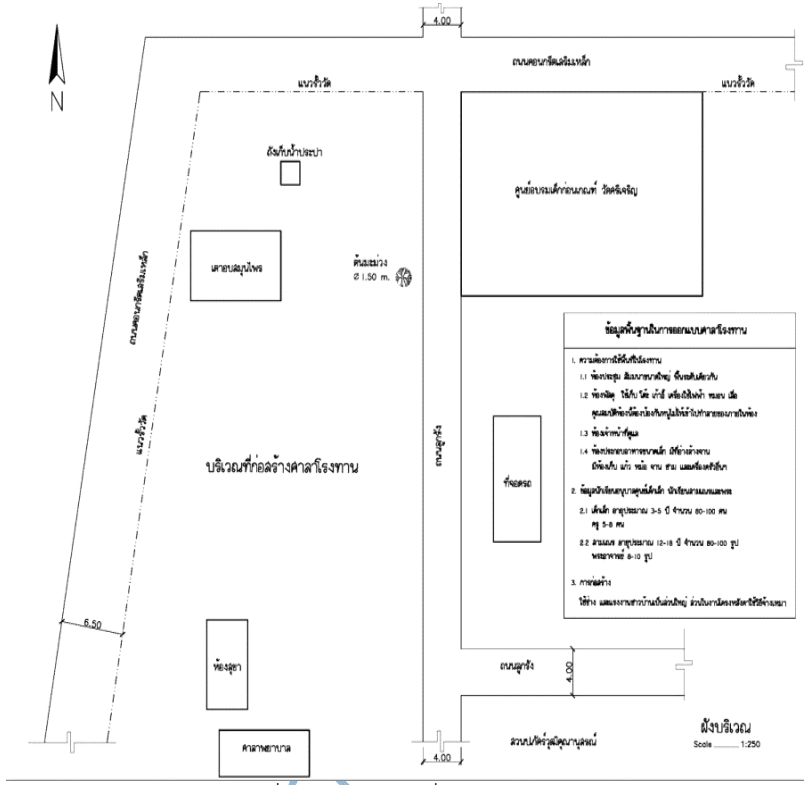
นายสถาพร โภคา สย. ๔๕๙๔

บริษัท ดับ บลิว เอส เค อินเตอร์คอนซัลท์ จำกัด

๗๗ อารีสัมพันธ์ ๑ พญาไท กรุงเทพฯ ๑๐๒๔๐

๒๔ สิงหาคม ๒๕๖๐

รูปที่ 1 ตัวอย่างปรายการคำนวณ



รูปที่ 2 ตัวอย่างแผนที่ หรือผังอาคาร

4. ข้อมูลพื้นฐาน

ข้อมูลที่ใช้คำนวณออกแบบ ซึ่งควรแสดงในรายการคำนวณ อย่างน้อยเพื่อผู้เกี่ยวข้อง อาทิ ผู้ร่วมออกแบบ ผู้ควบคุมงาน จะทราบ หรือสามารถช่วยผู้ออกแบบคำนวณตรวจสอบเล็ก ๆ น้อย ๆ ได้ ข้อมูลควรประกอบด้วย วัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคาร และสมบัติทางกล ประกอบด้วย ดิน หิน ที่รองรับฐานราก เสาค้ำไม้ คอนกรีต เหล็ก ระยะเวลา (Covering) ทั้งในสถานะปกติ สัมผัสสภาพแวดล้อมที่รุนแรง (อาทิ ดิน น้ำ ความชื้น ความเป็นกรด ต่าง) หรือโครงสร้างที่ต้องทนอัคคีภัยตามกฎหมายกำหนด น้ำหนักบรรทุกจร การประมาณน้ำหนักที่ถ่ายลงเสา และฐานราก แรงลม แผ่นดินไหว หรืออื่น ๆ ดังนี้ (ตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 16)

ตารางที่ 1ก คุณสมบัติของดินเหนียว หรือดินดาน ตามกฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 2

ดิน	ขนาด (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำในดิน	การทดสอบมาตรฐาน SPT N – Value (ครั้งต่อ 300 มิลลิเมตร)	กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (กิโลปาสกาล)
ดินเหนียว	ประกอบด้วยอนุภาค		-	-
ดินเหนียวอ่อนมาก	ขนาดละเอียดซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 0.075 มิลลิเมตร มีแรงยึด	หรือมีปริมาณน้ำในดินเกินร้อยละ 100 ของน้ำหนักเม็ดดินแห้ง	-	น้อยกว่า 12.5
ดินเหนียวอ่อน	เหนียวระหว่างอนุภาค ทำให้มีความเหนียวและสามารถปั้นเป็นรูปร่างได้	เกินร้อยละ 70 แต่ไม่เกิน ร้อยละ 100 ของน้ำหนักเม็ดดินแห้ง	ไม่เกิน 4	ตั้งแต่ 12.5 แต่ไม่เกิน 25
ดินเหนียวแข็งปานกลาง		-	เกิน 4 แต่ไม่เกิน 8	เกิน 25 แต่ไม่เกิน 50
ดินเหนียวแข็ง		-	เกิน 8 ครั้ง แต่ไม่เกิน 30	เกิน 50
ดินดาน		-	เกิน 30	-

ตารางที่ 1ข คุณสมบัติของทราย กรวด และหิน ตามกฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 2กฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566

ดิน	สมบัติ	ขนาด (มิลลิเมตร)	การทดสอบมาตรฐาน SPT N – Value (ครั้ง ต่อ 300 มิลลิเมตร)
ทราย	เม็ดหินที่เกิดตามธรรมชาติซึ่งมีขนาดเล็กกว่ากรวด	ระหว่าง 0.075 ถึง 4.75 แต่	-
ทรายแน่นปานกลาง		ไม่มีแรงยึดเหนียวระหว่างอนุภาค และปั้นเป็นรูปร่างไม่ได้	ตั้งแต่ 10 แต่ไม่เกิน 30
ทรายแน่น			เกิน 30
กรวด	เม็ดหินที่เกิดตามธรรมชาติ รูปทรงกลมมน	4.75 ถึง 75 แต่ไม่มีแรงยึดเหนียวระหว่างอนุภาคและปั้นเป็นรูปร่างไม่ได้	-
กรวดหลวม			น้อยกว่า 10
กรวดแน่นปานกลาง			ตั้งแต่ 10 แต่ไม่เกิน 30
กรวดแน่น			เกิน 30
หิน	มวลของแข็งที่ประกอบขึ้นด้วยแร่ชนิดเดียวกัน หรือหลายชนิดรวมตัวกัน อยู่ตามธรรมชาติ	-	-

ตารางที่ 2 หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ของดินฐานรากและแรงต้านทานที่ยอมให้ของเสาเข็ม กรณีไม่มีรายงานการสำรวจดินฐานราก ตามกฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และ พื้นดินที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 7

กรณี	ให้ใช้หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ ได้ไม่เกิน กิโลปาสกาล (เมตริกตัน ต่อตารางเมตร)
ดินที่มีสภาพสด ไม่มีรอยแยก รอยแตก หรือรูโพรง	250 (25)
กรวดแน่น หรือดินดาน	200 (20)
ดินเหนียวแข็ง ททรายแน่น หรือกรวดแน่นปาน	100 (10)
ดินเหนียวแข็งปานกลาง ททรายแน่นปานกลาง หรือกรวดหลว	50 (5)
ดินเหนียวอ่อนที่ไม่ได้อยู่ในบริเวณปากแม่น้ำ ปากอ่าว ชายฝั่งทะเล ป่าชายเลน หรือบริเวณที่อาจทำให้ดินเหนียวมีสภาพเป็นดินเหนียวอ่อน	20 (2)

ตารางที่ 3 ค่าหน่วยแรงเสียดทาน ที่ยอมให้ของดินฐานราก ในการคำนวณแรงต้านทานที่ยอมให้ของเสาเข็มที่ฝังอยู่ในดินเหนียวที่ไม่อยู่ในบริเวณ ปากแม่น้ำ ปากอ่าว ชายฝั่งทะเล ป่าชายเลน หรือบริเวณที่อาจทำให้ดินเหนียวมีสภาพเป็นดินเหนียว อ่อนมาก นอกจากอาคารตามข้อ 5 กรณีไม่มีรายงานการสำรวจดินฐานราก กฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 8

กรณี	ให้ใช้หน่วยแรงเสียดทาน ที่ยอมให้ไม่เกิน กิโลปาสกาลต่อตารางเมตร (กิโลกรัม ต่อตารางเมตร)
ดินเหนียวที่อยู่ในระดับลึกไม่เกิน 10 เมตร ได้ระดับดินเดิม	5 (500)
ดินเหนียวที่อยู่ในระดับลึกเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 15 เมตร ได้ระดับดินเดิม	(ก) กรณีใช้หน่วยกิโลปาสกาล ค่าหน่วยแรงเสียดทานที่ยอมให้ของดิน = $5 + (1.6 \times y)^1$ (ข) กรณีใช้หน่วยกิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร ค่าหน่วยแรงเสียดทานที่ยอมให้ของดิน = $500 + (160 \times y)^1$
ดินเหนียวที่อยู่ในระดับลึกเกิน 15 เมตร ได้ระดับดินเดิม	13 (1,300) ของพื้นผิวประสิทธิผลของเสาเข็ม

หมายเหตุ (1) y หมายถึง ความยาวของเสาเข็มซึ่งมีหน่วยเป็นเมตร และอยู่ใต้ระดับดินเดิม ตั้งแต่ 10 เมตร แต่ไม่เกิน 15 เมตร

(2) ข้อ 9 การออกแบบ และคำนวณฐานรากของอาคารที่ตั้งอยู่ในดินฐานรากที่เป็นดินเหนียวอ่อนมาก นอกจากอาคารตามข้อ 5 ถ้าไม่มีรายงานการสำรวจดินฐานราก ให้ใช้ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำไม่เกิน 4 กิโลปาสกาล หรือไม่เกิน 400 กิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร หรือค่าหน่วยแรงเสียดทานที่ยอมให้ของดินฐานรากไม่เกิน 1.6 กิโลปาสกาล หรือไม่เกิน 160 กิโลกรัมแรง ต่อตารางเมตร ฯลฯ

ตารางที่ 4 ระยะห่างขั้นต่ำของตำแหน่งฐานรากแผ่นบริเวณเชิงลาด กรณีไม่คำนวณผลกระทบจากความลาดเอียงของดินฐานราก ให้เป็นไปตามกฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 13

ชนิดชั้นดินฐานราก	ระยะห่างขั้นต่ำของตำแหน่งในการวางฐานรากแผ่นบริเวณเชิงลาด	
	ระยะทางราบของขอบฐานราก	ระยะทางตั้งของฐานราก
ดิน	1.50 เท่าของความกว้างของตัวฐาน แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.50	0.80 เมตร
หิน	0.75 เมตร	0.30 เมตร

ตารางที่ 5 อัตราส่วนสำหรับระยะห่างขั้นต่ำของตำแหน่งในการวางฐานรากแผ่นที่มีระดับความลึกแตกต่างกัน กรณีไม่คำนวณผลกระทบจากหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากฐานรากแผ่ข้างเคียงตามกฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 14

ชนิดชั้นดินฐานราก	อัตราส่วนระหว่างระยะทางราบของขอบฐานราก ต่อระยะทางตั้งของฐานราก
ดิน	2: 1
หิน	1: 1

ตารางที่ 6 อัตราส่วนสำหรับระยะห่างขั้นต่ำของตำแหน่งในการวางฐานรากแผ่นที่มีระดับความลึกแตกต่างกัน กรณีไม่คำนวณผลกระทบจากหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากฐานรากแผ่ข้างเคียงตามกฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 14

ชนิดชั้นดินฐานราก	อัตราส่วนระหว่างระยะทางราบของขอบฐานราก ต่อระยะทางตั้งของฐานราก
ดิน	2: 1
หิน	1: 1

ตารางที่ 7 กำลังแบกทานของดินฐานราก ตามกฎกระทรวง กำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 15 และข้อ 16

กรณี	
ใช้ผลการคำนวณกำลังแบกทานของดินฐานรากจากรายงานการสำรวจดินฐานราก หรือผลการทดสอบกำลังแบกทานของดินฐานรากเพื่อออกแบบและคำนวณฐานรากแผ่	ให้ใช้หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ของดินฐานรากได้ไม่เกินร้อยละ 33 ของกำลังแบกทาน ของดินฐานรากที่ได้จากผลคำนวณหรือผลทดสอบดังกล่าว
ใช้ค่าหน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ของดินฐานรากเกิน 200 กิโลปาสกาล หรือเกิน 20 เมตรกตัน ต่อตารางเมตร	ผู้ออกแบบ และคำนวณ ต้องทดสอบกำลังแบกทาน ของดินฐานราก ฯ (ตามหมวด 5 เกณฑ์การทดสอบ) โดยจะต้องคำนึงถึง การกระจายหน่วยแรงที่แตกต่างกันระหว่างขนาดของแผ่นเหล็กที่ใช้ทดสอบกับขนาดของฐานรากจริงด้วย

ตารางที่ 8 การคำนวณผลของหน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ของดินฐานรากสำหรับเสาเข็มที่ฝังอยู่ในชั้นทรายตามกฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 18

กรณี	การปฏิบัติ
ชั้นทรายที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 3 เมตร	ปลายเสาเข็มต้องฝังอยู่ในชั้นทราย
ชั้นทรายหนาน้อยกว่า 3 เมตร	ให้พิจารณาหน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้ของดินฐานรากจาก ผลการคำนวณในชั้นดินถัดไปด้วย

ตารางที่ 9 การคำนวณฐานรากเสาเข็มตามกฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 19 ข้อ 20 และข้อ 21

กรณี	การปฏิบัติ
ฐานรากเสาเข็มที่อยู่ในบริเวณชั้นดินเหนียวอ่อน หรือดินเหนียวอ่อนมาก ที่มีการถมดิน หรือสูบน้ำบาดาล หรือบริเวณที่มีปัจจัย ที่อาจทำให้ดินฐานรากมีอัตราทรุดตัวเร็วกว่าอัตราทรุดตัวของเสาเข็ม	ให้ผู้ออกแบบ และคำนวณ คำนึงถึงแรงเสียดทานของเสาเข็มที่ลดลงจนอาจทำให้เสาเข็มเกิดการทรุดตัวด้วย
เสาเข็มที่ปลายเสาเข็มฝังอยู่ในชั้นดินแข็ง และส่วนบนของเสาเข็มอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อนมาก	ให้ผู้ออกแบบ และคำนวณคำนึงถึงความชะลุดของเสาเข็มซึ่งมีนัยต่อการรับน้ำหนักบรรทุกด้วย
ฐานรากเสาเข็มที่มีจำนวนเสาเข็มมากกว่าหนึ่งต้นในหนึ่งฐานราก	ให้ค่าแห่งของเสาเข็มแต่ละต้นมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 3 เท่าของมิติที่กว้างที่สุดของหน้าตัดเสาเข็ม ในกรณีที่มีระยะห่างระหว่างเสาเข็มแต่ละต้นในหนึ่งฐานรากมีค่าน้อยกว่าหลักเกณฑ์ที่กำหนดในวรรคหนึ่ง ให้ผู้ออกแบบ และคำนวณตรวจสอบผลกระทบที่อาจทำให้ค่าแรงแบกทาน ของฐานรากเสาเข็มกลุ่มลดลงตามจำนวนเสาเข็มที่เพิ่มขึ้น*

หมายเหตุ (*) เช่น โดยวิธีของ Converse Labeelee หรือ Felt หรือวิธีอื่น

ตารางที่ 10 ความหนาของฐานคอนกรีต และระยะหุ้มเสาเข็มตามกฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 22

เรื่อง	กรณี	ความหนาขั้นต่ำ (เซนติเมตร)
ความหนาของฐานคอนกรีต	(ก) เสาเข็มชนิดรับแรงเสียดทานเป็นหลัก	20
	(ข) เสาเข็มชนิดอื่น	35
ระยะหุ้มเสาเข็มของฐานคอนกรีต	(ก) ระยะหุ้มหัวเสาเข็มฐานรากเสาเข็มเดี่ยว	15 และมีระยะหุ้มขอบเสาเข็มไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม
	(ข) ฐานรากเสาเข็มกลุ่ม	7.5 และมีระยะหุ้มขอบเสาเข็มไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มต้นริม

ตารางที่ 11 การคำนวณออกแบบเสาเข็มตามกฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และ
 พื้นดินที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 23

เสาเข็ม	กรณี	การปฏิบัติ
เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ	(ก) การออกแบบ และคำนวณโครงสร้างเสาเข็ม	ต้องคำนึงถึงหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจากการรับน้ำหนักบรรทุกของฐานราก รวมถึงหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในขณะที่ขยับหรือขณะก่อสร้าง*
	(ข) หากใช้เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จมากกว่าหนึ่งต้นต่อกัน	<ul style="list-style-type: none"> - จุดต่อระหว่างเสาเข็ม ต้องไม่ทำให้ตำแหน่ง และแนวของเสาเข็มที่นำมาต่อกันนั้นมีความเบี่ยงเบนเกินกว่าที่กำหนดค่า - รอยต่อต้องสามารถต้านแรงในแนวตั้ง แรงด้านข้าง และแรงดัดได้ ไม่น้อยกว่าหน้าตัดของเสาเข็มทุกต้นที่ต่อกัน - ต้องสามารถทำให้เสาเข็มถ่ายน้ำหนักบรรทุกไปยังดินฐานรากโดยรอบได้ตลอด ทั้งความยาวของเสาเข็ม และ - ต้องไม่เกิดความเสียหาย หรือทำให้ส่วนของเสาเข็มเสียหายจากการติดตั้งเสาเข็ม - ให้แสดงรายละเอียดของรอยต่อในแบบแปลนหรือรายการประกอบแบบแปลนด้วย
เสาเข็มเจาะ หรือเสาเข็มหล่อในที่	(ก) พื้นที่หน้าตัดรวมของเหล็กเสริมทุกเส้นตามความยาวของเสาเข็มในชั้นดินเหนียวอ่อน หรือดินเหนียวอ่อนมาก ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของพื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม โดยให้ใช้เหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร และไม่น้อยกว่า 6 เส้น	
	(ข) ระยะห่างระหว่างของเสาเข็มต้นที่เพิ่งหล่อคอนกรีตแล้วเสร็จภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง กับตำแหน่งเสาเข็มต้นถัดไป ต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มต้นที่ใหญ่กว่า โดยวัดจากศูนย์กลางเสาเข็มแต่ละต้น	

หมายเหตุ (*) การคำนวณหน่วยแรง และการกำหนดปริมาณเหล็กเสริมในเสาเข็ม ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

ตารางที่ 12 แรงต้านทานที่ยอมให้ของเสาเข็มรับแรงตามแนวดิ่ง กรณีมีรายงานสำรวจดิน หรือ มีผลทดสอบแรงต้านทานของเสาเข็มในบริเวณก่อสร้าง ตามกฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 24 และข้อ 25

กรณี	แรงต้านทานที่ยอมให้
เสาเข็มที่คำนวณได้จากรายงานการสำรวจดินฐานราก	ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 40 ของแรงต้านทานสูงสุดของเสาเข็มที่ได้จากผลการคำนวณ
เสาเข็มที่ได้จากการทดสอบเสาเข็มโดยวิธีสถิตยศาสตร์	ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 50 ของแรงต้านทานสูงสุดของเสาเข็มที่ได้จากผลการทดสอบ
เสาเข็มที่ได้จากการทดสอบเสาเข็มโดยวิธีพลศาสตร์	ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 40 ของแรงต้านทานสูงสุดของเสาเข็มที่ได้จากผลการทดสอบที่ได้จากการสอบเทียบด้วยวิธีสถิตยศาสตร์

หมายเหตุ ข้อ 25 การประเมินแรงต้านทานที่ยอมให้ของเสาเข็มที่ไม่เกิน 40 ตัน ต่อดัน ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

การประเมินแรงต้านทานที่ยอมให้ของเสาเข็มที่เกิน 40 ตันต่อดัน ให้เป็นไปตามที่ผู้ออกแบบ และคำนวณรับรอง

ตารางที่ 13 น้ำหนักค้ำที่ใช้ตอกเสาเข็มตามกฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 26

กรณี	น้ำหนักค้ำที่ใช้ตอกเสาเข็ม
ทั่วไป	ต้องมีน้ำหนักไม่น้อยกว่าน้ำหนักของเสาเข็ม หรือมีน้ำหนัก ไม่น้อยกว่า 3,000 กิโลกรัม
ผู้ออกแบบ และคำนวณต้องวิเคราะห์ผลของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นขณะตอกเสาเข็ม เพื่อป้องกันไม่ไห้เสาเข็มเกิดความเสียหาย	มีน้ำหนักน้อยกว่าน้ำหนักของเสาเข็ม หรือมีน้ำหนักน้อยกว่า 3,000 กิโลกรัม

หมายเหตุ มีข้อสังเกตว่า บางมาตรฐานปฏิบัติกำหนดน้ำหนักค้ำตอกเสาเข็มระหว่าง 0.90 – 1.75 หรือ 0.75 - 2.5 เท่าของน้ำหนักเสาเข็ม

ตารางที่ 14 การออกแบบ และคำนวณโครงสร้างอาคารเหนือฐานราก ตามกฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 28

กรณี	การปฏิบัติ
โครงสร้างอาคารเหนือฐานราก	ต้องออกแบบ และคำนวณให้สามารถต้านทานผลกระทบที่เกิดจากเสาเข็มแต่ละต้นเบี่ยงเบนจากศูนย์กลางได้ ไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร ทั้งนี้ ผลกระทบจากการเบี่ยงเบนดังกล่าวจะต้องไม่ทำให้เสาเข็มแต่ละต้นรับน้ำหนักบรรทุกเกินกว่าที่ออกแบบไว้ร้อยละ 10
ฐานรากเสาเข็มที่จัดวางอยู่ในแนวเดียวกัน	ต้องออกแบบให้สามารถต้านทานผลกระทบที่เกิดขึ้นจากเสาเข็มแต่ละต้นเบี่ยงเบนจากศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร*

หมายเหตุ (*) ทั้งนี้ เสาเข็มแต่ละต้นต้องออกแบบให้ต้านทานแรงดัด หรือออกแบบให้โครงสร้าง อื่นต้านทาน แรงดัดแทนจากการเบี่ยงเบนของเสาเข็มดังกล่าว

ตารางที่ 15 อัตราส่วนความปลอดภัยในการคำนวณออกแบบฐานกำแพงกันดิน ตามกฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 31

กรณี	อัตราส่วนความปลอดภัย*
จากการเลื่อนไถล	ไม่น้อยกว่า 1.50
จากการพลิกคว่ำ	ไม่น้อยกว่า 2.00
จากการแบกทานของดินฐานราก	ไม่น้อยกว่า 3.00

หมายเหตุ (*) อัตราส่วนความปลอดภัยตามวรรคสอง ให้คำนวณจากแรง หรือหน่วยแรงที่ต้านทานการวิบัติ ของดินหารด้วยแรง หรือหน่วยแรงที่กระทำต่อกำแพงกันดิน ฯ

ตารางที่ 16 สมบัติทางกลของไม้โดยประมาณตามมาตรฐาน วสท. หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ประเภทไม้	โมดูลัสยืดหยุ่น	หน่วยแรงอัด		หน่วยแรงดึง	หน่วยแรงเฉือน
		ตั้งฉากเสี้ยน	ขนานเสี้ยน		
เนื้ออ่อนมาก	78,900	12	45	60	6
เนื้ออ่อน	94,100	16	60	80	8
เนื้อปานกลาง	112,300	22	75	100	10
เนื้อแข็ง	136,300	30	90	120	12
เนื้อแข็งมาก	189,000	40	110	150	15

ตารางที่ 17 สมบัติทางกลของไม้ตามกฎกระทรวงฯ* หน่วยแรง เป็น เมกะปาสกาล(กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

ชนิดไม้	หน่วยแรงดัดและแรงดึง	หน่วยแรงอัดขนานเสี้ยน	หน่วยแรงอัดขวางเสี้ยน	หน่วยแรงเฉือนขนานเสี้ยน
ไม้เนื้ออ่อน	8 (80)	6 (60)	1.6 (16)	0.8 (8)
ไม้เนื้อปานกลาง	10 (100)	7.5 (75)	2.2 (22)	1 (10)
ไม้เนื้อแข็ง	12 (120)	9 (90)	3 (30)	1.2 (12)

หมายเหตุ (*) กฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 (กฎกระทรวงฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540 และกฎกระทรวง ฉบับที่ 60 พ.ศ. 2549 ข้อ 14 ซึ่งถูกยกเลิกโดย กฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 แต่ไม่ปรากฏเรื่องนี้ กอปรกับหลายข้อ ในกฎกระทรวงทั้งสองฉบับมีหมายเหตุ ฯลฯ กำหนดตามหลักเกณฑ์ที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา เชื่อว่าในอนาคต ย่อมมีกฎกระทรวง หรือประกาศกระทรวงประกาศบังคับใช้ ในเรื่องต่าง ๆ อีกไม่น้อย ตามที่หมายเหตุไว้

ตารางที่ 18 ชั้นคุณภาพของคอนกรีตตามมาตรฐาน วสท.วิธีหน่วยแรงงาน ข้อ 13.2 ตารางที่ 13.1 และมยผ. 1101 ข้อ 4.6.1 ตารางที่ 3

ชนิดคอนกรีต	กำลังอัดประลัยต่ำสุดของแท่งตัวอย่างมาตรฐานที่ 28 วัน เมกะปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	
	ลูกบาศก์ 150x150x150 มิลลิเมตร	ทรงกระบอก ϕ 150x-300 มิลลิเมตร
ค 1	18.6 (190)	14.7 (150)
ค 2	20.6 (210)	17.7 (180)
ค 3	23.5 (240)	20.6 (210)
ค 4	27.5 (280)	23.5 (240)
ค 5	31.4 (320)	27.5 (280)
ค 6	34.3 (350)	29.4 (300)
ค 7	37.3 (380)	31.4 (320)
ค 8	39.2 (400)	34.3 (350)*
ค 9	41.2 (420)	37.3 (380)*
ค 10	44.1 (450)	39.2 (400)*
ค 11	49.1 (500)	44.1 (450)*

* ในประเด็นสำคัญการแก้ไข และตารางที่ 4.1 ไม่ปรากฏคอนกรีตที่กำลังสูงกว่าชั้น ค 7

ตารางที่ 19 ชั้นคุณภาพ และกำลังอัดประลัยของคอนกรีตตามมอก. 213 ตารางที่ 1 ข้อ 3.3

ชั้นคุณภาพ	กำลังต้านทานแรงอัด แท่งตัวอย่างมาตรฐานที่ 28 วัน (เมกะปาสกาล)	
	ทรงกระบอก ϕ 150x-300 มิลลิเมตร	ลูกบาศก์150x150x150 มิลลิเมตร
C 15/18	15.0	18.0
C18/21	18.0	21.0
C 21/24	21.0	24.0
C 24/28	24.0	28.0
C 25/30	25.0	30.0
C 28/32	28.0	32.0
C 30/35	30.0	35.0
C 32/38	32.0	38.0
C 35/40	35.0	40.0
C 38/42	38.0	42.0
C 40/45	40.0	45.0
C 45/50	45.0	50.0
C 50/55	50.0	55.0

หมายเหตุ ข้อ 3.2 กำหนดคอนกรีตแบ่งตามชนิดของวัสดุประสาน ทกประเภท คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมแร่ผสมเพิ่ม ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลานผสมแร่ผสมเพิ่ม ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก และปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกผสมแร่ผสมเพิ่ม

ตารางที่ 20 สมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบชั้นคุณภาพ SR 24 (มอก. 20-2559) และเหล็กข้ออ้อยตาม มอก. 24-2559

ชั้นคุณภาพ (2)	ความเค้นสูงสุด	การทดสอบหาแรงเค้นดึง		การทดสอบการตัดโค้งเย็น	
		ความเค้นดึงที่จุดครากเมกะปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)	ความยืดไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	มุมตัดโค้งเย็น (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในส่วนโค้งจำนวนเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SR 24	385 (39)	235 (24)	21	180	1.5 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
D 30 ⁽¹⁾	480 (49)	295 (30)	17	180	3 เท่า (ขนาดไม่เกิน 16) 4 เท่า (โตกว่า 16)
SD 40	560 (57)	390 (40)	15 ⁽³⁾	180	5 เท่า (ทุกขนาด)
SD 50	620 (63)	490 (50)	13	90	5 เท่า (ขนาดไม่เกิน 25) 6 เท่า (โตกว่า 25)

หมายเหตุ (1) เหล็กข้ออ้อยที่มีสัญลักษณ์ SD 30 เป็นเหล็กกล้าชนิดที่มีธาตุถ่านอยู่อย่างธรรมดา (ปัจจุบันเลิกผลิต) ส่วนเหล็กที่มีสัญลักษณ์ SD 40 และ SD 50 เป็นเหล็กกล้าชนิดที่มีธาตุอื่นผสมอยู่น้อย

(2) "T" เฉพาะเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (Heat treatment) ระหว่างผลิต

(3) เหล็ก SD 40 Super Ductile ที่มีจำหน่าย ระบุความเค้นดึงที่จุดคราก ความเค้นดึงสูงสุด 390 และ 560 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ความยืดไม่น้อยกว่า ร้อยละ 18

ตารางที่ 21 เหล็กข้ออ้อยที่ต่อหากันเพื่อต้านทานแรงดึง หรือแรงอัดตาม วสท. ความยาวระยะทาบตาม วสท. 17.1.2.2 หน่วยเป็น เซนติเมตร

เหล็กเสริม	ชั้นคุณภาพ	เหล็กอื่นนอกเหนือจากเหล็กบน	เหล็กบน
เหล็กต้านทานแรงดึง I_{ac}	SD 30	$30 \cdot D \geq 30$	$1.3 \cdot 30 \cdot D \geq 30$
	SD 40	$35 \cdot D \geq 30$	$1.3 \cdot 35 \cdot D \geq 30$
	SR 24	$2 \cdot 30 \cdot D \geq 2 \cdot 30$	$2 \cdot 1.3 \cdot 30 \cdot D \geq 2 \cdot 30$
เหล็กต้านทานแรงอัด I_{ac} $f_c' \geq 210 \text{ ksc}$ (หรือ $f_c' < 210 \text{ ksc}$)*	ASTM A305	$15 \cdot D \geq 20$ ($1.3 \cdot 15 \cdot D \geq 1.3 \cdot 20$)	
	ASTM A408	$17 \cdot D \geq 20$ ($1.3 \cdot 17 \cdot D \geq 1.3 \cdot 20$)	
	SR 24	$2 \cdot 1.3 \cdot 30 \cdot D \geq 2 \cdot 30$ ($1.3 \cdot 2 \cdot 30 \cdot D \geq 1.3 \cdot 2 \cdot 30$)	

หมายเหตุ วสท. 17.1.2.2 (4) ความยาวระยะฝังเพิ่ม สำหรับเหล็กเส้นของมาตรฐานต้านทานแรงดึง ให้ลดความยาวระยะฝังเพิ่มลงได้ครึ่งหนึ่ง จากความยาวระยะฝังเพิ่มสำหรับเหล็กข้ออ้อย และเหล็กเส้นกลมต้านทานแรงดึง แต่ต้องไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร สำหรับเหล็กข้ออ้อย และไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร สำหรับเหล็กเส้นกลม ตามลำดับ

ตารางที่ 22 ความยาวระยะทาบตาม วสท. 17.1.2.2 หน่วยเป็น เซนติเมตร

ระยะทาบเหล็กเสริมด้านทานแรงดึง เหล็กอื่น

กำลังอัดประลัย คอนกรีต กิโลกรัมต่อ ตารางเซนติเมตร	เส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม, มิลลิเมตร และความยาวรอยทาบ (ระยะทาบ), เซนติเมตร													
	RB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	DB
ตารางเซนติเมตร	6	9	10	12	12	15	16	19	20	25	25	28	28	32
SR 24 2400	60	60	-	72	-	90	-	114	-	150	-	168	-	-
SD 30 3,000	-	-	30	-	36	-	48	-	60	-	75	-	84	96
SD 40 4,000	-	-	35	-	42	-	56	-	70	-	88	-	98	112

ระยะทาบเหล็กเสริมด้านทานแรงดึง เหล็กบน

กำลังอัดประลัย คอนกรีต กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร	เส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม, มิลลิเมตร และความยาวรอยทาบ (ระยะทาบ), เซนติเมตร													
	RB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	DB
ตารางเซนติเมตร	6	9	10	12	12	15	16	19	20	25	25	28	28	32
SR 24 2400	60	70	-	94	-	117	-	148	-	195	-	218	-	-
SD 30 3,000	-	-	39	-	39	-	48	-	60	-	75	-	84	96
SD 40 4,000	-	-	46	-	55	-	73	-	91	-	114	-	127	146

ระยะทาบสำหรับเหล็กเสริมด้านทานแรงอัด (กำลังอัดคอนกรีต 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขึ้นไป)

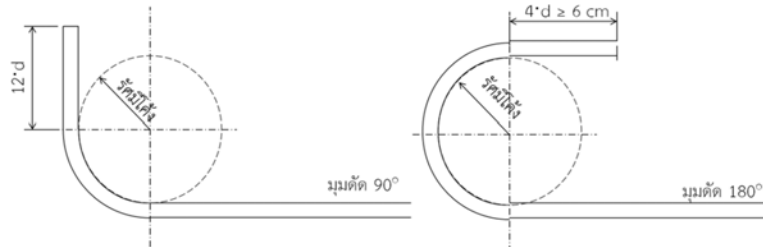
กำลังอัดประลัย คอนกรีต กิโลกรัม ต่อตาราง เซนติเมตร	เส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม, มิลลิเมตร และความยาวรอยทาบ (ระยะทาบ), เซนติเมตร													
	RB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	DB
ตารางเซนติเมตร	6	9	10	12	12	15	16	19	20	25	25	28	28	32
SR 24 2400	60	60	-	60	-	60	-	60	-	75	-	84	-	-
SD 30 3,000	-	-	30	-	30	-	30	-	30	-	38	-	42	48
SD 40 4,000	-	-	30	-	30	-	30	-	34	-	43	-	48	54

ระยะทาบสำหรับเหล็กเสริมด้านทานแรงอัด (กำลังอัดคอนกรีตต่ำกว่า 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ขึ้นไป)

กำลังอัดประลัย คอนกรีต กิโลกรัม ต่อตาราง เซนติเมตร	เส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม, มิลลิเมตร และความยาวรอยทาบ (ระยะทาบ), เซนติเมตร													
	RB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	DB
ตารางเซนติเมตร	6	9	10	12	12	15	16	19	20	25	25	28	28	32
SR 24 2400	78	78	-	78	-	78	-	78	-	78	-	84	-	-
SD 30 3,000	-	-	20	-	23	-	31	-	39	-	49	-	55	62
SD 40 4,000	-	-	30	-	30	-	35	-	44	-	55	-	62	71

ตารางที่ 23 สมบัติทางกลของเหล็กรูปพรรณตาม มอก. 1227 พ.ศ. 2539 เปรียบเทียบกับเหล็กตามมาตรฐาน JIS ซึ่งผลิตจำหน่ายในประเทศไทย

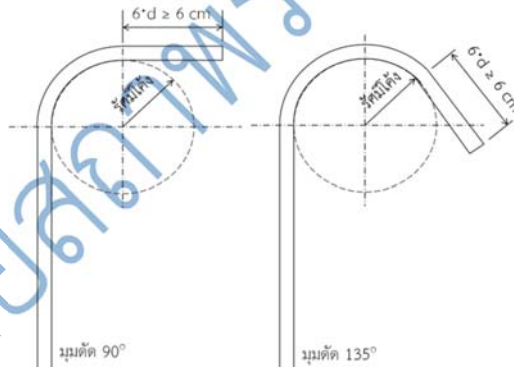
มาตรฐาน	เกรด	กำลังครากต่ำสุด (กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร)		กำลังต้านทานแรงดึง (กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร)	การใช้งาน
		หนาไม่ เกิน 16 มิลลิเมตร	หนา มากกว่า 16 มิลลิเมตร		
มอก. 1227	SM400	2,450	2,350	4,000 - 5,100	เหล็กรีดร้อน โครงสร้างใช้วิธีเชื่อม
	SM490	3,250	2,450	4,900 - 6,100	
	SM520	3,650	2,450	5,200 - 6,400	
	SM570	4,600	2,450	5,700 - 7,200	
	SS400	2,450	2,350	4,000 - 5,100	เหล็กรีดร้อน โครงสร้างทั่วไป
	SS490	2,850	2,750	4,900 - 6,100	
	SS540	4,000	3,900	5,400 ขึ้นไป	
JIS G3103	SS400	2,450	2,350	4,000 - 5,100	เหล็กรีดร้อน โครงสร้างใช้วิธีเจาะรู
	SS490	2,850	2,750	4,900 - 6,100	
	SS540	4,000	3,900	5,400 ขึ้นไป	
JIS G3106	SM490A	2,450	2,350	4,000 - 5,100	เหล็กรีดร้อน โครงสร้างใช้วิธีเชื่อม
	SM490B	2,450	2,350	4,000 - 5,100	
	SM490A	3,250	3,150	4,900 - 6,100	
	SM490B	3,250	3,150	4,900 - 6,100	
	SM490YA	3,650	3,550	4,900 - 6,100	
JIS 3444	STK400	2,350 - 2,450		4,000 - 5,100	เหล็กกล่อง โครงสร้าง ทั่วไป
	STK490	3,150 - 3,250		4,900 - 6,100	
JIS G3466	STKR400	2,350 - 2,450		4,000 - 5,100	เหล็กกล่อง โครงสร้าง ทั่วไป
	STKRB490	3,150 - 3,250		4,900 - 6,100	
JIS G3350	SSC400	2,350 - 2,450		4,000 - 5,100	เหล็กขึ้นรูปเย็น โครงสร้างทั่วไป
JIS G3114	SMA490	3,150 - 3,250		4,900 - 6,100	เหล็กรีดร้อน หนัก ร้อนในสภาพ บรรยากาศ



ข้อ งอ	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร), ความยาวของส่วนที่ยื่นเลยออกไป (เซนติเมตร) และรัศมีโค้งในต่ำสุดของงอ													
	RB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	DB
	6	9	10	12	12	15	16	19	20	25	25	28	28	32
90°	7.2	10.8	12.0	14.4	14.4	18.0	19.2	22.8	24.0	30.0	30.0	33.6	33.6	38.4
	5-D	5-D	5-D	5-D	5-D	5-D	5-D	6-D	6-D	6-D	6-D	6-D	6-D	6-D
180°	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.4	7.6	8.0	10.0	10.0	11.2	11.2	12.8
	5-D	5-D	5-D	5-D	5-D	5-D	5-D	6-D	6-D	6-D	6-D	6-D	6-D	6-D

หมายเหตุ "D" คือเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม (มิลลิเมตร)

รูปที่ 3 ของอปลายเหล็กเสริมตาม วสท. 7.1.1 – 7.1.2



ข้อ งอ	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร), ความยาวของส่วนที่ยื่นเลยออกไป (เซนติเมตร) และรัศมีโค้งในต่ำสุดของงอ													
	RB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	RB	DB	DB
	6	9	10	12	12	15	16	19	20	25	25	28	28	32
90°	7.2	10.8	12.0	14.4	14.4	18	19.2	22.8	24.0	30.0	30.0	33.6	33.6	38.4
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
135°	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.4	7.6	8.0	10.0	10.0	11.2	11.2	12.8
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

หมายเหตุ 1. "D" คือเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม (มิลลิเมตร)

2. ในทางปฏิบัติ ไม่ใช่เหล็กปลอกเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 16 มิลลิเมตร เว้นแต่ในโครงสร้างพิเศษ

รูปที่ 4 ของอปลายเหล็กปลอก หรือเหล็กลูกตั้ง ตามวสท. 7.1.1 – 7.1.2

ตารางที่ 23ก ระยะหุ้มต่ำสุดขององค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กตาม วสท. 7.8.1 – 7.8.2

กรณีของคอนกรีตและขนาดเหล็กเสริม	ระยะหุ้ม (เซนติเมตร)
คอนกรีตหล่อในที่	
1. หล่อติดกับดินผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา	7.5
2. สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน	
2.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ขึ้นไป	5.0
2.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	4.0
3. ไม่สัมผัสดินหรือ ไม่ถูกแดดฝน	
3.1 ในแผ่นพื้น ผั้้งและตง	
3.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 44 มิลลิเมตร ขึ้นไป	4.0
3.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	2.0
3.2 ในคาน (เหล็กเสริมหลัก และเหล็กกุดตั้ง)	3.0
3.3 ในเสา (เหล็กปลอกเดี่ยว หรือปลอกเกลียว)	3.5
3.4 ในคอนกรีตเปลือบบาง และพื้นแผ่นพับ	
3.4.1 เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มิลลิเมตร	2.0
3.4.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	1.5
คอนกรีตหล่อในที่	
1. หล่อติดกับดินผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา	7.5
2. สัมผัสดินหรือถูกแดดฝน	
2.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ขึ้นไป	5.0
2.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรและเล็กกว่า	4.0
3. ไม่สัมผัสดินหรือ ไม่ถูกแดดฝน	
3.1 ในแผ่นพื้น ผั้้งและตง	
3.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 44 มิลลิเมตร ขึ้นไป	4.0
3.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	2.0
3.2 ในคาน (เหล็กเสริมหลัก และเหล็กกุดตั้ง)	3.0
3.3 ในเสา (เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว)	3.5
3.4 ในคอนกรีตเปลือบบาง และพื้นแผ่นพับ	
3.4.1 เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มิลลิเมตร	2.0
3.4.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	1.5
คอนกรีตหล่อสำเร็จ (ควบคุมคุณภาพและหล่อคอนกรีตจากโรงงาน)	
1. สัมผัสกับดิน หรือถูกแดดฝน	
1.1 ในแผ่นผนัง	
1.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 44 มิลลิเมตร ขึ้นไป	4.0
1.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	2.0
1.2 ในองค์อาคารชนิดอื่น	
1.2.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 44 มิลลิเมตร ขึ้นไป	5.0
1.2.2 เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มิลลิเมตรถึง 35 มิลลิเมตร	4.0
1.2.3 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรและเล็กกว่า	3.0

ตารางที่ 23ก ระยะเวลาสูงสุดขององค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กตาม วสท. 7.81 - 7.8.2 (ต่อ)

กรณีของคอนกรีตและขนาดเหล็กเสริม	ระยะเวลา (เซนติเมตร)
2. ไม่สัมผัสดินหรือ ไม่ถูกแดดฝน	
2.1 ในแผ่นพื้น ผนัง และตง	
2.1.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 44 มิลลิเมตร ขึ้นไป	3.5
2.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตรและเล็กกว่า	1.5
2.2 ในคาน (เหล็กเสริมหลัก และเหล็กลูกตั้ง)	2.5
2.3 ในเสา (เหล็กปลอกเดี่ยว หรือปลอกเกลียว)	3.0
2.4 ในคอนกรีตเปลือกบาง และพื้นแผ่นพับ	
2.4.1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ขึ้นไป	1.5
2.4.2 เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	1.0
เหล็กเสริมมัดรวมเป็นกำ (Bundle)	
1. ไม่สัมผัสดิน	5.0*
2. หลุดติดกับดิน และผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา	7.5

ตารางที่ 23ข ระยะเวลาสูงสุดขององค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (วสท. 7.8.3)

กรณีของคอนกรีตและขนาดเหล็กเสริม	ระยะเวลา (เซนติเมตร)
เหล็กเสริมมัดรวมเป็นกำ (Bundle)	
1. ไม่สัมผัสดิน	5.0*
2. หลุดติดกับดิน และผิวคอนกรีตสัมผัสดินตลอดเวลา	7.5

หมายเหตุ (*) ค่ามากที่สุด โดยที่ค่าระยะหุ้มต่ำสุดจะเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นเดี่ยวที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับเหล็กทั้งกำรวมกัน (7.8.)

วสท. 7.8.4 ในสภาวะแวดล้อมที่มีการกัดกร่อน หรือที่ต้องสัมผัสกับสภาวะรุนแรงอื่น ๆ ต้องเพิ่มระยะหุ้มให้เหมาะสม และให้พิจารณาถึงการป้องกันคอนกรีตโดยการเพิ่มความหนา ลดความพรุน หรือหาวิธีป้องกันอื่น ๆ

วสท. 7.8.5 การเตรียมการเพื่อต่อเติมในอนาคต ต้องป้องกันการรุกรานของ เหล็กเสริมที่เปลือยหุ้มที่ยังฝังในคอนกรีต และแผ่นเหล็กที่เตรียมไว้สำหรับยึดกับส่วนที่จะต่อเติมในอนาคต

วสท. 7.8.6 เมื่อข้อบัญญัติอื่นที่เกี่ยวข้องกับอาคารได้กำหนดระยะหุ้มเพื่อป้องกันอัคคีภัยไว้หนากว่าระยะหุ้มต่ำสุดที่กำหนดในข้อ 7.8 ให้ใช้ระยะหุ้มค่าที่หนากว่า

ตารางที่ 24 ระยะหุ้มของเหล็กเสริมกรณีโครงสร้างคอนกรีตหล่อในที่ตาม มยผ. 1101

ประเภทงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มของเหล็กเสริมทั่วไป (มิลลิเมตร)
1. คอนกรีตหล่อติดกับดินโดยใช้ดินเป็นแบบ และผิวคอนกรีตสัมผัสผิวดินตลอดเวลาใช้งาน	75
2. คอนกรีตสัมผัสผิวดิน หรือถูกแดดฝน	
เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 16 มิลลิเมตร	50
เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	40
3. คอนกรีตไม่สัมผัสผิวดิน หรือถูกแดดฝน	
- ในแผ่นพื้น ผัง และตง	
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	20
ในคาน - เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้ง	40
ในเสา - เหล็กปลอกเดี่ยว หรือเหล็กปลอกเกลียว	40
4. คอนกรีตที่หล่อในน้ำ	100
ในแผ่นพื้น ผัง และตง	
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	20
ในคาน - เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้ง	40
ในเสา - เหล็กปลอกเดี่ยว หรือเหล็กปลอกเกลียว	40

ตารางที่ 25 ระยะหุ้มของเหล็กเสริมกรณีโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จตาม มยผ. 1101

ประเภทงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มของเหล็กเสริมทั่วไป (มิลลิเมตร)
1. คอนกรีตสัมผัสผิวดิน หรือถูกแดดฝน	
ในผนัง	
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	20
ในองค์อาคารอื่น	
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตรขึ้นไป	50
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 16 มิลลิเมตร ถึง 36 มิลลิเมตร	40
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	30
2. คอนกรีตที่ไม่สัมผัสผิวดิน หรือไม่ถูกแดดฝน	
ในแผ่นพื้น ผัง และตง	
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตรขึ้นไป	30
- เหล็กเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มิลลิเมตร และเล็กกว่า	15
ในคาน - เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้ง	25
ในเสา - เหล็กปลอกเดี่ยว หรือเหล็กปลอกเกลียว	30

อนึ่ง ระยะหุ้มของคอนกรีตตาม มยผ. ต้องให้คอนกรีตป้องกันเหล็กเกิดสนิมได้ตลอดอายุใช้งานของโครงสร้างต้องพิจารณาความคงทนของคอนกรีต ดังนี้

$$C_{min} = \alpha \cdot C_0 \quad (1)$$

โดยที่ C_{min} : ระยะหุ้มน้อยที่สุด
 α : สัมประสิทธิ์ของระยะหุ้ม (ตาราง)
 C_0 : ระยะหุ้มของเหล็กเสริมทั่วไป (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 26 สัมประสิทธิ์ของระยะหุ้ม ตาม มยผ. 1101

อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน	สัมประสิทธิ์ของระยะหุ้ม
มากกว่า 0.65 หรือคอนกรีตที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพให้ดี	1.2
0.45 - 0.65	1
ต่ำกว่า 0.45	0.8

หมายเหตุ (*) ยกเว้น ในกรณีที่มีระยะหุ้มของเหล็กเสริมทั่วไป ต่ำกว่า 20 มิลลิเมตร และกรณีที่ต้องเผชิญกับสภาวะซัลเฟตตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป ให้ใช้ สัมประสิทธิ์ของระยะหุ้ม = 1.0

ตารางที่ ... ความหนาน้อยสุดของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมตามกฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 กฎกระทรวงฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540 กฎกระทรวง ฉบับที่ 60 พ.ศ. 2549

ชนิดของการก่อสร้างและโครงสร้างหลัก	ความหนาน้อยสุดของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริม (มิลลิเมตร)
1. คอนกรีตเสริมเหล็ก	40
1.1 เสาค้ำเหล็กที่มีด้านแคบขนาด 300 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
1.2 เสากลมหรือเสาตั้งแต่ห้าเหลี่ยมขึ้นไปที่มีรูปทรงใกล้เคียงเสากลมซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
1.3 คานและโครงขั้วคานคอนกรีต ขนาดกว้างตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
1.4 พื้นหนาไม่น้อยกว่า 115 มิลลิเมตร	20
2. คอนกรีตอัดแรง	
2.1 คานชนิดตั้งลาดก่อน	75
2.2 คานชนิดตั้งลาดภายหลัง	
(1) กว้าง 200 มิลลิเมตร โดยปลายไม่เหนี่ยวรั้ง (Unrestrained)	115
(2) กว้างตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไปโดยปลายไม่เหนี่ยวรั้ง (Unrestrained)	65
(3) กว้าง 200 มิลลิเมตร โดยปลายเหนี่ยวรั้ง (Restrained)	50
(4) กว้างตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไปโดยปลายเหนี่ยวรั้ง (Restrained)	45
2.3 พื้นชนิดตั้งลาดก่อนที่มีความหนาตั้งแต่ 115 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
2.4 พื้นชนิดตั้งลาดภายหลังที่มีความหนาตั้งแต่ 115 มิลลิเมตรขึ้นไป	
(1) ขอบไม่เหนี่ยวรั้ง (Unrestrained)	40
(2) ขอบเหนี่ยวรั้ง (Restrained)	20
3. เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ	
3.1 เสาค้ำเหล็กขนาด 150 x 150 มิลลิเมตร	50
3.2 เสาค้ำเหล็กขนาด 200 x 200 มิลลิเมตร	40
3.3 เสาค้ำเหล็กขนาดตั้งแต่ 300 x 300 มิลลิเมตรขึ้นไป	25
3.4 คานเหล็ก	20

หมายเหตุ กฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 กฎกระทรวงฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540 กฎกระทรวง ฉบับที่ 60 พ.ศ. 2549

ข้อ 24 โครงสร้างหลักของอาคาร ดังต่อไปนี้ (1) อาคารสำหรับใช้เป็นคลังสินค้า โรงมหรสพ โรงแรม อาคารชุด หรือสถานพยาบาล (2) อาคารสำหรับใช้เพื่อกิจการพาณิชย์กรรม การอุตสาหกรรม การศึกษา การสาธารณสุขหรือสำนักงานหรือที่ทำการที่มีความสูงตั้งแต่สามชั้นขึ้นไป และมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตร (3) อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นหอประชุม ให้ก่อสร้างด้วยวัสดุทนไฟที่มีลักษณะและคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

ในกรณีโครงสร้างหลักมีขนาดระหว่างขนาดที่กำหนดในตาราง ให้คำนวณหาความหนาแน่นสุดของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมหรือคอนกรีตหุ้มเหล็กโดยวิธีเทียบอัตราส่วน

ในกรณีโครงสร้างหลักก่อสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กหรือคอนกรีตอัดแรงที่มีขนาดหรือมีความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมหรือคอนกรีตหุ้มเหล็กน้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางข้างต้นจะต้องใช้วัสดุอื่นหุ้มเพิ่มเติมหรือต้องป้องกันโดยวิธีอื่นเพื่อช่วยให้เสาหรือคานมีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสามชั่วโมง และตงหรือพื้นต้องมีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง โดยจะต้องมีเอกสารรับรองอัตราการทนไฟจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต

ในกรณีโครงสร้างหลักที่เป็นเสาหรือคานที่ก่อสร้างด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ไม่ได้ใช้คอนกรีตหุ้ม ต้องป้องกันโดยวิธีอื่นเพื่อให้มีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสามชั่วโมง โดยจะต้องมีเอกสารรับรองอัตราการทนไฟจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต

โครงหลังคาของอาคารตามวรรคหนึ่งที่ก่อสร้างด้วยเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ไม่ได้ใช้คอนกรีตหุ้ม หากอาคารดังกล่าวเป็นอาคารชั้นเดียว โครงหลังคาต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง และหากเป็นอาคารตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป โครงหลังคาต้องมีอัตราการทนไฟไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง โดยจะต้องมีเอกสารรับรองอัตราการทนไฟจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต

โครงหลังคาของอาคารตามวรรคหนึ่งในกรณีดังต่อไปนี้ ไม่ต้องมีอัตราการทนไฟตามที่กำหนดฯ ก็ได้ (1) เป็นโครงหลังคาของอาคารที่มีพื้นที่อาคารรวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันไม่เกิน 1,000 ตารางเมตร เว้นแต่โรงแรมมหรสพสถานพยาบาล หรือหอประชุม (2) เป็นโครงหลังคาของอาคารที่อยู่สูงจากพื้นอาคารเกิน 8.00 เมตร และอาคารนั้นมีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ หรือมีการป้องกันความร้อนหรือระบบระบายความร้อน มิให้เกิดอันตรายต่อโครงหลังคา

วิธีการทดสอบอัตราการทนไฟตามวรรคสาม วรรคสี่ และวรรคห้าให้เป็นไปตามมาตรฐานไอเอสโอ 834 (ISO 834) หรือมาตรฐานเอเอสทีเอ็ม อี 119 (ASTM E 119)”

กฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ออกโดยอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฯ ข้อ 22 ถึงข้อ 24 กำหนดเรื่องระยะหุ้ม (ดูตารางที่ 32) แต่ไม่ได้ให้ค่าระยะหุ้มดังในตารางนี้

น้ำหนัก หรือแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง หรืออาคารในสภาวะใช้งานต่าง ๆ ปกติจะใช้ตามกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2544 หรืออื่น ๆ แล้วแต่กรณี โดยหน่วยน้ำหนักที่ระบุในกฎหมายที่กล่าวประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุกจรต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) นอกจากนั้นยังหมายรวมถึง แรงลม ตัวคูณประกอบแรง (Load factors) ส่วนปลอดภัย (Factor of safety) หรือน้ำหนักปลอดภัยของดิน และเสาเข็ม

ตารางที่ 27 ถึง ตารางที่ 29 แสดงหน่วยน้ำหนัก อัตราการลดหน่วยน้ำหนักบรรทุกจรบนพื้นที่แต่ละชั้น และแรงลม ตามกฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566

ตารางที่ 30 และตารางที่ 31 แสดงหน่วยแรงลม ตามกฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566

ตารางที่ 32 แสดงอัตราค่าตอบแทนของวัสดุไม่ติดไฟที่ใช้ก่อสร้างโครงสร้างหลักของอาคารตามกฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ตามลำดับ ดังนี้

ตารางที่ 27 นำหน้าบทบรรทึกของอาคารแต่ละประเภทตามกฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 11 และข้อ 12

ประเภทการใช้อาคาร และส่วนต่าง ๆ ของอาคาร		น้ำหนักบรรทุก					
ประเภทการใช้อาคาร	ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร	(กิโลกรัมต่อตารางเมตร)					
1. กลุ่มชุมนุม	ห้องสมุด หอสมุด หอประชุม โรงมหรสพ ห้องบรรยาย ภัตตาคาร สถานบริการ ศาสนสถาน	(1) พื้นที่ชุมนุมชน ห้องประชุม - ที่นั่งยึดติดกับพื้น - ที่นั่งไม่ยึดติดกับพื้น	300 400				
		(2) ห้องโถง บันได ช่องทางเดิน	500				
		(3) เวทีและลานแสดง	500				
		(4) ห้องสมุดและหอสมุด - ห้องหนังสือ - ห้องอ่านหนังสือที่มีชั้นวางหนังสือ - ห้องเก็บหนังสือ	300 400 600				
		โรงกีฬา สนามกีฬา สนามนันทนาการ อัฒจันทร์ พิพิธภัณฑสถาน หอศิลป์	(1) ลานที่นั่งยึดติดพื้น (2) แกวที่นั่งอัฒจันทร์ ที่นั่งกลางแจ้ง (3) โรงกีฬา สนามกีฬา พิพิธภัณฑสถาน (4) เวทีและลานแสดง (5) ห้องโถง บันได ช่องทางเดิน	300 500 500 500 500			
	2. กลุ่มสำนักงานธุรกิจ และกลุ่มพาณิชย์กรรม	สำนักงาน ธนาคาร	(1) พื้นี่สำนักงาน (2) ห้องโถง บันได ช่องทางเดิน (3) ห้องเมนเฟรมคอมพิวเตอร์ (4) ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	250 300 500 500			
			อาคารพาณิชย์ ตลาด ห้างสรรพสินค้า	(1) พื้นี่ขายปลีก (2) พื้นี่ขายส่ง (3) ห้องโถง (4) บันได ช่องทางเดิน (5) พื้นี่เก็บของ	400 500 500 400 500		
				ตึกแถว ห้องแถว	(1) ส่วนที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ (2) บันได ช่องทางเดิน (3) ส่วนที่พักอาศัย	300 300 200	
					3. กลุ่มการศึกษา	สถานศึกษา โรงเรียนกวดวิชา	(1) ห้องเรียน (2) ห้องเรียนรวม ห้องบรรยาย (3) ห้องทำงาน ห้องเจ้าหน้าที่ (4) ห้องทดลอง ห้องครัว ห้องซักล้าง

ประเภทการใช้อาคาร และส่วนต่าง ๆ ของอาคาร		น้ำหนักบรรทุกจร	
ประเภทการใช้อาคาร	ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร	(กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	
	(5) ห้องโถง บันได ช่องทางเดิน	400	
	(6) ห้องคอมพิวเตอร์	250	
	(7) ห้องเมนเฟรมคอมพิวเตอร์	500	
	(8) ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	500	
4. กลุ่มพยาบาล	สถานพยาบาล	(1) ห้องพักคนไข้พิเศษ ของโรงพยาบาล	200
		(2) ห้องทำงาน ห้องเจ้าหน้าที่	250
		(3) ห้องพักรักษาผู้ป่วยรวม	300
		(4) ห้องฉายรังสี ห้องผ่าตัด ห้องเครื่องมือ	300
		(5) ห้องทดลอง ห้องครัว ห้องซักล้าง	300
		(6) ห้องโถง บันได ช่องทางเดิน	400
5. กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม	โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ คลังสินค้า โรงฝึกงาน โกดังเก็บของ	(1) พื้นที่เก็บของ คลังสินค้า	500
		(2) พื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม	500
6. กลุ่มอยู่อาศัย	บ้านพักอาศัย	(1) ห้องต่าง ๆ	200
		(2) ระเบียง บันได	200
	โรงแรม อาคารชุด หอพัก อาคารอยู่อาศัยรวม	(1) ห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องน้ำ ห้องแต่งตัว	200
		(2) ห้องทำงาน พื้นที่สำนักงาน	250
		(3) พื้นที่ให้บริการ เช่น ห้องอาหาร ภัตตาคาร ห้องครัว ห้องซักล้าง ห้องสโมสรม ห้องสนทนา การ ห้องรับประทานอาหาร ห้องจำหน่ายสินค้า	400
		(4) ห้องโถง บันได ช่องทางเดิน	400
		(5) พื้นที่เก็บของ	500
7. กลุ่มอื่น ๆ		(1) ลานจอดรถและเก็บรถยนต์ - รถยนต์นั่งไม่เกินเจ็ดคน และรถจักรยานยนต์ - รถยนต์โดยสารอื่น - รถยนต์บรรทุกทุกประเภท	300 800 800
		(2) บันไดหนีไฟ	400
		ทั้งนี้ ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า น้ำหนักบรรทุกจรของบันไดในกลุ่มอาคารที่พิจารณา	

ประเภทการใช้อาคาร และส่วนต่าง ๆ ของอาคาร		น้ำหนักบรรทุกจร
ประเภทการใช้อาคาร	ส่วนต่าง ๆ ของอาคาร	(กิโลกรัมต่อตารางเมตร)
	(3) ทางเดินเชื่อมระหว่าง อาคาร	500
	(4) พื้นที่เดินร่า	500
	(5) หลังคา 50 (6) กันสาดคอนกรีต	100
	(7) คาดฟ้า	200

หมายเหตุ (1) ข้อ 12 การออกแบบ และคำนวณ หากปรากฏว่าพื้นที่ส่วนใดต้องรับน้ำหนักเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ หรือน้ำหนักบรรทุกจรอื่น ๆ ที่มีค่ามากกว่าน้ำหนักบรรทุกจรตามที่กำหนดไว้ในข้อ 11 ให้ใช้น้ำหนักบรรทุกจรค่าที่มากกว่า เฉพาะส่วนที่ต้องรับน้ำหนักเพิ่มขึ้น

(2) กฎกระทรวงฯ ฉบับที่ 65 (พ.ศ. 2558) ข้อ (6) การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ของระบบผลิตไฟฟ้า พลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารอยู่อาศัยที่มีขนาดพื้นที่ติดตั้งไม่เกิน 160 ตารางเมตร และมีน้ำหนักรวมไม่เกิน 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยต้องมีผลการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงที่กระทำและรับรองโดยวิศวกรโยธาตามกฎหมายว่า ด้วยวิศวกรว่าสามารถติดตั้งได้อย่างปลอดภัย และแจ้งให้เจ้าพนักงานท้องถิ่นทราบก่อนดำเนินการ”

เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ หรือน้ำหนักบรรทุกจรอื่น ๆ ที่มีค่ามากกว่าน้ำหนักบรรทุกจร ตามที่กำหนด ได้แก่ หน่วยน้ำหนักคงที่ของวัสดุก่อสร้าง อาทิ วัสดุก่อ ผนัง ฝ้าเพดาน กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องมุงหลังคา วัสดุตกแต่งพื้นผิว หรือหน่วยน้ำหนักจรที่ใช้เฉพาะกรณี อาทิ น้ำหนักอุปกรณ์ เครื่องจักร สินค้า ยวดยานพาหนะ ผู้คำนวณออกแบบควรระบุหน่วย น้ำหนัก ดังกล่าว และแหล่งที่มา ได้แก่ มาตรฐานออกแบบเอกสาร ตำรา คู่มือ เอกสาร หรือคู่มือสินค้าออกโดยผู้ผลิต หรือจำหน่าย เพื่อแสดงรายละเอียด และข้อมูลจำเพาะของวัสดุ ในกรณีที่ทราบน้ำหนัก อาทิ อาทิ “เครื่องจักรหนัก 8 ตัน” ก็ควรแสดงขนาดมิติของเครื่องจักร ดังกล่าว และการถ่ายน้ำหนักรวมถึงกล่าวลงสู่องค์อาคาร หรือโครงสร้าง

ตารางที่ 28 การลดน้ำหนักบรรทุกจรบนพื้นลงได้ตามสัดส่วนชั้นของอาคาร ตามกฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้าง อาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 13

การรับน้ำหนักของพื้น	อัตราลดน้ำหนักบรรทุกจร บนพื้นแต่ละชั้น (ร้อยละ)
(1) หลังคา หรือคาดฟ้า	0
(2) ชั้นที่หนึ่งถัดจากหลังคา หรือคาดฟ้า	0
(3) ชั้นที่สองถัดจากหลังคา หรือคาดฟ้า	0
(4) ชั้นที่สามถัดจากหลังคา หรือคาดฟ้า	10
(5) ชั้นที่สี่ถัดจากหลังคา หรือคาดฟ้า	20
(6) ชั้นที่ห้าถัดจากหลังคา หรือคาดฟ้า	30
(7) ชั้นที่หกถัดจากหลังคา หรือคาดฟ้า	40
(8) ชั้นที่เจ็ดถัดจากหลังคา หรือคาดฟ้า และชั้นต่อไป	50

หมายเหตุ (1) การคำนวณน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงฐานราก เสา กำแพง ให้ใช้น้ำหนักบรรทุกคงที่ของอาคารเต็มอัตรา

(2) ในกรณีที่มีการลดน้ำหนักบรรทุกจรในส่วนต่าง ๆ ของอาคารนอกจากที่กำหนดในวรรคหนึ่ง ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา หรือ หลักเกณฑ์ในเรื่องดังกล่าวที่จัดทำโดยส่วนราชการอื่นที่มีหน้าที่และอำนาจในเรื่องนั้น

เมื่อมีการลดน้ำหนักบรรทุกทุกจุดตามวรรคสองแล้ว มิให้นำผลการลดน้ำหนักดังกล่าวมาใช้กับ การลดน้ำหนักบรรทุกตามจำนวนชั้นฯ อีก

(3) ข้อ 14 อาคารและส่วนต่าง ๆ ของอาคารดังต่อไปนี้ มิให้ลดน้ำหนักบรรทุกตามข้อ 13 (1) โรงมหรสพ ห้องประชุม หอประชุม ห้องสมุด หอสมุด พิพิธภัณฑ์ อิมจันทร์ คลังสินค้าโรงงานอุตสาหกรรม สถานศึกษา โรงเรียนกวดวิชา สถานพยาบาล ลานจอด หรือเก็บรถยนต์ หรือรถจักรยานยนต์ (2) ส่วนของอาคารที่มีน้ำหนักบรรทุกไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 29 การเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจากการสั่นสะเทือน หรือแรงกระแทก ตามกฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 15 และข้อ 16

ประเภท ชนิดโครงสร้าง	ให้เพิ่มน้ำหนักบรรทุก อื่กร้อยละ
(1) โครงสร้างที่รองรับลิฟต์ ระบบลิฟต์ และกวาง	100
(2) โครงสร้างรองรับเครื่องจักรกลขนาดเบา เครื่องจักรขับเคลื่อนด้วยเพลลา หรือมอเตอร์	20
(3) โครงสร้างที่รองรับเครื่องจักรระบบลูกสูบ หรือเครื่องกำเนิดกำลัง	50
(4) โครงสร้างรับพื้น หรือระเบียงในลักษณะแฉวน	33

หมายเหตุ ข้อ 15 การคำนวณแรงกระแทกที่อาจเกิดจากเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือน้ำหนักบรรทุก ที่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน หรือแรงกระแทก ให้เพิ่มน้ำหนักบรรทุกขึ้นตามความเป็นจริง ตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา หรือหลักเกณฑ์ ในเรื่องดังกล่าวที่จัดทำโดยส่วนราชการอื่นที่มีหน้าที่และอำนาจในเรื่องนั้น

ตารางที่ 30 หน่วยแรงลมสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบเมือง หรือชานเมือง ตามกฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 17 ตารางที่ - 1

ส่วนของอาคาร	หน่วยแรงลม กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (กิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร)
(1) สูงไม่เกิน 10 เมตร	0.6 (60)
(2) สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	0.8 (80)
(3) สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.2 (120)

หมายเหตุ การออกแบบ และคำนวณโครงสร้างหลักของอาคารตามวรรคหนึ่ง ซึ่งมีรูปทรงสี่เหลี่ยม หรือคล้ายสี่เหลี่ยมที่มีความสูงไม่เกิน 40 เมตร และมีความสูงไม่เกินสามเท่าของความกว้างที่น้อยที่สุดของ อาคาร อาจใช้หน่วยแรงลมตามสภาพภูมิประเทศไม่น้อยกว่าอัตราในตารางที่ - 1 หรือตารางที่ - 2 แล้วแต่กรณี ส่วนอาคารสาธารณะที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตรขึ้นไป และมีลักษณะของอาคาร ดังกล่าวข้างต้น ให้เพิ่มค่าหน่วยแรงลมตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ - 1 หรือตารางที่ - 2 อื่กร้อยละ 15 แล้วแต่กรณี

ตารางที่ 31 หน่วยแรงลมสำหรับสภาพภูมิประเทศแบบโล่งหรือชายฝั่งทะเล ตามกฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 17 ตารางที่ - 2

ส่วนของอาคาร	หน่วยแรงลม กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (กิโลกรัมแรงต่อตารางเมตร)
(1) ส่วนของอาคารที่สูงไม่เกิน 10 เมตร	1.0 (100)
(2) ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 10 เมตร แต่ไม่เกิน 20 เมตร	1.2 (120)
(3) ส่วนของอาคารที่สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร	1.6 (160)

หมายเหตุ การออกแบบ และคำนวณโครงสร้างหลักของอาคารตามวรรคหนึ่ง ซึ่งมีรูปทรงสี่เหลี่ยม หรือคล้ายสี่เหลี่ยมที่มีความสูงไม่เกิน 40 เมตร และมีความสูงไม่เกินสามเท่าของความกว้างที่น้อยที่สุดของ อาคาร อาจใช้หน่วยแรงลมตามสภาพภูมิประเทศไม่น้อยกว่าอัตราในตารางที่ - 1 หรือตารางที่ - 2 แล้วแต่กรณี ส่วนอาคารสาธารณะที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตรขึ้นไป และมีลักษณะของอาคาร ดังกล่าวข้างต้น ให้เพิ่มค่าหน่วยแรงลมตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ - 1 หรือตารางที่ - 2 อีกร้อยละ 15 แล้วแต่กรณี

ตารางที่ 32 อัตราการทนไฟของวัสดุไม่ติดไฟที่ใช้ก่อสร้างโครงสร้างหลักของอาคารตามกฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 ข้อ 22 และข้อ 23

ส่วนของอาคาร	อัตราการทนไฟไม่น้อยกว่า
(1) ชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 4 จากชั้นบนสุดของอาคาร โครงสร้างหลักที่เป็นเสา กำแพง รั้วน้ำหนัก กำแพงรับแรงเฉือน คาน ตง และพื้น	ไม่น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง
เว้นแต่อาคารที่ใช้เป็นสถานที่กักเก็บเชื้อเพลิงหรือวัสดุลามไฟ อาคารสูง โรงมหรสพ สถานพยาบาล อาคารสำหรับใช้เพื่อกิจการสาธารณสุข และอาคารสำหรับใช้เพื่อกิจการการศึกษา	ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง
(2) ชั้นที่ 5 ถึงชั้นที่ 14 จากชั้นบนสุดของอาคาร โครงสร้างหลักที่เป็นเสา กำแพง รั้วน้ำหนัก กำแพงรับแรงเฉือน คาน ตง และพื้น	ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง
(3) ชั้นที่ 15 จากชั้นบนสุดของอาคารลงมา และชั้นใต้ดิน โครงสร้างหลักที่เป็นเสา กำแพงรับน้ำหนัก กำแพงรับแรงเฉือน และคาน สำหรับตง และพื้น	ไม่น้อยกว่าสามชั่วโมง
(4) โครงสร้างหลังคาของอาคาร ต้องมีอัตราการทนไฟ	ไม่น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง
เว้นแต่ โครงสร้างหลังคาดังต่อไปนี้	
(ก) โครงสร้างหลังคาของอาคารที่มีพื้นที่อาคารรวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันไม่เกิน 1,000 ตารางเมตร เว้นแต่โรงมหรสพ สถานพยาบาล หรือหอประชุม	ไม่ต้องมีอัตราการทนไฟ
(ข) โครงสร้างหลังคาของอาคารที่อยู่สูงจากพื้นอาคารเกิน 8.00 เมตร และอาคารนั้น มีระบบดับเพลิงอัตโนมัติ หรือมีการป้องกันความร้อน หรือระบบระบายความร้อน มิให้เกิดอันตรายต่อโครงหลังคา	ไม่ต้องมีอัตราการทนไฟ

หมายเหตุ 1. ข้อ 21 ส่วนประกอบของช่องทางหนีไฟ หรือโครงสร้างหลักสำหรับอาคารที่มีความสูงเกินสามชั้น ต้องเป็นวัสดุไม่ติดไฟ

2. ข้อ 22 โครงสร้างหลักของอาคารดังต่อไปนี้ ให้ก่อสร้างด้วยวัสดุไม่ติดไฟที่มีอัตราการทนไฟ ตามที่กำหนด
 ในข้อ 23 (1) อาคารสำหรับใช้เป็นคลังสินค้า โรงมหรสพ โรงแรม อาคารชุด หรือสถานพยาบาล (2) อาคารสำหรับใช้เพื่อ
 กิจกรรมพาณิชย์กรรม การอุตสาหกรรม การศึกษา การสาธารณสุข ซึ่งมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลัง
 เดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตร (3) สำนักงานหรือที่ทำการที่มีความสูงตั้งแต่สามชั้นขึ้นไป ซึ่งมีพื้นที่รวมกันทุกชั้น หรือ
 ชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตร (4) อาคารสูง อาคารขนาดใหญ่พิเศษ อาคารขนาดใหญ่ หรืออาคาร
 หรือส่วนหนึ่งส่วนใด ของอาคารที่ใช้เป็นหอประชุม

3. ข้อ 24 การก่อสร้างโครงสร้างหลักเพื่อให้ได้อัตราการทนไฟตามข้อ 23 ให้ใช้คอนกรีต หุ้มโครงสร้างหลัก
 โดยระยหุ้ม ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา
 หรือหลักเกณฑ์ในเรื่องดังกล่าวที่จัดทำโดยส่วนราชการอื่นที่มีหน้าที่ และอำนาจในเรื่องนั้น

ในกรณีที่ไม่ใช่การป้องกันไฟโดยใช้คอนกรีตหุ้ม หรือระยหุ้มน้อยกว่าที่กำหนดในวรรคหนึ่ง ต้องมีเอกสาร
 รับรองอัตราการทนไฟจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต โดยวิธีการทดสอบ อัตราการทนไฟ ให้เป็นไปตามที่
 รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

5. แรง ตัวคูณประกอบแรง และการรวมแรง

กำลังขององค์อาคารขึ้นอยู่กับน้ำหนัก หรือแรงต่าง ๆ (W_i) ซึ่งอาจกระทำต่อองค์
 อาคารอย่างอิสระต่างกรณี หรือกระทำร่วมกัน นัยสำคัญของน้ำหนักหรือแรงต่าง ๆ อธิบายโดย
 ตัวคูณประกอบแรง (Load factors, γ_i) ผลลัพธ์กรณีแรงหลายแรงกระทำต่อองค์อาคาร
 ร่วมกัน หรือพร้อมกัน (Combination of forces or loads) เรียกแรงรวม (U_i)

$$U_i = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot W_i \quad (2)$$

ทั้งตัวคูณประกอบแรง และการรวมแรงกำหนดโดยกฎหมาย หรือมาตรฐานออกแบบ
 ซึ่งเป็นผลการศึกษาวิจัยเชิงสถิติ หากมีเพียงแรงหลักกระทำต่อองค์อาคาร อาทิ น้ำหนักบรรทุก
 คงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และแรงลม การรวมแรงจะไม่ยุ่งยากซับซ้อน ในองค์อาคารบางประเภท
 เช่น สะพาน แรงหลายประเภท มีโอกาสเกิด หรือกระทำต่อองค์อาคารพร้อม ๆ กันได้ ตัวคูณ
 ประกอบแรงจึงมีค่าแตกต่างกัน การรวมแรงซับซ้อนขึ้น นอกจากตัวคูณประกอบแรงแล้ว
 บางครั้งต้องคำนึงถึงการกระทบ (Impact) ที่อาจกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างใน
 ช่วงเวลาสั้น ๆ) สี่ลำดับขั้นตอนคำนวณแรง คือ 1) ต้องทราบว่ามีแรงใดเกิด หรือกระทำต่อองค์
 อาคาร หรือโครงสร้างบ้าง 2) แรงเหล่านั้นเกิด หรือกระทำต่อองค์อาคาร หรือโครงสร้างอย่างไร
 มีทิศทาง ตำแหน่งที่กระทำ หรือการกระจายแรงอย่างไร 3) แรงใดมีโอกาสเกิด หรือกระทำต่อ
 องค์อาคาร หรือโครงสร้างร่วมกัน หรือพร้อมกัน และ 4) แรงที่เกิด หรือกระทำต่อองค์อาคาร
 หรือโครงสร้างร่วมกัน (พร้อมกัน) นั้นให้ผลลัพธ์ หรือแรงรวมอย่างไร อาทิเช่น ทิศทางที่แรง
 กระทำ (เสริม หรือหักล้างกัน) มีนัยสำคัญ ต่างกันอย่างไร อธิบายด้วยตัวคูณประกอบแรง
 ตัวอย่าง ACI 318-99 กำหนดค่าตัวคูณประกอบแรงการรวมแรง ดังนี้

$$U_i = 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L \quad (2)$$

$$U_i = 0.75 \cdot (1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L + 1.7 \cdot W) \quad (3)$$

$$\text{หรือ } U_i \geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L \quad (4ก)$$

$$U_i = 0.9 \cdot D + 1.3 \cdot W \quad (4ข)$$

$$U_i \geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L \quad (4ค)$$

$$U_i = 0.75 \cdot (1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L + 1.7 \cdot 1.1 \cdot E) \quad (5)$$

$$\text{หรือ } U_i = 0.9 \cdot D + 1.3 \cdot (1.1 \cdot E) \quad (6)$$

$$U_i = 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L + 1.7 \cdot H \quad (7ก)$$

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

ในกรณี D หรือ L ลดทอนผลของ H

$$U_i = 0.9 \cdot D + 1.7 \cdot H \quad (7ข)$$

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

น้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร น้ำหนักหรือแรงดันของไหลที่ทราบความหนาแน่น และสามารถควบคุมระดับความสูง (ของของไหล) ได้

$$U_i = 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L + 1.4 \cdot F \quad (8)$$

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

$$\text{หรือ } U_i = 0.9 \cdot D + 1.4 \cdot F \quad (9ก)$$

$$\geq 1.4 \cdot D + 1.7 \cdot L \quad (9ข)$$

น้ำหนักคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และการทรุดตัวต่างระดับ

$$U_i = 0.75 \cdot (1.4 \cdot D + 1.4 \cdot T + 1.7 \cdot L) \quad (10ก)$$

$$\geq 1.4 \cdot (D + T) \quad (10ข)$$

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 อื่นๆ กรณีมีแรงกระแทก (Impact) กระทำต่อองค์อาคาร การรวมแรงในสมการ (2) ถึง (10) ให้แทน L ด้วย $L + impact$
T	:	แรงเนื่องจากการทรุดตัวต่างระดับ (Differential settlement) การคืบ (Creep) การหดตัว (Shrinkage) หรือผลอื่นเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง (Temperature change)
W	:	แรงลม หรือ แรง หรือโมเมนต์ภายในที่เกี่ยวข้อง

ACI 318-02 เป็นต้นมากำหนด กำหนดค่าตัวคูณประกอบแรง และการรวมแรง ดังนี้

$$U_i = 1.4 \cdot (D + F) \quad (11)$$

$$U_i = 1.2 \cdot (D + F + T) + 1.6 \cdot (L + H) + 0.5 \cdot (L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (12)$$

$$U_i = 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0 \cdot L \text{ or } 0.8 \cdot W) \quad (13)$$

$$U_i = 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot W + 1.0 \cdot L + 0.5 \cdot (L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (14)$$

$$U_i = 1.2 \cdot D + 1.0 \cdot E + 1.0 \cdot L + 0.2 \cdot S \quad (15)$$

$$U_i = 0.9 \cdot D + 1.6 \cdot W + 1.6 \cdot H \quad (16)$$

$$U_i = 0.9 \cdot D + 1.0 \cdot E + 1.6 \cdot H \quad (17)$$

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

มาตรฐานอื่นอาจกำหนดตัวคูณประกอบแรง และวิธีรวมแรงแตกต่างกันบ้าง แต่หลักการทำนองเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว เช่น ตารางที่ 33 แสดงค่าตัวคูณประกอบแรง และการรวมแรงสำหรับโครงสร้างสะพาน หรือท่อเหลี่ยมระบายน้ำ ตาม AASHTO อนึ่ง ตัวคูณประกอบแรง และการรวมแรงที่มาตรฐานกำหนดเป็นเพียงมาตรการขั้นต่ำ (Minimum requirement) เท่านั้น ผู้คำนวณออกแบบอาจใช้ข้อเท็จจริงที่ประจักษ์ หรือดุลพินิจที่เหมาะสม (Engineering judgment) เลือกใช้ค่าตัวคูณแรงผิดแผกไปจากมาตรฐานกำหนดได้ (McCormac, 1987; ผู้เขียน) นอกจากนี้ พึงระมัดระวังว่าจะต้องใช้แรงที่เกิดในกรณีเดียวกัน (Corresponding Stress) คำนวณออกแบบของค้ำอาคาร โดยไม่ใช้แรงสูงสุดของแต่ละกรณีรวมกัน (Enveloped) คำนวณออกแบบของค้ำอาคาร โดยที่

$$\begin{aligned} \text{Group } (N) = & \gamma \cdot [\beta_D \cdot D + \beta_L \cdot (L + I) + \beta_C \cdot CF + \beta_E \cdot E \\ & + \beta_B \cdot B + \beta_S \cdot SF + \beta_W \cdot W + \beta_{WL} \cdot WL \\ & + \beta_{LF} \cdot LF + \beta_R \cdot (R + S + T) + \beta_{EQ} \cdot EQ + \beta_{ICE} \cdot ICE] \end{aligned} \quad (18)$$

เมื่อ	<i>N</i>	:	แรงรวมตามกลุ่มต่าง ๆ ตาม AASHTO: Table 3.22.1A (ตารางที่ 1)
	γ	:	ตัวคูณแรงตาม AASHTO: Table 3.22.1A (ตารางที่ 33)
	β	:	สัมประสิทธิ์ตาม AASHTO: Table 3.22.1A (ตารางที่ 33)
	<i>D</i>	:	น้ำหนักบรรทุกคงที่ ประกอบด้วย น้ำหนักของค้ำอาคาร น้ำหนักคงที่ส่วนเพิ่ม (Superimposed dead load)
	<i>L</i>	:	น้ำหนักบรรทุกจร
	<i>I</i>	:	แรงกระแทกเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจร (Live load impact)
	<i>E</i>	:	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>	:	การหดตัวของ Rib (Rib shortening)
	<i>S</i>	:	การหดตัว (Shrinkage)
	<i>T</i>	:	แรงเนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง
	<i>EQ</i>	:	แผ่นดินไหว (Earthquake)

SF : แรงกระแสน้ำ (Stream flow pressure)
 ICE : แรงดันน้ำแข็ง (Ice pressure)

ตารางที่ 33 ตัวคูณแรง และการรวมแรงในโครงสร้างสะพาน หรือท่อเหลี่ยมระบายน้ำ ตาม
 AASHTO (1994)

Col.No	1	2	3	3A	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Group	β Factors														%	
	D	(L+) _n	(L+) _p	CF	E	B	SF	W	WL	LF	R+S+T	EQ	ICE			
Service load	I	1.0	1	1	0	1	β_D	1	1	0	0	0	0	0	0	100
	IA	1.0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
	IB	1.0	1	0	1	1	β_D	1	1	0	0	0	0	0	0	**
	II	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0		0	0	0	125
	III	1.0	1	1	0	1	β_D	1	1	0.3	1		0	0	0	125
	IV	1.0	1	1	0	1	β_D	1	1	0	0		1	0	0	125
	V	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0		1	0	0	140
	VI	1.0	1	1	0	1	β_D	1	1	0.3	1		1	0	0	140
	VII	1.0	1	0	0	0	1	1	1	0	0		0	1	0	133
	VIII	1.0	1	1	0	1	1	1	1	0	0		0	0	1	140
IX	1.0	1	0	0	0	1	1	1	1	0		0	0	1	150	
X	1.0	1	1	0	0	β_D	0	0	0	0		0	0	0	100	
Load factor design	I	1.3		1.67*	0	1.0	β_E	1	1	0	0	0	0	0	0	Not applicable
	IA	1.3		2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	IB	1.3		0	1	1.0	β_E	1	1	0	0	0	0	0	0	
	II	1.3		0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	0	0	0	
	III	1.3		1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	0	0	0	
	IV	1.3		1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	1	0	0	
	V	1.25		0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	1	0	0	
	VI	1.25		1	0	1	β_E	1	1	0.3	1	1	1	0	0	
	VII	1.3		0	0	0	β_E	1	1	0	0	0	0	1	0	
	VIII	1.3		1	0	1	β_E	1	1	0	0	0	0	0	1	
IX	1.2		0	0	0	β_E	1	1	1	0	0	0	0	1		
X	1.3	1	1.67	0	0	β_E	0	0	0	0	0	0	0	0		

Cul-
vert

Cul-
vert

หมายเหตุ $(L + I)_n$ เป็นน้ำหนักบรรทุกจรวมแรงกระแทกสำหรับรถบรรทุกตามมาตรฐาน AASHTO
 $(L + I)_p$ เป็นน้ำหนักบรรทุกจรวมแรงกระแทกสำหรับการใช้งานตามเกณฑ์บรรทุกเกินพิกัด
 (Overload criteria)

ตารางที่ 34 ตัวคูณแรงและการรวมแรงในโครงสร้างสะพาน หรือท่อเหลี่ยมระบายน้ำ ตาม AASHTO (2012)

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES	LL IM CE- BRPL LS EL	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	ใช้ตัวใดตัวหนึ่ง		
										EQ	CT	CV
Strength – I	ϕ_p	1.75	1	-	-	1	0.50/1.20	ϕ_{TG}	ϕ_{SE}	-	-	-
Strength – II	ϕ_p	1.35	1	-	-	1	0.50/1.20	ϕ_{TG}	ϕ_{SE}	-	-	-
Strength– III	ϕ_p	-	1	0.4	1	1	0.50/1.20	ϕ_{TG}	ϕ_{SE}	-	-	-
Strength– IV	ϕ_p	-	1	-	-	1	0.50/1.20	-	-	-	-	-
Strength – V	ϕ_p	1.35	1	0.4	1	1	0.50/1.20	ϕ_{TG}	ϕ_{SE}	-	-	-
Extreme Event I	ϕ_p	ϕ_{EQ}	1	-	-	1	-	-	-	1	-	-
Extreme Event II	ϕ_p	0.5	1	-	-	1	-	-	-	-	1	1
Service I	1	1	1	0.3	1	1	1.00/1.20	ϕ_{TG}	ϕ_{SE}	-	-	-
Service II	1	1.3	1	-	-	1	1.00/1.20	-	-	-	-	-
Service III	1	0.8	1	-	-	1	1.00/1.20	ϕ_{TG}	ϕ_{SE}	-	-	-
Service IV	1	-	1	0.7	-	1	1.00/1.20	-	1	-	-	-
Fatigue – LL, IM & CE only	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

โดยที่	DC	:	น้ำหนักคงที่ของโครงสร้าง หรือส่วนประกอบที่เป็นโครงสร้าง และส่วนประกอบที่ไม่ใช่โครงสร้าง และยึดติดกับโครงสร้าง
	DW	:	น้ำหนักคงที่ของผิวจราจรที่สึกหรองได้ (Wearing surfaces) ละสาธารณูปโภค utilities
	EH	:	แรงดันดินทางราบ
	L	:	แรงแฝงที่เกิดจากกระบวนการก่อสร้างรวมถึงแรงรองที่เกิดจากการอัดแรง (Accumulated locked-in force effects resulting from the construction process including the secondary forces from post tensioning)
	BR	:	แรงห้ามล้อ (Vehicular braking force)
	CE	:	แรงหนีศูนย์กลาง (Vehicular centrifugal force)
	CR	:	การคืบ (Creep)
	CT	:	แรงชนของรถ (Vehicular collision force)
	CV	:	แรงชนของเรือ (Vessel collision force)
	EQ	:	แรงแผ่นดินไหว (Earthquake)
	IM	:	แรงจลน์ที่เกิดจากยานพาหนะ หรือรถ (Vehicular dynamic load allowance)

LL	:	น้ำหนักบรรทุกจรของยานพาหนะ หรือรถ (Vehicular live load)
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)

กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 หมวด 2 วิธีการออกแบบ และคำนวณโครงสร้างอาคาร

ข้อ 5 ภายใต้บังคับข้อ 6 และข้อ 7 การออกแบบ และคำนวณโครงสร้างอาคารและส่วนต่าง ๆ ของอาคารให้ใช้วิธีการออกแบบ และคำนวณตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

ผู้ออกแบบ และคำนวณอาจใช้วิธีการออกแบบ และคำนวณนอกจากที่กำหนดในวรรคหนึ่งก็ได้ แต่ต้องมีเอกสารรับรองวิธีการออกแบบ และคำนวณจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต ทั้งนี้ ความมั่นคงแข็งแรงของอาคารและส่วนต่าง ๆ ของอาคารจะต้องไม่น้อยกว่าการออกแบบ และคำนวณตามที่กำหนดในกฎกระทรวงนี้

ข้อ 6 การออกแบบและคำนวณส่วนต่าง ๆ ของอาคารตามวิธีหน่วยแรงที่ยอมให้ใช้ ค่าหน่วยแรงสูงสุดที่คำนวณจากชุดตัวค้อนน้ำหนักบรรทุก แล้วแต่กรณี ดังต่อไปนี้

(1) ส่วนของอาคารที่คิดเฉพาะน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจร

$$\text{นง.} = \text{นค.} + \text{นจ.} \quad (19)$$

(2) ส่วนของอาคารที่คิดแรงลม

$$\text{นง.} = \text{นค.} + 0.75 (\text{นจ.} + \text{รล.}) \quad (20ก)$$

$$\text{นง.} = 0.6 \text{ นค.} + \text{รล.} \quad (20ข)$$

(3) ส่วนของอาคารที่คิดแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

$$\text{นง.} = \text{นค.} + 0.7 \text{ รผ.} \quad (21ก)$$

$$\text{นง.} = \text{นค.} + 0.525 \text{ รผ.} + 0.75 \text{ นจ.} \quad (21ข)$$

$$\text{นง.} = 0.6 \text{ นค.} + 0.7 \text{ รผ.} \quad (21ค)$$

(4) ส่วนของอาคารที่คิดแรงดันดิน แรงดันน้ำ แรงดันจากของเหลว และผลของอุณหภูมิ การหดตัว การคืบ และการทรุดตัว

$$\text{นง.} = \text{นค.} + \text{นจ.} + \text{รด.} + \text{รข.} + \text{รท.} \quad (22)$$

เมื่อ	นง.	=	น้ำหนักรบรรทุกใช้งาน
	นค.	=	น้ำหนักรบรรทุกคงที่
	นจ.	=	น้ำหนักรบรรทุกจร รวมด้วยแรงกระแทก
	รล.	=	แรงลม
	รผ.	=	แรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
	รด.	=	แรงดันดิน หรือแรงดันน้ำด้านข้าง
	รข.	=	แรงดันจากของเหลว
	รท.	=	แรงจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การหดตัว การคืบ และการทรุดตัว

ข้อ 7 การออกแบบและคำนวณส่วนต่าง ๆ ของอาคารตามวิธีหาค่าความต้านทาน และ น้ำหนักรบรรทุก ให้ใช้ค่าของแรงสูงสุดที่คำนวณจากชุดตัวค้อนน้ำหนักรบรรทุก แล้วแต่กรณี ดังต่อไปนี้

(1) ส่วนของอาคารที่คิดเฉพาะน้ำหนักรบรรทุกคงที่และน้ำหนักรบรรทุกจร

$$\text{นป.} = 1.4 \text{ นค.} + 1.7 \text{ นจ.} \quad (23)$$

(2) ส่วนของอาคารที่คิดแรงลม

$$\text{นป.} = 0.75 (1.4 \text{ นค.} + 1.7 \text{ นจ.}) + 1.6 \text{ รล.} \quad (24ก)$$

$$\text{นป.} = 0.9 \text{ นค.} + 1.6 \text{ รล.} \quad (24ข)$$

(2) ส่วนของอาคารที่คิดแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

$$\text{นป.} = 0.75 (1.4 \text{ นค.} + 1.7 \text{ นจ.}) + 1.0 \text{ รผ.} \quad (25ก)$$

$$\text{นป.} = 0.9 \text{ นค.} + 1.0 \text{ รผ.} \quad (25ข)$$

(4) ส่วนของอาคารที่คิดแรงดันดิน แรงดันน้ำ และแรงดันจากของเหลว

$$\text{นป.} = 1.4 \text{ นค.} + 1.7 \text{ นจ.} + 1.7 \text{ รด.} \quad (26ก)$$

$$\text{นป.} = 0.9 \text{ นค.} + 1.7 \text{ รด.} \quad (26ข)$$

$$\text{นป.} = 1.4 \text{ นค.} + 1.7 \text{ นจ.} + 1.4 \text{ รข.} \quad (26ค)$$

$$\text{นป.} = 0.9 \text{ นค.} + 1.4 \text{ รข.} \quad (26ง)$$

(5) ส่วนของอาคารที่คิดผลของอุณหภูมิ การหดตัว การคืบ และการทรุดตัว

$$\text{นป.} = 0.75 (1.4 \text{ นค.} + 1.4 \text{ รท.} + 1.7 \text{ นจ.}) \quad (27ก)$$

$$\text{นป.} = 1.4 \text{ นค.} + 1.4 \text{ รท.} \quad (27ข)$$

เมื่อ นป. = น้ำหนักรบรรทุกปรับค่า

นค.	=	น้ำหนักบรรทุกคงที่
นจ.	=	น้ำหนักบรรทุกจร รวมด้วยแรงกระแทก
รล.	=	แรงลม
รผ.	=	แรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว
รด.	=	แรงดันดิน หรือแรงดันน้ำด้านข้าง
รข.	=	แรงดันจากของเหลว
รท.	=	แรงจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การหดตัว การคืบ และการทรุดตัว

6. ตัวคูณประกอบลดกำลัง และทฤษฎีคำนวณออกแบบ

นอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้น การคำนวณออกแบบโครงสร้าง ต้องรู้ และเข้าใจ จะต้องเข้าใจกลสมบัติของวัสดุ (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 และวิธีคำนวณออกแบบของค้ำอาทิ หลักพื้นฐานของการคำนวณออกแบบของค้ำอาคาร หรือโครงสร้างคือ ให้องค์อาคารมีกำลังต้านทานไม่น้อยกว่าแรงที่เกิด หรือกระทำต่อองค์อาคารนั้น กำลังต้านทานของหน้าตัดของค้ำอาคาร (Resistance or capacity of section) ดังนี้

วิธีหน่วยแรงใช้งาน (Elastic theory or allowable stress design)

$$\sum_i^n Q_i \leq \frac{R_E}{Factor} \quad (28)$$

วิธีกำลัง หรือวิธีตัวคูณประกอบแรง (Strength method or load factor design)

$$\sum_i^n \gamma_i \cdot Q_i \leq \phi \cdot R \quad (29)$$

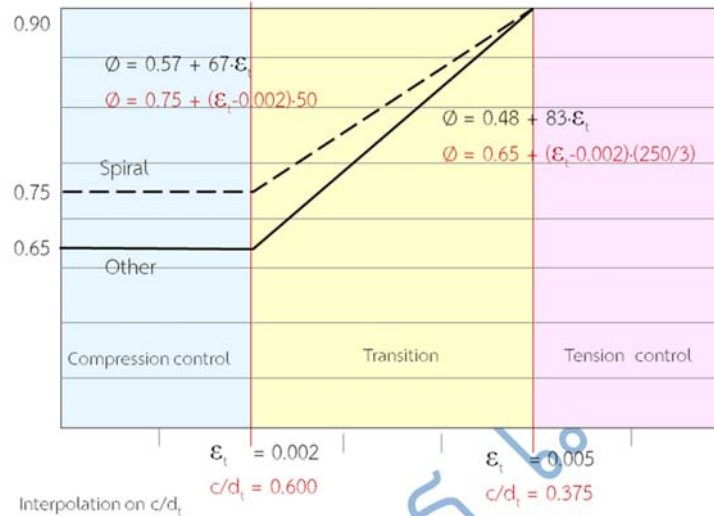
Load Resistant Factor Design – LRFD

$$\sum_i^n \eta_i \cdot \gamma_i \cdot Q_i^* \leq \phi \cdot R_n = R_r \quad (30)$$

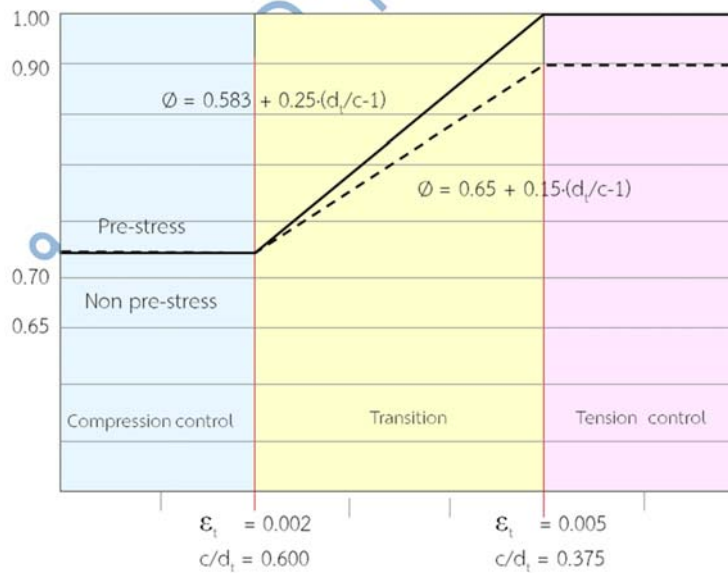
	η_i	=	$\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_I \geq 0.95$ สำหรับกรณีน้ำหนัก หรือแรงสูงสุด
		=	$\frac{1}{\eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_I} \leq 1.00$ สำหรับกรณีน้ำหนัก หรือแรงต่ำสุด
โดยที่	Q_i	:	น้ำหนัก หรือแรงกระทำ (Load)
	Q_i^*	:	Norminal force effect (a deformation stress or stress resultant)
	R_E	:	กำลังต้านทานของหน้าตัดองค์อาคารในภาวะยืดหยุ่น หรือ ภาวะใช้งาน (Elastic resistance)
	R	:	กำลังต้านทานของหน้าตัดองค์อาคาร (Resistance)
	R_n	:	กำลังต้านทานระบุของหน้าตัดองค์อาคาร (Norminal resistance)
	R_r	:	กำลังต้านทานระบุของหน้าตัดองค์อาคารรวมตัวคุณสมบัติประกอบแรง
	<i>Factor</i>	:	ตัวประกอบ ณ ภาวะใช้งาน หรือภาวะยืดหยุ่น (Elastic)
	γ_i	:	ตัวคูณประกอบแรง (Load factor)
	ϕ	:	ตัวคูณประกอบลดกำลัง (Strength reduction factor) เดิม การออกแบบวิธีกำลัง ตัวคูณประกอบลดกำลังนี้ จะถูก กำหนดโดยมาตรฐานออกแบบ อาทิ 0.90 (แรงคัต) 0.85 (แรงเฉือน หรือแรงเฉือนบิด) 0.70 (แรงอัดตามแกน) ส่วน การออกแบบโดยวิธีตัวคูณลดกำลัง - LRFD ค่าตัวคูณ ประกอบลดกำลังถูกปรับเปลี่ยน โดยอาศัยหลักความน่าจะเป็น หรือความน่าเชื่อถือ (ropability or realiability) อาทิ กรณี้องค์อาคารต้านทานแรงตามแกน และโมเมนต์คัต จะขึ้นอยู่กับช่วงพฤติกรรมขององค์อาคาร (รูปที่ 44)
	η_i	:	Load modifier
	η_D	:	Factor relating to ductility
	η_R	:	Factor relating to redundancy
	η_I	:	Factor relating to Importance

ในการออกแบบองค์อาคาร นอกจากจะต้องคำนึงถึง ความแข็งแรงปลอดภัยแล้ว ยัง ต้องตรวจสอบการใช้งาน (Serviceability) ในสภาพแวดล้อม หรือเงื่อนไขอื่น ๆ อาทิ การ

ต้านทานน้ำหนักบรรทุกทุกที่กระทำซ้ำ ๆ (Repetition) หรือค้ำแรงกระแทก การแอ่น หรือ โกงตัว พิกัดแตกร้าว (Crack)



ก. สำหรับเหล็กเสริมเกรด 420 ตามวิธี LFRD ของมาตรฐาน ACI (ACI Fig. R9.3.2)



ข. ตาม AASHTO Fig. 5.5.4.2.1-1

รูปที่ 5 การผันแปรของตัวคูณประกอบลดกำลังภายใต้แรง และพฤติกรรมขององค์อาคาร

ตัวคูณประกอบลดกำลัง (Capacity reduction factor) เดิมเข้าใจง่าย ๆ ว่าเพื่อความบกพร่องไม่แน่นอนของวัสดุ หรือการทำงาน (Uncertainties in material or workmanship) อาทิ ฝีมือแรงงาน ในการผสม เท สัน และบ่มคอนกรีต การตัด จัดเรียงเหล็กเสริมในองค์อาคารกำลังขององค์อาคาร เป็นตัวคูณลดกำลังทางทฤษฎี เดิม ACI กำหนดตัวคูณประกอบลดกำลังสำหรับกรณีต่าง ๆ ACI 318-02 เป็นต้นมา กำหนดค่าตัวคูณประกอบลดกำลัง ตามความเครียด (Strain condition) บนหน้าตัด ณ กำลังระบุ (Nominal strength) โดยใช้ค่าตัวคูณลดกำลังต่ำ ๆ สำหรับหน้าตัดที่เป็น Compression control หรือกลับกัน สำหรับหน้าตัดที่เป็น Tension control (ตารางที่ 35 และตารางที่ 36)

ตารางที่ 35 ตัวคูณประกอบลดกำลังตาม 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 (ยกเว้นบริเวณสมอยึด - Anchorage zone ในองค์อาคารคอนกรีตอัดแรง)	0.70
แรงแบกทานบริเวณสมอยึดในองค์อาคารคอนกรีตอัดแรง	0.85
องค์อาคารคอนกรีตล้วน (Plain concrete)	0.65

หมายเหตุ (1) การคำนวณความยาวระยะฝังเพิ่ม (Development length) ไม่ใช่ตัวคูณลดกำลัง (ACI 9.3)

(2) ในโครงสร้างที่มีโครงข้อแข็ง หรือผนังต้านแรงเฉือนที่ต้านทานแผ่นดินไหว ให้ดู ACI 9.3.4 (a) ถึง (c)

ตารางที่ 36 ตัวคูณประกอบลดกำลังตาม ACI 318 - 02

กรณี	ตัวคูณลดกำลัง, ϕ
หน้าตัดที่เป็น Tension control	0.90
หน้าตัดที่เป็น 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, strut, ties, nodal zone, bearing areas ในแบบจำลองดิ่ง กล่าว	0.75
หน้าตัดภายใต้การดัด ในองค์อาคารที่ตั้งลาดก่อน และระยะฝังของลวดน้อยกว่าระยะฝังยึด	0.75
องค์อาคารคอนกรีตล้วน (Plain concrete)	0.55

หมายเหตุ (1) การคำนวณความยาวระยะฝังเพิ่ม (Development length) ไม่ใช่ตัวคูณลดกำลัง (ACI 9.3)

(2) ในโครงสร้างที่มีโครงข้อแข็ง หรือผนังต้านแรงเฉือนที่ต้านทานแผ่นดินไหว ให้ดู ACI 9.3.4 (a) ถึง (c)

กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566

ข้อ 8 การออกแบบและคำนวณส่วนต่าง ๆ ของอาคารตามวิธีคำนวณความต้านทานและน้ำหนักบรรทุก ให้ใช้ตัวคูณความต้านทาน หรือตัวคูณลดกำลังตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ได้เกิดการวิบัติในลักษณะเฉพาะแห่ง ให้ใช้ตัวคูณลดกำลัง สำหรับการก่อสร้างที่มีการระบุมาตรฐานงานก่อสร้าง และการควบคุมคุณภาพวัสดุเป็นอย่างดีตามที่รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารประกาศกำหนดในราชกิจจานุเบกษา หรือหลักเกณฑ์ในเรื่องดังกล่าวที่จัดทำโดยส่วนราชการอื่นที่มีหน้าที่และอำนาจในเรื่องนั้น และการก่อสร้างที่ไม่มีการระบุมาตรฐานงานก่อสร้าง และการควบคุมคุณภาพวัสดุแล้วแต่กรณี ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 37 ตัวคูณลดกำลัง กรณีอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ได้เกิดการวิบัติในลักษณะเฉพาะแห่ง ตามกฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 (ข้อ 8)

ประเภทของแรงที่กระทำต่อองค์อาคาร	ตัวคูณลดกำลัง	
	กรณีที่มีการระบุ มาตรฐานงาน ก่อสร้าง และการควบคุมคุณภาพ วัสดุเป็น อย่างดี	กรณีที่ไม่ มี การ ระบุ มาตรฐาน งานก่อสร้าง และ การควบคุม คุณภาพวัสดุ
(1) แรงดัดที่ไม่มีแรงตามแนวแกน	0.90	0.75
(2) แรงดัดตามแนวแกน	0.90	0.75
(3) แรงอัดตามแนวแกน		
(3.1) แรงอัดตามแนวแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่รัดเหล็กแกนด้วยเหล็กปลอกเกลียว	0.75	0.70
(3.2) แรงอัดตามแนวแกนของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่รัดเหล็กแกนด้วยเหล็กปลอกเดี่ยว	0.625	0.60
(4) แรงเฉือน และแรงบิด	0.85	0.70
(5) แรงแบกทานบนคอนกรีต	0.70	0.60

สำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กที่ไม่ได้เกิดการวิบัติในลักษณะเฉพาะแห่ง ให้ใช้ตัวคูณความต้านทาน ดังต่อไปนี้ (ตารางที่ 38)

ตารางที่ 38 ตัวคุณความต้านทานสำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กที่ไม่ได้เกิดการวิบัติในลักษณะเฉพาะแห่ง ตาม กฎกระทรวง กำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566 (ข้อ 8)

ประเภทขององค์อาคาร	ตัวคุณความต้านทาน
(1) องค์อาคารรับแรงดึง	
(1.1) ที่สภาวะจำกัดในลักษณะการคราก	0.90
(1.2) ที่สภาวะจำกัดในลักษณะการขาด	0.75
(2) องค์อาคารรับแรงอัด	0.90
(3) องค์อาคารรับแรงดัด	0.90
(4) องค์อาคารรับแรงเฉือน	0.90
(5) จุดต่อหรือสลักเกลียว	
(5.1) สำหรับแรงดึง	0.75
(5.2) สำหรับแรงเฉือน	0.75

มาตรฐานที่ใช้ออกแบบ หรืออ้างอิง ควรระบุเพื่อประโยชน์ในการตรวจสอบ หรืออ้างอิงภายหลัง หากไม่มีเหตุผล หรือความจำเป็นอื่นใด ควรใช้มาตรฐานเดียวสำหรับการออกแบบนั้น ๆ หรือใช้มาตรฐานที่เหมือนกันสำหรับโครงการเดียวกันที่มีหลาย ๆ อาคาร หรือผู้คำนวณออกแบบหลายคน ตัวอย่างมาตรฐานออกแบบที่นิยมใช้ อาทิ มาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ วิธีหน่วยแรงใช้งาน พิมพ์แก้ไขปรับปรุง ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2562 และวิธีกำลัง พิมพ์แก้ไขปรับปรุง ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2534 American Concrete Institute (ACI 318 - 99) American Association of State Highways and Transport Official (AASHTO 1997) และ British Standard (BS 5400 หรือ BS 8110)

สมบัติทางกลของวัสดุที่ใช้คำนวณออกแบบ รวมถึง ชนิด ชั้นคุณภาพ สมบัติทางกล หรือมาตรฐานอ้างอิงของวัสดุนั้นเสมอ อาทิ “ใช้เหล็กชั้นคุณภาพ SD 40 มอก. 24 - 2559) กำลังครากต่ำสุด 4,000 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ($f_y \geq 4,000$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)” และควรแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คำนวณออกแบบอย่างชัดเจน แต่ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีคำนวณหาพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับสมบัติทางกลของวัสดุที่ใช้ (เพราะหากแจ้งวิธีคำนวณออกแบบ หรือมาตรฐานกำกับไว้แล้ว ก็ย่อมคำนวณตรวจสอบได้โดยง่าย หรือเป็นที่เข้าใจกันดีอยู่แล้ว) อาทิ “ $n = 10, j = 0.877, R = 13.028$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร”

กรณีคำนวณออกแบบโดยทฤษฎีอิลาสติก ควรระบุหน่วยแรงใช้งานไว้ในลำดับต้น ๆ อาทิ หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตในกรณีต่าง ๆ กรณีต้านทานแรงอัด แรงเฉือนแบบคานแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ แร้งยึดหน่วง) โมดูลัสแตกกร้าว อาทิ “ $f_c = 0.29 \cdot \sqrt{f'_c}$ (หน่วยแรงเฉือนแบบคาน) หรือ $f_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c}$ (หน่วยแรงเฉือนแบบเจาะทะลุ)”

ชนิด ขนาด หรือกำลังปลอดภัยของเสาเข็ม หรือดิน ปกติผู้คำนวณออกแบบจะตัดสินใจเลือก หรือกำหนดฐานราก หรือเสาเข็ม โดยอาศัยผลสำรวจ หรือทดสอบดินในสถานที่

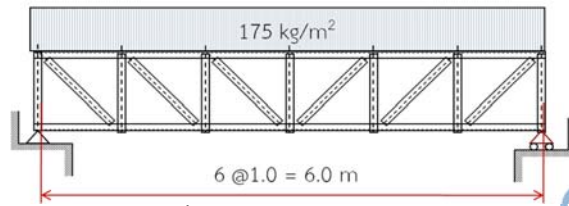
ก่อสร้าง หรือผลวิเคราะห์ หรือทดสอบดินในห้องปฏิบัติการ ผนวกกับข้อจำกัดอื่น ๆ อาทิ สถานที่ก่อสร้าง การขนส่ง การทำงาน ผลกระทบจากเสียง หรือความสั่นสะเทือน เป็นต้น ผู้ออกแบบต้องระบุชนิด ขนาด และกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยให้ชัดเจน โดยเฉพาะกำลังรับน้ำหนักปลอดภัย ไม่ต้องระบุซ้ำซ้อนโดยใส่เครื่องหมาย \geq อาทิ “เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง ขนาด $\square - 0.35 \times 0.35 \times 26.0$ เมตร กำลังรับน้ำหนักปลอดภัย 40 ตันต่อต้น” หรือ “แรงเบกทานปลอดภัยของดิน 4 ตันต่อตารางเมตร” เป็นต้น อนึ่ง ควรแสดงผลเจาะสำรวจ และวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการไว้ในภาคผนวกของรายการคำนวณ

รายการวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural analysis) คือรายการคำนวณตรวจสอบผลของแรง หรือน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้าง หรือองค์อาคารที่จะใช้คำนวณออกแบบ ดังนั้น รายการวิเคราะห์โครงสร้างประกอบด้วย แบบจำลองโครงสร้าง (Structural model) ประกอบด้วยรูปร่าง มิติของโครงสร้างอาคาร อาทิ โครงข้อหมุน หรือโครงถัก โครงข้อแข็ง ระบบพื้นคาน ซึ่งถูกจำลอง หรือแทนด้วยจุดต่อ และแกนศูนย์ (Center line) ของโครงสร้าง กรณีจำลองโครงสร้างสองมิติ ผู้คำนวณออกแบบควรระบุให้ชัดเจนว่าได้จำลองโครงสร้างมาจาก ส่วนใดของโครงสร้างจริง โดยคำนึงถึงมิติ และแรงกระทำที่เหมือน หรือคล้ายคลึงกัน อาทิ โรงงานชั้นเดียวรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โครงสร้างเป็นโครงข้อแข็งชนิด Gable Frame หากผู้ออกแบบจะวิเคราะห์อย่างง่ายโดยพิจารณาเป็นโครงข้อแข็งสองมิติ ผู้ออกแบบอาจจัดกลุ่ม โครงข้อแข็งที่ต้องวิเคราะห์ และออกแบบเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ โครงข้อแข็งที่อยู่ภายในอาคาร (Interior frame) และริมหัวท้ายอาคาร (Exterior frame) ทั้งนี้อาจมีสมมติฐานในเบื้องต้นว่า โครงข้อแข็งทั้ง สองกลุ่ม ต้านทานแรง หรือน้ำหนักแตกต่างกัน

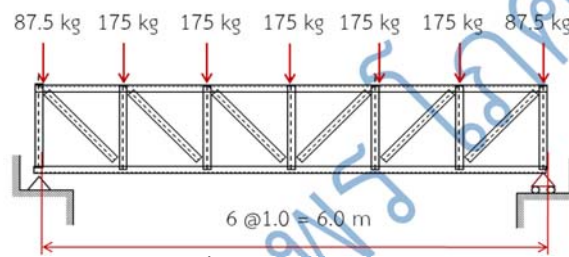
สิ่งที่ต้องระบุประกอบรายการคำนวณ คือ สมบัติกายภาพ และสมบัติทางกลขององค์อาคาร และรูปหน้าตัด จุดต่อยึด (Joints) ฐานรองรับ (Supports) มิติขององค์อาคาร พื้นที่ภาคตัดขวาง โมเมนต์เฉื่อย ความยาว ชนิดของวัสดุ โมดูลัสยืดหยุ่น โมดูลัสแรงเฉือน สัดส่วนปัวซองส์ คุณสมบัติเหล่านี้มีนัยสำคัญต่อแรงในแต่ละองค์อาคาร จึงควรแสดงสมบัติดังกล่าวให้ครบถ้วน อาทิ “ $E_c = 2.0 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$ ขนาดเสา $0.30 \times 0.30 \text{ m}$ ($A = 0.09 \text{ m}^2$, $I_x = 6.75 \times 10^{-4} \text{ m}^4$) และคาน $0.20 \times 0.50 \text{ m}$ ($A = 0.10 \text{ m}^2$, $I_x = 2.083 \times 10^{-3} \text{ m}^4$)”

น้ำหนักหรือแรงกระทำต่อโครงสร้าง ควรจำแนกแรง ชนิด หรือประเภทต่าง ๆ ออกเป็นแต่ละกรณี เพื่อประโยชน์ในการ ตรวจสอบ แกะไข หรือรวมแรง (Combination of loads) อาทิ น้ำหนักโครงสร้าง (Dead Load: Self weight) น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่ส่วนเพิ่ม (Super imposed dead loads) น้ำหนักบรรทุกจร (Live loads) แรงลม (Wind pressure) แรงดันของไหล หรือดิน (Fluid or earth pressure) นอกจากนั้น ควรแสดงวิธีคำนวณแรง หรือน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างอย่างละเอียด อาทิ น้ำหนักที่ถ่ายลงโครงหลังคา ประกอบด้วย “น้ำหนักบรรทุกคงที่ (น้ำหนักกระเบื้อง และอุปกรณ์ยึด 15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร น้ำหนักโครงหลังคา 15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร น้ำหนักฝ้า 5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังนั้น น้ำหนักรวม 35 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และหากช่วงโครงหลังคา (Bay) 5.0 เมตร ดังนั้นน้ำหนักคงที่กระทำต่อโครงหลังคา = $34 \times 2 \times (5/2) = 175$ กิโลกรัมต่อเมตร” ผู้คำนวณ

ออกแบบอาจใช้หน่วยน้ำหนักนี้ถ่ายลงโครงสร้างโดยตรง เป็นหน่วยน้ำหนักแบบกระจายสม่ำเสมอ (Distributed load) หรืออาจแปลงน้ำหนักดังกล่าว ให้เป็นน้ำหนักที่กระทำ ณ แต่ละจุดต่อของ (Concentrated or point load) ณ จุดต่อของโครงข้อหมุน (รูปที่ 6 และรูปที่ 7 ตามลำดับ)

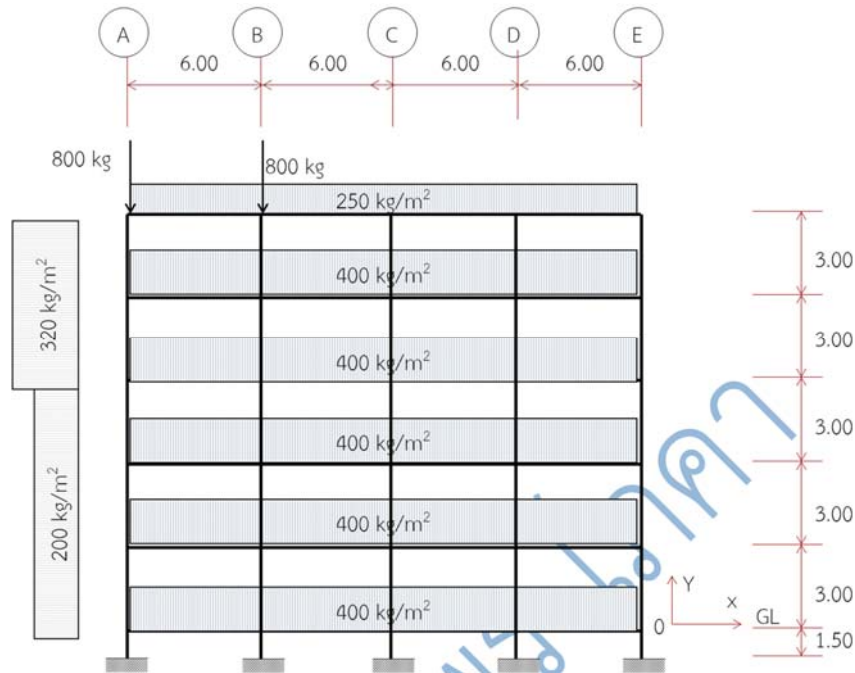


ก. น้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ



ข. น้ำหนักเป็นจุดที่รอยต่อ

รูปที่ 6 ตัวอย่างการถ่ายน้ำหนักบนโครงข้อหมุนรับหลังคา



รูปที่ 7 ตัวอย่างการถ่ายน้ำหนักบรรทุกจร และแรงลมในโครงข้อแข็งหลายชั้น

ควรระบุตัวคูณประกอบแรง โดยเฉพาะกรณีทีวิเคราะห์โครงสร้าง หรือรวมแรงด้วยคอมพิวเตอร์ หรือเพื่อป้องกันข้อสับสนในการรวมแรง ในขั้นตอนวิเคราะห์โครงสร้างอาจใช้ตัวคูณแรงที่มีค่าหนึ่งหน่วย (Unit factored loads) แล้วจึงค่อยกำหนดตัวคูณแรงในขั้นตอนรวมแรง หรือคำนวณออกแบบ เพราะจะเข้าใจ และทราบพฤติกรรมของโครงสร้างภายใต้ น้ำหนัก หรือแรงกระทำแต่ละกรณี เว้นเสียแต่ว่าผู้คำนวณออกแบบจะมีความชำนาญ หรือ ประสบการณ์ อื่นๆ ตัวคูณแรง และการรวมแรงที่มาตรฐานกำหนดเป็นเพียงมาตรการขั้นต่ำ (Minimum requirement) เท่านั้น ผู้คำนวณออกแบบอาจใช้ข้อเท็จจริงที่ประจักษ์ หรือ ดุลพินิจที่เหมาะสม (Engineering judgment) เลือกใช้ค่าตัวคูณแรงผิดแผกไปจากมาตรฐาน กำหนดได้ นอกจากนี้ พังระมัดระวังว่าจะต้องใช้แรงที่เกิดในกรณีเดียวกัน (Corresponding Stress) ค่าคำนวณออกแบบของค้ำอาคาร โดยไม่ใช่แรงสูงสุดของแต่ละกรณีรวมกัน (Enveloped) ค่าคำนวณออกแบบของค้ำอาคาร เมื่อไม่สามารถคาดคะเนได้ว่าแรงรวมกรณีใดวิกฤติ ก็จะต้อง ค่าคำนวณออกแบบของค้ำอาคารโดยใช้แรงทุกกรณีที่เป็นผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ หรือรวมแรง หรืออีกนัยหนึ่งคือไม่ว่าจะเกิดแรงตามกรณีใดก็ตาม องค์กรอาคารจะต้องมีกำลังต้านทานแรง และ ปลอดภัยเสมอ แต่หากใช้เฉพาะแรงสูงสุดจากแต่ละกรณีมารวมกัน เพื่อคำนวณออกแบบของค้ำ อาคารในคราวเดียวกัน นอกจากจะสิ้นเปลือง (เพราะไม่มีโอกาสเกิด หรือกระทำต่อองค์กรอาคาร

พร้อม ๆ กัน) แล้ว บางกรณีก็กลับจะไม่ปลอดภัย อาทิ การคำนวณออกแบบเสาซึ่งมีทั้งแรงตามแกน และโมเมนต์ดัด หากใช้แรงสูงสุดของแต่ละกรณีมารวมกันเพื่อออกแบบ อาจทำให้เห็นว่า เสามีกำลังต้านทานแรงอย่างปลอดภัยเพียงพอ ทั้งที่หากคำนวณออกแบบโดยใช้แรงที่เกิดจริงตามกรณีแล้ว เสาอาจไม่ปลอดภัยโดยเฉพาะเสาที่ต้องต้านทานโมเมนต์ดัดสูงมาก แต่แรงตามแกนมีค่าต่ำ

หน่วยบอกมิติ น้ำหนัก แรง หรือหน่วยแรงที่นิยมใช้ในประเทศไทย คือหน่วย SI หรือหน่วย Metric (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 39 หน่วยมิติ น้ำหนัก แรง หรือหน่วยแรงที่นิยมใช้ในประเทศไทย

วัตถุประสงค์	ความยาว	น้ำหนักหรือแรง	แรงดัด	หน่วยแรง
1) วิเคราะห์โครงสร้าง	m	Kg	kg-m	kg/cm ² (ksc)
	cm	Kg	kg-cm	kg/cm ² (ksc)
	m	ton	ton-m	kg/cm ² (ksc)
2) คำนวณออกแบบ				
	2.1 วิธีหน่วยแรงใช้งาน	m	Kg	kg/cm ² (ksc)
2.2 วิธีกำลัง	m	kN	kN-m	N/mm ² (MPa)

ผลวิเคราะห์โครงสร้างที่ใช้คำนวณออกแบบ ควรแสดงอย่างชัดเจนว่าใช้เพื่อวัตถุประสงค์ใด หรืออย่างไร อาทิระบุไว้ว่า “ผลวิเคราะห์แผ่นพื้นและคานโดยวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า (Equivalent frame method) ใช้คำนวณออกแบบแผ่นพื้น และคาน” หรือ “ผลวิเคราะห์โครงอาคารตามแบบจำลองสามมิติ ภายใต้น้ำหนักบรรทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร และแรงลม ใช้คำนวณออกแบบ ตรวจสอบการแอ่น หรือโก่งตัว (Deflection or chamfer) การเซ (Sway) ขององค์อาคาร และโครงสร้าง” อนึ่ง หากผู้คำนวณออกแบบจะใช้ผลวิเคราะห์โครงสร้างคำนวณออกแบบเสา และฐานรากให้ระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยเฉพาะแรงตามแกน (Axial force) อาทิ ในโครงสร้างสองมิติ ทั้งนี้ เพื่อมั่นใจว่าผลลัพธ์เป็นน้ำหนักที่ถ่ายลงเสา และฐานรากอย่างครบถ้วน กลับกัน แม้จะได้วิเคราะห์โครงสร้างสามมิติ แต่การถ่ายน้ำหนักจากพื้นลงสู่คาน อาทิ การถ่ายน้ำหนักจากแผ่นพื้นสองทางลงคาน ตามวิธีในมาตรฐาน วสท. มีค่าเกินเลยความเป็นจริง ดังนั้น ผู้คำนวณออกแบบควรตรวจสอบแรงตามแกนโดยวิธีง่าย ๆ ซึ่งนิยมใช้เพื่อคำนวณออกแบบเบื้องต้น หรือกำหนดสัดส่วนขององค์อาคาร อาทิ พื้นที่รอบเสา (Projected area) เปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์โครงสร้างก่อนออกแบบเสา และฐานราก ซึ่งนอกจากจะทำได้รวดเร็วแล้วยังถูกต้องเชื่อถือได้

การเคลื่อนตัวของโครงสร้าง ผู้คำนวณออกแบบควรแสดง หรือระบุระยะ (หรือมุม) ที่โครงสร้างเคลื่อนไปจากตำแหน่งอ้างอิง ภายใต้แรงต่าง ๆ และสรุปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ยอมรับ อาทิ

“ระยะเคลื่อนตัวตามแนวราบที่จุดยอดบน 2.5 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับความสูง โครงอาคาร (h) = 50 เมตร ระยะเคลื่อนตัวสูงสุดที่ยอมให้ = h/400 หรือ 12.5 เซนติเมตร ดังนั้นระยะเคลื่อนตัวตามแนวราบของอาคารหลังนี้น้อยกว่าเกณฑ์กำหนด”

ในรายการคำนวณ ควรสรุปผลวิเคราะห์โครงสร้างเฉพาะส่วนสำคัญที่ใช้คำนวณ ออกแบบของอาคารต่าง ๆ อาทิ คาน เสา ฐานราก และควรอ้างอิงกำกับเสมอว่าองค์อาคาร เหล่านั้นอยู่ ณ พิกัดใดของโครงสร้าง โดยอาจสรุป หรือแสดงเป็นตาราง หรือรูปภาพ อาจเขียน Shear Force Diagram หรือ Bending Moment Diagram หรือ Free Body Diagram แสดงสมดุลของแรง ณ จุดต่อก็ได้ แต่ไม่ควรพิมพ์ผลวิเคราะห์โครงสร้างทั้งหมดซึ่งอาจมีมากมายโดยเปล่าประโยชน์ หากมีความจำเป็นอย่างยิ่งให้แสดงในภาคผนวก หรือ แยกเล่ม ต่างหาก

รายการคำนวณออกแบบของอาคาร อาทิ รายการคำนวณออกแบบ แผ่นพื้น บันได (หรือทางลาด) คาน เสา กำแพง และฐานราก ในบางอาคารอาจมีองค์อาคารพิเศษ อาทิ แป้นหูช้าง (Bracket) เจริงยื่น (Corbel) แกงแนง (Bracer) จุดยึดหมุน (Hinges) ผู้คำนวณ ออกแบบควรเรียงลำดับรายการคำนวณให้สอดคล้องกับขั้นตอนออกแบบ คือ จากส่วนบนของ อาคาร ลงสู่ส่วนล่าง (เพราะอาคารส่วนบน ถ้าน้ำหนักลงสู่ส่วนล่างนั่นเอง)

7. รายการคำนวณออกแบบของอาคารแต่ละประเภท

รายการคำนวณออกแบบของอาคารแต่ละประเภท มีองค์ประกอบ ลำดับขั้นตอน และ ข้อแนะนำดังนี้

หลังคา สิ่งที่ต้องแสดงในรายการคำนวณออกแบบหลังคาโครงข้อหมุน หรือโครงถัก ได้แก่ องค์กรอาคารส่วนบน หรือล่าง (Upper or lower chord) ตัวตั้ง (Vertical) หรือ ตัวทะแยง (Diagonal) รอยต่อ หรือจุดต่อ (Joints) อาทิ รอยเชื่อม หรือสลักเกลียว แทน หรือที่รองรับ ขนาดของฐานที่รองรับ สภาพยึดรั้ง ตรวจสอบการแอ่น หรือโก่งตัว การเซ แรงปฏิกิริยาที่ ถ้ายกลงสู่อาคารอื่น (ได้แก่เสา หรือผนัง) ส่วนหลังคาตาดฟ้าคอนกรีตเสริมเหล็กคำนวณ ออกแบบเช่นเดียวกับแผ่นพื้น คานในชั้นอื่น ๆ แต่น้ำหนักบรรทุกอาจแตกต่างกัน

แผ่นพื้น บันได หรือทางลาด จัดรวมกลุ่มกันเนื่องจากแรงปฏิกิริยาของพื้น บันได หรือ ทางลาด ถ้ายกลงยังคาน หรือที่รองรับอื่น พื้นทางเดียวคำนวณออกแบบอาทิเดียวกับคานช่วง เดียว ส่วนแผ่นพื้นสองทางปกติออกแบบโดยพิจารณาเป็นระบบแผ่นบาง (Plate) การคำนวณ ออกแบบมักใช้สัมประสิทธิ์ หรือตัวคูณ (Coefficient) ส่วนรายการคำนวณออกแบบทางลาด หรือบันได หลักการส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับแผ่นพื้นทางเดียว แผ่นพื้นยื่น หรือแผ่นพื้นสองทาง แล้วแต่กรณี

มีข้อแนะนำเกี่ยวกับรายการคำนวณออกแบบแผ่นพื้น บันได หรือทางลาด คือ ควรจัด กลุ่มแผ่นพื้นก่อนคำนวณออกแบบ อาทิอาทิ แผ่นพื้นทางเดียวที่มีน้ำหนักบรรทุกจร หรือแรง กระทำพอ ๆ กัน แต่ความยาวช่วงต่างกันเพียงเล็กน้อย (หรืออีกนัยหนึ่ง โมเมนต์ดัดไม่แตกต่าง

กันนัก) ควรเป็นแผ่นพื้นประเภทเดียวกัน ส่วนแผ่นพื้นสองทางนอกจากจะจัดกลุ่มโดยพิจารณาขนาด หรือน้ำหนักบรรทุกจรใกล้เคียงกันแล้ว ยังต้องพิจารณาความต่อเนื่อง ณ ที่รองรับด้วย

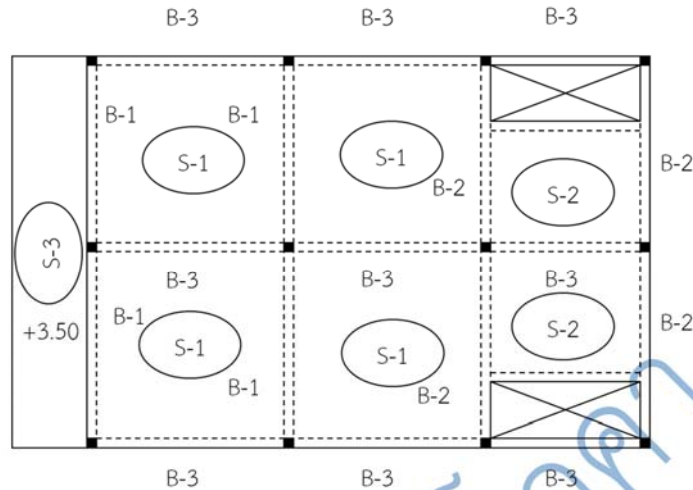
แม้ว่าแผ่นพื้นที่มีขนาดใกล้เคียงกัน หรือน้ำหนักบรรทุกจรใกล้เคียงกัน จะจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันเพื่อคำนวณออกแบบเพียงครั้งเดียว และใช้ร่วมกันตามที่กล่าวข้างต้น แต่การถ่ายน้ำหนักลงคานที่รองรับควรต้องคิดตามจริงเสมอ

ในการคำนวณออกแบบ ความยาวช่วงของแผ่นพื้นทางเดียวปกติจะใช้ระยะระหว่างที่รองรับ (Clear span) หากจะใช้ระยะระหว่างศูนย์กลางที่รองรับ (Center-to-center) ก็ได้แต่ควรเลือกปฏิบัติให้เหมือนกันทุกกรณีเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสน ส่วนความยาวช่วงของแผ่นพื้นสองทางต้องเปรียบเทียบระหว่างสองกรณีคือ 1) ระยะระหว่างศูนย์กลางของที่รองรับกับระยะขอบของที่รองรับบวกกับสองเท่าของความหนาแผ่นพื้น หรือ 2) ใช้ระยะระหว่างขอบของที่รองรับ ขึ้นอยู่กับวิธีคำนวณออกแบบ

การคำนวณเหล็กเสริมในแผ่นพื้น (ทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะเรียง) จะต้องคำนึงถึงการก่อสร้าง โดยเฉพาะความต่อเนื่องระหว่างแผ่นพื้นดังกล่าวกับแผ่นพื้นอื่น ๆ ที่อยู่ในช่วงถัดไป เหล็กเสริมในแผ่นพื้นควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 9 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันมิให้บิดเสียรูป หรือคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งขณะทำงาน (อาทิ ขณะเทคอนกรีต) ควรกำหนดความยาวของเหล็กเสริมพิเศษให้ลงตัว และคำนึงถึงการตัดเหล็กที่ไม่เหลือเศษ อาทิ “ใช้ RB 9 x 2.00 m @ 0.20 m แทนที่จะใช้ RB 9 x 1.95 m @ 0.20 m”

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษที่แสดงในแบบ อาจวัดจากขอบของที่รองรับ หรือศูนย์กลางก็ได้แล้วแต่สะดวก แต่จะต้องเข้าใจว่าระยะความยาวของเหล็กเสริมพิเศษที่ระบุ หรือแนะนำโดยมาตรฐานต่าง ๆ มักอ้างอิงจากขอบที่รองรับ

คานเป็นองค์อาคารที่สำคัญ และมีจำนวนมาก การคำนวณออกแบบคานไม่ใช่เรื่องยาก แต่สิ่งที่สำคัญ คือ ทำอย่างไรคานจึงจะแข็งแรง ประหยัด ก่อสร้างง่าย ไม่เป็นอุปสรรคต่องานอื่น ๆ อาทิ งานวิศวกรรมระบบ หรือ งานตกแต่งภายใน ก่อนวิเคราะห์ หรือคำนวณออกแบบ ควรจัดกลุ่มคาน (Grouping or cataloging) โดยพิจารณาจากหน้าตัด ความยาวช่วงที่รองรับ หรือความต่อเนื่อง (คานช่วงเดียว คานต่อเนื่อง หรือคานยื่น) น้ำหนัก หรือแรงที่กระทำ (รูปที่ 7) การจัดกลุ่มคานจะช่วยให้เห็นภาพรวมของคานที่จะออกแบบ อาจใช้ดินสอสีต่าง ๆ กัน ชีตลากลงบนแผ่นกระดาษปัดยกรรรม หรือแปลนร่างของโครงสร้าง แม้ภายหลังการคำนวณออกแบบหากพบว่าคานบางตัวรับน้ำหนัก หรือแรงที่ผิดกันมาก ทำให้รูปหน้าตัด หรือเหล็กเสริมแตกต่างกันมาก ก็อาจแยกเป็นกลุ่มต่างหาก หรือเปลี่ยนชื่อคาน ตัวอย่างในรูปที่ 8 “คาน B-3 มีสองกรณี คือ B-3 ที่อยู่ริมนอก (Exterior) รับน้ำหนักผนัง หรือกำแพง และน้ำหนักที่ถ่ายจากพื้น S-1 ด้านเดียว อีกกรณีหนึ่ง คาน B-3 ที่อยู่ภายใน รับน้ำหนักที่ถ่ายจากพื้น S-1 สองด้าน แม้จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ภายหลังคำนวณออกแบบ หากพบว่ารูปตัด หรือเหล็กเสริมต่างกัน ก็อาจเปลี่ยนชื่อตัวใดตัวหนึ่ง อาทิ เปลี่ยนเป็น B-3' หรือ B-4”



หมายเหตุ ระดับหลังพื้น คาน = + 3.55 เว้นแต่ระบุเป็นอย่างอื่น

รูปที่ 8 ตัวอย่างผังพื้นคาน

ควรกำหนดความกว้างคานให้เป็นมาตรฐาน หรือสอดคล้องกับความกว้างของแบบหล่อคาน ควรใช้ความกว้างของคานให้น้อยขนาดที่สุด อาทิ “กำหนดให้คานหลักทั่ว ๆ ไปกว้าง 0.20 เมตร คานชอย หรือคานย่อย กว้าง 0.15 เมตร” เว้นแต่มีความจำเป็นอื่นใด ได้แก่ คานที่มีเหล็กเสริมมาก อาทิ คานคอดิน หรือต้องการรูปปรากฏทางสถาปัตยกรรม

ควรกำหนด หรือเลือกใช้ความลึกของคานให้เป็นมาตรฐาน สอดคล้องกับขนาดของแบบหล่อคาน และเลือกใช้ความลึกที่แตกต่างกันเท่าที่จำเป็น อาทิ “ใช้ความลึกคานที่แตกต่างกันคราวละ 0.10 เมตร อาทิ 0.35 0.40 0.50 และ 0.60 โดยลำดับ” อนึ่ง ควรระมัดระวังการคำนวณออกแบบคานที่ลึกมาก ๆ เมื่อเทียบกับความกว้าง หรือความยาวช่วง เพราะคานลึกมีพฤติกรรมแตกต่างจากคานปกติทั่วไปการคำนวณออกแบบ มีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกัน

ควรแยกพิจารณาแรงแต่ละกรณี ถึงแม้จะปราศจากค่าตัวคูณประกอบแรง (Load factor = 1.0) ก็ตาม ทั้งนี้เพื่อให้ทราบพฤติกรรมภายใต้แรงที่แท้จริงของคาน อาทิ “คานปลายยื่นทั้งสองด้าน (Over-hanged beam) ที่มีระยะยื่นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวช่วงกลาง บางครั้ง น้ำหนัก หรือแรงอาจทำให้คานโก่งขึ้น มีแรงดึงให้คานหลุด หรือถอนตัวขึ้นจากที่รองรับ”

นอกจากจะแยกกรณีของแรงแล้ว ผู้คำนวณออกแบบควรพิจารณาตำแหน่ง หรือรูปแบบที่น้ำหนักบรรทุกกระทำหลายกรณี (Patterned live load) เพื่อมั่นใจว่าได้วิเคราะห์ หรือเลือกเอาผลวิเคราะห์ที่ครอบคลุมทุกกรณีแล้ว ตัวอย่าง อาทิ โมเมนต์ลบสูงสุด และโมเมนต์บวกสูงสุดในคานต่อเนื่องหลายช่วง หรือบนโครงข้อแข็ง มิได้เกิดในกรณีเดียวกัน ซึ่งมีน้ำหนัก

บรรทุกจรกระทำอย่างสม่ำเสมอตลอดทุกช่วงความยาวคาบ ผู้คำนวณออกแบบควรตรวจสอบด้วยการทดลองสลัตำแหน่งของน้ำหนักบรรทุกจร ที่จะทำให้เกิดโมเมนต์ลบ หรือโมเมนต์บวก สูงสุด แล้วแต่กรณี

ควรพิจารณาการหยุดเหล็ก (Curtailment) หรือความยาวของเหล็กเสริมพิเศษในคาน อาทิตีเกี่ยวกับการออกแบบพื้น เพื่อให้ความยาวของเหล็กเสริมลงตัว และมีให้เหลือเศษ

ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่ารายละเอียดเหล็กเสริมในคาน จะทำให้คานมีสภาพ หรือเกิดพฤติกรรมตามแบบจำลอง การวิเคราะห์ และออกแบบ โดยเฉพาะการให้รายละเอียดที่ดูเสมือนเป็นเรื่องปลีกย่อย แต่แท้จริงแล้วกลับมีนัยสำคัญ อาทิ การยื่นเหล็กเสริมเข้าไปในที่รองรับ ระยะฝังเพิ่ม การต่อเหล็กเสริม (ต่อทาบ เชื่อม หรือต่อโดยวิธีกล) การฝังยึดปลายเหล็กเสริม

แม้เหล็กเสริมที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีขนาดระบุหลายขนาด ในทางปฏิบัติ สำหรับอาคารหลังหนึ่ง ๆ ควรเลือกใช้เหล็กให้น้อยขนาดที่สุด หากใช้เหล็กเสริมขนาดใกล้เคียงกันในองค์อาคารเดียวกัน จะช่วยป้องกันบรรเทาความผิดพลาดในการทำงาน และทำให้ประหยัด อาทิ “ในคานตัวหนึ่ง อาจเสริมเหล็กขนาด 16 มิลลิเมตร เป็นเหล็กกลาง หรือเหล็กบน ตลอดความยาวคาบ และใช้เหล็กขนาด 12 หรือ 16 มิลลิเมตร เป็นเหล็กเสริมพิเศษ”

8. องค์ประกอบของแบบโครงสร้างอาคาร

แบบโครงสร้างอาคารมีลักษณะพิเศษเฉพาะ เป็นแบบที่ต้องคัดลอก หรือลอกเลียน (Trace) เอาต้นร่าง หรือรายละเอียดบางอย่างมาจากแบบประณิตสถาปัตยกรรม เหตุผลเพราะในงานอาคารต่าง ๆ นั้น จะต้องออกแบบประณิตสถาปัตยกรรมให้แล้วเสร็จ บางส่วน หรือทั้งหมดเสียก่อน จึงจะสามารถเตรียมแบบวิศวกรรมโครงสร้าง และแบบวิศวกรรมระบบอื่น ๆ ให้สอดคล้องกันได้ สิ่งที่แบบโครงสร้างอาคารจะต้องคัดลอกเอามาจากแบบประณิตสถาปัตยกรรม ได้แก่ ระบบพิกัดฉาก (Grid or grid line - ซึ่งใช้วางผัง อ้างอิงตำแหน่งของตัวอาคาร และองค์อาคาร) ตำแหน่ง มิติ ขององค์อาคาร (อาทิ ความกว้าง และความลึกของคาน ตำแหน่งการวางคาน กรณีที่หน้ากว้างคานแคบกว่าหน้ากว้างเสา จะแสดงการวางคานขีดริมนอกเสา ขีดริมในเสา หรือยึดแนวศูนย์กลางเสา เป็นต้น) ระดับ (ได้แก่ความสูงระหว่างชั้น ระยะลูกตั้ง ลูกนอนของชั้นบันได ขนาดของช่องเปิดในพื้น หรือกำแพง) บางกรณีอาจจะบ่มุมหรือความลาดชันขององค์อาคาร อาทิ มุมเอียงของหลังคา ความลาดชันของทางลาด

แบบโครงสร้างอาคาร ต้องยื่นต่อหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องเพื่อขออนุญาตก่อสร้าง ดังนั้น การจัดเตรียมแบบจะต้องยึดถือระเบียบหลักเกณฑ์ที่หน่วยงานราชการเหล่านั้น หรือกฎหมายที่เกี่ยวข้องระบุไว้อย่างเคร่งครัด (พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฯ วิเคราะห์ศัพท์ "แบบแปลน" หมายความว่า แบบเพื่อประโยชน์ในการก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย ใช้ หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร โดยมีรูปแสดงรายละเอียดส่วนสำคัญ ขนาด เครื่องหมายวัสดุ และการใช้สอยต่าง ๆ ของอาคาร อย่างชัดเจนพอที่จะใช้ในการดำเนินการได้)

กฎกระทรวง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการขออนุญาต การอนุญาต การต่ออายุใบอนุญาต การโอนใบอนุญาต การออกใบรับรอง และการออกใบแทนตาม กฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร พ.ศ. 2564

ข้อ 16 แผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน และรายการคำนวณ ต้องเป็นสิ่งพิมพ์ สำเนา ภาพถ่าย หรือเขียนด้วยหมึก และต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ และเงื่อนไข ดังต่อไปนี้ (1) มาตรฐาน ขนาด ระยะ น้ำหนัก และหน่วยการคำนวณต่าง ๆ ให้ใช้ระบบเมตริก (2) แผนผังบริเวณให้ใช้มาตราส่วนไม่เล็กกว่า 1 ใน 500 แสดงลักษณะ ที่ตั้ง และขอบเขตของที่ดินและอาคารที่ขออนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย เปลี่ยนการใช้ ดัดแปลง หรือใช้ที่จอดรถ ที่กัลبرد และทางเข้าออกของรถเพื่อการอื่น และขออนุญาตก่อสร้าง พื้นที่ หรือสิ่งก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นที่จอดรถ ที่กัลبرد และทางเข้าออกของรถแทนของเดิม พร้อมด้วย รายละเอียด ดังต่อไปนี้ (ก) แสดงขอบนอกของอาคารที่มีอยู่แล้ว (ข) ระยะห่างจาก ขอบนอกของอาคารที่ขออนุญาตถึงขอบเขตของที่ดินทุกด้าน (ค) ระยะห่างระหว่างอาคารต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้ว และอาคารที่ขออนุญาตในขอบเขต ของที่ดิน (ง) ลักษณะและขอบเขตของที่ดินสาธารณะและอาคารในบริเวณที่ดินที่ติดต่อด้านข้าง พร้อมด้วยเครื่องหมายทิศ (จ) ในกรณีที่ไม่มีความจำเป็นสำหรับการขออนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลงหรือ เคลื่อนย้ายอาคาร ให้แสดง ทางระบายน้ำออกจากอาคารไปสู่ทางระบายน้ำสาธารณะ หรือวิธีการระบายน้ำ ด้วยวิธีอื่น พร้อมทั้งแสดงเครื่องหมายชี้ทิศทางน้ำไหลและส่วนลาด (ฉ) แสดงระดับของพื้นชั้นล่างของ อาคารและความสัมพันธ์กับระดับทางหรือถนนสาธารณะ ที่ใกล้ที่สุดและระดับพื้นดิน (ช) แผนผังบริเวณสำหรับการเคลื่อนย้ายอาคารให้แสดงแผนผังบริเวณของอาคารที่มีอยู่เดิม และให้ แสดงแผนผังบริเวณที่จะทำการเคลื่อนย้ายอาคารไปอยู่ในที่ใหม่ให้ชัดเจน แผนผังบริเวณสำหรับ อาคาร เว้นแต่ตึก บ้าน เรือน โรง ร้าน แพ คลังสินค้า สำนักงาน และสิ่งก่อสร้างขึ้นอย่างอื่นซึ่ง บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้ให้แสดงรายละเอียด ตาม (ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ) หรือ (ช) เท่าที่จะต้องมีตามลักษณะของอาคารนั้น ๆ (3) แบบแปลนให้ใช้มาตราส่วนไม่เล็กกว่า 1 ใน 100 โดยต้องแสดงรูปต่าง ๆ คือ แปลนพื้นชั้นต่าง ๆ รูปด้านซึ่งไม่น้อยกว่าสองด้าน รูปตัด ทางขวาง รูปตัดทางยาว ผังคานรับพื้นชั้นต่าง ๆ และผังฐานรากของอาคารที่ขออนุญาตก่อสร้าง ดัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย เปลี่ยนการใช้ หรือดัดแปลง หรือใช้ที่จอดรถ ที่กัลبرد และทำ ทางเข้าออกของรถเพื่อการอื่น พร้อมด้วยรายละเอียด ดังต่อไปนี้ (ก) แบบแปลนต้องมีรูป รายละเอียดส่วนสำคัญ ขนาด เครื่องหมาย วัสดุ และการใช้สอยต่าง ๆ ของอาคารอย่างชัดเจน เพียงพอที่จะพิจารณาตามกฎกระทรวง ข้อบัญญัติท้องถิ่น หรือประกาศของรัฐมนตรีว่าการ กระทรวงมหาดไทยซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร ฯ (ข) แบบแปลนสำหรับการก่อสร้างอาคาร ให้แสดงส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่จะก่อสร้าง ให้ชัดเจน (ค) แบบแปลน สำหรับการดัดแปลงอาคาร ให้แสดงส่วนที่มีอยู่เดิมและส่วนที่จะดัดแปลงให้ชัดเจน (ง) แบบ แปลนสำหรับการรื้อถอนอาคาร ให้แสดงขั้นตอน วิธีการ ตลอดจน ความปลอดภัยในการรื้อ ถอนอาคาร (จ) แบบแปลนสำหรับการเคลื่อนย้ายอาคาร ให้แสดงขั้นตอน วิธีการ ความมั่นคง แข็งแรง ตลอดจนความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายอาคาร (ฉ) แบบแปลนสำหรับการเปลี่ยนการใช้ อาคาร ให้แสดงส่วนที่ใช้อยู่เดิมและส่วนที่จะเปลี่ยนการใช้ใหม่ให้ชัดเจน (ช) แบบแปลน

สำหรับการตัดแปลงหรือใช้ที่จอดรถ ที่กัลبرد และทางเข้าออกของรถ เพื่อการอื่น ให้แสดงส่วนที่มีอยู่เดิมและส่วนที่จะทำการก่อสร้างใหม่แทนของเดิมให้ชัดเจน สำหรับการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างขึ้นเป็นอาคารเพื่อใช้เป็นที่จอดรถ ที่กัลبرد และทางเข้าออกของรถแทนของเดิม ต้องแสดงส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่จะก่อสร้างให้ชัดเจน สำหรับอาคารที่มีรูปตัดทางขวางหรือรูปตัดทางยาวของอาคารมีความกว้าง ความยาว หรือความสูงเกิน 90 เมตร แบบแปลนจะใช้มาตราส่วนเล็กกว่า 1 ใน 100 ก็ได้ แต่ต้องไม่เล็กกว่า 1 ใน 250 แบบแปลนสำหรับอาคาร เว้นแต่ตึก บ้าน เรือน โรง ร้าน แพ คลังสินค้า สำนักงาน และสิ่งก่อสร้างขึ้นอย่างอื่นซึ่งบุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้ ให้แสดงรายละเอียดตาม (ก) (ข) (ค) (ง) (จ) (ฉ) หรือ (ช) เท่าที่จะต้องมีตามลักษณะของอาคารนั้น ๆ (4) รายการประกอบแบบแปลน ให้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับคุณภาพและชนิดของวัสดุ ตลอดจนวิธีปฏิบัติหรือวิธีการสำหรับการก่อสร้าง ตัดแปลง รื้อถอน เคลื่อนย้าย เปลี่ยนการใช้อาคาร หรือตัดแปลงหรือใช้ที่จอดรถ ที่กัลبرد และทางเข้าออกของรถเพื่อการอื่น (5) รายการคำนวณ ให้แสดงวิธีการตามหลักวิศวกรรมศาสตร์ โดยคำนวณกำลังของวัสดุ การรับน้ำหนัก และกำลังต้านทานของส่วนต่าง ๆ ของอาคาร

ข้อ 17 ผู้รับผิดชอบงานออกแบบหรือผู้รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณต้องลงลายมือชื่อ พร้อมกับเขียนชื่อด้วยตัวบรรจงในแผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน และรายการคำนวณทุกแผ่น และให้ระบุสำนักงานหรือที่อยู่พร้อมกับคุณสมบัติของผู้รับผิดชอบดังกล่าวไว้ใน แผนผังบริเวณ แบบแปลน รายการประกอบแบบแปลน และรายการคำนวณแต่ละชุดด้วย หรือจะใช้ สิ่งพิมพ์ สำเนา ภาพถ่ายที่ผู้รับผิดชอบงานออกแบบ หรือผู้รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณ ได้ลงลายมือชื่อพร้อมกับเขียนชื่อด้วยตัวบรรจง และระบุรายละเอียดดังกล่าวแทนก็ได้

ในกรณีที่ผู้รับผิดชอบงานออกแบบหรือผู้รับผิดชอบงานออกแบบและคำนวณเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยสถาปนิก หรือเป็นผู้ได้รับใบอนุญาตให้เป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร ให้ระบุเลขทะเบียน ใบอนุญาตไว้ด้วย

แบบโครงสร้างอาคาร จะต้องสัมพันธ์สอดคล้องกับแบบประณีตสถาปัตยกรรม และแบบวิศวกรรมระบบอื่น ๆ ตัวอย่างอาทิ รูปทรง มิติ และตำแหน่งของเสา คาน จะต้องเป็นไปตามแบบสถาปัตยกรรม เพื่อให้รูปปรากฏ ตามที่สถาปัตยกรรมของอาคาร ขนาดของช่องเปิดในแผ่นพื้น หรือผนัง จะต้องเป็นไปตามที่แบบวิศวกรรมระบบ(สุขาภิบาล ไฟฟ้า เครื่องกล หรืออื่น ๆ) ระบุไว้ เพื่อให้ระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ ในอาคาร อาทิ ท่อน้ำ ท่อไฟฟ้า ท่อปรับอากาศ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ติดตั้ง หรือลอดผ่านได้

แบบโครงสร้างอาคารมีมากกว่าหนึ่งชุด (Version) อาจเหมือนกัน หรือแตกต่างกันได้ การเปลี่ยนแปลงอาจเนื่องมาจากผู้ว่าจ้าง สถาปนิก วิศวกรผู้คำนวณออกแบบระบบหน่วยงาน ราชการผู้มีอำนาจตรวจ และอนุมัติเห็นชอบแบบขออนุญาต หรือแม้กระทั่งวิศวกรผู้คำนวณออกแบบโครงสร้างเอง สาเหตุที่เปลี่ยนแปลงอาจเนื่องมาจากความผิดพลาด หรือไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ว่าจ้าง ไม่เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด มีอุปสรรคความ

จำเป็นอื่น ๆ อาทิ ความแข็งแรงของโครงสร้างการติดตั้งระบบต่าง ๆ หรือเพื่อความเหมาะสมในการใช้งานอาคารนั้น ปกติแบบโครงสร้างจะมีอย่างน้อยห้าชุด ตามลำดับก่อนหลังดังนี้ แบบร่าง (Draft or preliminary drawing) แบบยื่นขออนุญาต (Permission drawing)แบบก่อสร้าง หรือแบบคู่สัญญา หรือแบบเพื่อประมูล (Contract drawing) แบบขยาย หรือแบบขยายรายละเอียด (นิยมเรียกทับศัพท์ – Shop drawing) แบบเหมือนสร้าง (As-built drawing) จัดเตรียมขณะ หรือทันทีภายหลัง ก่อสร้างเสร็จสิ้นแล้ว เป็นแบบที่ต้องเก็บรักษาไว้ตลอดอายุใช้งานของอาคารเพื่อใช้ประโยชน์ในกรณีที่จำเป็นต้องซ่อมแซม แก้ไข ปรับปรุง ดัดแปลงใช้งาน หรือรื้อถอนอาคาร ดังนั้น ก่อนเตรียมแบบโครงสร้างอาคาร ผู้คำนวณออกแบบ และผู้เขียนแบบ จะต้องวางแผนอย่างรอบคอบ เพื่อให้แบบยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนได้ หรือมีผลกระทบน้อยที่สุดหากต้องปรับเปลี่ยนแก้ไข การเตรียมแบบโครงสร้างอาคารมักมีเวลาจำกัด โดยเฉพาะอาคารซึ่งส่วนใหญ่เจ้าของโครงการ หรือผู้ว่าจ้างเป็น เอกชน จึงเร่งรัดงานคำนวณออกแบบ และเตรียมแบบ เพื่อให้ขั้นตอนการยื่นขออนุญาตเสร็จสิ้นโดยเร็ว และอาคารแล้วเสร็จทันตามกำหนดที่ได้วางแผนไว้เพื่อประโยชน์ทางธุรกิจ ผู้คำนวณออกแบบ และผู้เขียนแบบงานโครงสร้างอาคารจะต้องเข้าใจสภาพ และพร้อมสำหรับสถานการณ์ดังกล่าว

ผู้คำนวณออกแบบ และเตรียมแบบต้องรับผิดชอบในแบบ เพราะแบบโครงสร้างอาคารที่นำไปก่อสร้างนั้น หมายถึง ความประหยัดแต่ต้องมั่นคง แข็งแรง และปลอดภัยต่อชีวิตทรัพย์สิน สวัสดิภาพ ร่างกายอนามัยของผู้อยู่อาศัยในบริเวณข้างเคียง ผู้สัญจรไปมา ผู้ก่อสร้างอาคาร และแม้กระทั่งความรับผิดชอบต่อในทางกฎหมายของผู้ออกแบบเอง แบบโครงสร้างอาคาร อาจถูกแยกส่วน (เป็นสองส่วน หรือมากกว่า) เพื่อนำไปเป็นเอกสารประกอบสัญญาจ้างก่อสร้าง ด้วยเหตุผลที่กล่าวข้างต้น เนื่องจากภาวะที่ต้องเร่งรัดการก่อสร้าง ดังนั้น ทันทีที่ผ่านขั้นตอนการขออนุญาต โครงการก่อสร้างอาคารมากกว่าครึ่งหนึ่งในปัจจุบันจะแยกสัญญาตอก หรือเจาะเสาเข็ม หรือทำ ฐานรากออกจากสัญญาก่อสร้างตัวอาคาร โดยจะแยกเอาแบบเกี่ยวข้องกับงานดังกล่าว อาทิ แปลนเสาเข็ม แปลนฐานราก แบบรายละเอียดฐาน และกำแพงกันดิน ไปจัดเตรียมสัญญาว่าจ้างผู้รับเหมาตอก (หรือเจาะ) เสาเข็ม และก่อสร้างฐานราก ในขณะที่แบบ และงานก่อสร้างส่วนอื่น ๆ ของตัวอาคาร ยังอาจอยู่ในขั้นตอนการแก้ไข เปลี่ยนแปลง ทบทวน ประเมินราคา หรือประมูล ดังนั้นผู้ออกแบบ และผู้เขียนแบบจะต้องพิถีพิถันกับแบบเสาเข็ม และฐานรากเป็นพิเศษ โดยแบบดังกล่าวอาจต้องมีรายละเอียดถึงขั้นสามารถนำไปใช้ประเมินราคา และก่อสร้างได้ทันที ถึงแม้จะเป็นเพียงขั้นตอนการเตรียมแบบเพื่อยื่นขออนุญาต (Permission drawings) ทั้งนี้เพราะอาจไม่มีเวลาแก้ไขตรวจสอบ ทบทวน หรืออาจหลงลืมก็เป็นได้

แบบโครงสร้างอาคาร อาจจำเป็นต้องปรับปรุง เปลี่ยนแปลง แก้ไข หรือดัดแปลงวิธีแสดงรายละเอียด ให้สอดคล้องกับระบบโครงสร้างที่นำมาใช้กับอาคาร โดยเฉพาะในยุคปัจจุบัน ซึ่งวิทยาการ และเทคโนโลยีก่อสร้างพัฒนาทันสมัย ผู้คำนวณออกแบบ และผู้เขียนแบบจำเป็นจะต้องปรับตัวให้เข้ากับความเปลี่ยนแปลงก้าวหน้าดังกล่าว ระบบโครงสร้างที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบแผ่นพื้น คาน คอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่ (Conventional cast-in-situ reinforced concrete) ระบบแผ่นพื้น คอนกรีตเสริมเหล็กใ้คานหล่อในที่ (Cast-

in-situ reinforced concrete flat plate or flat slab) ระบบแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรง (Post-tensioning flat slab) ระบบโครงสร้างเหล็ก (Steel structure) องค์อาคารสำเร็จรูป (Pre-cast or prefabricate system) ซึ่งอาจเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก คอนกรีตอัดแรง องค์อาคารเหล็ก หรือเป็นองค์อาคารผสม

แบบโครงสร้างอาคารอาจคำนวณออกแบบ หรือเตรียมโดยบุคคลหลายฝ่าย ขึ้นอยู่กับระบบโครงสร้าง รูปแบบ และขั้นตอนก่อสร้างซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติเฉพาะ ดังนั้น ทุกฝ่ายที่ร่วมกันเตรียมแบบจะต้องทำความเข้าใจกันก่อนลงมือทำงาน เพื่อให้ผลงานสอดคล้องกันเป็นระบบ หรือมาตรฐานเดียวกัน ตัวอย่างอาทิ โครงสร้างที่ใช้พื้นไร้คานชนิดคอนกรีตอัดแรง องค์อาคารส่วนที่เป็นพื้นไร้คานชนิดคอนกรีตอัดแรงจะคำนวณออกแบบ และเตรียมแบบโดยบริษัทผู้ค้า หรือรับจ้างก่อสร้างพื้นไร้คานคอนกรีต ดังกล่าว ซึ่งแต่ละรายจะมีวิธีการปฏิบัติ และเทคนิคพิเศษเฉพาะ ส่วนองค์อาคารอื่น ๆ ที่เหลือ อาทิ คาน เสา บันได ฐานราก อาจคำนวณออกแบบโดยวิศวกรโครงสร้างอีกบุคคล หรือฝ่ายหนึ่ง ทั้งสองฝ่ายจะต้องทราบข้อมูลซึ่งกันและกัน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และคำนวณโครงสร้าง ต้องทราบรายละเอียดที่จะแสดง เพื่อให้สอดคล้อง เป็นมาตรฐานเดียวกัน ตัวอย่างข้อมูลที่ทั้งสองฝ่ายจะต้องทราบ และเข้าใจตรงกัน อาทิ ความสูงของแต่ละชั้น และช่องว่าง ความหนาของแผ่นพื้นตำแหน่ง และขนาดช่องเปิด ตำแหน่ง และขนาดของคานขอบ เหล็กเสริมพิเศษ รอยต่อในแผ่นพื้น (กรณีแผ่นพื้นต้องแยกส่วนในการเทคอนกรีต) หรือแยกโครงสร้างเป็นส่วน ๆ

แบบโครงสร้างที่ดีควรมีจำนวนแผ่น จำนวนแปลน รูปตัด และรายละเอียดที่ครบถ้วน ชัดเจน กะทัดรัด ไม่ฟุ่มเฟือย สามารถใช้ทำแบบขยาย (หรือแบบขยายรายละเอียด) ใช้คิดประมาณปริมาณวัสดุ และราคาได้ และใช้ก่อสร้างได้

แบบโครงสร้างที่ดีจะต้องสื่อความเข้าใจได้ (ผู้เตรียมแบบ และเขียนแบบจะต้องพึงระลึกว่าผู้ที่อ่านแบบ อาจไม่มีเวลา หรือประสบการณ์ได้ศึกษา หรือแปลความหมายของแบบแบบที่สามารถสื่อความเข้าใจได้ดีระหว่างผู้เตรียม ผู้เขียน และ ผู้อ่านจะต้องง่าย ชัดเจน ใช้สัญลักษณ์ และวิธีนำเสนอที่ได้มาตรฐาน ซึ่งยอมรับ และปฏิบัติกันทั่วไป เพราะผู้อ่านแบบมีหลายระดับ หลายฝ่าย ได้แก่ ผู้คำนวณออกแบบ ผู้เขียนแบบ ผู้ประมาณการ ผู้รับเหมาก่อสร้าง ผู้ว่าจ้าง หรือเจ้าของอาคาร เจ้าหน้าที่ระดับปฏิบัติการ อาทิ ช่างเทคนิค หัวหน้าช่างไม้ ช่างเหล็ก หน่วยงาน ราชการที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบ อนุมัติ และควบคุมดูแลการก่อสร้าง การใช้งานอาคาร สถาปนิก และวิศวกรงานระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ตามนิยมปฏิบัติในประเทศไทย ต้องเรียงลำดับแบบสอดคล้องกับลำดับขั้นตอนก่อสร้าง องค์อาคารใดที่จะต้องก่อสร้างก่อนก็ควรอยู่ในลำดับแรก ๆ อาทิ แปลนเสาเข็มอยู่ในลำดับก่อนแปลนหลังคา แปลนพื้นคานชั้นที่ 2 อยู่ในลำดับก่อนแปลนพื้นคานชั้นที่ 3

แบบโครงสร้างต้องเข้ามาตราส่วนที่ถูกต้องตามกฎหมายดังกล่าวแล้วข้างต้น กรณีที่กฎหมายไม่ได้กำหนด อาทิ แบบขยายรายละเอียดต่าง ๆ จะต้องเข้ามาตราส่วนที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสำคัญของรูปแบบรายละเอียดที่จะแสดง ซึ่งจะต้องเหมาะสมชัดเจนพอที่ผู้อ่านเข้าใจได้ นอกจากนั้น แบบโครงสร้างที่ดีต้องมีสารบัญแบบ (Table of content or list of drawings) และหมายเหตุประกอบแบบ (General notes) ให้ตรวจสอบ สืบค้น

อ่าน และอ้างอิงได้สะดวก รายละเอียดซึ่งเป็นสาระสำคัญจำเป็นหากสมควร หรืออยู่ในวิสัยที่ทำได้ก็ควรระบุโดยสังเขปไว้ในแบบแทนที่จะอ้างอิงให้ผู้อ่านแบบเสียเวลาค้นหาจากรายการประกอบแบบ (Specification) อาทิ กำลังอัดประลัยของคอนกรีต กำลังครากของเหล็กเสริม กำลังปลอดภัยของเสาเข็ม กำลังแบกทานปลอดภัยของดิน หน่วยน้ำหนักต่อความยาวของเหล็กรูปพรรณ ระยะหุ้ม การฝังยึดปลายเหล็กเสริม หรืออื่น ๆ

จะต้องตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของแบบก่อนที่จะใช้ก่อสร้างจริง และถึงแม้ในขั้นตอนการก่อสร้างจริง หากมีความจำเป็นอื่นใดที่ต้องกระทำเพื่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้าง เพื่อประโยชน์ใช้สอย หรือเพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรคอื่นใด ก็ยังต้องสามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงได้ตามความจำเป็น ความผิดพลาดอาจเกิดได้เสมอ แม้จะได้ตรวจสอบรอบคอบแล้ว เมื่อพบข้อผิดพลาดต้องรีบแก้ไข มีบุคคลหลายฝ่ายที่จะช่วยตรวจสอบข้อผิดพลาดของแบบโครงสร้างอาคาร ได้แก่ ผู้คำนวณออกแบบ หรือผู้เขียนแบบ ผู้ประมาณการ ผู้รับเหมาก่อสร้าง สถาปนิก หรือวิศวกรงานระบบอื่น ๆ เจ้าหน้าที่ของรัฐ หน่วยงานราชการ ซึ่งมีอำนาจหน้าที่ กำกับดูแล ตัวอย่างรายการประกอบแบบ หรือหมายเหตุทั่วไป อาทิ

(General notes)

1. According to piling layout plan, pile bent and pile cap details, bored pile, diameter 1.00 m, safe load 500 ton/pile shall be used. It shall also be verified by the engineer prior proceeding.
2. Wherever applicable, safe bearing capacity of soil shall be 12 ton/m².
3. Only Portland cement type I or type III (TIS 15) class 280 ($f_c' = 280$ kilogram per square centimeter) shall be used for concrete product. Lean concrete shall be class 150 ($f_c' = 150$ kilogram per square centimeter), where f_c denotes ultimate compressive strength of concrete (0.15 m x 0.30 m cylindrical specimen).
4. Bars diameter 9 mm and lesser shall be rounded bars, grade SR 24 (TIS 20-2559) of which minimum yield strength 2,400 kilogram per square centimeter. Bars diameter 10 mm and greater shall be deformed bars, grade SD 40 (TIS 24-2559) of which minimum yield strength 4,000 kilogram per square centimeter.
5. Structural steel shall conform ASTM A-36 or JIS 3 10 1 SS41 or TIS 116-2517. Electrode for welded joint shall conform AWS grade E-7016. Two layers of red lead oxide shall be coated prior to painting of roof truss as directed by the engineer.
6. Unless otherwise shown on the drawings, clear cover from face of structure to outer surface of bars shall be: 3 cm (slab and staircase), 4 cm (beam, column, and wall) and 10 cm (pile cap).

7. Dowels; 6 - DB 20 x 0.80 m shall also be extended from pile into pile cap.
8. Bars bending, scheduling and fixing shall conform EIT - 2.5.3.4, unless otherwise shown on the drawings or as directed by the structural engineer or his authorized representative.
9. All dimensions are in meter, unless otherwise indicated, measuring dimension or counting for quantities from the drawings are prohibited.
10. Alteration of works, missing of details the contractor must verify all dimensions and site conditions as shown on these drawings and notify the designer or the engineer immediately of any discrepancy or omission.
11. All rights reserved, no part of these drawings may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or any means; electronic, electrostatics, magnetic tape, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without permission in writing.

9. กระจาด และมาตราส่วน

ขนาดของแบบ หรือขนาดของกระจาด ขึ้นอยู่กับขนาดแปลนของอาคาร หรือ โครงสร้าง ซึ่งเขียนตามมาตราส่วนที่กฎหมายกำหนดแล้ว จะความเหมาะสมพอดีกับขนาดของ กระจาด ขนาดมาตรฐานของกระจาด (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 40 ขนาดมาตรฐานของกระจาด หรือแบบ

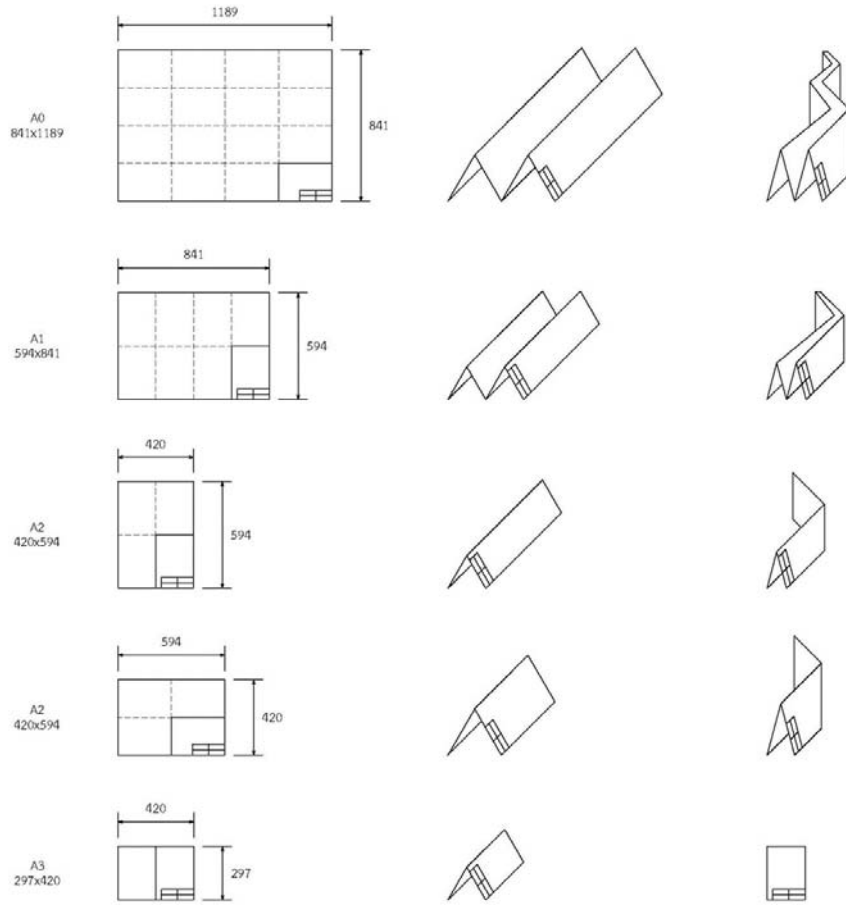
ขนาด	กว้าง, มิลลิเมตร	ยาว, มิลลิเมตร
A3	297	420
A2	420	594
A1	594	841
A0	841	1,189

ควรพับแบบอย่างมีวัตถุประสงค์ อาทิ พับเพื่อรวมยื่นขออนุญาตพร้อมรายการคำนวณ จะต้องเป็นไปตามวิธี หรือรูปแบบที่ทางราชการกำหนด หรือปฏิบัติ อีกวัตถุประสงค์หนึ่งคือ พับเพื่อเก็บรักษา (นอกเหนือจากเก็บรักษาโดยวิธีการม้วน หรือเข้าเล่ม) หรือพับโดยเก็บรักษา ในแฟ้มเอกสาร วิธีนี้จะต้องเผื่อส่วนขอบของแบบที่จะต้องร้อยห่วง และสามารถคลี่ออกดูได้ โดยไม่ต้องนำออกจากแฟ้ม (รูปที่ 9)

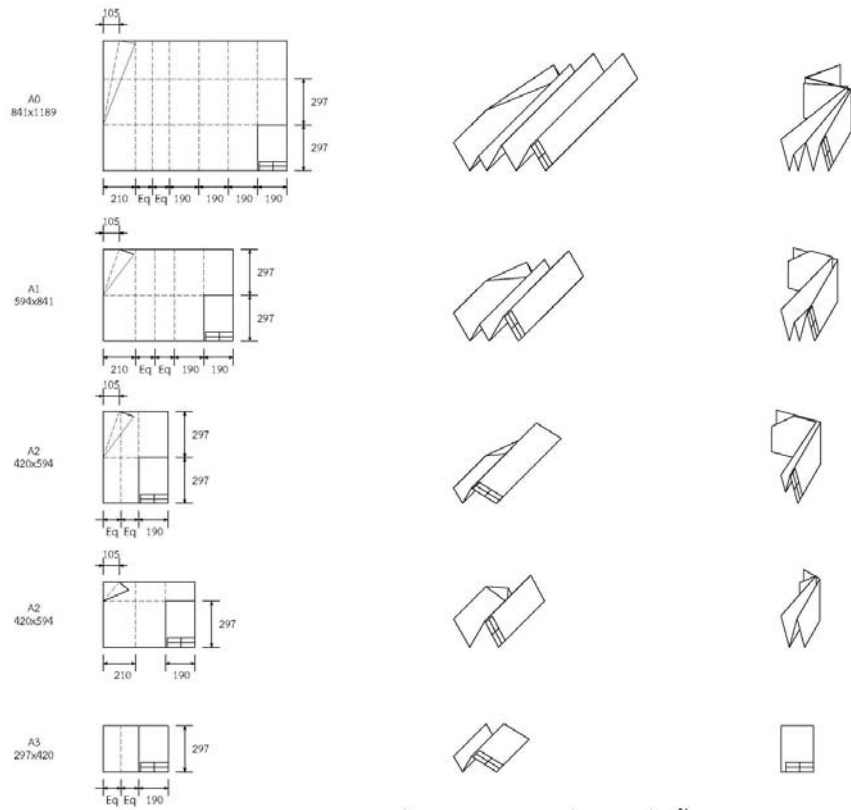
มาตราส่วนสำหรับรายละเอียดบางอย่าง กำหนดโดยกฎหมาย หากนอกเหนือจากนั้น ก็ขึ้นอยู่กับความจำเป็น หรือเหมาะสมของแบบ หรือรายละเอียดที่จะแสดง แปลน ปกติใช้

มาตราส่วน 1: 100 แพลนอาจมีมาตราส่วนเล็กกว่านี้ได้ อาทิ กรณีอาคารยาวมาก แต่ทั้งนี้ ต้องไม่เล็กกว่า 1: 200 หากย่อมาตราส่วนแล้วยังไม่สามารถแสดงในแผ่นเดียวกันได้ ปกติจะแบ่งแสดงในแผ่นถัดไป โดยทำเส้นทาบต่อ หรือตำแหน่งทาบต่อ (Match line) ไว้ รูปด้าน และรูปตัด ปกติใช้มาตราส่วน 1: 100 หรือสอดคล้องกับแปลน ส่วนรูปขยายรายละเอียด รูปตัดขวาง และรูปตัดตามยาวของคาน พื้น ฐานราก และรูปหน้าตัดของเสา มักใช้มาตราส่วน ระหว่าง 1: 10 ถึง 1: 25

กรอบระเบียบแบบ (Title block) มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ชื่อเจ้าของอาคาร ชื่อ หรือบริษัทผู้ออกแบบสถาปัตยกรรม ผู้คำนวณโครงสร้าง และระบบวิศวกรรมต่างๆ ชื่อผู้เขียนแบบ ตรวจสอบแบบ หรือผู้ลงนามอนุมัติแบบ ชื่อแบบ (Drawing title) หมายเลขแบบ หรือระเบียบ (Drawing No.) และเลขลำดับแผ่น (Sheet No.) วันที่ที่เขียนแบบ หรือส่งแบบ หมายเหตุ การแก้ไข และวันที่แก้ไข (Revision and date) อื่น ๆ ที่จำเป็น อาทิ ข้อความระบุลิขสิทธิ์ของแบบ หมายเหตุ เรื่อง หน่วยวัด มาตราส่วน ปกติกรอบระเบียบ มีสองรูปแบบ คือ กรอบระเบียบตามตั้ง หรือตามนอน ขึ้นอยู่กับมาตรฐานของหน่วยงาน หรือองค์กรที่เป็นเจ้าของงาน หรือผู้ว่าจ้าง หรือผู้ออกแบบ (รูปที่ 10) กรอบระเบียบแบบอาจใช้วิธีการเขียน หรือพิมพ์ลงกระดาษไขต้นฉบับ (แผ่นต่อแผ่น) หรือพิมพ์เป็นแผ่นลอก (Sticker) แล้วฉีกบนกระดาษไข ต้นแบบในภายหลัง บางครั้งอาจพิมพ์ระเบียบ ลงบนกระดาษไขคราวละมาก ๆ ตัดเป็นแถบ มาต่อเข้ากับแบบโดยใช้เทป (Magic tape)



ก. พับเพื่อเก็บรักษา
รูปที่ 9 ตัวอย่างการพับแบบ

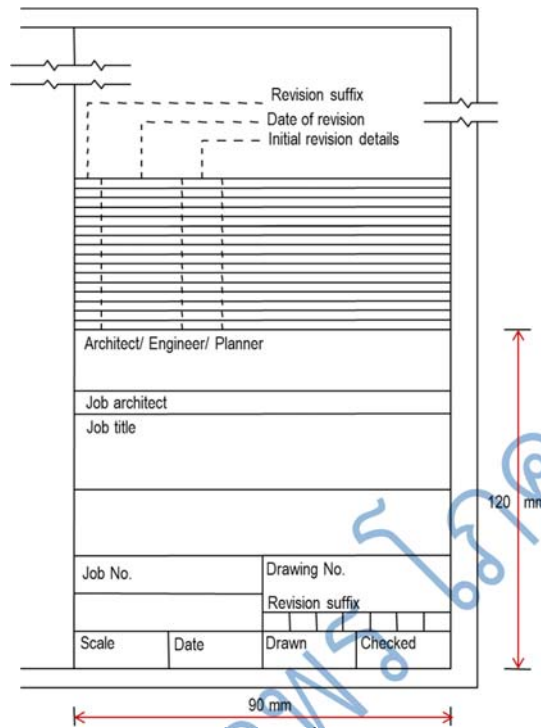


ข. พับเพื่อใส่แฟ้ม
รูปที่ 9 ตัวอย่างการพับแบบ (ต่อ)



ก. แนวนอน

รูปที่ 10 รูปร่าง และขนาดกรอบระเบียบแบบตามมาตรฐาน BS 1192

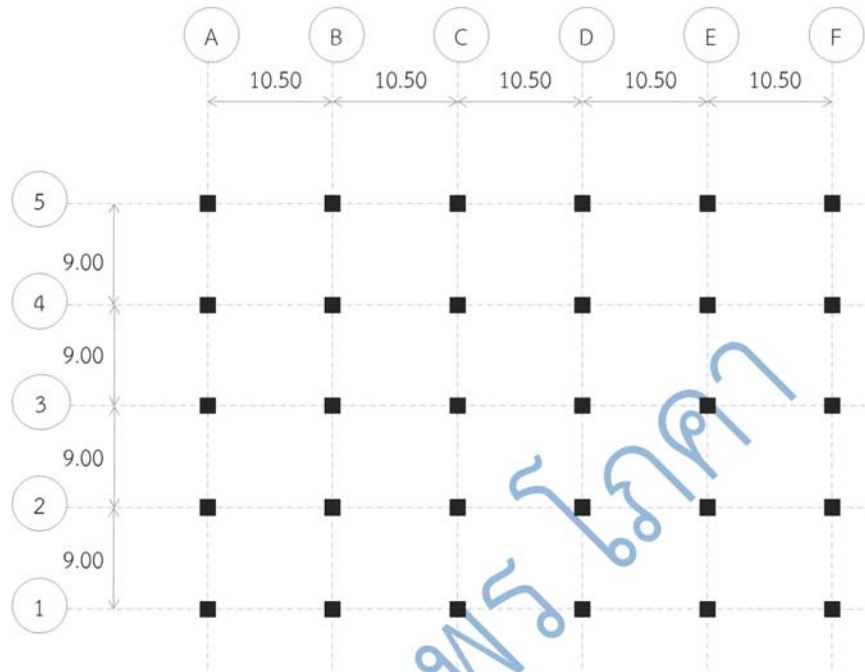


ข. แนวตั้ง

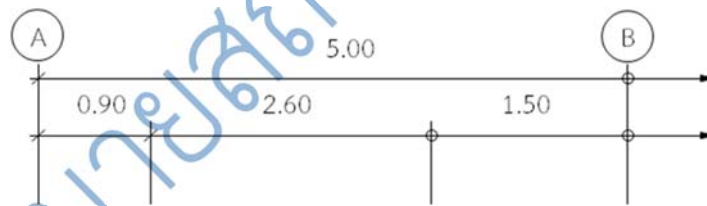
รูปที่ 10 รูปร่าง และขนาดกรอบระเบียบแบบตามมาตรฐาน BS 1192 (ต่อ)

10. ระบบพิกัดฉาก

ระบบพิกัดฉาก ที่ใช้อ้างอิง หรือบอกตำแหน่งองค์อาคาร ปกตินิยมถือตามแบบ ประณีตสถาปัตยกรรม ทัวไปมีหลักปฏิบัติโดยบอกเส้นพิกัดหลักด้วยตัวเลข 0 1 2 3 ... ฯลฯ ใน แกนหนึ่ง และบอกด้วยตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ของภาษาอังกฤษ A, B, C, ..., AA, BB, CC ฯลฯ (หรือภาษาไทย ก, ข, ค, ...) ในอีกแกนหนึ่ง ระหว่างแต่ละเส้นพิกัดหลักอาจจำเป็นต้องมีเส้น พิกัดย่อย ๆ อาทิ ระหว่างเส้นพิกัด 1 และ 2 อาจใช้เป็น 1.1, 1.2, 1.3 ฯลฯ หรืออาจใช้ 1', 1" หรือระหว่างเส้นพิกัด M และ N อาจแทรกด้วย M' หรือ M" ควรยึดถือการบอกระยะตามแบบ สถาปัตยกรรมอย่างเคร่งครัด ต้องแน่ใจว่าระยะที่แสดงในแบบนั้น เป็นระยะระหว่างศูนย์กลาง ระยะจากศูนย์กลางถึงขอบ หรือระยะระหว่างขอบ หากจำเป็นอาจแบ่งระยะที่แสดงเป็น ส่วนย่อย ๆ เพื่อให้ผู้อ่านแบบทราบรายละเอียดมากยิ่งขึ้นก็ได้ แต่ผลรวมของระยะย่อย ๆ เหล่านี้จะต้องเท่ากับระยะทั้งหมดที่แสดงไว้เดิม เพื่อป้องกันข้อผิดพลาด และตรวจสอบระยะ ที่แบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ง่าย อาจแสดงบอกด้วยเส้นแสดงระยะที่แยกต่างหากจากเส้นแสดง ระยะรวมเดิม (รูปที่ 11 และรูปที่ 12)



รูปที่ 11 ตัวอย่างพิกัดฉากบอกรังอาคาร



รูปที่ 12 ตัวอย่างเส้นบอกพิกัด และระยะ อ่างอิงพิกัด

11. ลำดับแบบ

ลำดับแบบ (Order of drawings) ที่นิยมปฏิบัติในประเทศไทย แบบโครงสร้างอาคารถือลำดับก่อนหลัง ตามขั้นตอนก่อสร้างจริงเป็นเกณฑ์ ดังนั้น โดยทั่วไปแบบโครงสร้างอาคารจะมีลำดับ ดังต่อไปนี้ ปกแบบ (Cover) สารบัญแบบ (List of drawing) หมายเหตุทั่วไปประกอบแบบ (General notes)

ต่อจากนั้นจะเป็นแปลนต่าง ๆ อาทิ แปลนเสาเข็ม (Piling layout plan – บางครั้งอาจแสดงรวมกับแปลนฐานราก - ดูหัวข้อถัดไป) แปลนฐานราก (Pile cap or footing plan) แปลนคานพื้นชั้นใต้ดิน (Basement floor plan) กรณีมีชั้นใต้ดิน (อาจมีชั้นเดียวหรือหลายชั้น) แปลนคานพื้นชั้นล่าง (Ground floor plan) แปลนคานพื้นชั้นที่ 1 (1st Floor plan) แปลนคานพื้นชั้นที่ 2 (2nd Floor plan) เรื่อยไปตามลำดับ จนกระทั่ง แปลนคาน และพื้นชั้นก่อนหลังคา แปลนคานพื้นชั้นหลังคา หรือแปลนโครงหลังคา (Roof plan)

ถัดจากแปลน จะเป็นแบบรายละเอียดองค์อาคารต่าง ๆ ได้แก่ ฐานราก เสา คาน แผ่นพื้น ทางลาด หรือบันได รายละเอียดโครงหลังคา แบบขยาย และรายละเอียดอื่น ๆ

อนึ่ง บางครั้งแทนที่จะเรียกชั้นที่ 1, 2, 3 ฯลฯ อาจระบุเป็นค่าระดับแทน อาทิ แปลนคานพื้นที่ระดับ ± 0.00 , $+3.50$, $+6.00$ เป็นต้น วิธีอาทินี้เหมาะสำหรับอาคารที่มีหลายระดับหรือมีระดับชั้นเยื้องกัน เช่น อาคารที่จอดรถ และสำหรับแบบโครงสร้างของคาน หรือแผ่นพื้นบางระบบ ได้แก่ แผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตอัดแรง จะมีแปลนพื้นชั้นเดียวกันมากกว่า 1 แผ่น คือ แปลนประกอบรูปตัดแสดงตำแหน่งค่าระดับของลวดอัดแรง (Tendon profile) และแปลนเหล็กเสริม ดังนั้น การเรียงลำดับแบบก็ต้องกระทำควบคู่กันไป อาทิ “24th Floor Plan (Tendon profile), 24th Floor Plan (Mild steel reinforcement)”

การกำหนดมิติ และระดับขององค์อาคารต้องสัมพันธ์กับความหนาของผิวงานตกแต่ง ต้องแน่ใจว่า มิติขององค์อาคารที่แสดงในแบบประณีตสถาปัตยกรรมนั้น รวมความหนาของผิวงานตกแต่ง (อาทิ ปูนฉาบ หรือกระเบื้องปูผิว) ด้วยหรือไม่ เพราะมีอาทินั้นแล้ว มิติ และระดับต่าง ๆ จะคลาดเคลื่อนจากที่เข้าใจ

12. สัญลักษณ์ และตัวย่อ

สัญลักษณ์ และตัวย่อที่ใช้ในแบบรูปโครงสร้าง และวิศวกรรมโยธา แสดงในตารางที่

41

ตารางที่ 41 สัญลักษณ์ และตัวย่อที่ใช้ในแบบรูปโครงสร้าง

สัญลักษณ์ หรือตัวย่อ	ความหมาย	
	ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย
@	Spacing as	ระยะเรียง หรือ ทุกๆระยะ
#	Mesh (both directions)	ตะแกรง หรือ วางเรียงสองทิศทาง
&	And	และ
DB	Deformed bar	เหล็กข้ออ้อย (เส้นกลมผิวเป็นบั้ง)
RB	Round bar	เหล็กเส้นกลม (ผิวเรียบ)
CL	Center Line	แนวศูนย์กลาง
GL	Ground Level	ค่าระดับดิน
LG	Light gauge steel	เหล็กรีดเย็นพับขึ้นรูปตัวซี
NGL	Natural ground level	ค่าระดับดินเดิม
ALT	Alternate	สลับกัน เช่น เส้นเว้นเส้นสลับกัน
TYP	Typical	กรณีทั่วไป
Bent - up	Bent-up bar	หักคอม้า
TOP, T	Top	ด้านบน หรือผิวบน
BOTTOM, B	Bottom	ด้านล่าง หรือผิวล่าง
Elev.,EL.	Elevation	ค่าระดับ
m	meter	เมตร
mm	millimeter	มิลลิเมตร
cm	centimeter	เซนติเมตร
kg	kilogram	กิโลกรัม
g	gram	กรัม
ton	ton	ตัน
x	Multiply	คูณ
P _L	Plate	แผ่น เช่นแผ่นเหล็ก

ตารางที่ 41 สัญลักษณ์ และตัวย่อที่ใช้ในแบบรูปโครงสร้าง (ต่อ)

สัญลักษณ์ หรือตัวย่อ	ความหมาย	
	ภาษาอังกฤษ	ภาษาไทย
°	Degree	องศา
>	Greater than	มากกว่า
<	Lesser than	น้อยกว่า
=	Equal	เท่ากับ
≥	Greater or equal	มากกว่า หรือเท่ากับ
≤	Lesser or equal	น้อยกว่า หรือเท่ากับ
▷	Not greater than	ไม่มากกว่า
◁	Not lesser than	ไม่น้อยกว่า
∅	Round bar or Diameter	เหล็กเส้นกลม (ผิวเรียบ) หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง
⊘	Deformed bar	เหล็กข้ออ้อย (เส้นกลมผิวเป็นนึ่ง)
↔	Direction of precast plank	ทิศทางการวางแผ่นพื้นสำเร็จรูป
≍	Water level	ค่าระดับน้ำ
	Ground Level	ค่าระดับดิน
	Opening ,void	ช่องเปิด หรือช่องโหว่
	Wooden texture	ผิวไม้
	Sand texture	ผิวทราย
	Concrete texture	ผิวคอนกรีต
	Metal texture	ผิวโลหะ
	Brick texture	ผิวอิฐ
	Rock or stone texture	ผิวดิน
	Dimension, center to center (c/c)	เส้นมอกระยะ จากศูนย์กลางถึงศูนย์กลาง
	Dimension, edge to edge	เส้นมอกระยะ จากขอบถึงขอบ
	Dimension, center to edge	เส้นมอกระยะ จากศูนย์กลางถึงศูนย์กลางหรือกึ่งกลาง
	Extended dimension, both sides	เส้นมอกระยะ ที่ต่อเนื่องออกไปสองด้าน
	Extended dimension, one sides	เส้นมอกระยะ ที่ต่อเนื่องออกไปด้านเดียว
	Break line	เส้นหยุด (รูปหรือระยะ)
	Match line	เส้นที่รูปต่อเนื่อง (ทับ) กัน
	Reinforcing bar	เหล็กเสริม
	Projected line of reinforcing bar	เหล็กเสริมที่ถูกฝัง
	Edge of structure	ขอบของโครงสร้าง
	Projected line of structural edge	ขอบของโครงสร้างที่ถูกฝัง

13. ตั้งชื่อองค์อาคาร

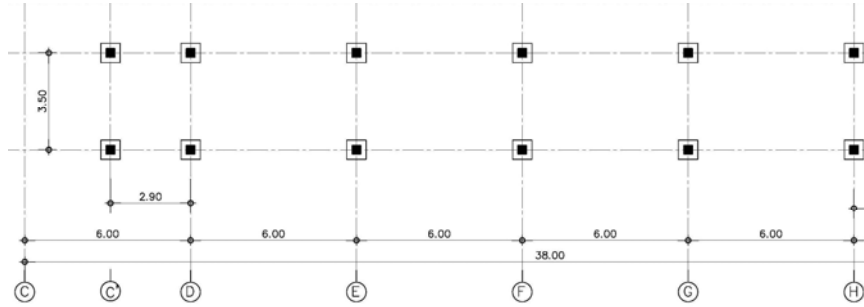
การตั้งชื่อองค์อาคารไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัวแน่นอน ขึ้นอยู่กับความพึงพอใจ หรือผู้ออกแบบเห็นสมควร อย่างไรก็ตาม เพื่อเข้าใจง่ายมีแนวทาง และข้อเสนอแนะดังนี้

ปกติมักใช้ใช้อักษรย่อ “F” แทนฐานราก ตามด้วยตัวเลข หากจะระบุตัวเลขให้แสดงจำนวนเสาเข็มก็จะเข้าใจ และจดจำง่าย อาทิ “F-1” หมายถึงฐานรากที่มีเสาเข็มต้นเดียว หรือ “F-4” หมายถึงฐานรากที่มีเข็ม 4 ต้น” กรณีที่มีฐานรากที่ใช้จำนวนเสาเข็มเท่ากันแต่มีขนาดมิติแตกต่างกัน หรือใช้จำนวนเสาเข็มเท่ากันแต่มีขนาด หรือใช้เข็มคนละชนิด หรือคนละขนาดกัน อาจใช้อักษรย่อระบุต่อท้าย แล้วมีหมายเหตุกำกับไว้ในแปลนฐานราก อาทิ “ F-2A” หรือ “F-2B” ต่างหมายถึงฐานรากที่มีเข็มสองต้น โดยทั้งนี้จะต้องมีหมายเหตุระบุไว้ อาทิ “A: เสาเข็มเจาะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.80 เมตร กำลังปลอดภัย 120 ตันต่อต้น และ B:- เสาเข็มเจาะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 เมตร กำลังปลอดภัย 220 ตันต่อต้น” เป็นต้น

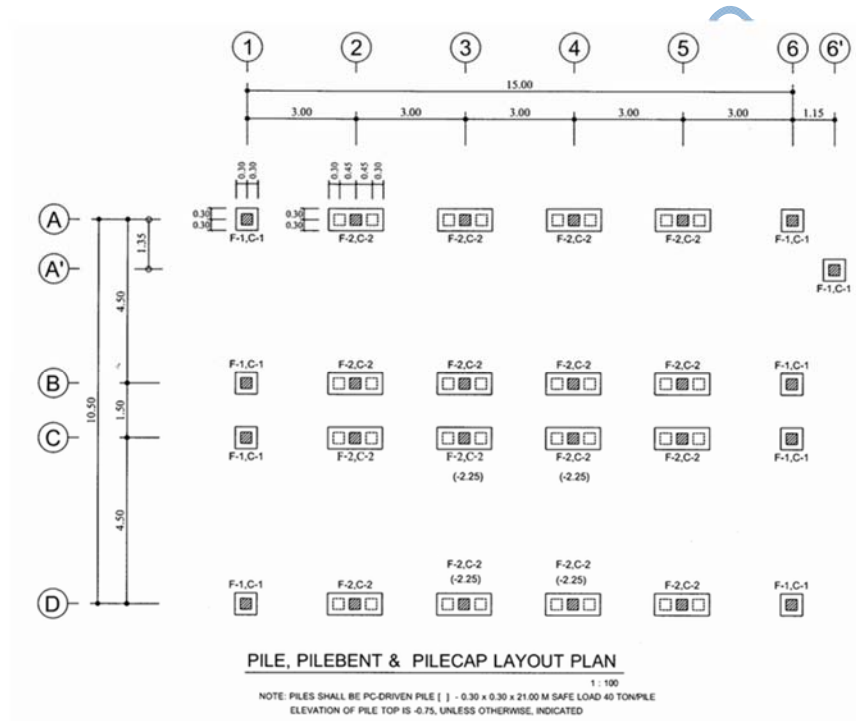
ควรระบุค่าระดับหัวเสาเข็ม หรือระดับหลังฐานรากกำกับไว้ที่ฐานรากแต่ละตัว หรือที่หมายเหตุใต้ชื่อแปลน อาทิ “ระดับหัวเสาเข็มทุกต้นมีค่า -0.15 เว้นแต่จะระบุเป็นอย่างอื่น (Top elevation of all piles is -0.15 unless otherwise shown)” หรือบางกรณี อาจระบุระดับหลังฐานรากแทน อาทิ “ระดับหลังฐานรากทุกตัวมีค่า +1.20 เว้นแต่จะระบุให้เป็นอย่างอื่น (Top elevation of all pile cap is +1.20 unless otherwise shown)” ทั้งนี้ ผู้อ่านแบบจะต้องดูรายละเอียดของฐานราก (ในแผ่นอื่น ๆ) ประกอบเพื่อที่จะหาค่าระดับหัวเสาเข็มได้ อย่างไรก็ตามแบบรายละเอียดแต่ละแผ่น ควรครบถ้วนสมบูรณ์ในแผ่นนั่นเอง ดังนั้นการระบุระดับหัวเสาเข็มในแปลนฐานรากย่อมครบถ้วนสมบูรณ์เพียงพอที่จะใช้แปลนดังกล่าวทำงานตอกเสาเข็มได้ (รูปที่ 13)

การเรียกชื่อเสาปกติใช้อักษร “C” แทนเสา ส่วนการให้รายละเอียดเสา ปกติมีสองวิธี ซึ่งใช้ระบบรูปภาพประกอบตาราง แต่มีข้อแตกต่างกันคือ แบบแรก ให้เสาต้นเดียวกันจะมีชื่อเหมือนกันทุก ๆ ชั้น (อาจมีหมายเลขชั้นระบุต่อท้าย อาทิ เสา C-1 ชั้นที่ 5 อาจเขียนว่า 1-C-5) ขนาดหน้าตัด และรายละเอียดเหล็กเสริม จะเปลี่ยนแปลงไปได้ตามความจำเป็น หรืออีกแบบหนึ่ง ตั้งชื่อเสา โดยมีรายละเอียดรูปหน้าตัดเสาพร้อมเหล็กเสริม แล้วเลือกใส่ในพิกัดหรือชั้นต่าง ๆ (รูปที่ 14) นอกจากเหล็กเสริมในเสา จะระบุจำนวนเหล็กยื่น และเหล็กปลอก กรณีเหล็กปลอกมีหลายวง อาจแสดงรูปเหล็กปลอกแยกออกมาจากรูปตัดประกอบ เพื่อแสดงให้เห็นว่าเหล็กปลอกเหล่านั้น มีรูปร่าง หรือผู้รัดเหล็กยื่นอย่างไร กรณีที่เหล็กยื่นมีสองขนาดขึ้นไป อาจใช้สัญลักษณ์ หรือแรเงา (Shade) ช่วยสื่อความเข้าใจได้ (รูปที่ 15)

ส่วนผนัง คอนกรีตเสริมเหล็กใช้อักษร “W” แทนชื่อผนัง คอนกรีตเสริมเหล็กด้วยตัวเลข อาทิ W-1, W-2 ฯลฯ โดยเขียนรูปตัดแสดงมิติ และเหล็กเสริมพอสังเขป แล้วมีตารางแสดงรายละเอียดกำกับ (รูปที่ 16)

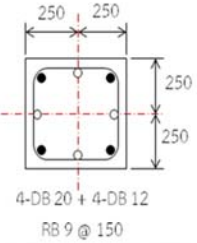

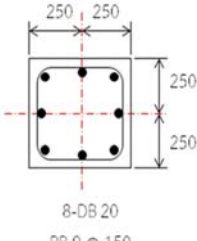
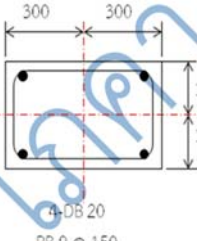


ก. ตัวอย่างที่หนึ่ง

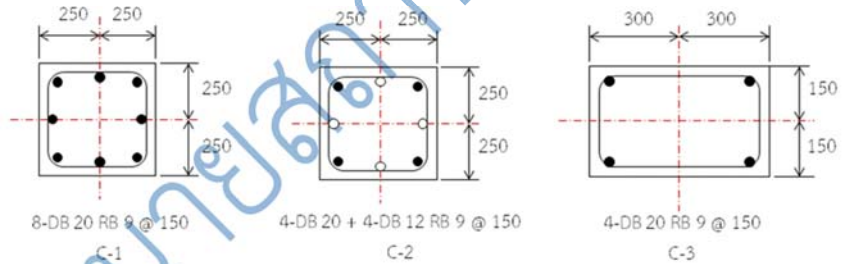


ข. ตัวอย่างที่สอง

รูปที่ 13 ตัวอย่างแปลนเสาเข็ม และฐานราก (ไม่ได้มาตราส่วน)

Column Floor	C-1 Line 2/B	C-2 Line 1-6/A, 3-6/ B, 1-6/ C
2 nd -Roof +6.60 to +13.60	 <p>4-DB 20 + 4-DB 12 RB 9 @ 150</p>	
Pedestal - 2 nd -0.20 to +6.60	 <p>8-DB 20 RB 9 @ 150</p>	 <p>4-DB 20 RB 9 @ 150</p>

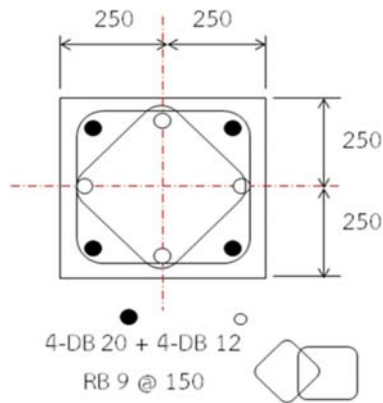
ก. แบบปกตินิยม



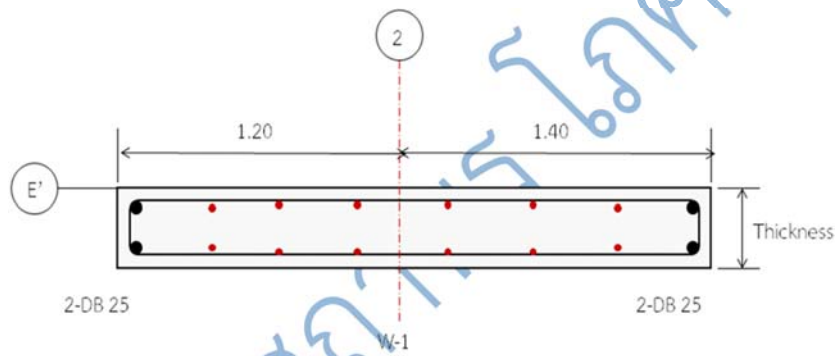
Column Floor	Line 2/B	Line 1-6/A, 3-6/ B, 1-6/ C
2 nd -Roof +6.60 to +13.60	C-2	C-3
Pedestal - 2 nd -0.20 to +6.60	C-1	C-3

ข. อีกแบบหนึ่ง

รูปที่ 14 ตัวอย่างรายละเอียดเสา



รูปที่ 15 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กยื่นต่างขนาด และเหล็กปลอกหลายวง



Floor	Descriptions	W-1
2 nd - Roof +6.60 to +13.60	Thickness, m	0.20
	Vertical reinforcement *	10-DB 12
	Horizontal reinforcement	DB 12 @ 0.15
Pedestal - 2 nd -0.20 to +6.60	Thickness, m	0.20
	Vertical reinforcement *	10-DB 16
	Horizontal reinforcement	DB 12 @ 0.15

Remark: Total reinforcements (Both faces)

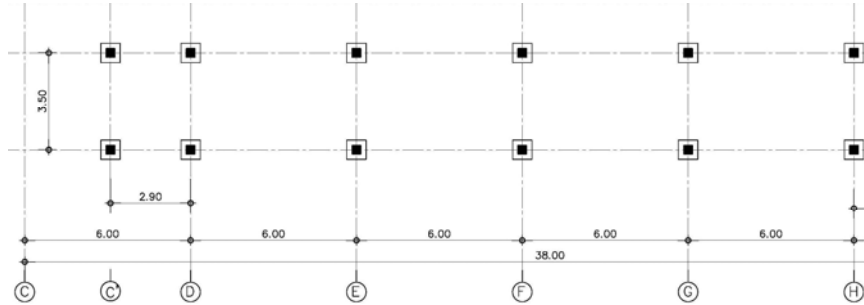
รูปที่ 16 ตัวอย่างการแสดงรายละเอียดผนัง คอนกรีตเสริมเหล็ก

ปกติระบุชื่อแผ่นพื้นทุกแผ่น และบันไดทุกตัวในแปลน เช่นเดียวกับคาน โดยใช้อักษร “S” แทนแผ่นพื้น และ “ST” แทนบันได และใช้หลักการเดียวกันกับการตั้งชื่อคาน คือ ใช้ตัวอักษรเพื่อระบุตำแหน่งแผ่นพื้น อาทิ “GS-1” (แผ่นพื้นชั้นล่าง ผืนที่ 1) “S-1” (แผ่นพื้นทั่วไป ผืนที่ 2) “RS-3” (แผ่นพื้นชั้นหลังคาแบบที่ 3) “ST-4” (บันไดตัวที่ 4) การบอกระดับหลังแผ่นพื้นใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการบอกระดับหลังคานดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ส่วนบันได ซึ่งเปลี่ยนแปลงระดับตามลูกขั้นต่าง ๆ ควรแสดงในแบบขยายรายละเอียด

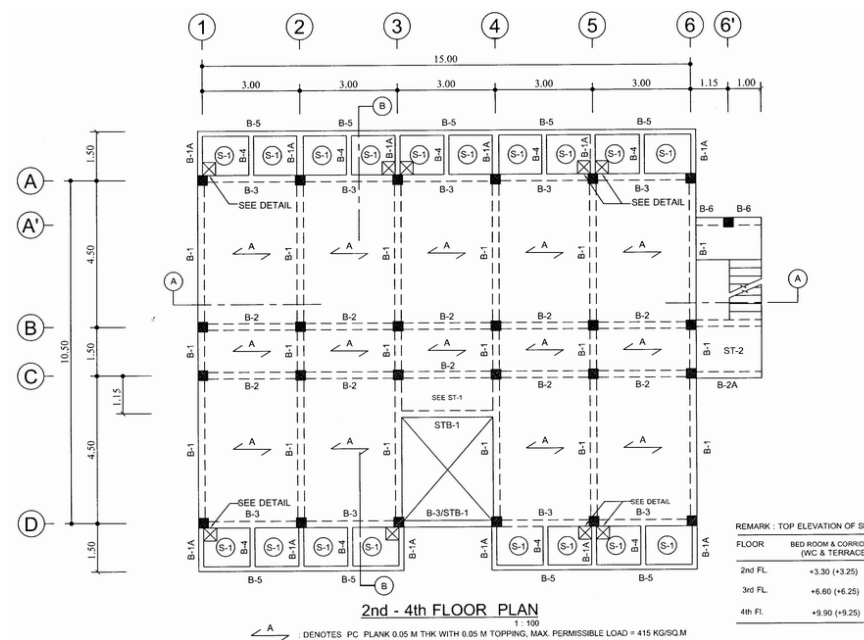
นอกเหนือจากพื้นชั้นล่าง และชั้นดาดฟ้า การตั้งชื่อแผ่นพื้นชั้นอื่น ๆ อีกระบบหนึ่ง ระบบอื่น และ ชื่อแผ่นพื้น อาทิ 1S-2 (1-S-2) หมายถึงแผ่นพื้นชั้นที่ 1 ตัวที่ 2 2S-3 (2-S-3) หมายถึงแผ่นพื้นชั้นที่ 2 ตัวที่ 3 6S-4 (6-S-4) หมายถึงแผ่นพื้นชั้นที่ 6 ตัวที่ 4 การตั้งชื่อระบบนี้อาจไม่ยืดหยุ่น กรณีรายละเอียดผัง พื้น-คาน หลาย ๆ ชั้นซ้ำ ๆ กัน (Typical floor) อาทิ พื้น-คาน ชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 6 เหมือน ๆ กัน ก็จะต้องแก้ไขชื่อแผ่นพื้น ให้สอดคล้องกับตำแหน่งชั้น ทั้งที่รายละเอียดแผ่นพื้นเหมือนกัน

ชื่อคาน ปกติ แสดงในแปลน นอกนั้น อาจแสดงในรูปตัด หรือรูปขยายรายละเอียดได้ ปกติจะต้องระบุชื่อคานระหว่างที่รองรับทุกช่วง ใช้อักษร “B” แทนคาน อาจมีอักษรเติมข้างหน้า (Prefix) เพื่อแสดงตำแหน่งของคาน และตัวเลขกำกับแสดงหมายเลขของคาน อาทิ “GB-1” หมายถึงคานชั้นพื้น (Ground beam) ตัวที่หนึ่ง หรือ B-2 หมายถึงคานชั้นทั่ว ๆ ไป ตัวที่สอง หรือ RB-3 หมายถึงคานชั้นหลังคา (Roof beam) ตัวที่สาม หรือ WB-4 หมายถึงคานรองรับกำแพง (Wall beam) ตัวที่สี่ หรือ STB-5 หมายถึงคานรับบันได (Staircase beam) ตัวที่ห้า” (รูปที่ 17) บางครั้งใช้อักษรกำกับต่อท้ายหมายเลขคาน เพื่อแสดงลักษณะพิเศษ อาทิ “RB-2A” หมายถึงคานปลายยื่นที่ต่อออกไปจากคาน RB-2 หรือ “GB-6X” หมายถึงคานที่มีลักษณะคล้ายคาน GB-6 แต่มีชื่อแตกต่างกัน อาทิ มีระยะเรียงของเหล็กปลอกต่างกัน เสริมเหล็กพิเศษ หรือมีความกว้างแตกต่างกัน”

นอกเหนือจากชั้นพื้น และชั้นหลังคา การตั้งชื่อคานชั้นอื่น ๆ อีกระบบหนึ่ง ระบบอื่น และ ชื่อคาน อาทิ 1B-2 (1-B-2) หมายถึงคานชั้นที่ 1 ตัวที่ 2 2B-3 (2-B-3) หมายถึงคานชั้นที่ 2 ตัวที่ 3 6B-4 (6-B-4) หมายถึงคานชั้นที่ 6 ตัวที่ 4 หรือ การตั้งชื่อระบบนี้ อาจไม่ยืดหยุ่น เช่นเดียวกับกรณีตั้งชื่อแผ่นพื้นด้วยระบบเดียวกัน



ก. ตัวอย่างที่หนึ่ง



ข. ตัวอย่างที่สอง

รูปที่ 17 ตัวอย่างผังพื้นคาน

กรณีในแปลนพื้นคาน ปรากฏแนวคานฉาก หรือตัดกันในลักษณะที่ยุ่งยาก ควรเขียนแนวลูกศรชี้ชื่อคาน ระบุขอบเขตของคานบางตัวให้ชัดเจน (รูปที่ 18)

การบอกค่าระดับหลังคานทำได้สามวิธี คือ เขียนค่าระดับหลังคานแต่ละตัวไว้ในวงเล็บกำกับท้ายชื่อคาน อาทิ “RB-1 (+6.30)” หรือเขียนหมายเหตุกำกับ เพื่อระบุระดับหลังแผ่นพื้น หรือคานส่วนใหญ่ไว้ด้านล่างของแปลนพื้นคาน (ส่วนแผ่นพื้น หรือคานบางตัวที่อาจมีระดับแตกต่างกันไป ให้ระบุโดยวงเล็บท้ายชื่อคานดังวิธีข้างต้น) อาทิ “ระดับหลังแผ่นพื้น และคาน

ทุกตัวมีค่า +6.30 เว้นแต่ระบุเป็นอย่างอื่น (Top elevation of all slabs and beams is +6.30 unless otherwise shown)”

ปกติระบุชื่อแผ่นพื้นทุกแผ่น และบันไดทุกตัวในแปลน เช่นเดียวกับคาน การบอกระดับหลังแผ่นพื้นใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการบอกระดับหลังคานดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ส่วนบันไดซึ่งเปลี่ยนแปลงระดับตามลูกขั้นต่าง ๆ ควรแสดงในแบบขยายรายละเอียด

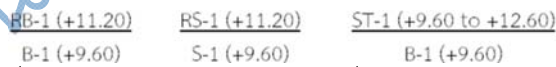
กรณีองค์อาคารซ้อนกันแปลนพื้นคานชั้นเดียวกัน อาทิ มีคานสองระดับวางซ้อนกัน หรือมีพื้นอยู่ใต้บันได มีพื้นสองระดับ ระบุรายละเอียดได้โดยเขียนชื่อคานตัวบน เหนือและล่าง โดยมีเส้นคั่น ระบุนระดับหลังคานทั้งสองตัว ส่วนกรณีพื้นซ้อนกันสองระดับ ใช้หลักการเดียวกัน กรณีพื้นใต้บันได ระบุนชื่อบันไดเหนือชื่อพื้น ระบุนระดับหลังพื้น (รูปที่ 19)

ณ บริเวณจุดตัดของคานไม่ควรเขียนเส้นคู่ (ซึ่งแสดงความกว้างคาน) ตัดกัน เพราะอาจทำให้ผู้อ่านแบบเข้าใจผิดพลาความีเสา หรือต่อม่อขนาดกว้างยาวเท่ากับหน้ากว้างของคานรองรับได้คานทั้งสองแนว ณ จุดตัด ควรแสดงโดยใช้เส้นเปิดแทน (รูปที่ 20)

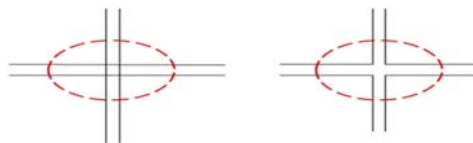
บางส่วนขององค์อาคาร ยุ่งยากซับซ้อน จำต้องทำแบบขยายแสดงรายละเอียด อาทิ รอยต่อระหว่างคานสอง ขนาด ซึ่งมีความลึกไม่เท่ากัน รอยต่อระหว่างเสา ซึ่งวาง หรือตั้งอยู่บนคาน สิ่งที่จะต้องต้องมีในแบบขยายรายละเอียด ประกอบด้วย ทิศคาน ระดับอ้างอิง อาทิ ระดับหลังคาน ระดับหลังพื้น มิติ รายละเอียดเหล็กเสริม และอื่น ๆ ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ใช้แบบทราบตำแหน่งที่ถูกต้องขององค์อาคาร และรายละเอียดขยายที่มีได้ปรากฏในแบบทั่ว ๆ ไป อาทิ แปลน รูปตัด



รูปที่ 18 ตัวอย่างการใช้ลูกศร และค่าระดับระบุตำแหน่ง และขอบเขตคาน



รูปที่ 19 ตัวอย่างรายละเอียดของคานที่ซ้อนกันในแปลนเดียวกัน



ก. คานตัดกัน มีต่อม่อ หรือเสารองรับ ข. คานตัดกัน ปราศจากต่อม่อ หรือเสารองรับ
รูปที่ 20 ตัวอย่างแปลนคาน ณ ตำแหน่งที่คานตัดกัน

14. การระบุเหล็กเสริม และรายละเอียดในองค์อาคาร

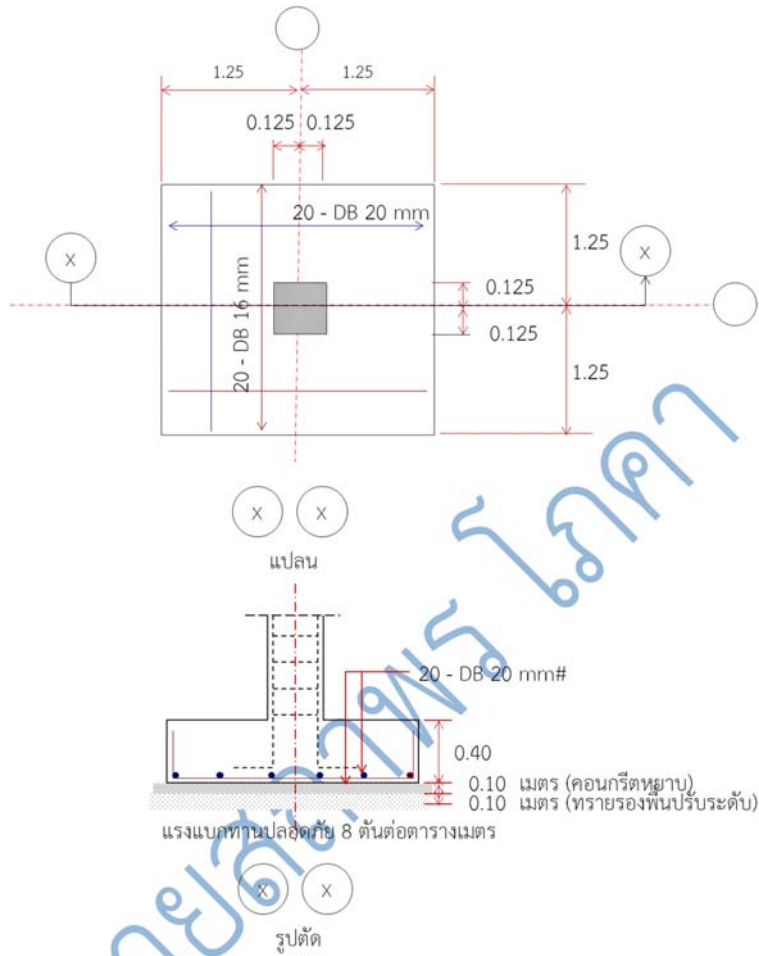
ในที่นี้จะกล่าวถึง วิธีระบุเหล็กเสริมในองค์อาคารโดยสังเขป ดังนี้

เหล็กเสริม และรายละเอียดในฐานราก เหล็กเสริมต้านทางแรงดึง (เหล็กตะแกรง) ที่ผิวล่างของฐานราก บอกโดยระบุขนาดของเหล็กเสริม และระยะเรียง อาทิ “DB 20 @ 0.20” “DB 20 @ 0.20#” หรือบอกโดยระบุขนาดของเหล็กเสริม และจำนวนเส้น อาทิ “24-DB 20” “24-DB 20#” ส่วนเหล็กรัดรอบ กรณีมีเส้นเดียวบอกขนาดเหล็ก โดยตรง อาทิ “DB 12 Tie” แต่หากมีเหล็กรัดรอบหลายเส้นระบุขนาดเหล็ก และระยะเรียง อาทิ “DB 12 @ 0.15” หรืออาจบอกโดยระบุขนาดเหล็ก และจำนวนรอบ เช่น “4-DB 12 Tie”

หากเป็นฐานรากวางบนดิน หรือหิน (ฐานรากปราศจากเสาเข็ม) ให้ระบุแรงแบกทานปลอดภัย (Safe bearing capacity) ของดิน หรือหิน กำกับไว้ อาทิ “Existing ground, Safe bearing capacity 20 ton/m²” (รูปที่ 21)

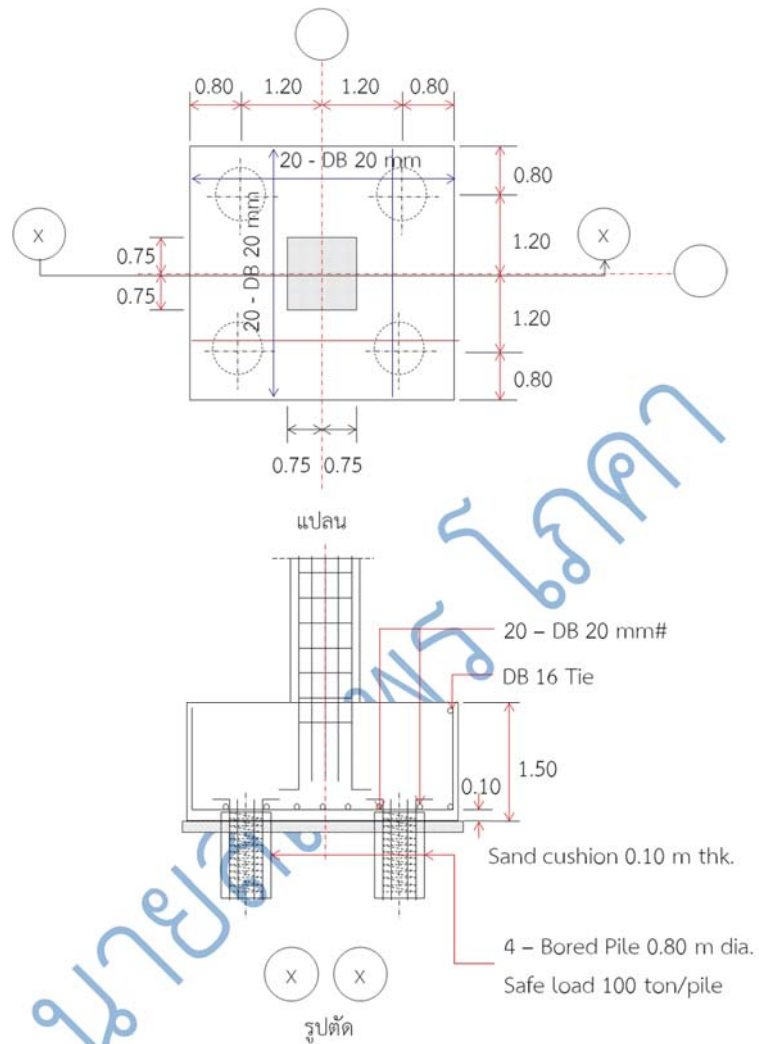
หากเป็นฐานรากวางบนเสาเข็ม ให้ระบุค่าน้ำหนักปลอดภัยต่อต้น โดยไม่ต้องใช้เครื่องหมายมากกว่า (>) มากกว่าหรือเท่ากับ (\geq) หรือไม่น้อยกว่า กำกับ ทั้งนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงความเข้าใจสับสนคลุมเครือ อาทิ “2- PC Pile [] 0.40 x0.40 m Safe load 60 ton/pile” (รูปที่ 22)

อาจแสดงรายละเอียด ทั้งฐานรากวางบนดิน หรือฐานรากวางบนเสาเข็ม โดยใช้ระบบรูปภาพร่วมกับตาราง ก็ได้ (รูปที่ 23)

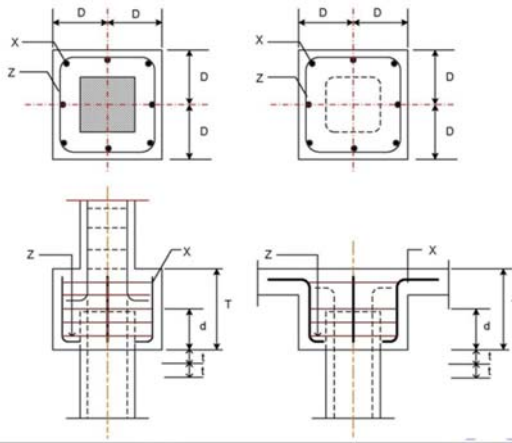


แรงแบกทานปลอดภัย 8 ตันต่อตารางเมตร

รูปที่ 21 ตัวอย่างรายละเอียดฐานแผ่



รูปที่ 22 ตัวอย่างรายละเอียดฐานรากวางบนเสาเข็ม



ฐานราก	เสาเข็ม	มิติ, เมตร							เหล็กเสริม			ตำแหน่ง	
		A	B	C	D	T	d	t	X	Y	Z		

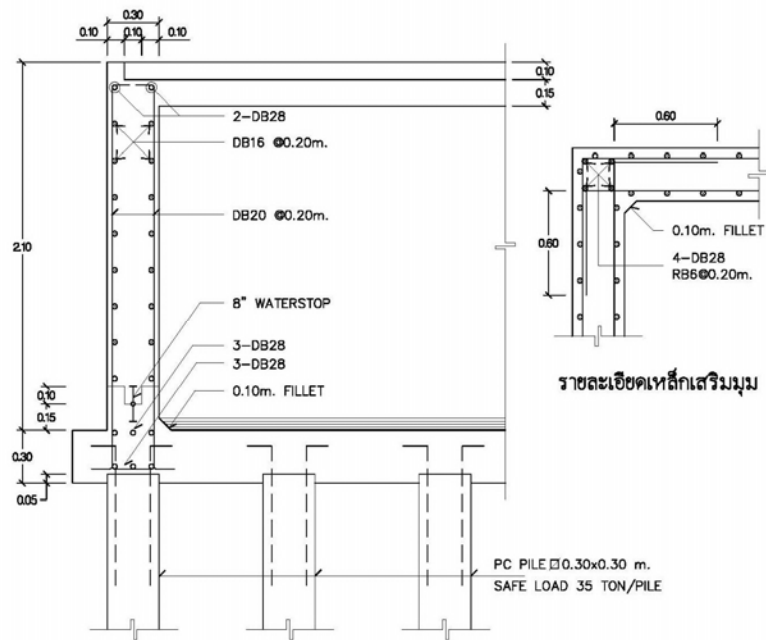
รูปที่ 23 ตัวอย่างการแสดงรายละเอียดฐานรากโดยใช้รูปภาพร่วมกับตาราง

กำแพงต้านทานแรงทางด้านข้าง หรือถึงเก็บน้ำ ควรแสดงแปลน หรือผังของกำแพง หรือถึงน้ำ ซึ่งประกอบด้วย ตำแหน่ง หรือพิกัดของถัง ขอบเขต มิติ ผังคานพื้นชั้นบน (Top plan) ผังคานพื้นชั้นล่าง (Bottom plan) ผังฐานราก หรือเสาเข็ม (กรณีวางบนเสาเข็ม) รวมทั้งแสดงระดับในผังดังกล่าว ส่วนรายละเอียดผนังคอนกรีตเสริมเหล็กประกอบด้วย รูปตัด แผ่นพื้นล่าง แผ่นพื้นบน (มิติ และระดับ) เสาเข็ม หรือฐานราก คานรับแผ่นพื้นบน คานรับแผ่นพื้นล่าง ช่องเปิดในแผ่นพื้นบน และฝ้าถ้ำ (หากมี) เหล็กเสริมในกำแพงเหล็กเสริมในแผ่นพื้นล่าง แผ่นพื้นบน เหล็กเสริมในเสาเข็ม หรือฐานราก เหล็กเดือย เหล็กเสริมในคานรับแผ่นพื้นบน คานรับแผ่นพื้นล่าง ตามความจำเป็น ตำแหน่ง มิติของรอยต่อก่อสร้าง (Key joint) แผ่นกันน้ำ (Water stop) การพอกมุม (Fillet) เหล็กเสริมที่บริเวณมุม และอื่น ๆ ตามควรแก่กรณี (รูปที่ 24)

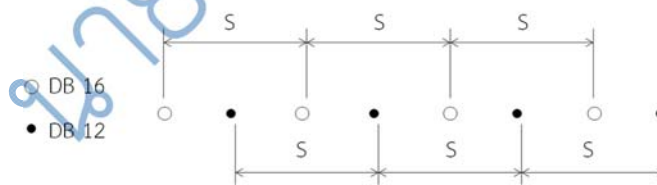
เหล็กเสริมในผนัง หรือกำแพง คอนกรีตเสริมเหล็กอาจระบุขนาดเหล็กเสริม และระยะเรียง ทั้งเหล็กยื่น และเหล็กทางนอน อาทิ “DB 12 @ 0.20” หรือบอกจำนวนเส้นของเหล็กยื่น และเหล็กนอน อาทิ “24-DB 16” หรือใช้ทั้งสองวิธีประกอบกัน อนึ่ง การให้รายละเอียดเหล็กเสริมในผนังต้านแรงเฉือน อาจใช้ระบบตารางคล้ายคลึงกับเสา

กรณีกำแพงเสริมเหล็กสองขนาด วางเรียงสลับกันเส้นเว้นเส้น ก็สามารถระบุระยะเรียงได้ ตัวอย่าง อาทิ “DB 16 @ 0.30 + DB 12 @ 0.30 ALT” แสดงว่าจะมีเหล็กวางเรียงกัน (รูปที่ 25) จากรูป เหล็กเสริมสองขนาด ต่างมีระยะเรียง S รวมแล้วจะได้เหล็กเสริมที่มีระยะเรียง S/2 โดยวางแทรกสลับกันเส้นเว้นเส้น ต้องระมัดระวังว่าขนาด จำนวนเหล็ก หรือระยะ

เรียงของเหล็กเสริมที่เขียนแสดงนั้น เหมือนกันทั้งสองผิวของกำแพงหรือไม่ เพราะบางกรณี ขนาด จำนวนเหล็ก หรือระยะเรียงทั้งสองผิวของกำแพงจะแตกต่างกันได้



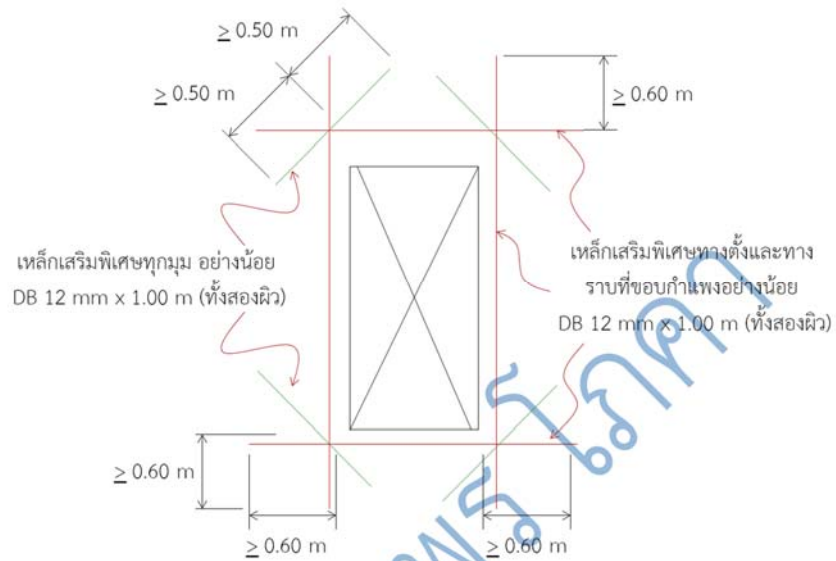
รูปที่ 24 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมในกำแพงถึงเก็บน้ำใต้ดิน



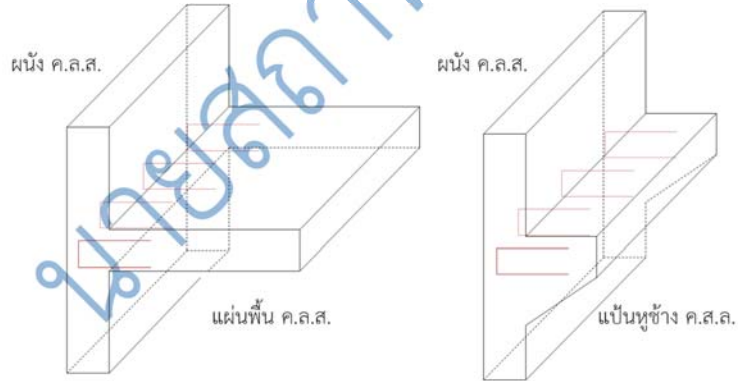
รูปที่ 25 ตัวอย่างเหล็กเสริมต่างขนาด วางแทรก หรือสลับกัน

ผนังต้านแรงเฉือน อาจมีช่องเปิด อาทิ ช่องประตู หรือหน้าต่างได้ตามความจำเป็น แต่จะต้องคำนวณออกแบบ และเสริมเหล็กบริเวณช่องเปิด คานที่เชื่อมยึดบริเวณช่องเปิด รอยระหว่างผนังกับแผ่นพื้น หรือแป้นหูช้าง หรือรอยต่อระหว่างผนังกับเสา (รูปที่ 26) ผนังต้านแรงเฉือนคอนกรีตเสริมเหล็ก อาจคำนวณออกแบบเสมือนเป็นเสา หรือคำนวณออกแบบโดย

พิจารณาว่า ผนังต้านแรงเฉือน เป็นเสมือนแผง (Panel) หลาย ๆ แผง มาประกอบเข้ากันเป็นผนัง หรือปล้อง



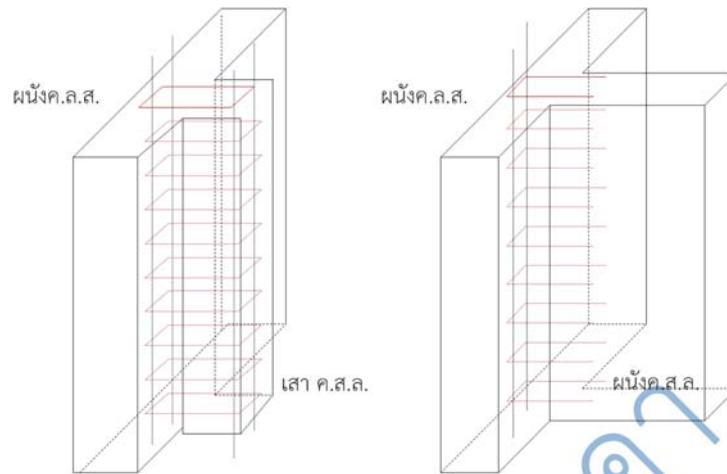
ก. เหล็กเสริมที่ช่องเปิดในผนัง



เหล็กเสริมพิเศษยึดผนัง ค.ส.ล. กับ แผ่นพื้น หรือ แป้นหูช้าง ค.ส.ล.
(RB 9 @ 0.20 เมตร เป็นอย่างต่ำ - ว.ส.ท. 7402)

ข. เหล็กเสริมระหว่างแผ่นพื้นกับผนัง

รูปที่ 26 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมในผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก

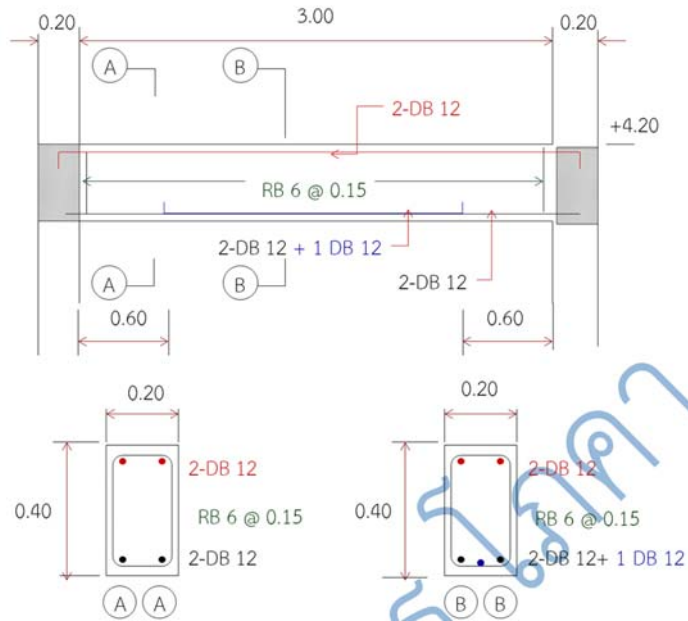


เหล็กเสริมพิเศษยึดผนัง ค.ส.ล. กับ ผนังหรือเสา ค.ส.ล.
(RB 9 @ 0.20 เมตร เป็นอย่างต่ำ - ฐ.ส.ท. 7402)

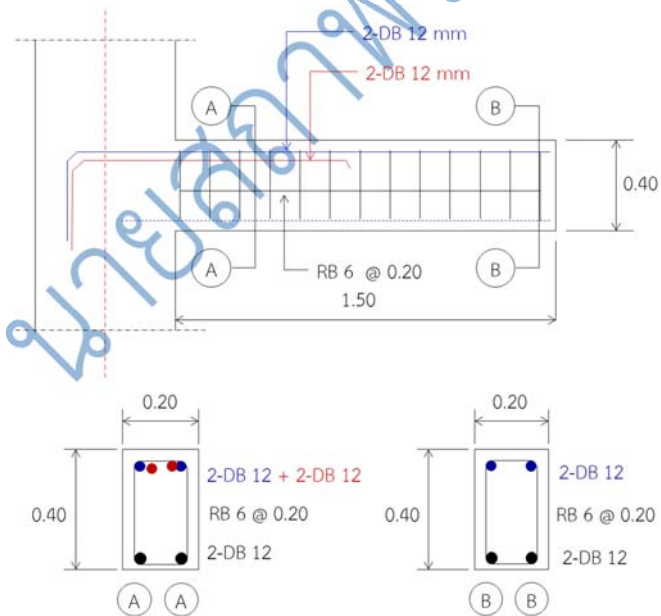
ค. เหล็กเสริมระหว่างผนังกับเสา

รูปที่ 26 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมในผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก (ต่อ)

เหล็กเสริมในคาน ให้เขียนกำกับในรูปตัดตามยาว และรูปตัดขวางของคาน คานแต่ละตัว หรือแต่ละช่วง ควรมีรูปตัดตามขวางอย่างน้อยสองแห่ง เหล็กเสริมที่วิ่งยาวตลอด (Through) ในคานควรระบุทั้งจำนวนเส้น และขนาดเหล็กเสริม อาทิ “2-DB 12” หรือ “2-DB 12 + 1-DB 12” เหล็กที่เสริมเป็นบางส่วน หรือเหล็กเสริมพิเศษ ระบุจำนวนเส้น ขนาด และการระบุความยาวของเหล็กเสริมพิเศษนี้ในรูปตัดตามยาว (อ้างอิงพิภักดฉาก) จะทราบตำแหน่งของเหล็กเสริมอย่างชัดเจนกว่าการระบุในรูปตัดขวาง เช่น “2-DB 12 x 2.50 m” หากจะต้องเสริมเหล็กปลอกคู่มือมีจำนวนเส้นกำกับข้างหน้า เช่น “2-RB 9 @ 0.10” (รูปที่ 27)

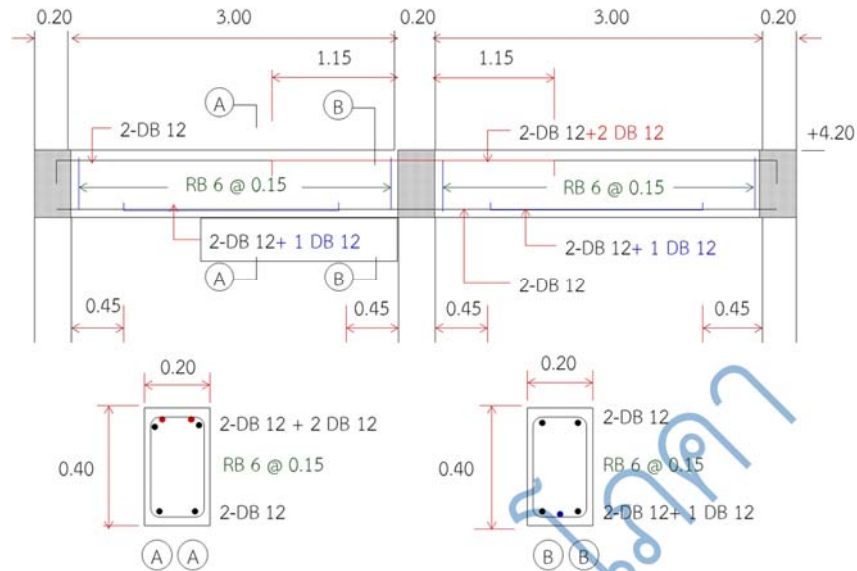


ก. คานช่วงเดียว (ไม่ได้มาตรฐาน)



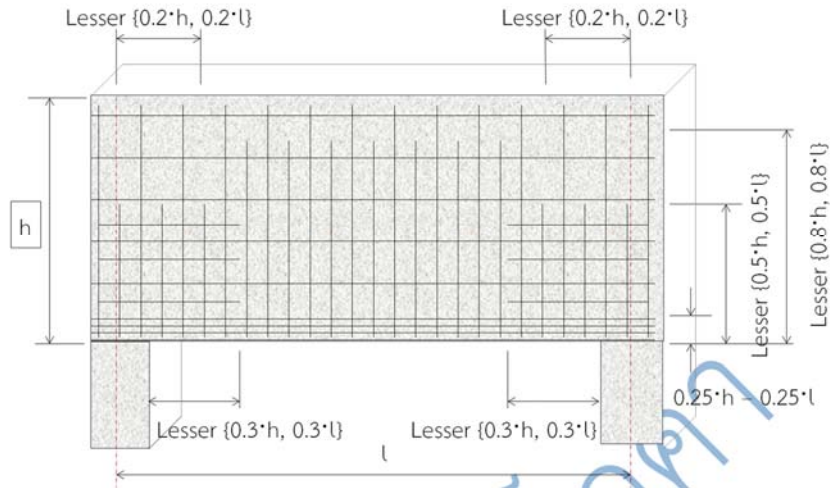
ข. คานย่น (ไม่ได้มาตรฐาน)

รูปที่ 27 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมคาน



ค. คานต่อเนื่อง (ไม่ได้มาตราส่วน)
รูปที่ 27 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมคาน (ต่อ)

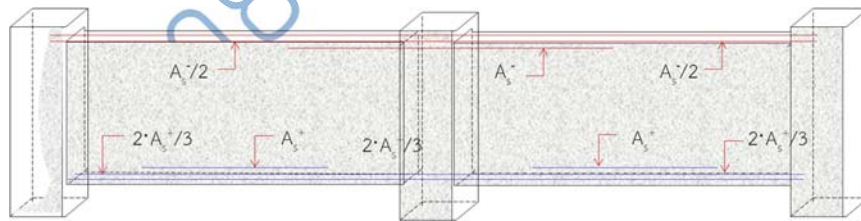
คานลึก (Deep flexural member) มีพฤติกรรมภายใต้น้ำหนัก หรือแรง แตกต่างจากคานปกติ วิธีคำนวณออกแบบ และรายละเอียดเหล็กเสริมจึงแตกต่างกัน ในคานลึก ความเครียดที่เกิดขึ้นไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะจากแกนสะเทิน ต้องคำนึงถึงการโก่งเดาะตามขวาง (Lateral buckling) และผลเกี่ยวเนื่องอื่นด้วย (รูปที่ 4.18 ถึงรูปที่ 4.20 ตามลำดับ) หากหน้าตัดคานลึกมากเมื่อเทียบกับความกว้าง หรือ ช่วงคาน คานดังกล่าวจะมีพฤติกรรมคล้ายกำแพง อีกทั้ง คานลึก อาจคำนวณออกแบบได้หลายวิธี อาทิ ใช้หลักการ Truss Analogy มาตรฐานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป จึงมีข้อกำหนดเกี่ยวแก่คานลึก อาทิ การหยุดเหล็กเสริม ซึ่งแตกต่างจากคานปกติทั่วไป อาทิ เหล็กเหล็กต้านทานแรงดึง จะต้องยื่นเลยเข้าไปยังที่รองรับ (ไม่ตัดเหล็ก - No curtailment) เหล็กเสริมทางราบต้านทานแรงเฉือน ในคานลึกต่อเนื่อง มีแรงกระทำ ณ ที่รองรับ เหล็กเสริมที่ใช้หัว (Suspension or Hanging Reinforcement) ณ จุดที่คานตัดกัน เหล็กเสริม (Hairpin Reinforcement) ณ ฐานรองรับของคาน ลึกต่อเนื่อง (รูปที่ 28 ถึงรูปที่ 32)



รูปที่ 28 ตัวอย่างแบบเหล็กเสริมทั่วไป

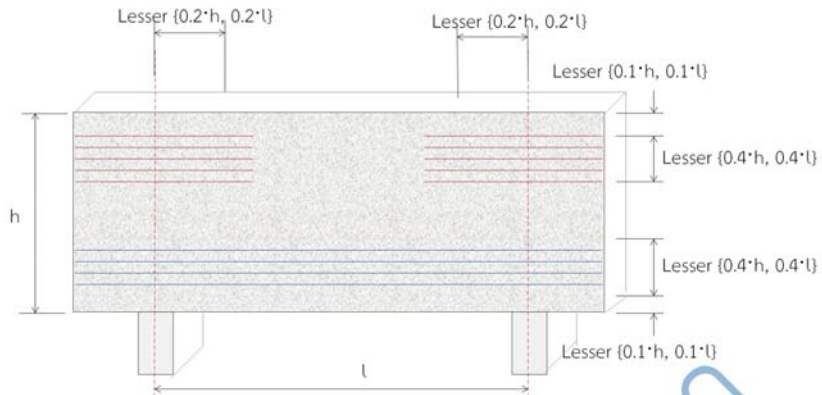


ก. คานช่วงเดียว

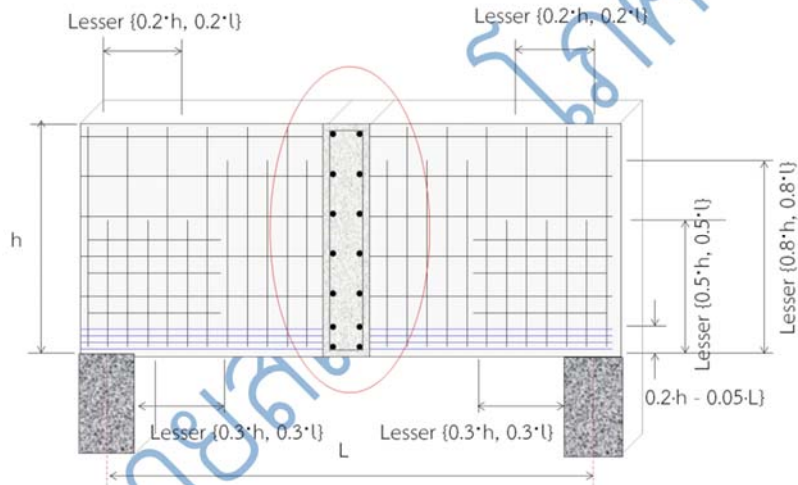


ข. คานต่อเนื่อง

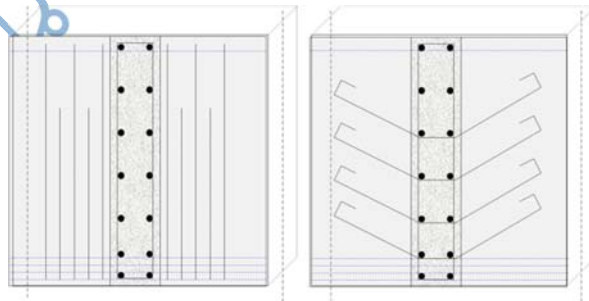
รูปที่ 29 เหล็กเสริม และการหยุดเหล็กเสริมในคานลึก



รูปที่ 30 เหล็กเสริมต้านทานแรงเฉือนทางราบ ในคานลึกต่อเนื่อง มีแรงกระทำ ณ ที่รองรับ



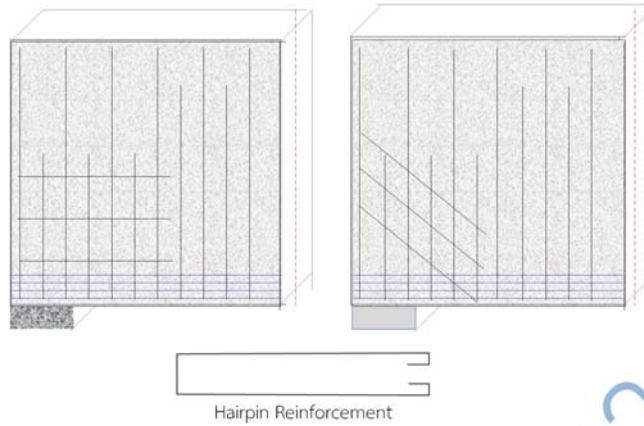
ก. รายละเอียดเหล็กเสริมทั่วไป



ก. แบบ Orthogonal

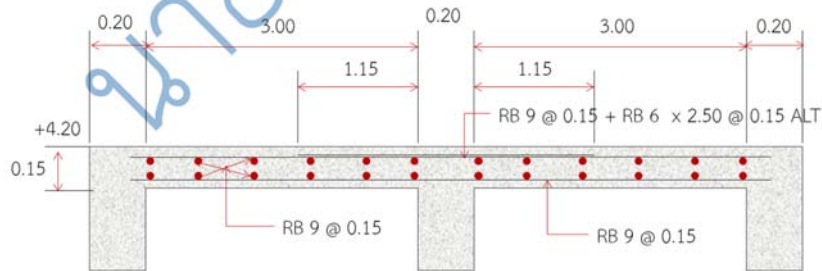
ข. แบบ Bent-Up

รูปที่ 31 Suspension หรือ Hanging Reinforcement ณ จุดตัด ในคานลึก

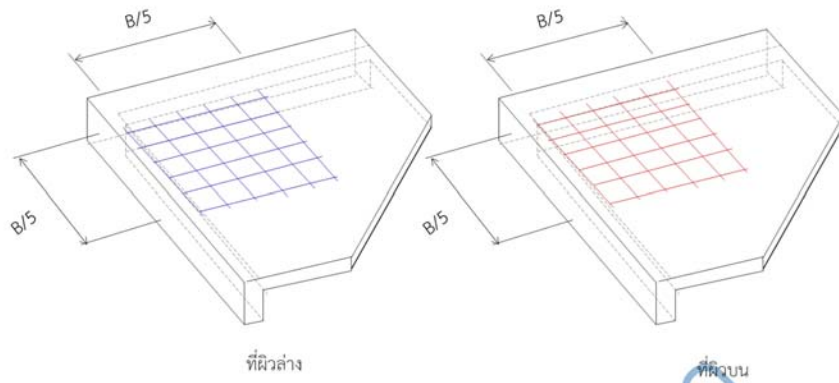


ก. เสริมทางราบ ข. เสริมแนวทแยง
รูปที่ 32 Hairpin Reinforcement ณ ฐานรองรับของคาน ลึกต่อเนื่อง

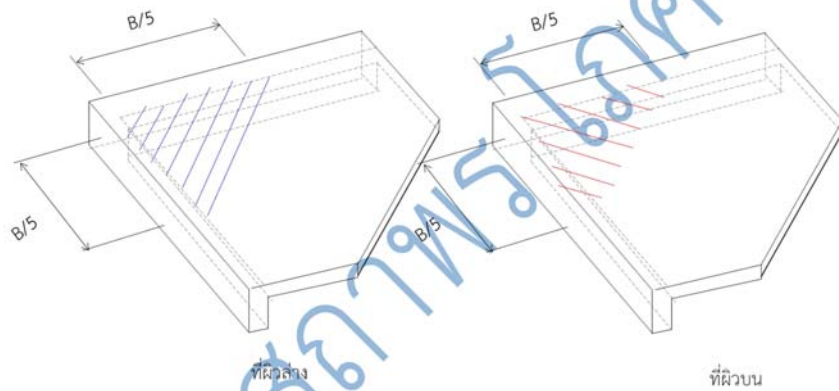
เหล็กเสริมในรูปตัดแผ่นพื้น ให้ระบุขนาด และระยะเรียง เช่น “RB 9 @ 01.5” เหล็กเสริมพิเศษ ให้ระบุขนาด ความยาว และระยะเรียง โดยแสดงตำแหน่งของเหล็กในรูปตัด เทียบกับระบบพิกัดฉาก คล้ายคลึงกรณีบอกรายละเอียดเหล็กเสริมพิเศษในคาน เช่น “RB 9 x 2.50 m @ 0.15 “ กรณีมีเหล็กเสริมสองขนาด ใช้วิธีการคล้ายคลึงกับเหล็กเสริมในกำแพง อาทิ “RB 9 @ 0.30 + RB 6 x 2.50 @ 0.30 ALT. หรืออาจระบุ “RB 9 @ 0.30 THROUGH + RB 6 x 2.50 @ 0.30” (รูปที่ 33) ทกมุมของแผ่นพื้นสองทางจะต้องมีเหล็กเสริมพิเศษทั้งสองผิว โดยอาจเสริมขนานด้าน หรือทำมุมกับด้าน (รูปที่ 34)



รูปที่ 33 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมแผ่นพื้น (ไม่ได้มาตราส่วน)



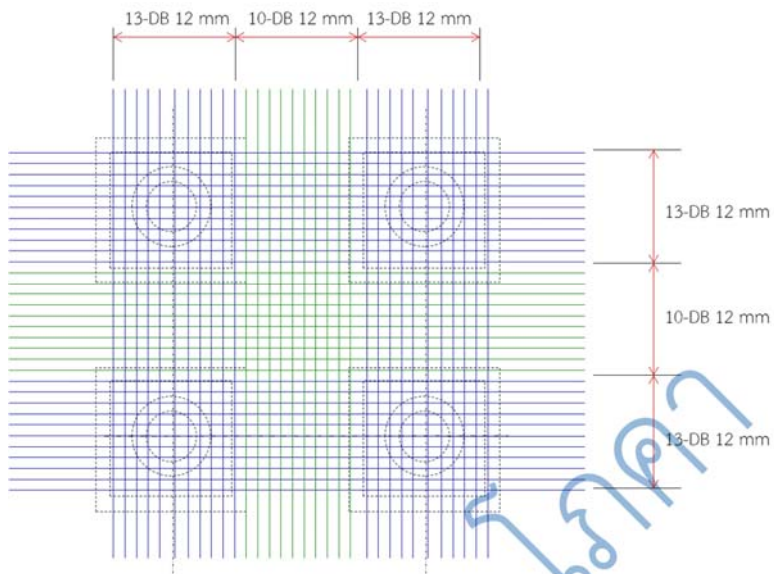
ก. เสริมขนานกับดาด



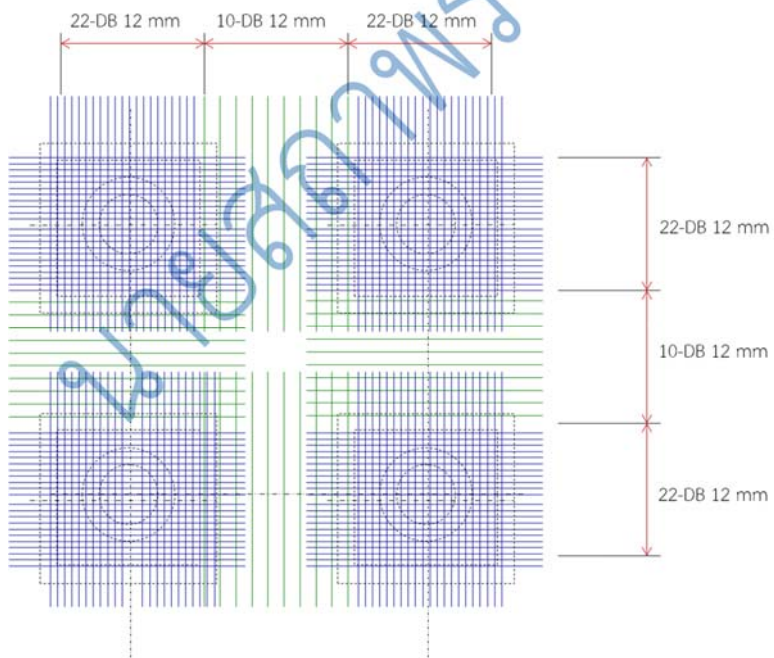
ข. เสริมทำมุมกับดาด

รูปที่ 34 รูปแบบรายละเอียดเหล็กเสริมพิเศษที่ทุกมุมของแผ่นพื้นสองทาง (ต่อ)

อนึ่ง หากแต่ละชั้นของอาคาร มีแผ่นพื้นหลายชนิด อาจแสดงแปลนเหล็กเสริมแผ่นพื้น ทั้งผิวล่าง และผิวบน แม้อาจดูยาก แต่ทำให้เห็นความต่อเนื่อง หรือสัมพันธ์ของเหล็กเสริมในแต่ละแผ่นพื้นที่ต่อเนื่องกัน แผ่นบางประเภท โดยเฉพาะแผ่นพื้นไร้คาน (Flat slab or flat plate) มักนิยมแสดงแปลนเหล็กเสริม เพื่อแสดงความชัดเจน หรือความต่อเนื่องของแผ่นพื้นทุกแผง โดยแปลนเหล็กเสริม ประกอบด้วยแปลนแสดงเหล็กเสริมที่ผิวล่าง และแปลนแสดงเหล็กเสริมที่ผิวบน ตามลำดับ โดยมีรูปตัดแสดงความหนา หรือเหล็กเสริมประกอบ ตามความจำเป็น (รูปที่ 35)



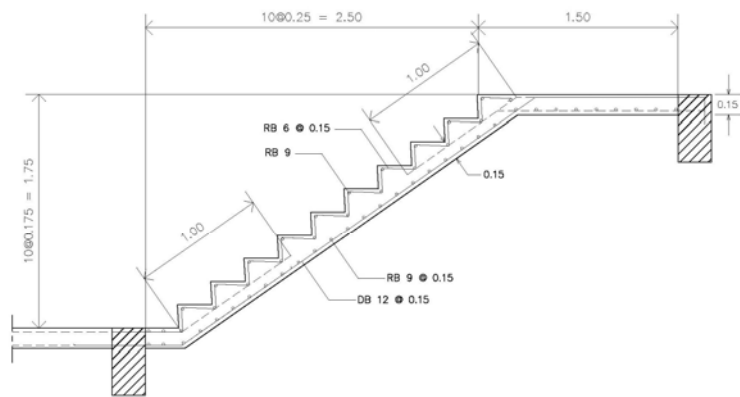
ก. เหล็กเสริมที่ผิวล่าง



ข. เหล็กเสริมที่ผิวบน

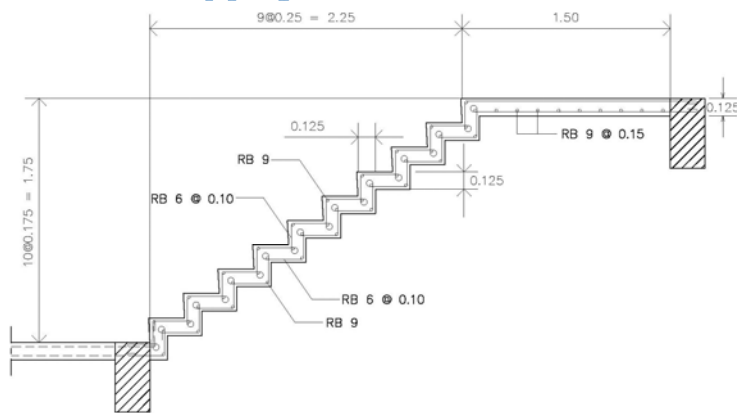
รูปที่ 35 ตัวอย่างแปลนแสดงเหล็กเสริมแผ่นพื้นไร้คาน

รายละเอียดเหล็กเสริมในบันไดคล้ายคลึงกับรายละเอียดเหล็กเสริมในแผ่นพื้น แต่เพิ่มเติมรายละเอียดอื่น ๆ อาทิ บอกระยะ หรือจำนวนชั้น (ลูกตั้ง ลูกนอน) เหล็กเสริมที่มุม รูปที่ 36 ถึงรูปที่ 43 แสดงตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมในบันได (บันไดทางเดียวชนิดท้องเรียบ ลูกชั้นพับ หรือพับผ้า บันไดมีแม่บันไดชนาบ ชนิดท้องเรียบ พับผ้า หรือลูกชั้นอิสสระ บันไดวางพาด หรือยื่นจากคานแม่บันได ชนิดท้องเรียบ ลูกชั้นพับ หรือลูกชั้นอิสสระ บันไดชนาพักลอยมีคานแม่บันได แบบท้องเรียบ ลูกชั้นพับ หรือลูกชั้นอิสสระ บันไดชนาพักลอยปราศจากคานแม่บันไดชนิดท้องเรียบ หรือลูกชั้นพับ บันไดยื่นจากผนัง คอนกรีตเสริมเหล็ก ชนิดท้องเรียบ ลูกชั้นพับ หรือลูกชั้นอิสสระ บันไปนยื่นออกจากเสา)



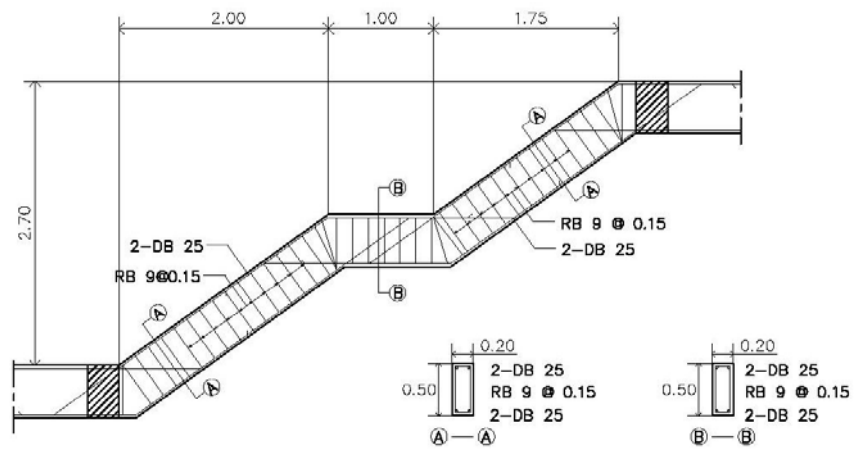
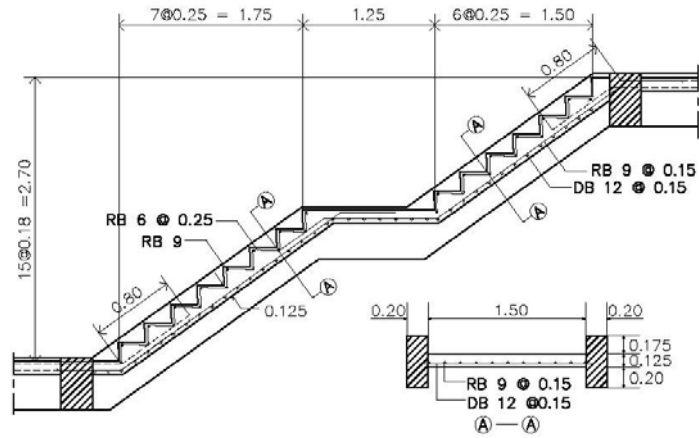
มาตราส่วน 1 : 25
มิติเป็นเมตร

ก. บันไดทางเดียวชนิดท้องเรียบ



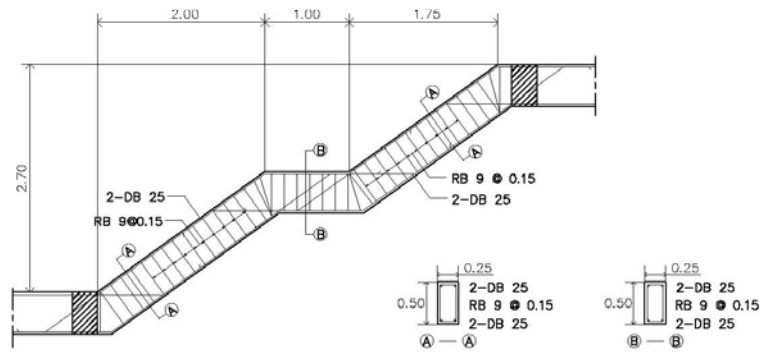
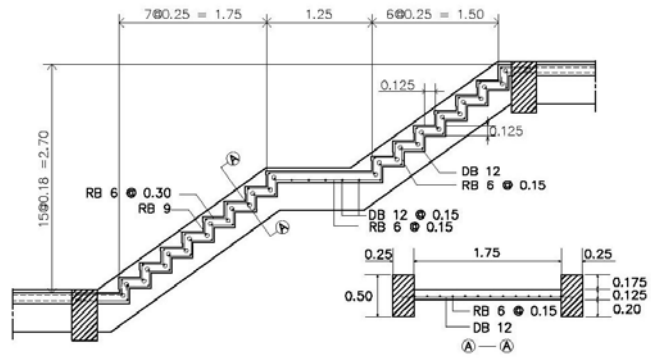
มาตราส่วน 1 : 25
มิติเป็นเมตร

ข. บันไดทางเดียวชนิดลูกชั้นพับ หรือพับผ้า
รูปที่ 36 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดทางเดียว (ต่อ)



ก. ชนิดท้องเรียบ

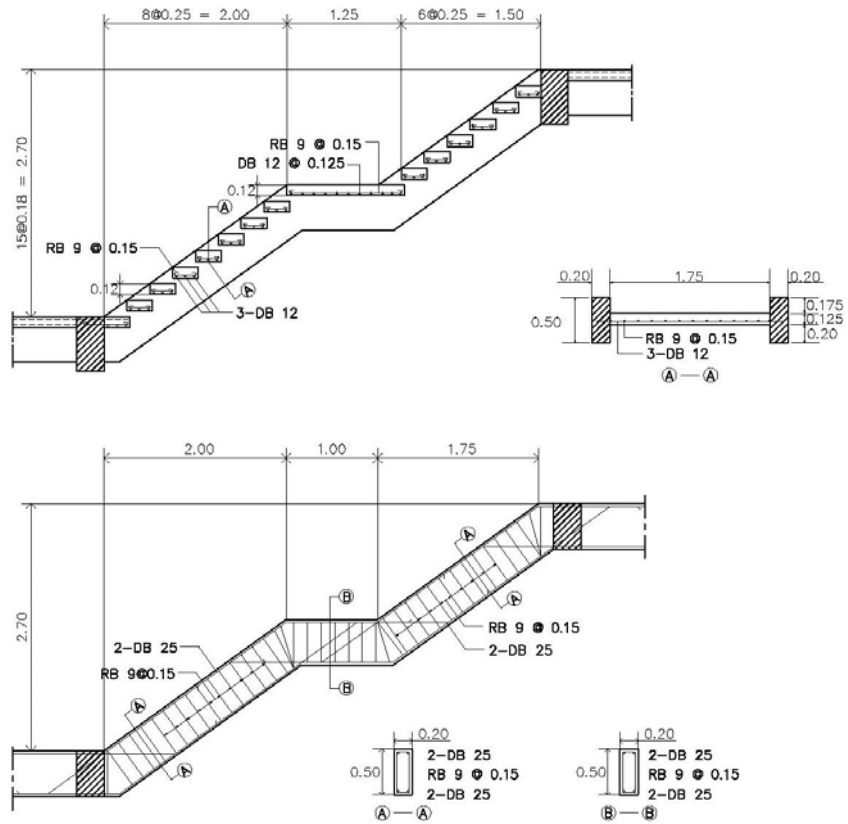
รูปที่ 37 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดมีคานแม่บันไดขนาบ



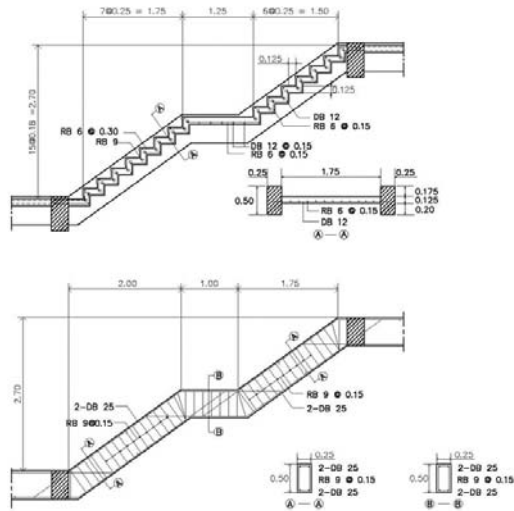
มาตรฐาน 1 : 50
มิติเป็นเมตร

ข. ชนิดลูกชั้นพับ

รูปที่ 37 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดมีคานแม่บันไดขนาด (ต่อ)

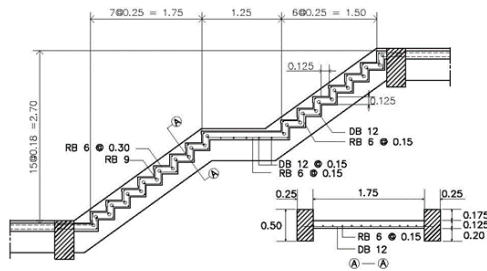


ค. ชนิดลูกชั้นอิสระ
 รูปที่ 37 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดมีคานแม่บ้านไคขนาน (ต่อ)

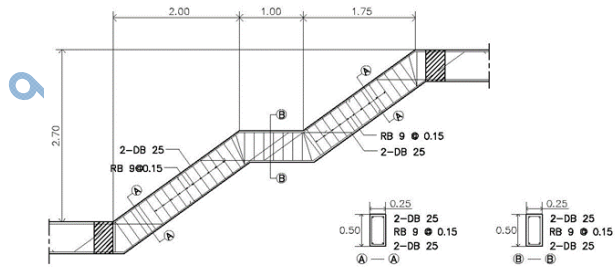


มาตราส่วน 1 : 50
ชนิดเป็นเมตร

ก. ชนิดท้องเรียบ

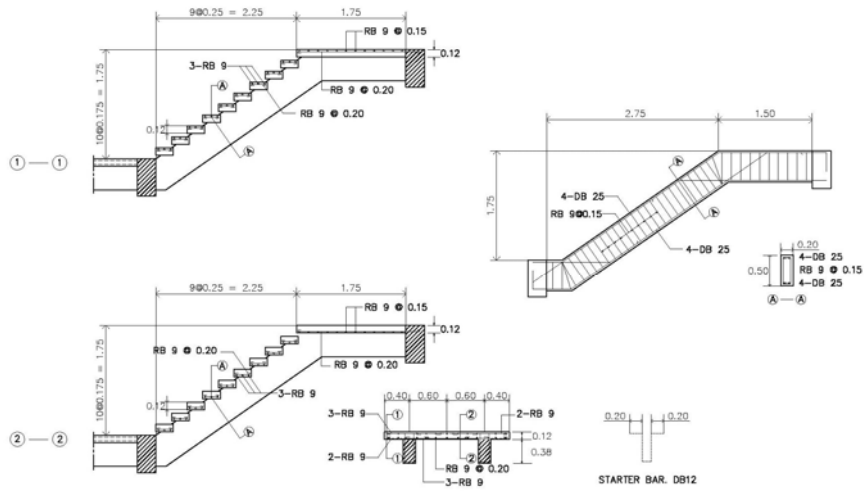


มาตราส่วน 1 : 50
ชนิดเป็นเมตร



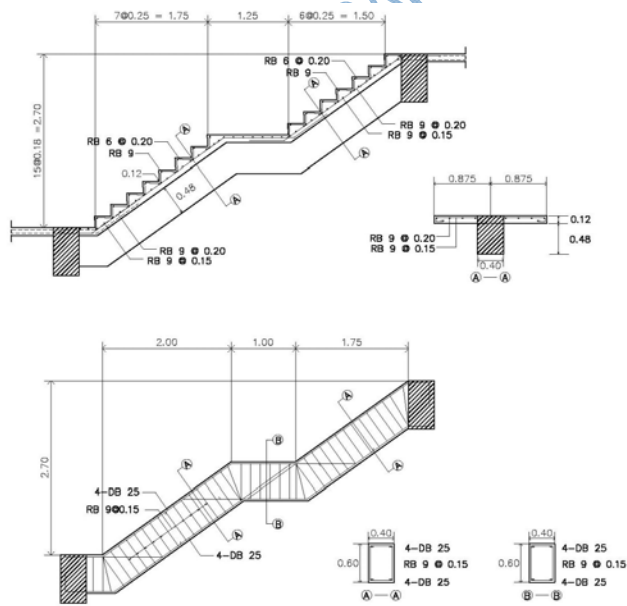
ข. ชนิดลูกชั้นพับ

รูปที่ 38 ตัวอย่างบันไดวางพาด หรือยื่นจากคานแม่บันได



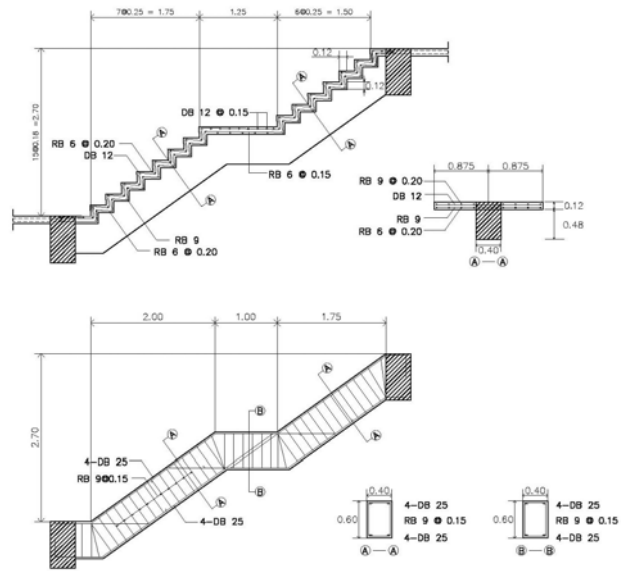
มาตราส่วน 1 : 50
ชนิดเป็นเมตร

ค. ชนิดลูกชั้นอิสสระ
รูปที่ 38 ตัวอย่างบันไดวางพาด หรือขึ้นจากคานแม่บันได (ต่อ)



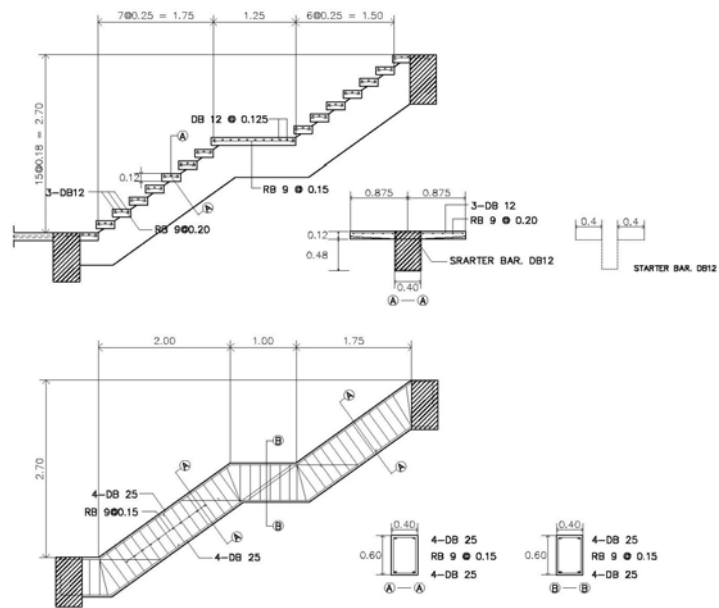
มาตราส่วน 1 : 50
ชนิดเป็นเมตร

ก. ท้องเรียบ
รูปที่ 39 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดมีคานแม่บันไดตัวเดียว



ขนาดส่วน 1 : 50
ชนิดเป็นเมตร

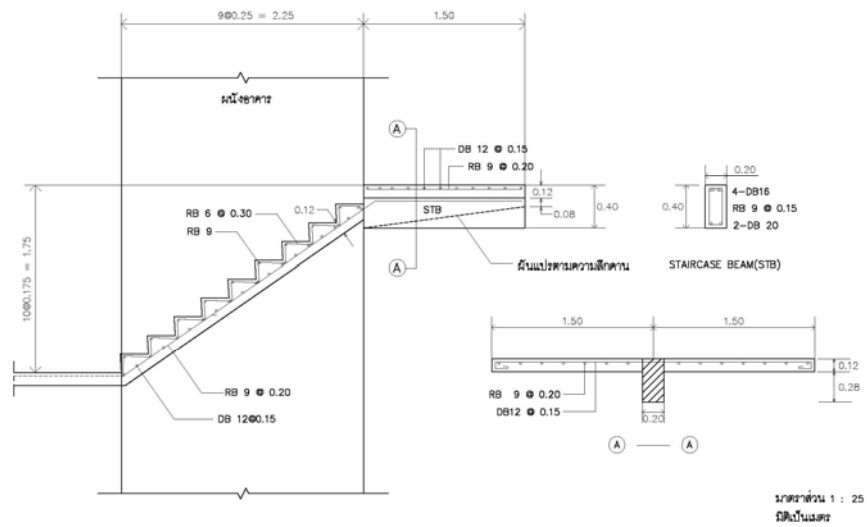
ข. ลูกชั้นพับ



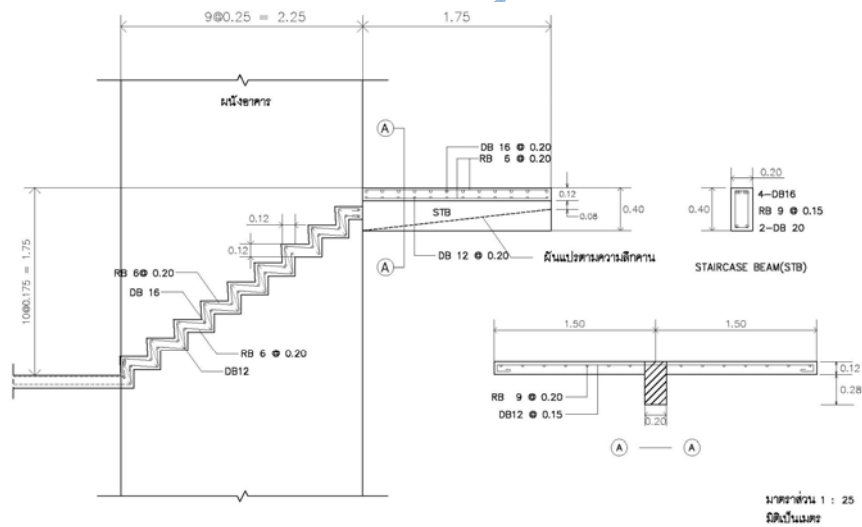
ขนาดส่วน 1 : 50
ชนิดเป็นเมตร

ค. ชนิดลูกชั้นอิสระ

รูปที่ 39 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดมีคานแม่บันไดตัวเดียว (ต่อ)

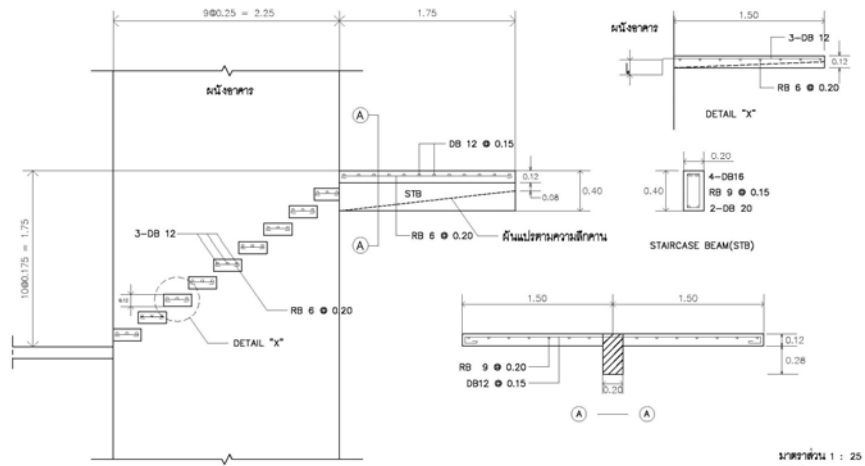


ก. ชนิดท้องเรียบ

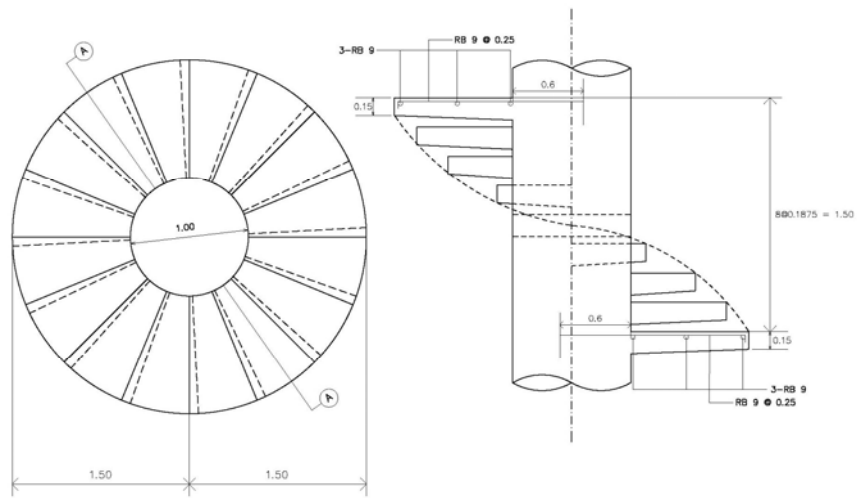


ข. ลูกชั้นพับ หรือพับผ้า

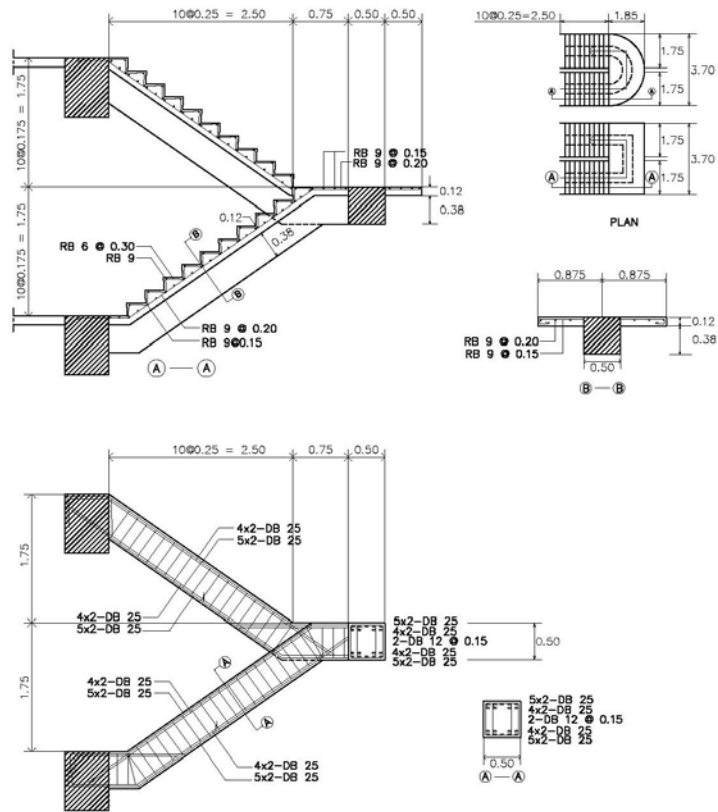
รูปที่ 40 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดยื่นออกจากผนัง



ค. บันไดขึ้นจากผนัง คอนกรีตเสริมเหล็กหรือคาน้ำยาบันได
รูปที่ 40 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดขึ้นออกจากผนัง (ต่อ)



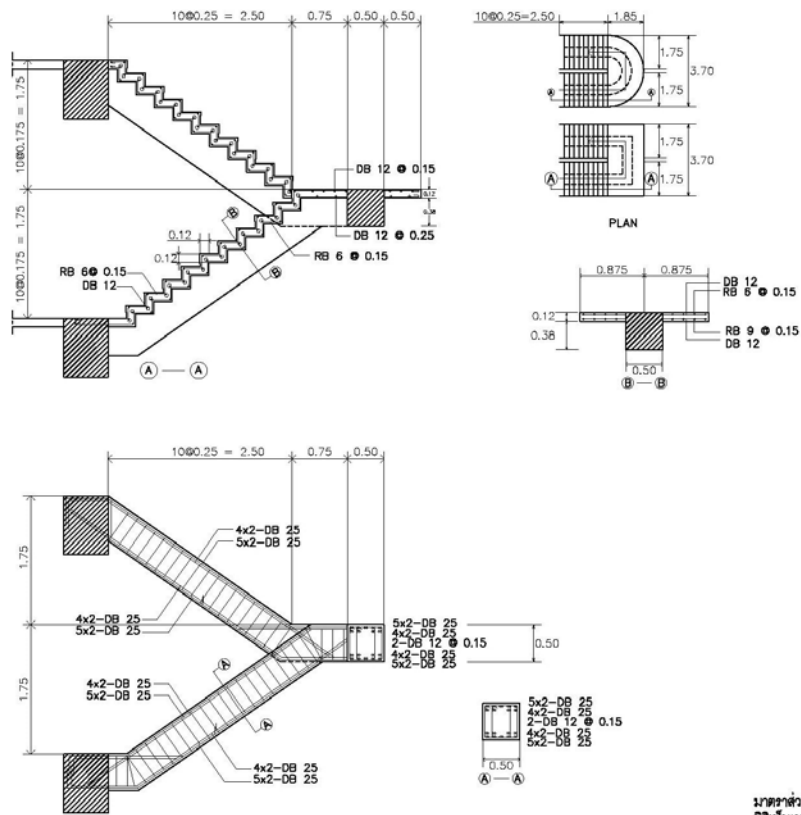
รูปที่ 41 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดขึ้นออกจากผนังลูกชั้นอิสระ



มาตราส่วน 1 : 50
 มิติเป็นเมตร

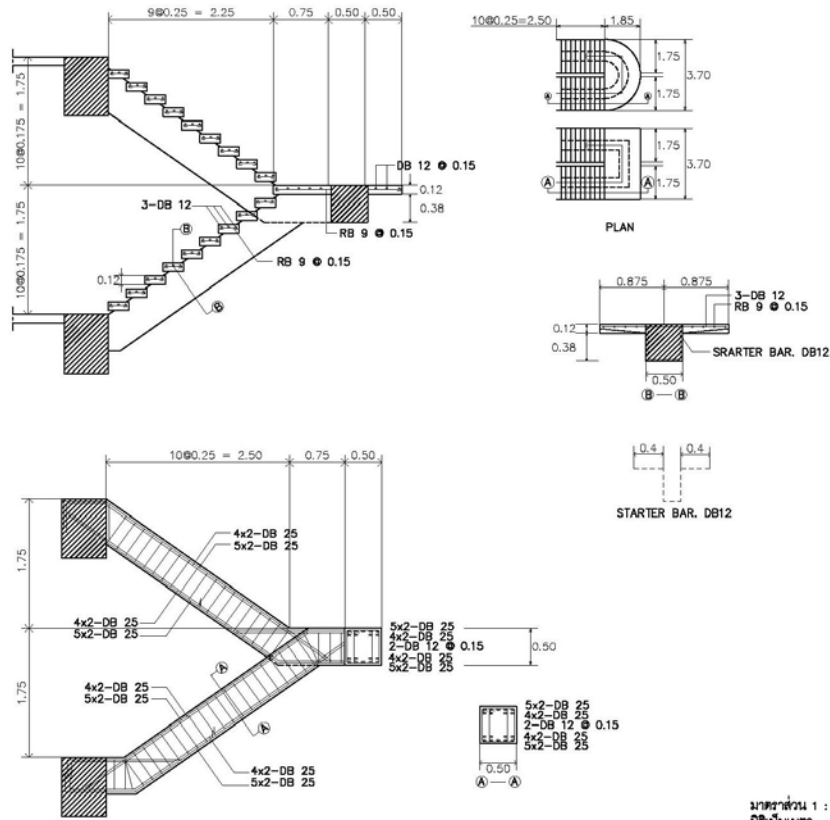
ก. ชนิดท้องเรียบ

รูปที่ 42 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดชานพักลอยมีคานแม่บันได



มาตราส่วน 1 : 50
ชนิดเป็นเมตร

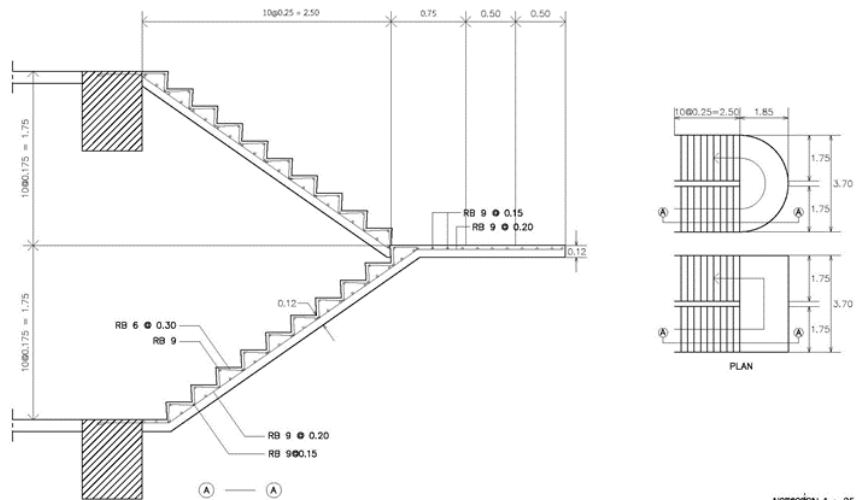
ข. ชนิดลูกชั้นพับ
รูปที่ 43 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดชานพักลอยมีคานแม่บันได (ต่อ)



มาตราส่วน 1 : 50
มิติเป็นเมตร

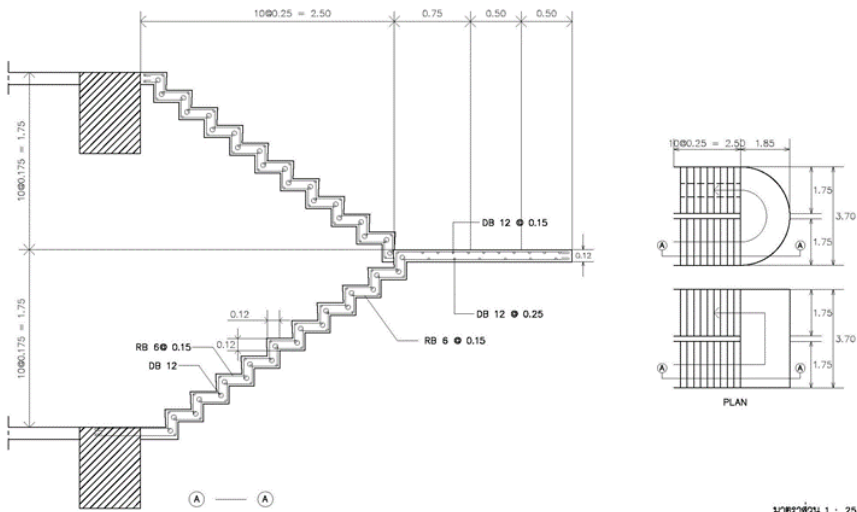
ค. ชนิดลูกชั้นอิสสระ

รูปที่ 42 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดชานพักลอยมีคานแม่บันได (ต่อ)



มาตรฐาน 1 : 25
ชนิดบ้านเดี่ยว

ก. ชนิดท้องเรียบ

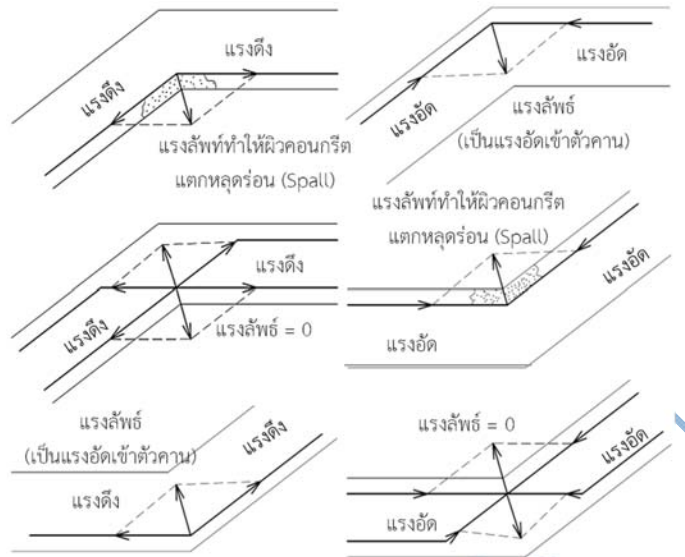


มาตรฐาน 1 : 25
ชนิดบ้านเดี่ยว

ข. ชนิดลูกชั้นพับ

รูปที่ 43 ตัวอย่างรายละเอียดเหล็กเสริมบันไดชานพักลอย ปราศจากคานแม่บันได

อนึ่ง บันไดที่มีคานแม่บันได ควรต้องให้รายละเอียดเหล็กเสริมคานแม่บันไดควบคู่กับ รายละเอียดเหล็กเสริมในแผ่นพื้น หรือชั้นบันได และต้องพิถีพิถันรายละเอียดเหล็กเสริมบริเวณ ที่บันไดหัก หรือพับไปตามรูปของบันได (รูปที่ 44)



ก. เหล็กด้านทานแรงดึงผิวล่าง ข. เหล็กด้านทานแรงอัดที่ผิวบน
รูปที่ 44 การเสริมเหล็กเมื่อบันไดหักมุม

15. การระบุขนาดเหล็กรูปพรรณ และโครงหลังคา

ในแบบรูปอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก อาจประกอบด้วยรายละเอียดองค์อาคาร หรือ โครงสร้างเหล็ก อาทิ หลังคา แผงตั้ง หรือแผงนอน (Fin or louver) ปกติแบบโครงหลังคา จะต้องแสดงแปลน และรูปตัด ทางปฏิบัติในประเทศไทย ปกติบอกขนาดเหล็กรูปพรรณเป็น มิลลิเมตร และระบุหน่วยน้ำหนัก (กิโลกรัมต่อเมตร) กำกับ ตัวอย่างอาทิ “เหล็กรูปพรรณที่มี รูปตัดเป็น Wide flanges, Channel, I-section และ H -section ระบุชนิดรูปตัด - ความลึก - ความกว้าง - (น้ำหนักต่อหน่วยความยาว) อาทิ “WF - 450xx20x76.0 kg/m” หรือ “C- 150x75x18.6 kg/m”

เหล็กรูปพรรณรูปตัว L (เหล็กฉาก) ระบุชนิดรูปตัด - ความกว้าง - ความยาว - (น้ำหนักต่อหน่วยความยาว) ตัวอย่างอาทิ “L - 50x50x6 mm (3.52 kg/m)” หรือหากเป็น หน้าตัดประกอบให้ระบุจำนวน ตัวอย่างอาทิ “2-L - 50x50x6 mm (2x3.52 kg/m)”

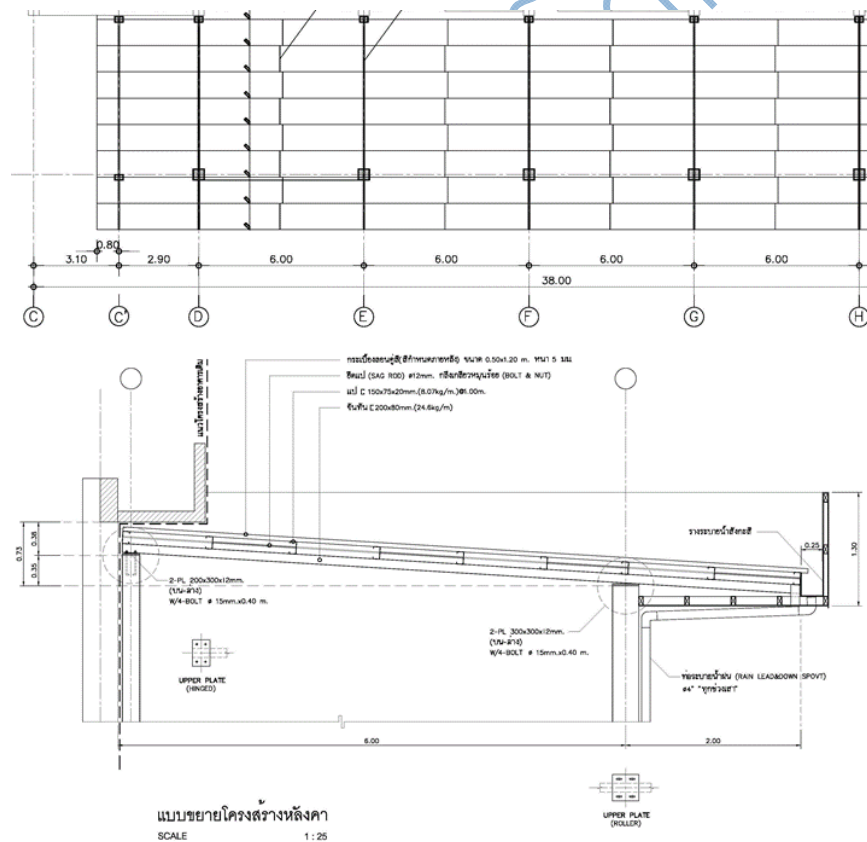
เหล็กกรีดเย็นพับขึ้นรูปตัวซี (Light-gauge channel) ให้ระบุชนิดรูปตัด - ความลึก - ความกว้าง - ความลึกรอยพับ - ความหนา (น้ำหนักต่อหน่วยความยาว) ตัวอย่างอาทิ “LG - 150x50x20x2.3 mm (4.96 kg/m)”

ท่อเหล็ก (Circular tube) ระบุชนิด - เส้นผ่านศูนย์กลาง - ความหนา - (น้ำหนักต่อ หน่วยความยาว) อาทิ “๘ - 100x3.6 mm (9.83 kg/m)”

เหล็กกล่อง (Steel box section) ระบุชนิดรูปตัด - ความลึก - ความกว้าง - ความหนา - (น้ำหนักต่อหน่วยความยาว) เช่น “□ – 25x25x1.6 mm (1.12 kg/m)”

การให้รายละเอียดโครงสร้างหลังคา จะต้องบอกรายละเอียดประกอบของโครงสร้างหลังคาให้ครบถ้วน ดังนี้

ประเภทขององค์อาคาร อาทิ จันทัน (Rafter) ตะเข้สัน (Hip Rafter) ตะเข้ราง (Valley rafter) ตั้ง (King or Queen Post) แป้ (Purlin) ยึดแป้ (Sag rod) ออกไก่ (Ridge) เป็นต้น โดยระบุประเภทของอาคาร และรูปตัดของเหล็กทรงพรรณ โดยอาจกำกับหรือระบุรายละเอียดอื่น ๆ เพิ่มเติมได้แก่ ระยะเรียง วิธีเชื่อมยึด อาทิ “RAFTER - C – 150x75x18.6 kg/m” หรือ “PURLIN – LG – 150x50x20x2.3 mm (4.96 kg/m) @ 1.50 m” หรือ “SAG ROD – ϕ - 12 mm @ 4.00 m” เป็นต้นรวมทั้งระบุอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ อาทิ เหล็กหางปลา หรือแผ่นเหล็กประกบ เช่น “STEEL PLATE – 200x300x4 mm THK” (รูปที่ 45)



รูปที่ 45 ตัวอย่างแปลน และรูปตัดแสดงรายละเอียดหลังคา

16. สรุป

เอกสารนี้ ได้กล่าวถึงรายการคำนวณ และแบบก่อสร้าง ประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของคาพยพของรายการคำนวณ และแบบ ประเภทของแบบก่อสร้าง การให้รายละเอียดเหล็กเสริมคอนกรีตในแบบ ลำดับขั้นตอนในการเตรียมรายการคำนวณ และแบบโครงสร้าง ข้อเสนอแนะ และอื่น ๆ ที่ใช้งานมานาน และกำลังจะเปลี่ยนรูปแบบให้ทันวิทยาการ เทคโนโลยี และกฎหมาย ดังกล่าวในค่านำ.

17. คำถาม

ตอบคำถามต่อไปนี้โดยสังเขป

1. แบบเหมือนจริง หรือแบบเหมือนสร้าง (As-built drawings) มีความสำคัญอย่างไร
2. กฎหมายอาคารกำหนดเรื่องหน่วยของระยะ และมาตราส่วนของแบบรูป รูปด้าน และรูปตัดที่ต้องแสดงไว้อย่างไร
3. สิ่งที่ต้องแสดงในแปลนเสาเข็มมีอะไรบ้าง
4. Bar List หรือ Bar Bending Schedule คืออะไร มีความสำคัญอย่างไร
5. แบบขยาย (Detail) ควรใช้มาตราส่วนเท่าใด และควรแสดงอะไรบ้าง
6. องค์อาคารใด หรือส่วนใดของอาคารที่ควร หรือมักจำเป็นต้องแสดงแบบขยาย
7. วิศวกรผู้คำนวณโครงสร้างอาคาร จะได้ข้อมูล หรือรายละเอียดใดบ้าง จากแบบประเมินตีสถาปัตยกรรม
8. มีหลักเกณฑ์ใดที่จะทำให้แสดงรายละเอียดเหล็กเสริมในคานสามารถกระทำได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีความยืดหยุ่น สามารถแก้ไขปรับปรุงได้สะดวก
9. มีหลักเกณฑ์ใดที่จะทำให้แสดงรายละเอียดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นสองทาง สามารถกระทำได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีความยืดหยุ่น สามารถแก้ไขปรับปรุงได้สะดวก
10. มีวิธีใดที่จะทำให้ผู้อ่านแบบรูป ทรชนก และศึกษารายละเอียด หรือรายการประกอบแบบ จาก “รายการก่อสร้าง” (Specification)

18. อ้างอิง

1. American Concrete Institute (2019), Building Code Requirements for Reinforced Concrete; ACI 318 - 19, and Commentary ACI 318R - 19, American Concrete Institute, Washington.
2. American Concrete Institute (2002), Building Code Requirements for Reinforced Concrete; ACI 318 M-02, and Commentary ACI 318 RM - 02, American Concrete Institute, Washington.
3. American Concrete Institute (1999), Building Code Requirements for Reinforced Concrete; ACI 318 M-99, and Commentary ACI 318 RM - 99, American Concrete Institute, Washington.

4. American Concrete Institute (1995), Building Code Requirements for Reinforced Concrete; ACI 318 M-95, and Commentary ACI 318 RM - 95, American Concrete Institute, Washington.
5. 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.
6. American Concrete Institute (1988), ACI Detailing Manual; According to ACI 315-80 revised 1982, and ACI 315R-80 revised 1988, American Concrete Institute, Washington.
7. British Standard, BS 4449: 1997 Carbon Steel Bar for The Reinforcement of Concrete, British Standard
8. กฎกระทรวงกำหนดวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารประเภทควบคุมการใช้ พ.ศ. 2566: สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2566: จาก <http://www.krisdika.go.th>
9. กฎกระทรวงกำหนดการออกแบบโครงสร้างอาคาร และลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร พ.ศ. 2566: สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2566: จาก <http://www.krisdika.go.th>
10. กฎกระทรวงกำหนดฐานรากของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคาร พ.ศ. 2566: สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กันยายน 2566: จาก <http://www.krisdika.go.th>
11. กฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527 กฎกระทรวงฉบับที่ 48 พ.ศ. 2540 กฎกระทรวงฉบับที่ 60 พ.ศ. 2549: สืบค้นเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม 2564 จาก <http://www.krisdika.go.th>
12. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2550) มยผ. 1131-50 มาตรฐานการคำนวณแรงลม และการตอบสนองของอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
8. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2550) มยผ.1332-50 มาตรฐานงานคอนกรีตเมื่อพิจารณาความคงทน และอายุการใช้งาน กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
9. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1221-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวตั้งฉากเสี้ยนของไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
10. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1222-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดในแนวขนานเสี้ยนของไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
11. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1223-51: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
12. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1224-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงของไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
13. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1225-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึงและความต้านทานการแตกของไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
14. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1226-51: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงเฉือนในแนวขนานเสี้ยนของไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
15. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1227-51: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
16. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1252-51 มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ Dynamic Load Test กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
17. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1551-51 มาตรฐานการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Test กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
18. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1508-51 มาตรฐานการเสริมกำลังโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวัสดุคอมโพสิตเสริมเส้นใย กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
19. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1561-51 มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงสร้างเหล็กบูรณาการด้วยวิธีตรวจพินิจ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
20. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1562-51 มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงสร้างเหล็กบูรณาการด้วยวิธีการทดสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.

21. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1563-51 มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยผงแม่เหล็ก กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
22. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1564-51 มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยสารแทรกซึม di, โยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
23. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1565-51 มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อมโครงเหล็กรูปพรรณด้วยวิธีการทดสอบด้วยรังสี) กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
24. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1901-51 มาตรฐานปฏิบัติในการซ่อมแซมคอนกรีต กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
25. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1911-51 มาตรฐานประกอบการคำนวณหาเสถียรภาพความลาดเอียงที่ปลอดภัยในงานขุดดินและถมดิน กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
26. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1912-51 มาตรฐานป้องกันกรังทลายสำหรับงานขุดดินและถมดิน กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
27. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1913-51 มาตรฐานตรวจวัดพฤติกรรมการความลาดเอียงสำหรับงานขุดดินและถมดิน กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
28. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2551) มยผ. 1914-51 มาตรฐานการระบายน้ำสำหรับงานขุดดินและถมดิน กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
29. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2552) มยผ. 1101-52 มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
30. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2552) มยผ. 1102-52 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
31. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2552) มยผ. 1103-52 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
32. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2552) มยผ. 1104-52 มาตรฐานงานไม้ กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
33. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2552) มยผ. 1105-52 มาตรฐานงานฐานราก กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
34. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2552) มยผ. 1104-52 มาตรฐานงานเสาเข็ม กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
35. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2552) มยผ. 1302-52 มาตรฐานการออกแบบอาคารด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
36. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2552) มยผ. 1311 - 50 มาตรฐานการคำนวณแรงลม และการตอบสนองของอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
37. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2554) มยผ. 1301-54 มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
38. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2554) มยผ. 1341-54 มาตรฐานประกอบการออกแบบโครงสร้างที่ใช้แผ่นบาง กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
39. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2554) มยผ. 1342-54 มาตรฐานประกอบการออกแบบโครงสร้างที่ใช้เคเบิล กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
40. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2554) มยผ. 1343-54 มาตรฐานประกอบออกแบบห่อหรือหอยึดโยง กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
41. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2554) มยผ. 1344-54 มาตรฐานประกอบการออกแบบนั่งร้าน - ค้ำยัน กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
42. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2554) มยผ. 1345-54 มาตรฐานประกอบการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.

43. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (2554) มยผ. 8213-54 มาตรฐานการทดสอบการลามไฟของโครงสร้างที่ใช้แผ่นบาง กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
44. กระทรวงอุตสาหกรรม (2559) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4802 (พ.ศ. 2559) เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต: เหล็กเส้นกลม (แก้ไขครั้งที่ 1) กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.
45. กระทรวงอุตสาหกรรม (2559) ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4802 (พ.ศ. 2559) เรื่อง แก้ไขมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต: เหล็กเส้นกลม (แก้ไขครั้งที่ 1) กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.
46. ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตร ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2554 ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2561 ข้อบังคับสภาวิศวกร ว่าด้วยการรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2564: สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2566: จาก <http://www.coe.go.th>
47. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2562) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน, แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพฯ.
48. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2534) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีกำลัง, แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพฯ.
49. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2540), ศัพท์วิทยาการวิศวกรรมโยธา, แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 1, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพฯ.
50. คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2540), ข้อกำหนดและมาตรฐานวัสดุสำหรับโครงสร้างคอนกรีต, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพฯ.
51. คณะอนุกรรมการบริหารงานก่อสร้าง คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2549), มาตรฐานการจัดเตรียมแบบก่อสร้างจริง และคู่มือเจ้าของอาคาร, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพฯ.
52. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2561) ร่าง มาตรฐานการเขียนแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2561 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
53. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา (2562) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
54. ระเบียบคณะกรรมการสภาวิศวกรว่าด้วยวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ วิชาพื้นฐานทางวิศวกรรม และวิชาเฉพาะทางวิศวกรรมที่สภาวิศวกรจะให้การรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร และวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2558 ระเบียบคณะกรรมการสภาวิศวกร ว่าด้วยองค์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ องค์ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรม และองค์ความรู้เฉพาะทางวิศวกรรม ที่สภาวิศวกรจะให้การรับรองปริญญา ประกาศนียบัตรหรือวุฒิบัตรในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม พ.ศ. 2562 (สาขาวิศวกรรมโยธา): สืบค้นเมื่อวันที่ 1 มกราคม 2566: จาก <http://www.coe.go.th>
55. วิสุทธิ์ เหล่าสมาธิกุล, พรเทพ ชาญณรงค์, กรพล สายเชื้อ, กิตติศักดิ์ นามพรชัยสกุล และเชิดเกียรติ มิจุ (2542), แร้งยัดผนังในเหล็กเสริมคอนกรีต ตามมาตรฐาน ACI และ BS, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพฯ
56. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2562) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีภาวะสุดขีด วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ กรุงเทพฯ
57. สถาพร โภคา (2563) วิศวกรรมทาง: กฎหมาย นโยบาย แผน ทฤษฎี และปฏิบัติ อุบลกิจ ออฟเซทการพิมพ์ อุบลราชธานี ISBN 978 616 – 568 – 262 – 6
58. สถาพร โภคา (2563) คอนกรีตเสริมเหล็ก: วัสดุ ทฤษฎี มาตรฐาน และปฏิบัติ, หจก. อุบลกิจออฟเซทการพิมพ์ อุบลราชธานี ISBN 978 616 – 572 – 288 – 9
59. สถาพร โภคา (2545) การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก วิธีกำลัง, พิมพ์ครั้งที่ 2, Library Nine, กรุงเทพฯ.
60. สถาพร โภคา (2544) การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก วิธีหน่วยแรงใช้งาน, พิมพ์ครั้งที่ 2, Library Nine, กรุงเทพฯ.

61. สดภาพ โภคา การออกแบบอาคารสูงน้อยกว่าสามชั้น อบรมเชิงปฏิบัติการ คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 18 - 20 มิถุนายน 2562
62. สดภาพ โภคา การเตรียมรายการคำนวณ และแบบรูป อบรมเชิงปฏิบัติการ การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กวิธีกำลัง โดยอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับสมาคมคอนกรีตอเมริกัน (ACI) 11-13 พฤศจิกายน 2554.
63. สดภาพ โภคา การออกแบบ ตรวจสอบ และบำรุงรักษาสะพาน - การออกแบบโครงสร้างสะพานส่วนบน (Superstructure) ครั้งที่ 5 สถาบันวิศวกรรม วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 8 - 10 มีนาคม 2562.
64. สดภาพ โภคา อุปกรณ์ฝังยึด แนวคิดและการออกแบบการฝังยึดในคอนกรีต สมาคมคอนกรีตไทย ของสมาคมคอนกรีตไทย รุ่นที่ 12 2 - 3 กุมภาพันธ์ 2561
65. สดภาพ โภคา การตรวจสอบอาคารเพื่อป้องกันการวิบัติ โดยกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 10 ตุลาคม 2551 และ 11 พฤศจิกายน 2551.
66. สดภาพ โภคา การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการพัฒนาเมือง กรมโยธาธิการและผังเมืองการฝึกอบรมหลักสูตร 15-16 พฤษภาคม 2550.
67. สดภาพ โภคา กฎหมาย และมาตรฐานเกี่ยวกับงานอาคาร การอบรมเชิงวิชาการเรื่อง การพัฒนาการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมโยธา ด้านงานคำนวณออกแบบโครงสร้าง โดยกรรมการโครงการ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 7 ตุลาคม 2548.
68. สดภาพ โภคา กฎหมาย และมาตรฐานเกี่ยวกับงานอาคาร การอบรมเชิงวิชาการเรื่อง การพัฒนาการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมโยธา ด้านงานคำนวณออกแบบโครงสร้าง โดยกรรมการโครงการ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 14 พฤษภาคม 2547
69. สดภาพ โภคา กฎหมาย และมาตรฐานเกี่ยวกับงานอาคาร การอบรมเชิงวิชาการเรื่อง การพัฒนาการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมโยธา ด้านงานคำนวณออกแบบโครงสร้าง โดยกรรมการโครงการ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 19 กันยายน 2546
70. สดภาพ โภคา การตรวจสอบและปรับปรุงอาคารร้าง อาคารที่มีปัญหา - กฎหมายสำหรับวิศวกร การประชุมใหญ่ทางวิศวกรรม ประจำปี 2545 สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ธันวาคม 2545.
71. สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2543) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 15 - 1 - 2547 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1: ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
72. สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2543) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 20 - 2543 เหล็กเสริมคอนกรีต: เหล็กเส้นกลม, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
73. สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2548) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 24 - 2548 เหล็กเสริมคอนกรีต: เหล็กข้ออ้อย, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
74. สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2543) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 213 - 2552 คอนกรีตผสมเสร็จ, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
75. สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2549) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 396 - 2549 เสาค้ำคอนกรีตอัดแรง, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
76. สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2549) มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 737 - 2549 ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.