

เกณฑ์การออกแบบ

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข



กลุ่มมาตรฐานวิศวกรรมโยธา

กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข

คำนำ

โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นระบบโครงสร้างที่ได้รับความนิยมกันแพร่หลาย อย่างต่อเนื่อง ขณะเดียวกันอาคารในสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข โดยทั่วไปมักจะใช้โครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นหลัก เนื่องจากเป็นระบบโครงสร้างที่สามารถหล่อขึ้นรูปได้ง่าย ทนทาน ทนไฟ และมีราคาถูก เมื่อเทียบกับโครงสร้างระบบอื่น

เนื่องจากอาคารในสถานบริการสุขภาพเป็นลักษณะอาคารที่มีความสำคัญ ซึ่งเป็นอาคารที่ต้องให้บริการแก่ผู้ป่วยเป็นสำคัญ นอกเหนือจากประโยชน์การใช้งานอาคารแล้ว โครงสร้างอาคารยังต้องมั่นคง แข็งแรง ปลอดภัยต่อการใช้งานอาคารอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างอาคารจึงต้องดำเนินการโดยวิศวกรที่มีความรู้ ประสบการณ์ ดังนั้นเพื่อให้การออกแบบโครงสร้างอาคารในสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข เป็นไปตามมาตรฐาน คณะทำงานจึงได้จัดทำเกณฑ์การออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข เพื่อให้วิศวกรหรือผู้สนใจทั่วไปได้ศึกษาและนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างอาคารของสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข ต่อไป

คณะทำงาน

เกณฑ์การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก
ในสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข

คณะทำงาน

เกณฑ์การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข

๑.	นายเสรี	ลาภยุดิธรรม	ที่ปรึกษาคณะทำงาน
๒.	นายชาติรี	ปัญญาพรวิทยา	ที่ปรึกษาคณะทำงาน
๓.	นายนิรันดร์	คชรัตน์	ประธาน
๔.	นายสมศักดิ์	อัคนวเสรี	รองประธาน
๕.	นายสรารุช	งามผ่องใส	รองประธาน
๖.	นายวินัย	บานเพียร	คณะทำงาน
๗.	นายเศรษฐสิทธิ์	พจนศึกษากุล	คณะทำงาน
๘.	นายเจษฎา	ปั้นน่วม	คณะทำงาน
๙.	นายพงศ์พันธุ์	จิวิสุวรรณ	คณะทำงาน
๑๐.	นายปฏิภาณ	อินทร์ทอง	คณะทำงาน
๑๑.	นายอัปเดตกอดเศส	อมรীগ	คณะทำงาน
๑๒.	นายพรกฤษณ์	แท่นแก้ว	คณะทำงาน
๑๓.	นายโกมล	ผิวเกลี้ยง	คณะทำงาน
๑๔.	นายเดชชาติ	สุวรรณมณี	คณะทำงาน
๑๕.	นายอนุชา	อุ้นคำ	คณะทำงาน
๑๖.	นายวุฒิศักดิ์	ชุติน	คณะทำงานและเลขานุการ

สารบัญ

หน้า

๑. ข้อกำหนดทั่วไป	๑
๑.๑ เกณฑ์การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก	๑
๑.๒ อาคารและส่วนต่างๆ	๑
๑.๓ การส่งรายการคำนวณ	๑
๒. คุณสมบัติของผู้ออกแบบ	๑
๓. มาตรฐานที่นำมาใช้	๒
๔. นิยาม	๒
๕. ข้อกำหนดวัสดุ	๓
๕.๑ คอนกรีต	๓
๕.๒ เหล็กเสริม	๔
๖. ข้อกำหนดหน่วยแรงและน้ำหนักบรรทุก	๖
๖.๑ หน่วยน้ำหนักบรรทุกคงที่	๖
๖.๒ หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร	๖
๖.๓ แรงลม	๖
๖.๔ แรงแผ่นดินไหว	๗
๗. การจัดส่วนอาคาร	๗
๗.๑ น้ำหนักบรรทุกและแรงที่ใช้ออกแบบ	๗
๗.๒ ระยะระหว่างจุดยึดตามขวางของคาน คสล.	๗
๗.๓ การกำหนดระยะโถง	๗
๗.๔ คานลึก	๘
๗.๕ พิกัดสำหรับเสา	๘
๗.๖ การยึดปลายเหล็กเสริม	๘
๘. การวิเคราะห์โครงสร้าง	๙
๘.๑ ทั่วไป	๙
๘.๒ แผ่นพื้นและคาน	๑๐
๘.๓ เสา	๑๐
๙. การออกแบบองค์อาคารโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน	๑๓
๙.๑ สัญญลักษณ์	๑๓
๙.๒ หน่วยแรงที่ยอมให้	๑๕
๙.๓ การคำนวณแรงดัด	๑๖
๙.๔ แรงเฉือนและแรงดัดทแยง	๑๖
๙.๕ แรงบิด	๑๙
๙.๖ แรงยึดท่วงและการยึด	๒๐
๙.๗ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก	๒๑

เกณฑ์การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข

๑. ข้อกำหนดทั่วไป

- ๑.๑ เกณฑ์การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กนี้ ได้กำหนดค่าต่ำสุดต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมถึงองค์ประกอบของโครงสร้างเฉพาะส่วนที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กของอาคารในสถานบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข และการออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กนี้ เป็นวิธีการออกแบบตามทฤษฎีหน่วยแรงใช้งานเท่านั้น ในกรณีออกแบบโดยทฤษฎีอื่นต้องเป็นวิธีการออกแบบที่ถูกนำมาใช้ เป็นที่ยอมรับ และมีมาตรฐานของประเทศไทยรองรับแล้ว ทั้งนี้หากใช้ทฤษฎีการออกแบบโดยวิธีอื่นใดนอกเหนือจากวิธีหน่วยแรงใช้งาน ให้ระบุมาตรฐานการออกแบบที่นำมาใช้เพื่อประกอบการพิจารณา
- ๑.๒ อาคารและส่วนต่างๆ ของโครงสร้างอาคารที่ประกอบขึ้นจากโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ต้องมีความมั่นคง แข็งแรง เพียงพอในการรับน้ำหนักบรรทุกที่เกิดขึ้นในทุกสภาวะการใช้งานอาคาร โดยไม่ให้ส่วนใดๆ มีหน่วยแรงแมกกว่าหน่วยแรงที่กำหนดไว้ในกฎหมาย มาตรฐาน และข้อบังคับด้านวิศวกรรมโครงสร้างของอาคาร รวมถึงอาคารจะต้องมีความคงทนและสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตลอดอายุการใช้งานที่เหมาะสม โดยไม่ก่อให้เกิดค่าบำรุงรักษาสูงกว่าปกติ
- ๑.๓ การส่งรายการคำนวณพร้อมกับแบบก่อสร้าง ต้องแนบสมมติฐานในการออกแบบและข้อมูลต่างๆ รวมถึงผลการคำนวณโดยละเอียด รวมถึงกรณีเมื่อใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ โดยให้ส่งข้อกำหนดในการคำนวณรายละเอียดตามข้อ ก. ถึง ข. และกำหนดไว้ในรูปแบบก่อสร้างรายละเอียดตามข้อ ข. ถึง ช. ให้ชัดเจน ดังนี้
 - ก. น้ำหนักบรรทุกจรและน้ำหนักบรรทุกอื่นๆ ที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ
 - ข. กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีตตามอายุ หรือตามขั้นตอนของการก่อสร้างสำหรับแต่ละส่วนของโครงสร้างที่ได้คำนวณออกแบบไว้
 - ค. กำลังที่กำหนดหรือชั้นคุณภาพของเหล็กเสริม
 - ง. ขนาดและตำแหน่งของชิ้นส่วนโครงสร้างและเหล็กเสริมทั้งหมด
 - จ. ข้อกำหนดสำหรับการเปลี่ยนแปลงมิติซึ่งเป็นผลเนื่องจากการคืบ การหดตัว อุ่นหภูมิ
 - ฉ. ระยะยึดปลายของเหล็กเสริม ตำแหน่งและความยาวของการต่อทาบเหล็ก
 - ช. ประเภทและตำแหน่งของรอยต่อเชื่อม และข้อต่อทางกลของเหล็กเสริม
 - ซ. มาตรฐาน วิธีการ และจำนวนที่ต้องใช้ในการทดสอบวัสดุวิศวกรรมที่จำเป็น เช่น การเจาะสำรวจชั้นดิน คอนกรีต เหล็กเสริม ข้อต่อทางกลของเหล็กเสริม เป็นต้น

๒. คุณสมบัติของผู้ออกแบบคำนวณ ต้องเป็นผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ตามพระราชบัญญัติสภาวิศวกร พ.ศ. ๒๕๔๒ สาขาวิศวกรรมโยธา ระดับไม่ต่ำกว่าสามัญวิศวกร

๓. มาตรฐานที่นำมาใช้ มาตรฐานดังต่อไปนี้สามารถนำมาใช้ในการออกแบบประกอบกับเกณฑ์นี้ได้ โดยค่าที่นำมาใช้ต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนดในเกณฑ์นี้ ดังนี้

- ๓.๑ พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ รวมถึงกฎกระทรวงมหาดไทยที่เกี่ยวข้องกับพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒
- ๓.๒ มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ว.ส.ท. ๑๐๐๗
- ๓.๓ มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ว.ส.ท. ๑๐๐๘
- ๓.๔ ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ว.ส.ท. ๑๐๑๔
- ๓.๕ มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็กของกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.๑๑๐๑-๕๐
- ๓.๖ มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ของกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. ๑๓๐๑-๕๔
- ๓.๗ มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว ของกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.๑๓๐๒-๕๒
- ๓.๘ มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย มยผ.๑๓๑๑-๕๐

๔. นิยาม ในเกณฑ์การออกแบบนี้ให้นิยามคำต่อไปนี้เป็นคำใช้ทั่วไป ดังนี้

- ๔.๑ กำลังคลาก (f_y) หมายความว่า ค่ากำลังต่ำสุดของกำลังคลากหรือจุดคลากของเหล็กเสริม ซึ่งหาได้จากการทดสอบแรงดึงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- ๔.๒ กำลังอัดของคอนกรีต (f_c') หมายความว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตซึ่งหาได้จากการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดมาตรฐาน Ø ๑๕x๓๐ เซนติเมตร ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่อายุ ๒๘ วัน
- ๔.๓ ความลึกประสิทธิภาพ หมายความว่า ระยะจากผิวนอกสุดด้านรับแรงอัดถึงศูนย์ถ่วงของเหล็กเสริมรับแรงดึงในองค์อาคารหนึ่งๆ
- ๔.๔ คอนกรีต หมายความว่า ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และน้ำ
- ๔.๕ คอนกรีตเสริมเหล็ก หมายความว่า คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมในลักษณะที่ทำให้เหล็กและคอนกรีตทำงานร่วมกันในการต้านแรงต่างๆ ที่เกิดแก่คอนกรีต
- ๔.๖ น้ำหนักบรรทุกทุกจรใช้งาน หมายความว่า น้ำหนักบรรทุกทุกจรซึ่งกำหนดไว้ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ และน้ำหนักบรรทุกทุกจรซึ่งกำหนดไว้ในเกณฑ์นี้
- ๔.๗ น้ำหนักบรรทุกทุกคงที่ใช้งาน หมายความว่า น้ำหนักบรรทุกทุกคงที่ที่คำนวณมาได้ ซึ่งรองรับโดยองค์อาคาร
- ๔.๘ เสา หมายความว่า องค์อาคารรับแรงอัดอยู่ในแนวตั้ง และมีความยาวเกินสามเท่าของด้านที่แคบที่สุด

- ๔.๙ หน่วยแรง หมายความว่า หน่วยแรงต่อพื้นที่ที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
- ๔.๑๐ เหล็กข้ออ้อย หมายความว่า เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่ทำนูนเป็นปล้องๆ ตลอดความยาว เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว
- ๔.๑๑ เหล็กปลอก หมายความว่า เหล็กเส้นที่พันรอบเหล็กเสริมตามยาวในองค์อาคารรับแรงอัด
- ๔.๑๒ เหล็กปลอกเกลียว หมายความว่า เหล็กเส้นที่พันรอบเหล็กเสริมตามยาวในองค์อาคารรับแรงอัดอย่างต่อเนื่องเป็นรูปเกลียวทรงกระบอก
- ๔.๑๓ เหล็กผูกตั้ง หมายความว่า เหล็กเส้นที่พันรอบเหล็กเสริมตามแนวยาวในองค์อาคารรับแรงดัด
- ๔.๑๔ เหล็กเสริม หมายความว่า เหล็กเสริมสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด และต้องมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
- ๔.๑๕ เหล็กเสริมเรียบ หมายความว่า เหล็กเสริมคอนกรีตเส้นกลมที่มีผิวเรียบ
- ๔.๑๖ องค์อาคาร หมายความว่า ส่วนหนึ่งๆ ของโครงสร้างที่ใช้ต้านทานแรงต่างๆ เช่น เสา คาน แผ่นพื้น เป็นต้น
- ๔.๑๗ การออกแบบโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน หมายความว่า วิธีการออกแบบเพื่อหาขนาดสัดส่วนขององค์อาคาร โดยหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในองค์อาคารที่คำนวณจากทฤษฎียืดหยุ่นภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ใช้งานไม่สูงเกินกว่าหน่วยแรงที่ยอมให้
- ๔.๑๘ การออกแบบโดยวิธีกำลัง หมายความว่า วิธีการออกแบบเพื่อหาขนาดสัดส่วนขององค์อาคารโดยกำลังที่ต้องการเพื่อต้านทานน้ำหนักบรรทุกที่คุณด้วยตัวคุณน้ำหนักบรรทุกทุกที่เหมาะสมไม่สูงเกินกว่ากำลังที่ออกแบบหรือกำลังระบุที่คุณด้วยตัวคุณความต้านทาน
- ๔.๑๙ สถาบันที่เชื่อถือได้ หมายความว่า ส่วนราชการหรือบริษัทจำกัดที่มีวัตถุประสงค์ในการให้คำปรึกษาแนะนำด้านวิศวกรรม ซึ่งมีวิศวกรระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพวิศวกรรมเป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะนำ และลงลายมือชื่อรับรองผลการตรวจสอบงานวิศวกรรมควบคุม

๕. ข้อกำหนดวัสดุ

๕.๑ คอนกรีต

- ๕.๑.๑ การเลือกใช้คอนกรีตต้องมีค่ากำลังอัดสูงพอ และไม่ปัญหาต่อการผลิตเพื่อไปใช้ใน งานก่อสร้าง
- ๕.๑.๒ ต้องแสดงค่ากำลังอัดของกรีตในแบบที่ใช้ในการก่อสร้างไว้อย่างชัดเจน
- ๕.๑.๓ ค่ากำหนดกำลังอัดของคอนกรีต ให้ถือเอาผลการทดสอบแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ขนาด $\varnothing 150 \times 300$ มม. ที่อายุ ๒๘ วันเป็นเกณฑ์
- ๕.๑.๔ วิธีการทดสอบแรงอัดของแท่งคอนกรีต ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 39
- ๕.๑.๕ สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กก./ม.³

๕.๒ เหล็กเสริม เหล็กเสริมสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมดต้องมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ไม่รวมถึงเหล็กเสริมอัดแรงที่ใช้กับคอนกรีตอัดแรง โดยมีรายละเอียดเหล็กเสริม ดังนี้

๕.๒.๑ การขอให้ทำการรองเหล็กเสริมเป็นไปตามของมาตรฐาน ดังนี้

- ก. ส่วนที่ตัดเป็นครึ่งวงกลมและมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย ๔ เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมนั้น แต่ระยะยื่นนี้ต้องไม่น้อยกว่า ๖ ซม.
- ข. ส่วนที่ตัดเป็นมุมฉากและมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย ๑๒ เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น
- ค. เฉพาะเหล็กผูกตั้งหรือเหล็กปลอก ให้ตัด ๙๐ องศา หรือ ๑๓๕ องศา และมีส่วนปลายยื่นต่อออกไปอีกอย่างน้อย ๖ เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น แต่ต้องไม่น้อยกว่า ๖ ซม.

๕.๒.๒ ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม

- ก. ระยะช่วงว่างของเหล็กที่วางขนานกัน (ยกเว้นในเสาและในระหว่างชั้นของเหล็กเสริมในคาน) ต้องไม่แคบกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมนั้นๆ และต้องไม่แคบกว่า ๑.๓๔ เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ ทั้งนี้ต้องไม่แคบกว่า ๒.๕ ซม.
- ข. การเสริมเหล็กในคานที่มีเหล็กตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป ระยะช่องว่างของเหล็กแต่ละชั้น ต้องไม่แคบกว่า ๒.๕ ซม. และเหล็กที่อยู่ชั้นบนต้องเรียงให้ตรงกับเหล็กในชั้นล่าง
- ค. เหล็กเสริมเอกในผนังหรือในแผ่นพื้นต้องมีระยะเรียงไม่ห่างกว่า ๓ เท่าของความหนาของผนังหรือแผ่นพื้นนั้น และไม่เกิน ๓๐ ซม.
- ง. ระยะช่องว่างระหว่างเหล็กเส้นตามยาวของเสาปลอกเกลียวและปลอกเดี่ยวต้องไม่แคบกว่า ๑.๕ เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้นและต้องไม่แคบกว่า ๑.๕ เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ ทั้งนี้ต้องไม่แคบกว่า ๔ ซม.

๕.๒.๓ เหล็กเสริมตามขวาง

- ก. ในเสาปลอกเดี่ยว เหล็กยืนเส้นที่ต้องมีเหล็กปลอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เล็กกว่า ๖ มม. พันโดยรอบ โดยมีระยะเรียงไม่ห่างกว่า ๑๖ เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กยืน ไม่ห่างกว่า ๔๘ เท่าของของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก และมีดัดเล็กที่สุดของเสานั้น ต้องจัดให้มุมของเหล็กปลอกยึดเหล็กตามยาวทุกมุม ขณะเดียวกันต้องจัดให้มุมของเหล็กปลอกเดี่ยวยึดเหล็กเส้นตามยาวเส้นเว้นเส้น โดยมุมของเหล็กปลอกนั้นต้องไม่เกิน ๑๓๕ องศา เหล็กที่เว้นต้องห่างจากเส้นที่ถูกยึดไว้ไม่เกิน ๑๕ ซม.
- ข. สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัดในคานต้องมีเหล็กผูกตั้งรัดไว้ ขนาดผูกตั้งต้องไม่เล็กกว่า ๖ มม. และระยะเรียงห่างกันไม่เกิน ๑๖ เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเสริม และต้องมีเกิน ๔๘ เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กผูกตั้ง ที่แต่ละ

เปลาะต้องมีเหล็กลูกตั้งอย่างน้อยหนึ่งเส้นที่พันเหล็กเสริมตามยาวทั้งหมดไว้โดยรอบ และต้องใส่เหล็กลูกตั้งดังกล่าวตลอดระยะที่ต้องการเหล็กเสริมรับแรงอัด

- ๕.๒.๔ เหล็กเสริมต้านทานการยืดหด ในแผ่นพื้นที่ใช้เป็นโครงสร้าง หรือ หลังคา หรือ ในองค์อาคารที่มีพฤติกรรมเป็นแผ่นพื้นที่ซึ่งต้องรับแรงดัดทางเดียว ต้องเสริมเหล็กในแนวตั้งฉากกับเหล็กเสริมเอกเพื่อรับแรงเนื่องจากการยืดหดเนื่องจากอุณหภูมิ ปริมาณของเหล็กเสริมนี้ต้องมีอัตราส่วนเนื้อที่เหล็กต่อหน้าตัดคอนกรีตทั้งหมดไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ข้างล่างนี้ ทั้งนี้ไม่ว่ากรณีใดก็ตามระยะเรียงต้องไม่ห่างเกิน ๓ เท่าของความหนาของแผ่นพื้น หรือ ๓๐ ซม. และขนาดเหล็กต้องไม่เล็กกว่า ๖ มม.

แผ่นพื้นที่เสริมเหล็กด้วยเหล็กเส้นกลมชั้นคุณภาพ SR 24 ไม่น้อยกว่า ๐.๐๐๒๕

แผ่นพื้นที่เสริมเหล็กด้วยเหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD 30 ไม่น้อยกว่า ๐.๐๐๒๐

แผ่นพื้นที่เสริมเหล็กด้วยเหล็กข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD 40 ไม่น้อยกว่า ๐.๐๐๑๘

- ๕.๒.๕ เหล็กเสริมน้อยสุดสำหรับองค์อาคารรับแรงดัด ยกเว้นกรณีแผ่นพื้นที่มีความหนาเท่ากันตลอด ที่ต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงดัดจากการคำนวณ อัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมต่อคอนกรีตต้องไม่น้อยกว่า $14/f_y$ นอกจากทุกๆ หน้าตัดขององค์อาคารจะมีเหล็กเสริมสำหรับโมเมนต์บวกหรือโมเมนต์ลบไม่น้อยกว่า ๑.๓๔ เท่าของค่าที่คำนวณได้

- ๕.๒.๖ คอนกรีตที่หุ้มเหล็ก ระยะหุ้มในที่นี้หมายความว่าระยะที่วัดจากผิวคอนกรีตถึงผิวนอกสุดของเหล็กปลอกหรือเหล็กลูกตั้ง ในกรณีที่ไม่มีเหล็กดังกล่าวให้วัดถึงผิวนอกของเหล็กเสริมที่อยู่นอกสุด โดยระยะหุ้มต่ำสุดสำหรับเหล็กเสริมให้เป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

ก. คอนกรีตที่หล่อติดกับดินและผิวคอนกรีตสัมผัสกับดินตลอดเวลา ระยะหุ้มต่ำสุด ๗.๕ ซม.

ข. คอนกรีตที่สัมผัสกับดินหรือถูกแดดฝน

- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า ๑๖ มม. ระยะหุ้มต่ำสุด ๕.๐ ซม.

- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๖ มม. และเล็กกว่า ระยะหุ้มต่ำสุด ๔.๐ ซม.

ค. คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน

ในแผ่นพื้น ผนัง

- สำหรับเหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ ๔๔ มม. ขึ้นไป ระยะหุ้มต่ำสุด ๔.๐ ซม.

- สำหรับเหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๓๖ มม. และเล็กกว่า ระยะหุ้มต่ำสุด ๒.๐ ซม.

ในคาน เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้ง ระยะหุ้มต่ำสุด ๓.๐ ซม.

ในเสา เหล็กเสริมปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว ระยะหุ้มต่ำสุด ๓.๕ ซม.

ในคอนกรีตเปลือกบาง และองค์อาคารแผ่นพับ

- สำหรับเหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า ๑๖ มม. ระยะหุ้มต่ำสุด ๒.๐ ซม.
 - สำหรับเหล็กเสริมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑๖ มม. และเล็กกว่า ขึ้นไป ระยะหุ้มต่ำสุด ๑.๕ ซม.
- ง. กรณีป้องกันอัคคีภัย เมื่อข้อบัญญัติอื่นที่เกี่ยวกับอาคารได้กำหนดระยะหุ้มเพื่อป้องกันอัคคีภัยไว้หนากว่าระยะหุ้มต่ำสุดที่กำหนด ให้ใช้ระยะหุ้มที่หนากว่า

๖. ข้อกำหนดหน่วยแรงและน้ำหนักบรรทุก

- ๖.๑ หน่วยน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ เป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่ที่คำนวณมาได้ซึ่งรองรับโดยองค์อาคาร โดยค่าน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่นำมาใช้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐาน หรือคู่มือผู้ผลิตวัสดุชิ้นทุกประการ ในกรณีที่ไม่มีข้อมูลน้ำหนักดังกล่าวผู้ออกแบบต้องแนบผลการทดสอบการหาค่าน้ำหนักบรรทุกจากสถาบันที่เชื่อถือได้ที่นิยามไว้ในข้อ ๔.๑๙
- ๖.๒ หน่วยน้ำหนักบรรทุกทุกจรสำหรับประเภทและส่วนต่างๆ ของอาคาร นอกเหนือจากน้ำหนักของตัวอาคารหรือเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อย่างอื่น ให้คำนวณโดยประมาณเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าอัตรา ดังนี้

ประเภท ส่วนใช้งาน และส่วนต่างๆ ของอาคาร	หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)
๑. หลังคา	๕๐
๒. กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	๒๐๐
๓. ที่พักอาศัย ห้องน้ำ ห้องส้วม	๒๐๐
๔. อาคารชุด หอพัก และห้องคนใช้พิเศษ	๒๐๐
๕. สำนักงาน	๒๕๐
๖. พื้นที่ใช้สอยรายแผนกบริการทั่วไปของโรงพยาบาล (ยกเว้นพื้นที่รับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์)	๓๐๐
๗. ห้องโถง บันได ช่องทางเดินของอาคาร	๓๐๐
๘. หอประชุม ห้องประชุม ห้องอ่านหนังสือในห้องสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถยนต์นั่งหรือรถจักรยานยนต์	๔๐๐
๙. โรงกีฬา อัฒจันทร์ ห้องเก็บเอกสารและพัสดุ	๕๐๐
๑๐. ห้องเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด เวชระเบียน	๖๐๐
๑๑. ที่จอดหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปล่า	๘๐๐
๑๒. แผนกรังสีวินิจฉัย (X-RAY)	๑,๐๐๐

- ๖.๓ แรงลม ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารให้คำนึงถึงแรงลมด้วย หากจำเป็นต้องคำนวณ และไม่มีเอกสารที่รับรองโดยสถาบันที่เชื่อถือได้ ให้ใช้หน่วยแรงลม ดังต่อไปนี้

ความสูงของอาคารหรือส่วนของอาคาร	หน่วยแรงลมอย่างน้อย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)
๑. ส่วนของอาคารที่สูงไม่เกิน ๑๐ เมตร	๕๐
๒. ส่วนของอาคารที่สูงเกิน ๑๐ เมตร แต่ไม่เกิน ๒๐ เมตร	๘๐
๓. ส่วนของอาคารที่สูงเกิน ๒๐ เมตร แต่ไม่เกิน ๔๐ เมตร	๑๒๐
๔. ส่วนของอาคารที่สูงเกิน ๔๐ เมตร	๑๖๐

๖.๔ แรงแผ่นดินไหว ในการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคารที่อยู่ในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยจากแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวให้ออกแบบคำนึงถึงแรงแผ่นดินไหวด้วย วิธีการออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวที่กำหนดไว้ในข้อ ๓.๖ และ ๓.๗

๗. การจัดส่วนองค์อาคาร

๗.๑ น้ำหนักบรรทุกทุกและแรงที่ใช้ออกแบบ

๗.๑.๑ ให้ใช้สมมติฐานว่าโครงสร้างรับน้ำหนักบรรทุกทุกคงที่ น้ำหนักบรรทุกจร หรือ แรงที่ได้กระทำทั้งหมด ในกรณีการคาน้ำหนักบรรทุกทุกคงที่และเกณฑ์การลดน้ำหนักบรรทุกจรต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๖๒

๗.๑.๒ การคิดแรงลมและแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่กระทำต่ออาคาร ให้คิดเป็นแรงกระทำในแนวราบ

๗.๑.๓ ต้องพิจารณาผลจากแรงอันเกิดจากการใช้งานในสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการใช้งานอาคาร

๗.๒ ระยะระหว่างจุดยึดตามขวางของคาน คสล. คานที่มีช่วงยาวต้องมีจุดยึดตามขวางโดยมีระยะห่างระหว่างจุดยึดไม่เกิน ๕๐ เท่าของความกว้างของปีกหรือความกว้างของคาน

๗.๓ การกำหนดระยะโก่ง

๗.๓.๑ องค์อาคาร คสล. ซึ่งรับแรงดัด ต้องออกแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่ไม่ให้เกิดระยะโก่งมากเกินไป หรือ ทำให้รูปลักษณะของอาคารเปลี่ยนแปลงไปอันจะเห็นเหตุให้อาคารนั้นเสื่อมความแข็งแรงใช้งานไม่ได้ตามวัตถุประสงค์

๗.๓.๒ ความหนาหรือความลึกต่ำสุด ให้ใช้กับองค์อาคารรับแรงดัดที่ใช้คอนกรีตน้ำหนักธรรมดา หากใช้ความหนาน้อยกว่าที่กำหนดต้องคำนวณหาระยะโก่ง แต่ทั้งนี้ต้องไม่ทำให้ความแข็งแรงของอาคารนั้นด้อยลงตามรายละเอียดดังนี้

องค์อาคาร	ความหนาหรือความลึกต่ำสุดที่กำหนดให้			
	ช่วงเดียว ธรรมดา	ปลายต่อเนื่อง ข้างเดียว	ปลายต่อเนื่อง ทั้งสองข้าง	ปลายยื่น
พื้นทางเดียว	L/20	L/24	L/28	L/10
คาน	L/16	L/18.5	L/21	L/8

- ๗.๔ คานเล็ก คานต่อเนื่องที่มีอัตราส่วนความลึกต่อระยะช่วงมากกว่า ๒ ใน ๕ หรือคานช่วงเดียวธรรมดาที่มีอัตราส่วนความลึกต่อระยะช่วงมากกว่า ๔ ใน ๕ ให้ถือเป็นคานเล็ก ในการออกแบบต้องถือว่าความเครียดที่เกิดขึ้นไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะจากแกนสะเทินและต้องคำนึงถึงการโก่งงอตามขวางและผลเกี่ยวเนื่องอื่นๆ ด้วย จำนวนเหล็กเสริมตามแนวนอนน้อยสุดไม่น้อยกว่า ๐.๐๐๒๕ ของเนื้อที่หน้าตัด และเหล็กเสริมในแนวตั้งต้องไม่น้อยกว่า ๐.๐๐๑๕
- ๗.๕ พิกัดสำหรับเสา
- ๗.๕.๑ ขนาดเล็กสุดของเสาต้องมีด้านแคบสุดหรือเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า ๒๐ ซม. เสาที่อยู่ระหว่างเสาหลักและไม่ต่อเนื่องจากชั้นถึงชั้นอาจเล็กกว่าได้ แต่ต้องมีด้านแคบที่สุดไม่ต่ำกว่า ๑๕ ซม.
- ๗.๕.๒ พิกัดหน้าตัดของเสาที่หล่อเป็นเนื้อเดียวกับผนัง คสล. สำหรับเสาปลอกเกลียวที่หล่อเป็นเนื้อเดียวกับผนังหรือตอม่อ คสล. ขนาดของเสาขอบนอกสุดให้ถือว่าห่างจากผิวของเหล็กปลอกเกลียวออกไปเป็นระยะไม่น้อยกว่า ๓ ซม. ไม่ว่าจะป็นเสารูปทรงใดก็ตาม
- ๗.๕.๓ พิกัดสำหรับเหล็กเสริมในเสา เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กยื่นสำหรับเสาต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ ๑ และไม่มากกว่าร้อยละ ๘ ของพื้นที่หน้าตัดเสา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กยื่นไม่เล็กกว่า ๑๒ มม. สำหรับเสาปลอกเกลียวต้องมีเหล็กยื่นไม่น้อยกว่า ๖ เส้น และเสาปลอกเกลียวต้องมีเหล็กยื่นไม่น้อยกว่า ๔ เส้น
- ๗.๖ การยึดปลายเหล็กเสริม
- ๗.๖.๑ ปลายเหล็กเสริมเอก
- ก. ปลายทั้งสองของเหล็กเสริมต้องมีระยะฝังที่เพียงพอ หรือ ทำเป็นของอ หรือ มีการยึดปลายด้วยวิธีอื่นที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถรับแรงดึงหรือแรงอัดที่เกิดขึ้นในหน้าตัดใดๆ ของเหล็กเสริมนั้น
- ข. เหล็กเสริมทุกเส้นต้องยื่นเลยจุดที่ไม่รับหน่วยแรงดัดไปอีกไม่น้อยกว่าความลึกประสิทธิภาพขององค์อาคาร หรือไม่น้อยกว่า ๑๒ เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมนั้น โดยใช้ระยะที่ยาวกว่าเป็นเกณฑ์ ทั้งนี้ ยกเว้นเหล็กเสริม ณ ที่รองรับ
- ค. เหล็กเสริมลรับแรงดึงในช่วงใดๆ ของคานต่อเนื่อง คานรั้งปลาย คานยื่น หรือ ในองค์อาคารของโครงข้อแข็ง ต้องมีการยึดปลายอย่างเพียงพอด้วยแรงยึดหน่วง ของอ หรืออุปกรณ์ยึดปลายใดๆ เข้ากับองค์อาคารที่รองรับ
- ง. ไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของเหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบ ($A^-_s/3$) ณ ที่รองรับต้องยื่นเลยจุดดัดกลับไปเป็นระยะไม่น้อยกว่าความลึกประสิทธิภาพขององค์อาคาร หรือ ๑ ใน ๑๖ ของระยะช่องว่าง โดยให้ระยะที่ยาวกว่าเป็นเกณฑ์
- จ. ไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของเหล็กเสริมรับโมเมนต์บวก ($A^+_s/3$) ในคานช่วงเดียวธรรมดา และไม่น้อยกว่าหนึ่งในสี่ของเหล็กเสริมรับโมเมนต์บวก ($A^+_s/4$) ในคานต่อเนื่องต้องยื่นตรงเข้าไปในที่รองรับไม่น้อยกว่า ๑๕

- ฉ. ปลายของเหล็กเสริมผิวเรียบที่รับแรงดึง ต้องงอเป็นของมาตรฐาน ยกเว้นเหล็กเสริมบวกล ที่รองรับตัวในของคานต่อเนื่อง และเหล็กเสริมสำหรับรับแรงจากความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือการหดตัวของคอนกรีต
 - ช. ของอเหล็กเสริมต้องไม่นำมาใช้เป็นส่วนช่วยเพิ่มความต้านทานแรงอัด
 - ซ. การใช้อุปกรณ์ยึดปลายเหล็กเสริมแทนของอ ต้องไม่ทำความเสียหายแก่คอนกรีต แต่ต้องกำหนดให้แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้นด้วย
- ๗.๖.๒ ปลายเหล็กเสริมรับแรงเฉือน
- ก. ให้ใช้เหล็กรูปตั๊กงให้เฉพาะเป็นรูปวงรอบปิด
 - ข. การงอหรือการตัดเหล็กลูกตั้งรอบเหล็กเสริมตามยาว จะมีผลต่อเมื่อเหล็กลูกตั้งนั้นตั้งฉากกับเหล็กเสริมตามยาวหรือทำมุมเอียงไม่น้อยกว่า ๔๕ องศา กับเหล็กเสริมตามยาวชนิดเหล็กข้ออ้อย
 - ค. ไม่ว่ากรณีใดๆ ต้องจัดเหล็กเสริมรับแรงเฉือนให้ชิดผิวด้านรับแรงอัดให้มากที่สุดเท่าที่ข้อบังคับเกี่ยวกับการป้องกันอัคคีภัยจะยอมให้ ทั้งนี้ ให้พิจารณาการจัดเหล็กอื่นๆ ในบริเวณนั้นด้วย

๘. การวิเคราะห์โครงสร้าง

๘.๑ ทัวไป

๘.๑.๑ การวิเคราะห์แรงในองค์อาคาร

- ก. ทุกองค์อาคารของโครงสร้างหรือองค์อาคารที่ก่อสร้างต่อเนื่องกัน ต้องได้รับการคำนวณออกแบบให้แต่ละหน้าตัดสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกและน้ำหนักอื่นใด ตามข้อ ๗.๑ ได้โดยปลอดภัย
- ข. สำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทัวไป ซึ่งมีช่วงกว้างและความสูงไม่มากนักอาจวิเคราะห์โดยวิธีประมาณได้

๘.๑.๒ การจัดน้ำหนักบรรทุกทุกจร

- ก. พิจารณาให้น้ำหนักบรรทุกทุกจรกระทำเฉพาะพื้นที่หรือหลังคาชั้นที่กำลังวิเคราะห์อยู่เท่านั้น และให้ถือว่าปลายเสาที่อยู่ตรงข้ามกับปลายที่ติดกับชั้นนั้นมีสภาพยึดแน่น
- ข. ให้จัดน้ำหนักบรรทุกทุกจร ดังนี้
 - น้ำหนักบรรทุกทุกคงที่วางเต็มช่วงของโครงสร้างรวมกับน้ำหนักบรรทุกทุกจร ซึ่งวางเต็มในสองช่วงข้างเคียง
 - น้ำหนักบรรทุกทุกคงที่วางเต็มช่วงของโครงสร้างรวมกับน้ำหนักบรรทุกทุกจร ซึ่งวางเต็มช่วงเว้นช่วง

๘.๑.๓ ความยาวช่วง

- ก. ความยาวช่วง L สำหรับองค์อาคารที่ไม่ได้หล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับที่รองรับ ให้ใช้เท่ากับระยะช่วงว่างบวกกับความลึกของคาน หรือความหนาแผ่นพื้น แต่ทั้งนี้ต้องไม่ยาวกว่าระยะศูนย์ถึงศูนย์ของที่รองรับ

- ข. ในการวิเคราะห์โครงสร้างซึ่งองค์อาคารมีความต่อเนื่องกัน ให้ใช้ระยะศูนย์ถึงศูนย์เป็นความยาว L ในการหาโมเมนต์ แต่สำหรับการคำนวณออกแบบอาจใช้ค่าโมเมนต์ที่ขอบของที่รองรับ
- ค. สำหรับแผ่นพื้นเรียบหรือแบบมีตง ซึ่งมีระยะช่วงว่างไม่เกิน ๓ เมตร และหล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับที่รองรับ อาจคำนวณออกแบบเป็นแผ่นพื้นต่อเนื่องกันและวางอยู่บนที่รองรับแบบคมมีด โดยใช้ความยาวช่วงเท่าระยะช่วงว่างและไม่จำเป็นต้องคิดความกว้างของคาน

๘.๑.๔ สติฟเนส

- ก. ให้ใช้สมมติฐานที่เหมาะสม โดยการคำนวณค่าสติฟเนสตัดสัมผัสของเสา กำแพง ระบบพื้น และระบบหลังคา แต่ต้องใช้สมมติฐานเดียวกันนี้ตลอดการวิเคราะห์
- ข. ในการคำนวณหาค่าโมเมนต์ออฟพินินิเทียร์ (I) สำหรับค่าสติฟเนสตัดสัมผัสของแผ่นพื้น คาน และเสา ไม่ต้องคำนึงถึงเหล็กเสริมก็ได้ สำหรับหน้าตัดรูปตัวทีให้คิดรวมผลอันเกิดจากครีบริบหรือปีกด้วย

๘.๑.๕ องค์อาคารขยายความลึกที่ปลาย ในการคำนวณและออกแบบองค์อาคาร ให้คิดถึงผลอันเกิดจากการขยายความลึกที่ปลายด้วย

๘.๑.๖ แรงบิด

- ก. องค์อาคารที่รับแรงบิด เช่น คานขอบ คานโค้ง คานหรือแผ่นพื้นเวียน เป็นต้น ให้คำนวณออกแบบตามวิธีการที่กำหนดในข้อ ๙.๕
- ข. ให้เสริมเหล็กตามแนวแกนอย่างน้อยหนึ่งเส้นที่แต่ละมุมของหน้าตัดคานเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้นต้องมีขนาดอย่างน้อยที่สุดเท่ากับขนาดของเหล็กปลอก แต่ต้องไม่เล็กกว่า ๑๒ มม.

๘.๒ แผ่นพื้นและคานในกรณีที่โครงสร้างมีช่วงตั้งแต่สองช่วงขึ้นไป โดยความยาวช่วงข้างเคียงต่างกันไม่เกิน ๑.๒ เท่า รับน้ำหนักบรรทุกทุกแผ่กระจายสม่ำเสมอเต็มช่วงองค์อาคารและน้ำหนักบรรทุกจรมากกว่าน้ำหนักบรรทุกคงที่ไม่เกิน ๓ เท่า อนุโลมให้หาโมเมนต์และแรงเฉือนด้วยวิธีประมาณ เช่น วิธีสัมประสิทธิ์ ได้ หากไม่แล้วให้หาโมเมนต์และแรงเฉือนโดยการวิเคราะห์อย่างละเอียด

๘.๓ เสา

๘.๓.๑ โมเมนต์ในเสา ต้องออกแบบเสาให้สามารถรับแรงตามแกนที่ถ่ายมาจากพื้นชั้นบนทั้งหมดรวมกับโมเมนต์สูงสุดอันเกิดจากการบรรทุกน้ำหนักในช่วงที่ติดกับเสาเพียงหนึ่งช่วง เฉพาะในชั้นที่พิจารณา นอกจากนี้ยังต้องจัดน้ำหนักบรรทุกให้เกิดอัตราส่วนระหว่างระหว่างโมเมนต์ต่อแรงตามแกนมีค่าสูงสุด สำหรับโครงสร้างต้องพิจารณาน้ำหนักบรรทุกของพื้นที่ไม่สมดุลที่มีผลต่อทั้งเสาเสริมและเสาใน และผลของน้ำหนักบรรทุกหนีศูนย์เนื่องจากเหตุอื่นๆ ในการคำนวณโมเมนต์เสา เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกในแนวตั้งปลายเสาด้านไกลซึ่งหล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับโครงสร้าง ให้ถือว่าสภาพยึดแน่น

การต้านทานโมเมนต์ที่ชั้นใดๆ สามารถหาได้โดยการกระจายโมเมนต์ระหว่างเสาที่อยู่ด้านบนและด้านล่างของพื้นชั้นนั้นโดยกระจายเป็นส่วนส่วนของสติเฟนส์สัมพันธ์และสภาพยึดรั้งของปลายเสา

๘.๓.๒ ความยาวของเสา

- ก. ในการกำหนดมิติพิภักดเสา ให้ถือว่าระยะช่วงว่างระหว่างแผ่นพื้นแต่ละชั้นเป็นความยาวอิสระของเสา นอกจากกรณีต่อไปนี้
- ในระบบแผ่นพื้นไร้คาน ให้ถือว่าระยะช่วงว่างสั้นที่สุดระหว่างพื้นถึงส่วนล่างสูงสุดของหมวกหัวเสา หรือ แป้นหัวเสา หรือ แผ่นพื้น
 - ในระบบแผ่นพื้นที่มีคานรองรับ ให้ถือว่าระยะช่วงว่างระหว่างพื้นกับใต้ท้องคานตัวที่เล็กกว่าซึ่งมาบรรจบในแต่ละแกนกับปลายบนของเสาชั้นเหนือถัดขึ้นไป
 - ในเสาที่มีการยึดด้วยค้ำยัน ให้ถือว่าระยะช่วงว่างระหว่างค้ำยันที่เรียงกันในแต่ละระนาบในแนวตั้ง จุดรองรับที่ถือว่าเพียงพอที่ค้ำยันทั้งสองต้องยึดเสาที่ระดับใกล้เคียงกันและระนาบในแนวตั้งที่ผ่านค้ำยันทั้งสองต้องทำมุมต่างจากมุมฉากได้ไม่เกิน ๑๕ องศา ทั้งนี้ค้ำยันต้องมีขนาดเพียงพอและการยึดปลายกับเสาต้องไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวด้านข้าง
 - ในเสาที่มีคานหรือค้ำยันยึดด้านข้าง โดยมีแป้นหูข้างรองรับที่บริเวณนั้นด้วย ให้ถือว่าระยะช่วงว่างระหว่างพื้นกับส่วนล่างสุดของแป้นหูข้าง ทั้งนี้ ความกว้างของแป้นหูข้างต้องไม่แคบกว่าความกว้างของคานหรือค้ำยัน และต้องไม่แคบกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดความกว้างของเสา
- ข. สำหรับเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ต้องถือว่าความยาวที่จะให้อัตราส่วนสูงสุดระหว่างความยาวกับรัศมีจําเริญ

๘.๓.๓ การลดกำลังเนื่องจากความยาวขององค์อาคารรับแรงอัด

- ก. ในการคำนวณออกแบบ ถ้าแรงอัดเป็นค่ากำหนดขนาดของหน้าตัด ต้องหารค่าแรงตามแกนโมเมนต์ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยแฟคเตอร์ R สำหรับลดกำลังเสาจะลดตามข้อ ๑, ๒ หรือ ๓ เสียก่อนแล้วจึงคำนวณออกแบบ โดยสูตรที่เหมาะสมสำหรับเสาขนาดสั้น ดังนี้
๑. ในกรณีที่ปลายทั้งสองข้างของเสานั้นไม่เกิดการเคลื่อนที่สัมพันธ์ทางด้านข้างและถูกยึดแน่นในลักษณะที่เกิดจุดดัดกลับขึ้นหนึ่งจุดระหว่างปลายทั้งสองแล้วไม่ต้องลดกำลังด้านแรงอัด ถ้า h/r ไม่เกิน ๖๐ สำหรับ h/r ที่มีค่าระหว่าง ๖๐ ถึง ๑๐๐ ให้คำนวณออกแบบโดยการวิเคราะห์ตามข้อ ค. หรืออาจใช้แฟคเตอร์ต่อไปนี้

$$R = 1.32 - 0.006 h/r \leq 1.0$$

ถ้า h/r เกิน ๑๐๐ ให้วิเคราะห์ตามข้อ ค.

๒. ในกรณีที่ปลายทั้งสองของเสาไม่เกิดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ทางด้านข้างได้และเสาโก่งแบบโค้งเดียว ให้ใช้แฟคเตอร์ R ดังนี้

$$R = 1.07 - 0.008 h/r \leq 1.0$$

๓. ในการคำนวณออกแบบเสาที่มีปลายถูกยึดตรึงและมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ทางด้านข้าง ให้ใช้แฟคเตอร์ R ดังนี้

$$R = 1.07 - 0.008 h'/r \leq 1.0$$

ถ้าหากการคำนวณออกแบบนั้นถูกควบคุมโดยแรงตามแนวราบ ซึ่งกระทำในช่วงเวลาสั้น เช่น แรงลม แรงแผ่นดินไหว อาจจะเพิ่มแฟคเตอร์ R ได้อีก ร้อยละสิบ ซึ่งมีค่าดังนี้

$$R = 1.18 - 0.009 h/r \leq 1.0$$

สำหรับเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้ใช้รัศมีจเรชัน r มีค่า ๐.๓๐ ของความยาวด้านซึ่งขนานกับทิศทางของแรงดัด และสำหรับเสาหน้าตัดกลมให้ใช้ ๐.๒๕ ของเส้นผ่านศูนย์กลาง สำหรับหน้าตัดรูปอื่นๆ ให้คำนวณค่า r จากหน้าตัดคอนกรีต

โดยที่ h = ความยาวอิสระของเสาที่แท้จริง
 h' = ความยาวประสิทธิภาพของเสา
 r = รัศมีจเรชันของเนื้อที่คอนกรีตทั้งหมดของหน้าตัดเสา

- ข. ในกรณีที่การคำนวณออกแบบหน้าตัดถูกควบคุมโดยแรงดัด ต้องเพิ่มแรงตามแนวแกนและโมเมนต์ตามเกณฑ์ในข้อ ๘.๓.๓ ก. แต่ให้แฟคเตอร์ R แปรผันแบบเส้นตรงกับแรงตามแนวแกน โดยมีค่า R ตามสมการข้างต้นที่สภาพสมมูลจนถึงค่า $R = 1.0$ เมื่อแรงตามแกนเท่ากับศูนย์
- ค. ในกรณีที่ไมตรงตามเกณฑ์กำหนดใดๆ ให้ทำการวิเคราะห์โดยคำนึงถึงผลของระยะโก่งที่เพิ่มขึ้นที่มีต่อโมเมนต์ในเสาด้วย
- ๘.๓.๔ การถ่ายน้ำหนักจากเสาผ่านระบบพื้น ในกรณีที่ค่ากำลังอัดคอนกรีตที่กำหนดไว้ในเสามีกำลังเกินกว่าร้อยละ ๔๐ ของกำลังคอนกรีตระบบพื้น ต้องจัดให้มีการถ่ายน้ำหนักไปยังคอนกรีตที่มีกำลังต่ำกว่าโดยวิธีการใดวิธีหนึ่ง ดังนี้
- ก. ให้ใช้คอนกรีตซึ่งมีกำลังอัดเท่ากับคอนกรีตในเสาในส่วนหนึ่งของพื้นที่ต่อกับเสา โดยมีเนื้อที่ขยายเป็น ๔ เท่าของเนื้อที่โคนเสาโดยหล่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- ข. ในการคำนวณกำลังต้านของเสาช่วงที่ผ่านระบบพื้น ต้องใช้กำลังคอนกรีตที่มีค่าต่ำกว่า และต้องใส่เหล็กเดือยและเหล็กเกลียวตามเกณฑ์กำหนด
- ค. ในการคำนวณกำลังต้านของเสาช่วงที่ผ่านพื้น ซึ่งมีแผ่นพื้นหรือมีคานขนาดเล็กเท่ากันโดยประมาณยึดโคนเสาทั้งสองด้าน ให้ใช้กำลังคอนกรีตร้อยละ ๗๕ ของกำลังคอนกรีตเสาบวกร้อยละ ๓๕ ของกำลังคอนกรีตพื้น

๙. การออกแบบของค้ำอาคารโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน

๙.๑ สัญลักษณ์

A_c	=	เนื้อที่คอนกรีตภายในเสาต่อเหล็กคอนกรีต
A_g	=	เนื้อที่คอนกรีตในเสา คสล. แกนเหล็กในเสาแบบผสม
A_{gs}	=	เนื้อที่ทั้งหมดของเสาเหล็กปลอกเกลียวหรือเสาปลอกเดือย
A_g	=	เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด
A_r	=	เนื้อที่ของแกนเหล็กหรือแกนเหล็กหล่อของเสา คสล. แกนเหล็ก หรือเสาเหล็กหุ้มด้วยคอนกรีต หรือเสาทำด้วยเหล็กหล่อ
A_s	=	เนื้อที่ของเหล็กเสริมรับแรงดึง
A_s	=	เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมแต่ละเส้น
A_{st}	=	เนื้อที่ทั้งหมดของเหล็กเสริมตามยาว
A_v	=	เนื้อที่ทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ทำหน้าที่รับแรงดึงภายในระยะ s ซึ่งวัดในทิศทางขนานกับเหล็กเสริมตามยาว
α	=	มุมเอียงระหว่างเหล็กเสริมรับแรงเฉือนและแกนตามแนวยาวขององค์อาคาร
b	=	ความกว้างของผิวหน้าซึ่งรับแรงอัดขององค์อาคารรับแรงดัด
b'	=	ความกว้างของตัวคานในหน้าตัดรูปตัวไอ หรือ รูปตัวที
b_0	=	เส้นรอบรูปหน้าตัดวิกฤตสำหรับแผ่นพื้นและฐานราก
d	=	ระยะจากผิวนอกสุดด้านรับแรงอัดจนถึงศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงดึง
d'	=	ระยะจากผิวนอกสุดด้านรับแรงอัดจนถึงศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงอัด
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุของเหล็กเส้น
D_s	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม วัดผ่านกึ่งกลางของเหล็กเสริมตามยาวในเสาปลอกเกลียว
e	=	ระยะเยื้องศูนย์กลางของแรงลัพธ์ที่กระทำบนเสา โดยวัดจากแกนศูนย์กลาง
e_b	=	ระยะเยื้องศูนย์กลางสูงสุดของ N_b ที่ยอมให้เกิดขึ้นได้
E_c	=	โมดูลัสความยืดหยุ่นของคอนกรีต
E_s	=	โมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็ก เท่ากับ ๒,๐๔๐,๐๐๐ กก./ซม. ^๒
f_a	=	แรงตามแกนหารด้วยเนื้อที่หน้าตัดขององค์อาคาร, A_g
f_c	=	หน่วยแรงอัดในคอนกรีต
f'_c	=	กำลังอัดของคอนกรีต

f_r	=	หน่วยแรงที่ยอมให้ในแกนเหล็กของเสาคอนกรีตแกนเหล็ก
f_r'	=	หน่วยแรงที่ยอมให้บนเสาเหล็กซึ่งยังไม่ได้หุ้มด้วยคอนกรีต และบนเสาที่ทำด้วยเหล็กหล่อ
f_s	=	หน่วยแรงที่ยอมให้ในเหล็กเสริมตามแนวตั้งของเสา
f_v	=	หน่วยแรงดัดในเหล็กเสริมรับแรงเฉือน
f_y	=	กำลังครากของเหล็กเสริม
F_b	=	หน่วยแรงดัดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ สำหรับแรงดัดเพียงอย่างเดียว
F_{sb}	=	อัตราส่วนระหว่างกำลังแรงดัดของคอนกรีตโดยวิธีคิดให้แยกผ่าซีกกับกรณีสองของกำลังอัดคอนกรีต
h	=	ความยาวของเสาที่แท้จริงระหว่างที่รองรับ
j	=	อัตราส่วนของระยะระหว่างศูนย์ถ่วงของแรงอัดและศูนย์ถ่วงของแรงดัดต่อความลึก d
K_c	=	รัศมีไจเรชั่นของคอนกรีตในเสาซึ่งทำด้วยท่อโลหะ
K_s	=	รัศมีไจเรชั่นของท่อโลหะในเสาซึ่งทำด้วยท่อโลหะ
M	=	โมเมนต์ดัด
M'	=	โมเมนต์ดัดที่ปรับค่าแล้ว
M_t	=	โมเมนต์บิด
m	=	$f_y/0.85f_c'$
n	=	อัตราส่วนของโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กต่อของคอนกรีต
N	=	น้ำหนักตั้งได้ฉากกับหน้าตัด ให้คิดเป็นบวกสำหรับแรงอัด ลบสำหรับแรงดัด และให้คิดผลของแรงดัดอันเนื่องมาจากการหดตัวและการคืบด้วย
N	=	น้ำหนักบรรทุกทุกกระทำเยื้องศูนย์ ซึ่งตั้งได้ฉากกับหน้าตัดของเสา
N	=	น้ำหนักบรรทุกทุกกระทำในแนวตั้งฉากกับหน้าตัด ให้คิดเป็นบวกสำหรับแรงอัด ลบสำหรับแรงดัด และให้คิดผลของแรงดัดอันเนื่องมาจากการหดตัวและการคืบด้วย
N_b	=	ค่าของ N ซึ่งถ้าต่ำกว่านั้น แรงดัดจะเป็นตัวกำหนดระยะเยื้องศูนย์ปลอดภัย และถ้าสูงกว่านั้นแรงอัดจะเป็นตัวกำหนด
ρ	=	อัตราส่วนของเนื้อที่เหล็กเสริมรับแรงดัดต่อเนื้อที่ประสิทธิผลของคอนกรีต ในคานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือในตัวคานขององค์อาคารซึ่งมีปีก
ρ'	=	อัตราส่วนของเนื้อที่เหล็กเสริมรับแรงอัดต่อเนื้อที่ประสิทธิผลของคอนกรีต
ρ_w	=	$A_s/b'd$
ρ_g	=	อัตราส่วนของเนื้อที่เหล็กเสริมตามแนวตั้งต่อเนื้อที่ทั้งหมด, A_g
P	=	น้ำหนักบรรทุกทุกปลอดภัยตามแกนของเสาคอนกรีตแกนเหล็ก เสาเหล็กหุ้มด้วยคอนกรีต หรือเสาที่ทำด้วยท่อเหล็ก โดยไม่คิดส่วนลดสำหรับความยาวหรือระยะเยื้องศูนย์ของเสา

s	=	ระยะเรียงของเหล็กปลูกตั้งหรือเหล็กค่อม้า ในทิศทางขนานกับเหล็กเสริมตามยาว
t	=	ความลึกทั้งหมดของหน้าตัด
t	=	ความลึกทั้งหมดของเสารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเสากลม
u	=	หน่วยแรงยึดหน่วย
v	=	หน่วยแรงเฉือน
v_c	=	หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต
V	=	แรงเฉือนแนวราบ
V'	=	แรงเฉือนที่รับโดยเหล็กเสริมรับแรงเฉือน
w	=	น้ำหนักของคอนกรีต ตัน/ม. ³
z	=	ระยะระหว่างเหล็กตามยาว
Σ_0	=	ผลรวมของเส้นรอบรูปของเหล็กเสริมทั้งหมดที่ประสิทธิผลและมีขนาดเท่ากันตลอดซึ่งผ่านข้ามหน้าตัดบนด้านที่รับแรงดึง ถ้าเหล็กไม่เท่ากันให้แทนค่าด้วย $4A_s/D$ โดยที่ A_s หมายถึงเนื้อที่เหล็กทั้งหมด และ D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นใหญ่ที่สุด สำหรับเหล็กที่มีดรวมเป็นค่าที่ใช้ผลรวมของเส้นรอบรูปส่วนที่มองเห็นทั้งหมด

๙.๒ หน่วยแรงที่ยอมให้

๙.๒.๑ หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต ในเกณฑ์นี้กำหนดให้ใช้กำลังอัดคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาด $\varnothing 15 \times 30$ เซนติเมตร ที่อายุ ๒๘ วันเป็นเกณฑ์ โดยให้หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับกำลังอัดต่างๆ ของคอนกรีตมีค่า ดังนี้

ก. อัตราส่วนโมดูลัส	=	$\frac{2,040,000}{w^{1.5} 4270 \sqrt{f'_c}}$
ข. แรงดัด		
• หน่วยแรงอัดที่ผิว	=	$0.45 \sqrt{f'_c}$
• หน่วยแรงดึงที่ผิวในฐานรากและกำแพงคอนกรีตล้วน	=	$0.42 \sqrt{f'_c}$
ค. แรงเฉือน		
• คานที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน	=	$0.29 \sqrt{f'_c}$
• ตงที่ไม่มีเหล็กรับแรงเฉือน	=	$0.32 \sqrt{f'_c}$
• องค์อาคารเสริมเหล็กปลูกตั้งหรือค่อม้า	=	$1.32 \sqrt{f'_c}$
• แผ่นพื้นและฐานราก	=	$0.53 \sqrt{f'_c}$
ง. แรงแบกทาน		
• รับเต็มเนื้อที่	=	$0.25 \sqrt{f'_c}$
• รับหนึ่งในสามของเนื้อที่หรือน้อยกว่า	=	$0.37 \sqrt{f'_c}$

๙.๒.๒ หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมเหล็กเส้นที่ใช้เสริมคอนกรีตจะรับแรงได้ไม่เกินพิกัดดังนี้

ก. รับแรงดึง

- สำหรับเหล็กเส้นกลม ๑,๒๐๐ กก./ชม.²
- สำหรับเหล็กข้ออ้อยซึ่งมีกำลังคานน้อยกว่า ๔,๐๐๐ กก./ชม.² ให้ใช้ร้อยละ ๕๐ ของกำลังคราก แต่ต้องไม่เกิน ๑,๕๐๐ กก./ชม.²
- สำหรับเหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังครากไม่น้อยกว่า ๔,๐๐๐ กก./ชม.² ให้ใช้ไม่เกิน ๑,๗๐๐ กก./ชม.²
- สำหรับเหล็กเสริมเอกซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๙ มม. หรือเล็กกว่าในแผ่นพื้นทางเดียวช่วงไม่เกิน ๓.๐ เมตร ให้ใช้ร้อยละ ๕๐ ของกำลังครากต่ำสุดแต่ต้องไม่เกิน ๒,๑๐๐ กก./ชม.²

ข. รับแรงอัดในเสา คสล.

- เสาปลอกเกลียว ใช้ร้อยละ ๔๐ ของกำลังคานต่ำสุด แต่ต้องไม่เกิน ๒,๑๐๐ กก./ชม.²
- เสาปลอกเดี่ยว ใช้ร้อยละ ๘๕ ของค่าที่กำหนดสำหรับเสาปลอกเกลียว แต่ต้องไม่เกิน ๑,๗๕๐ กก./ชม.²

๙.๒.๓ การเพิ่มค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ หน่วยแรงที่ยอมให้ในองค์อาคาร ซึ่งเกิดจากแรงลมหรือแรงแผ่นดินไหวผสมกับแรงอื่นๆ สามารถเพิ่มหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตและเหล็กเสริมได้อีกร้อยละ ๓๓ ทั้งนี้หน้าตัดขององค์อาคารต้องไม่เล็กกว่าหน้าตัดที่จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่และน้ำหนักบรรทุกทุกจรได้

๙.๓ การคำนวณแรงดัดในการคำนวณออกแบบโครงสร้างอาคาร คสล. ให้ใช้สมมติฐาน ดังนี้

- ระยะเวลาของหน้าตัดก่อนการดัดยังคงเป็นระยะหลังการดัด โดยความเครียดที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะจากแกนสะเทิน
- ขณะที่น้ำหนักบรรทุกทุกใช้งานและหน่วยแรงที่เกิดขึ้นไม่เกินหน่วยแรงใช้งานที่ยอมให้ ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของคอนกรีตให้ถือว่าเป็นเส้นตรง กล่าวคือ หน่วยแรงแปรผันโดยตรงกับระยะจากแกนสะเทิน ยกเว้นในกรณีที่เป็นคานลึก
- ให้เสริมเหล็กรับแรงดึงทั้งหมดที่เกิดจากการดัด
- ในการคำนวณออกแบบ ให้แทนที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงดึงด้วยหน้าตัดคอนกรีต ซึ่งมีเนื้อที่เท่ากับหน้าตัดของเหล็กเสริมนั้น

๙.๔ แรงเฉือนและแรงดิ่งทแยง

๙.๔.๑ หน่วยแรงเฉือน

- ก. หน่วยแรงเฉือนระบุ ซึ่งใช้เป็นมาตรการในการวัดแรงดิ่งทแยงในองค์อาคาร คอนกรีตเสริมเหล็กให้คำนวณหา ดังนี้

$$v = \frac{V}{bd}$$

ในการคำนวณออกแบบให้ถือว่าแรงเฉือนสูงสุดเกิดที่ระยะเท่ากับความลึกประสิทธิภาพจากขอบที่รองรับ (ยกเว้นคานหูกางและคานยื่นช่วงสั้นๆ) ทั้งนี้ให้คิดเพิ่มผลอันเกิดจากแรงบิดและผลอันเกิดจากแรงอัดตามแนวเอียงซึ่งเกิดจากแรงดัดขององค์อาคารที่มีความลึกไม่สม่ำเสมอเข้าไว้ด้วย

- ข. สำหรับคานรูปตัวไอหรือตัวที ให้ใช้ b' แทน b ในสูตรข้างต้น
- ค. หน่วยแรงเฉือน v_c ที่ยอมให้ในคานคอนกรีตซึ่งไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนต้องไม่เกิน $0.29\sqrt{f'_c}$ ที่ระยะเท่ากับความลึกประสิทธิภาพจากขอบของที่รองรับ นอกจากนี้จะคำนวณให้ละเอียดยิ่งขึ้นตามข้อ ง. หน่วยแรงเฉือนที่หน้าตัดต่างๆ ซึ่งอยู่ระหว่างผิวหน้าของขอบที่รองรับกับที่ห่างออกมาเป็นระยะเท่ากับความลึกประสิทธิภาพ ไม่ถือว่าวิกฤต
- ง. หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ในคานคอนกรีตซึ่งไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนต้องไม่เกินที่กำหนดไว้ต่อไปนี้

$$v_c = 0.265\sqrt{f'_c} + 91.4 \frac{\rho_w V_d}{M}$$

แต่ต้องไม่เกิน หน่วยแรงเฉือนที่หน้าตัดต่างๆ ซึ่งอยู่ระหว่างผิวหน้าของขอบที่รองรับกับที่ห่างออกมาเป็นระยะเท่ากับความลึกประสิทธิภาพไม่ถือว่าวิกฤต ค่าแรงเฉือนและแรงดัดเป็นแรงเฉือนและแรงดัดที่หน้าตัดนั้น

๙.๔.๒ เหล็กเสริมรับแรงเฉือน

- ก. หน่วยแรงเฉือน v ที่หน้าตัดใดซึ่งคำนวณได้จากสมการ $v = \frac{V}{bd}$ บวกกับผลที่เกิดจากแรงบิดแล้วเกินค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ V_c ในตัวคานคอนกรีตซึ่งไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ต้องเสริมเหล็กรับแรงเฉือนเพื่อให้รับหน่วยแรงเฉือนส่วนที่เกินนั้น เหล็กเสริมนี้ต้องเสริมให้เลยจุดที่ต้องการในทางทฤษฎีออกไปอีกเป็นระยะเท่ากับความลึกประสิทธิภาพขององค์อาคาร หน้าตัดซึ่งอยู่ระหว่างผิวหน้าของขอบที่รองรับกับที่ห่างออกมาเป็นระยะประสิทธิภาพ ให้ใช้เท่ากับเหล็กเสริมที่ต้องการตรงหน้าตัดที่ระยะประสิทธิภาพนั้น
- ข. เหล็กเสริมรับแรงเฉือนประกอบด้วย
- ค. เหล็กลูกตั้งหรือเหล็กอื่นๆ ที่ใช้เป็นเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ต้องยึดปลายทั้งสองข้างตามที่กำหนดในข้อ ๗.๖.๒

๙.๔.๓ เหล็กลูกตั้ง เนื้อที่หน้าตัดเหล็กลูกตั้งที่วางตั้งได้ฉากกับเหล็กเสริมตามยาว ให้คำนวณจาก

$$A_v = \frac{V_s'}{f_v d}$$

๙.๔.๔ เหล็กค่อม้า

- ก. เฉพาะระยะ ๓ ใน ๔ ของส่วนเอียงที่อยู่กึ่งกลางช่วงของเหล็กค่อม้าเท่านั้น ที่ถือว่า มีประสิทธิภาพในการรับแรงเฉือน
- ข. สำหรับเหล็กค่อม้าซึ่งประกอบด้วยเหล็กเส้นเดียวหรือหลายเส้นที่ต่างกิ่งขนานกัน โดยมีระยะห่างจากที่รองรับเท่ากัน ให้คำนวณเนื้อที่ ดังนี้

$$A_v = \frac{V'}{f_v \sin \alpha}$$

ทั้งนี้ V' ต้องไม่เกิน $0.398 b d \sqrt{f'_c}$

- ค. สำหรับชุดของเหล็กค่อม้าซึ่งประกอบไปด้วยเหล็กเส้นหลายเส้นหรือหลายกลุ่มที่ ขนานกันและมีระยะเรียงเท่ากัน โดยอิงขึ้นที่ระยะห่างจากที่รองรับต่างๆ กัน ให้ คำนวณหาเนื้อที่ ดังนี้

$$A_v = \frac{V' \cdot s}{f_v \cdot d (\sin \alpha + \cos \alpha)}$$

๙.๔.๕ เกณฑ์บังคับสำหรับหน่วยแรง

- ก. หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนดในข้อ ๙.๒.๒
- ข. หน่วยแรงเฉือนต้องไม่เกิน $1.32 \sqrt{f'_c}$ สำหรับหน้าตัดที่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

๙.๔.๖ เกณฑ์บังคับสำหรับเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

- ก. ในตำแหน่งที่ต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน ต้องจัดระยะเรียงของเหล็กเสริมให้ห่าง ไม่เกินครึ่งหนึ่งของความลึกประสิทธิภาพ และหากหน่วยแรงเฉือนเกินกว่า $0.795 \sqrt{f'_c}$ ระยะเรียงต้องไม่เกิน ๑ ใน ๔ ของความลึกประสิทธิภาพ
- ข. ในตำแหน่งที่ต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ต้องไม่น้อยกว่า ๐.๐๐๑๕ ของความกว้างคานคูณกับระยะเรียงของเหล็กเสริมรับ แรงเฉือนวัดตามแนวแกนความยาวขององค์อาคาร

๙.๔.๗ หน่วยแรงเฉือนในแผ่นพื้นและฐานราก

- ก. ความสามารถในการรับแรงเฉือนในแผ่นพื้นและฐานราก ในบริเวณที่มีน้ำหนัก บรรทุกหรือแรงต้านกระทำเป็นจุด ให้ใช้สภาวะการณ์ที่รุนแรงกว่าในสองข้อ ดังนี้
 - แผ่นพื้นและฐานรากที่ทำหน้าที่เสมือนคานกว้าง โดยมีโอกาสเกิดแนวร้าวทแยง ในระนาบตลอดความกว้าง ในกรณีนี้ให้คิดตามที่ให้ไว้ในข้อ ๙.๔.๑
 - แผ่นพื้นและฐานรากเป็นแบบทำงานสองทาง โดยมีโอกาสเกิดแนวร้าวทแยงไป ตามผิวของรูปกรวยกลมยอดตัด หรือ กรวยเหลี่ยมยอดตัด โดยรอบน้ำหนัก หรือแรงต้านที่กระทำเป็นจุดนั้น แผ่นพื้นและฐานรากดังกล่าวให้คำนวณ ออกแบบตามวิธีในข้อ ข. ค. และ ง. ที่แสดงต่อไปนี้

- ข. หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือน ที่ใช้เป็นมาตรการในการวัดแรงดึงทแยง คือหน้าตัดที่ตั้งฉากกับระนาบของแผ่นพื้น โดยห่างจากขอบโดยรอบของบริเวณที่มีน้ำหนักหรือแรงกระทำเป็นจุดออกไปเป็นระยะครึ่งหนึ่งของความลึกประสิทธิภาพ
- ค. หน่วยแรงเฉือนระบุ ให้คำนวณโดยใช้สูตร

$$v = \frac{V}{b_0 d}$$

ซึ่งทั้ง V และ b_0 ให้คิดที่หน้าตัดวิกฤติดังที่ระบุไว้ในข้อ ข. หน่วยแรงเฉือนที่คำนวณมาได้ต้องไม่เกิน $0.53\sqrt{f'_c}$ นอกจากจะเสริมเหล็กรับแรงเฉือนตามข้อ ง. ซึ่งกรณีนี้แรงเฉือนต้องไม่เกิน $0.795\sqrt{f'_c}$

- ง. ในกรณีหน่วยแรงเฉือนมีค่าสูงกว่า $0.53\sqrt{f'_c}$ ต้องเสริมเหล็กรับแรงเฉือนตามที่กำหนดไว้ในข้อ ๙.๔.๑ และ ๙.๔.๓ แต่ทั้งนี้หน่วยแรงที่ยอมให้ในเหล็กเสริมดังกล่าว ให้คิดเพียงครึ่งหนึ่งของที่ระบุไว้ในข้อ ๙.๔.๓ สำหรับแผ่นพื้นและฐานรากที่มีความหนาน้อยกว่า ๒๕ ซม. การเสริมเหล็กรับแรงเฉือนไม่ถือว่ารับแรงเฉือนได้

๙.๕ แรงบิด

๙.๕.๑ ข้อกำหนดสำหรับหน่วยแรงบิด

- ก. ในกรณีที่หน่วยแรงบิดที่คำนวณได้จากหน่วยแรงเฉือนมีค่าเกิน $1.32\sqrt{f'_c}$ ต้องเพิ่มขนาดของหน้าตัดของค้ำอาคารนั้น จนกระทั่งหน่วยแรงเฉือนไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด
- ข. เมื่อองค์อาคารรับแรงเฉือนและแรงบิดพร้อมกัน ให้รวมหน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากแรงทั้งสองเข้าด้วยกัน และเพิ่มค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามข้อ ๙.๒.๓ ขึ้นอีกร้อยละ ๒๕

๙.๕.๒ การเสริมเหล็กรับแรงบิด

- ก. ในตำแหน่งหน้าตัดขององค์อาคารที่เกิดหน่วยแรงบิดโดยลำพัง หรือหน่วยแรงเฉือนรวมตามข้อ ๙.๕.๑ ข. มีค่าเกินหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีตขององค์อาคารที่ไม่เสริมเหล็กรับรับแรงเฉือนตามข้อ ๙.๔.๑ ค. ต้องเสริมเหล็กให้รับแรงเฉือนส่วนที่เกินนั้น
- ข. สำหรับองค์อาคารที่มีหน้าตัดรูปวงกลม สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่า เหล็กเสริมรับแรงบิดอาจประกอบด้วย
- เหล็กเสริมตามยาวและเหล็กลูกตั้งซึ่งพันครบรอบ
 - เหล็กเสริมตามยาวและเหล็กปลอกเกลียวซึ่งพันทำมุม ๔๕ องศา กับแนวเหล็กเสริมตามยาว ในทิศทางที่จะเกิดแรงดึงในเหล็กเสริมนั้นเมื่อเกิดแรงบิด
- ค. หน้าตัดเหล็กลูกตั้งหนึ่งขา ซึ่งรับเฉพาะแรงบิดเท่านั้น คำนวณได้ดังนี้

$$A_v = \frac{M_{ts}}{2A_c f_v}$$

หน้าตัดเหล็กบล็อกเกลียว ซึ่งรับเฉพาะแรงบิดเท่านั้น คำนวณได้ดังนี้

$$A_v = \frac{M_t s}{2\sqrt{A_c f_v}}$$

- ง. เหล็กเสริมตามยาวต้องเสริมให้รับแรงบิด โดยจัดไว้ทุกมุมของหน้าตัดเหล็ยมหรือห่างเท่าๆ กันในหน้าตัดวงกลม เหล็กเสริมตามยาวนี้เป็นเหล็กที่ต้องเสริมพิเศษ นอกเหนือจากเหล็กเสริมรับแรงดัด หน้าเหล็กเสริมตามยาวคำนวณได้ดังนี้

$$A_v = \frac{M_t z}{2A_c f_v}$$

สำหรับ s และ z ถ้ามีระยะไม่เท่ากันตลอดให้ใช้ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต

- จ. การเสริมเหล็กรับแรงบิดทุกชนิด ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ ๕.๒ ทุกประการ
- ๕.๖ แรงยึดหยุ่นและการยึด
- ๕.๖.๑ การคำนวณหาค่าหน่วยแรงยึดหยุ่นในองศาอาคาร
- ก. ในองศาอาคารรับแรงดัด ซึ่งมีเหล็กเสริมรับแรงดัดขนานกับผิวที่รับแรงอัด หน่วยแรงยึดหยุ่นอันเกิดจกแรงดัดที่หน้าตัดใดๆ ให้หาจาก

$$u = \frac{V}{\Sigma o j d}$$

ทั้งนี้ อาจนับรวมเหล็กคอกม้าที่วางห่างจากระดับของเหล็กเสริมหลักตามแนวยาวไม่เกิน ๑ ใน ๓ ของความลึกประสิทธิภาพเข้าไว้ด้วย หน้าตัดวิกฤตินั้นเกิดที่ขอบของที่รองรับหรือที่จุดซึ่งเหล็กรับแรงดัดสิ้นสุดในช่วงนั้นๆ และ/หรือที่จุดดัดกลับ

- ข. เพื่อป้องกันการรูดของเหล็กเสริมหรือการแตกปริเนื่องจากการยึดหยุ่น เหล็กเสริมที่หน้าตัดใดๆ ต้องมีความยาวระยะฝัง การยึดปลาย หรือ มีของอสำหรับเหล็กเสริมรับแรงดัดที่เพียงพอทั้งสองข้างของหน้าตัด เพื่อรับแรงดัดหรือแรงอัดที่คำนวณได้ในเหล็กเสริมนั้นๆ หน่วยแรงยึดหยุ่นที่เกิดจากการยึดคำนวณจากแรงในเหล็กเสริมหารด้วยผลคูณของ Σo กับความยาวระยะฝัง
- ค. หน่วยแรงยึดหยุ่นที่คำนวณได้ต้องไม่เกินค่ากำหนดให้ไว้ต่อไปนี้ ในกรณีหน่วยแรงยึดหยุ่นที่เกิดจากการดัดในเหล็กเสริมรับแรงอัดหรือในเหล็กเสริมรับแรงดัดซึ่งหน่วยแรงยึดหยุ่นที่เกิดจากการยึดปลาย มีค่าน้อยกว่าร้อยละ ๘๐ ของค่าที่ยอมให้ไม่ต้องนำมาพิจารณา

- สำหรับเหล็กรับแรงดัดประเภทข้ออ้อยตามมาตรฐาน มอก.

$$\text{เหล็กบน } \frac{2.29\sqrt{f'_c}}{D} \text{ หรือไม่เกิน } ๒๕ \text{ กก./ซม.}^๒$$

เหล็กอื่นนอกเหนือจากเหล็กบน $\frac{3.23\sqrt{f'_c}}{D}$ หรือไม่เกิน ๓๕ กก./ซม.²

- สำหรับเหล็กข้ออ้อยรับแรงอัด $1.72\sqrt{f'_c}$ หรือไม่เกิน ๒๘ กก./ซม.²
- สำหรับเหล็กเส้นกลม หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ใช้เท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าที่ให้ไว้สำหรับเหล็กข้ออ้อย แต่ต้องไม่เกิน ๑๑ กก./ซม.²

ง. ในองค์อาคารที่รับแรงแรงดัดที่ไม่สามารถใช้สูตรหาแรงยึดหน่วงตามข้อ ก. ได้ เช่น ฐานราก แป้นหูช้าง หรือคาน ซึ่งเหล็กเสริมรับแรงดัดไม่ขนานกับผิวแรงอัด ต้องออกแบบเหล็กเสริมรับแรงดัดให้มีการยึดปลายอย่างเพียงพอ

๙.๗ เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

๙.๗.๑ เสาเหล็กปลอกเกลียว เสาที่มีปลอกเกลียวพันถี่ๆ รอบแกนกลมของเสาเหล็กเสริมในแนวตั้ง ให้คำนวณหากำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลดภัยตามแนวก้น ดังนี้

$$P = A_g (0.25f'_c + f_s \rho_w)$$

๙.๗.๒ เสาปลอกเดี่ยว เสาซึ่งเสริมด้วยเหล็กในแนวตั้งและเหล็กปลอก ให้ใช้กำลังรับน้ำหนักบรรทุกทุกปลดภัยสูงสุดตามแกนของเสาเท่ากับร้อยละ ๘๕ ของสมการของเสาเหล็กปลอกเกลียว

๙.๗.๓ เสา คสล. แกนเหล็ก

ก. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กในแนวตั้งและเหล็กปลอกเกลียว มีแกนเป็นเหล็กรูปพรรณหรือเหล็กหล่อ รับน้ำหนักบรรทุกทุกปลดภัยได้ไม่เกิน

$$P = 0.225 f'_c A_g + f_s A_{st} + f_r A_r$$

ทุกๆ จุดตลอดเสาทั้งต้นต้องมีคุณสมบัติตรงกันทั้งต้น และต้องออกแบบส่วนที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ให้สามารถรับน้ำหนักทั้งหมดที่บรรทุกอยู่ระหว่างแป้นหูช้างของแกนเหล็ก โดยไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงเกิน $0.35f'_c$ เมื่อเปรียบเทียบกับ A_g

ข. แกนเหล็กและเหล็กเสริม เนื้อที่หน้าตัดของแกนเหล็กต้องไม่เกินร้อยละ ๒๐ ของเนื้อที่หน้าตัดเสา ถ้าใช้แกนเหล็กกลางต้องเทคอนกรีตภายในให้เต็ม ปริมาณของเหล็กยื่นและข้อกำหนดเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างเหล็กเสริม รายละเอียดในการต่อเหล็ก และความหนาของเปลือกคอนกรีตที่หุ้มภายนอกของเหล็กปลอกเกลียว ต้องเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้สำหรับเสาปลอกเกลียวซึ่งมีขนาดเดียวกันกับเสา คสล. แกนเหล็กนี้ อัตราส่วนจำนวนเหล็กปลอกเกลียวให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ทุกๆ จุดตลอดเสาต้องมีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกเกลียวและแกนเหล็กอย่างน้อย ๗.๕ ซม. ในกรณีที่แกนเสาเป็นเหล็กรูปตัว H ระยะห่างตรงที่แคบที่สุดต้องไม่น้อยกว่า ๕.๐ ซม.

การถ่ายน้ำนักบรรทุกไปยังแกนเหล็ก ให้ใช้องค์อาคารรับแรงแบกทาน เช่น แป้นหูช้างหรือการต่อยึดแบบอื่นๆ ซึ่งต้องทำไว้ ณ ส่วนบนสุดของแกนโลหะ และที่ ส่วนกลางของแผ่นพื้นแกนเหล็กต้องคำนวณแกนเหล็กให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุก ต่างๆ ในขณะที่ก่อสร้างและน้ำหนักบรรทุกอื่นๆ ได้โดยปลอดภัยก่อนที่จะหล่อ คอนกรีต

๙.๗.๔ เสาคเหล็กหุ้มด้วยคอนกรีต

- ก. เสาคเหล็กโครงสร้างรูปพรรณที่ฝังในคอนกรีตที่มีระยะหุ้มของคอนกรีตไม่ต่ำกว่า ๖ ซม. จากผิวเหล็ก (ยกเว้นหัวหมุดยั่ว) ให้คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยดังนี้

$$P = A_r f_r' \left(1 + \frac{A_g}{100 A_r} \right)$$

- ข. คอนกรีตที่ใช้ต้องมีกำลังอัดไม่ต่ำกว่า ๒๑๐ กก./ซม.^๒ ที่อายุ ๒๘ วัน และต้องมีการ เสริมด้วยลวดตาข่ายเบอร์ 10 A S & W Gage หรืออย่างอื่นที่เทียบเท่าพันรอบเสา โดยมีลวดเหล็กตามแนวนอนที่พันรอบเสาห่างกันไม่เกิน ๑๐ ซม. ส่วนลวดเหล็กที่ ขนานกับแกนของเสา ต้องห่างกันไม่เกิน ๒๐ ซม. ลวดตาข่ายนี้ให้พันรอบเสาห่าง จากผิวหน้าคอนกรีตเข้ามาไม่น้อยกว่า ๒.๕ ซม. และให้พันเหลื่อมกันไม่น้อยกว่า ๔๐ เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็ก ตรงรอยต่อให้ผูกยึดกันให้แน่น ที่ ระดับพื้นแต่ละชั้นให้เสริมแป้นหูช้างเป็นพิเศษ สำหรับน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดต้อง คำนวณออกแบบเสาคเหล็กนี้ให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกต่างๆ ในขณะที่ก่อสร้าง หรือน้ำหนักบรรทุกอื่นๆ ได้โดยปลอดภัยก่อนที่จะเทคอนกรีตหุ้ม

๙.๗.๕ เสาค่อเหล็กคอนกรีต เสาคซึ่งประกอบด้วยค่อเหล็กที่กรอกคอนกรีตเต็มภายใน ให้ คำนวณหาน้ำหนักบรรทุกปลอดภัย ดังนี้

$$P = 0.25 f_c' \left(1 - 0.000025 \frac{h^2}{l_c^2} \right) A_c + f_r' A_r$$

๙.๗.๖ เสารับน้ำหนักบรรทุกตามแกนและแรงดัดพร้อมกัน

- ก. ในการคำนวณกำลังของเสาที่มีน้ำหนักบรรทุกกดตามแนวแกน N และมีระยะเยื้อง ศูนย์ e ตามทิศทางแกนหลักและรอง ให้คำนวณแรงอัดเป็นหลัก ถ้า e น้อยกว่าค่า ในสมการ และให้คำนวณแรงดึงเป็นหลักถ้า e มากกว่าค่าในสมการ ดังนี้
สำหรับเสาปลอกเกลียวที่มีหน้าตัดสมมาตร

$$e_b = 0.43 p_g m D_s + 0.14 t$$

สำหรับเสาปลอกเดี่ยวที่มีหน้าตัดสมมาตร

$$e_b = (0.67 p_g m D_s + 0.17) d$$

สำหรับเสาปลอกเกลียวที่มีหน้าตัดไม่สมมาตร

$$e_b = \frac{\rho' m(d-d') + 0.1d}{(\rho' - \rho)m + 0.6}$$

- ข. เสาที่คำนวณแรงอัดเป็นหลัก ต้องจัดสัดส่วนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้ ทั้งนี้ น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย N ต้องไม่เกินน้ำหนักบรรทุกกดที่ยอมให้ P เมื่อเสานั้นรับน้ำหนักบรรทุกตามแกนเพียงอย่างเดียว

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_b} + \frac{f_{by}}{F_b} \leq 1.0$$

โดยที่ f_{bx} และ f_{by} คือหน่วยแรงที่เกิดจากโมเมนต์ดัดรอบแกนหลัก x และ y ทหารด้วยโมดูลัสหน้าตัดของหน้าตัดแปลงที่ไม่แตกร้าวรอบแกนนั้น โดยใช้อัตราส่วนโมดูลัสสำหรับเหล็กเสริมทั้งหมดตามแนวแกนเสาเท่ากับ $2n$ และ

$$F_a = 0.34 (1 + \rho_g m) f_c'$$

- ค. ในเสาที่คำนวณแรงดึงเป็นหลักให้ถือว่า โมเมนต์ดัดปลอดภัยแปรผันเป็นเส้นตรงกับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนจาก M_0 ถึง M_0 โดย M_0 เป็นโมเมนต์ดัดที่หน้าตัดสามารถรับได้เมื่อรับแรงดัดเพียงอย่างเดียว และ M_b เป็นผลคูณของแรง N_b กับระยะเยื้องศูนย์ e_b สำหรับ M_b และ N_b ให้หาจาก e_b และสมการจัดสัดส่วนสำหรับ M_0 ให้คำนวณหาจากสมการดังต่อไปนี้
- สำหรับเสาปลอกเกลียว

$$M_0 = 0.12 A_{st} f_y D_s$$

สำหรับเสาปลอกเดี่ยวที่มีหน้าตัดสมมาตร

$$M_0 = 0.40 A_s f_y (d - d')$$

สำหรับเสาปลอกเดี่ยวหน้าตัดไม่สมมาตร

$$M_0 = 0.40 A_s f_y jd$$

สำหรับเสารับแรงดัดทั้งสองแกน

$$\frac{M_x}{M_{0x}} + \frac{M_y}{M_{0y}} \leq 1.0$$

โดยที่ M_x และ M_y คือโมเมนต์ดัดรอบแกนหลัก x และ y ส่วน M_{0x} และ M_{0y} เป็นค่า M_0 รอบแกน x และ y ตามลำดับ