

มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงงานโครงสร้างของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้าน โรงเรียน คลังสินค้า กำแพงกันดิน และอาคารชลประทาน นอกจากแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานจะระบุเป็นอย่างอื่น
- 1.2 งานคอนกรีตในมาตรฐานนี้จำกัดเฉพาะคอนกรีตมาตรฐานทั่วไปทั้งประเภทเสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็ก สำหรับคอนกรีตคุณสมบัติพิเศษอื่นๆ เช่น คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตไหลเข้าแบบง่าย คอนกรีตกำลังสูง หรือคอนกรีตที่ไม่สามารถใช้วิธีการออกแบบส่วนผสมโดยวิธีธรรมดา มาตรฐานนี้อาจไม่ครอบคลุมคุณสมบัติของคอนกรีตดังกล่าวได้ทั้งหมด
- 1.3 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารคอนกรีต อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความประหยัด มีความมั่นคงแข็งแรงและความคงทน
- 1.4 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

“คอนกรีต” หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ซีเมนต์หรือซีเมนต์ผสมวัสดุพอชโซลาน เป็นต้น มวลรวมละเอียด เช่น ทราย เป็นต้น มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด เป็นต้น และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารผสมเพิ่ม

“คอนกรีตเสริมเหล็ก” หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมฝังภายใน โดยที่คอนกรีตและเหล็กเสริมทำงานร่วมกันในการต้านทานแรงต่างๆ ที่เกิดขึ้น

“คอนกรีตอัดแรง” หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมอัดแรงฝังภายในที่ทำให้เกิดหน่วยแรงโดยมีขนาดและการกระจายของหน่วยแรงตามต้องการเพื่อที่จะหักล้างหรือลดหน่วยแรงอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุก

“มวลรวม” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตตั้งแต่ 0.075 มิลลิเมตร ขึ้นไป

“มวลรวมหยาบ” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตกว่า 4.75 มิลลิเมตร ขึ้นไป

“มวลรวมละเอียด” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตตั้งแต่ 0.075 ถึง 4.75 มิลลิเมตร

“มวลรวมแปรใช้ใหม่” หมายถึง มวลรวมซึ่งเป็นผลมาจากการบดคอนกรีตเพื่อนำเอามวลรวมในคอนกรีตนั้นกลับมาใช้ใหม่

“ซีเมนต์พอร์ตแลนด์” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ได้จากการบดปูนเม็ดกับแคลเซียมซัลเฟตรูปใดรูปหนึ่งหรือหลายรูป และมีคุณลักษณะเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1

“ซีเมนต์พอร์ตแลนด์พอซโซลาน” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมอย่างสม่ำเสมอระหว่างซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับพอซโซลานละเอียด โดยการบดปูนเม็ดของซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับพอซโซลาน หรือการผสมซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับพอซโซลานที่บดละเอียด หรือทั้งการบดและการผสม

“ซีเมนต์ผสม” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเติมวัสดุเฉื่อย เช่น ทราย หรือหินปูน และอื่นๆ ลงไปบดพร้อมกันกับการบดปูนเม็ดของซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง และมีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 80

“ระยะหุ้ม” หมายถึง ระยะสั้นที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมกับผิวของคอนกรีต

“แร่ผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures)” หมายถึง แร่ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีตเพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน เช่น เพิ่มกำลัง เพิ่มความทนทาน หรือทดแทนปริมาณซีเมนต์ได้บางส่วน เป็นต้น

“สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures)” หมายถึง สารเคมีที่ใช้ผสมในคอนกรีต ไม่ว่าจะผสมในน้ำผสมคอนกรีตก่อนการผสมคอนกรีต หรือผสมในขณะที่ผสมคอนกรีต หรือผสมก่อนการเทคอนกรีต เพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงาน เพิ่มกำลัง หน่วงหรือเร่งการแข็งตัว เป็นต้น

“สารผสมเพิ่ม (Admixtures)” หมายถึง สารใดๆ นอกเหนือไปจากซีเมนต์ น้ำและมวลรวม อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตไม่ว่าก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ

“กำลังอัดประลัยของคอนกรีต” หมายถึง กำลังอัดสูงสุดตามแกนยาวที่แท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร สามารถรับได้ หากไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่นกำลังอัดดังกล่าวในมาตรฐานนี้ ให้ใช้กำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

“เหล็กเสริม” หมายความว่า เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

3. มาตรฐานอ้างอิง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

3.1.1 กฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ.1103: มาตรฐานเหล็กเสริมคอนกรีต

3.1.3 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ.1201: มาตรฐานการทดสอบหาขนาดผลของมวลรวม

3.1.4 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ.1202: มาตรฐานการทดสอบหาความต้านทานต่อการสึกกร่อนของมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่องทดสอบลอสแอนเจลิส

3.1.5 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ.1203: มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปนใน

- 3.1.6** มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1204: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ความถ่วงจำเพาะ) และค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบ
- 3.1.7** มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1205: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ความถ่วงจำเพาะ) และค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียด
- 3.1.8** มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1206: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของมวลรวม
- 3.1.9** มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1207: มาตรฐานการทดสอบหาดินเหนียวและวัสดุร่วนในมวลรวม
- 3.1.10** มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1208: มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างานและการเก็บรักษา
- 3.1.11** มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1209: มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต
- 3.1.12** มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1210: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต
- 3.1.13** มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต
- 3.1.14** มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ (มาตรฐานบังคับ)
- 3.1.15** มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 80: ปูนซีเมนต์ผสม
- 3.1.16** มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213: คอนกรีตผสมเสร็จ
- 3.1.17** มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 733: สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต
- 3.1.18** มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 849: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอชโซลาน
- 3.1.19** มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 850: ปอชโซลาน
- 3.1.20** ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีตของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท. 1014)
- 3.1.21** มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท. 1008)
- 3.1.22** มาตรฐาน American Society of Testing Materials ASTM E 119 : Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials
- 3.1.23** มาตรฐาน American Society of Testing Materials ASTM 1218/C 1218M : Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete
- 3.2** ยกเว้นกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2540)ฯ ตามข้อ 3.1.1 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.7 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้ นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับ

การรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร หรือจัดทำโดยส่วนราชการ หรือจัดทำโดยสมาคมวิชาชีพที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคาร

- 3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามข้อกำหนดในมาตรฐานนี้จะต้องไม่ขัดกับกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2540)ฯ ตามข้อ 3.1.1 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.14 ซึ่งเป็นข้อกำหนดหลัก

4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

- 4.1 ซีเมนต์ ซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้าง แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

4.1.1 ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ คุณสมบัติของซีเมนต์พอร์ตแลนด์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1: ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ ซึ่งแบ่งเป็น 5 ประเภท ดังนี้

4.1.1.1 ประเภท 1 (Type I) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างทั่วไป

4.1.1.2 ประเภท 2 (Type II) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ที่ให้ความร้อนปานกลางขณะทำปฏิกิริยากับน้ำหรือเมื่อต้องการความทนซัลเฟตปานกลาง

4.1.1.3 ประเภท 3 (Type III) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ที่ให้ค่ากำลังอัดสูงได้เร็ว สำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องการให้น้ำหนักเร็ว หรืองานต้องการถอดแบบเร็วในช่วงแรก

4.1.1.4 ประเภท 4 (Type IV) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ที่ให้ความร้อนต่ำขณะทำปฏิกิริยากับน้ำ สำหรับใช้ในงานเทคอนกรีตเป็นปริมาณมาก เช่น งานคอนกรีตหยาบ (Mass Concrete)

4.1.1.5 ประเภท 5 (Type V) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ที่ใช้เมื่อต้องการความทนซัลเฟตสูง เช่น งานคอนกรีตสัมผัสน้ำใต้ดินหรือน้ำเสียที่มีปริมาณซัลเฟตสูง

ซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั้งหมด ถ้าแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้กำหนดว่าเป็นซีเมนต์ประเภทใด ให้ถือว่าเป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภท 1

4.1.2 ซีเมนต์ผสม ใช้สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างขนาดเล็ก โครงสร้างชั่วคราว หรือโครงสร้างที่รับน้ำหนักไม่มาก ที่กำหนดให้รับกำลังอัดประลัยของคอนกรีตไม่เกิน 10.2 เมกะปาสกาล(100 กก./ตร.ซม.) หรือใช้สำหรับผสมทำปูนก่อและปูนฉาบ คุณสมบัติของซีเมนต์ผสมให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 80: มาตรฐานปูนซีเมนต์ผสม

4.1.3 ซีเมนต์พอร์ตแลนด์พอซโซลาน ใช้สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ เช่น ต้องการความทนซัลเฟต คุณสมบัติและปริมาณของพอซโซลานเป็นให้ไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 849: มาตรฐานปูนซีเมนต์พอซโซลาน

4.2 มวลรวมละเอียด

4.2.1 มวลรวมละเอียดที่ใช้ ควรเป็นทรายน้ำจืดหรือทรายบกที่มีเม็ดหยาบ คม แข็งแรง มีความคงตัวเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในส่วนผสมคอนกรีต สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นหรือสารอื่นเจือปนในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม

4.2.2 ในกรณีที่ไม่สามารถหาแหล่งทรายน้ำจืด หรือทรายบก สามารถใช้ทรายทะเลผสมคอนกรีตได้ ต้องทดสอบไม่ให้ปริมาณคลอไรด์ไอออนเกินกว่าร้อยละ 0.02 ของน้ำหนักทรายแห้ง หรือเกินกว่าร้อยละ 0.03 ในรูปของโซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณคลอไรด์ไอออนรวมในคอนกรีตจะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 8: ชนิดของงานก่อสร้างและปริมาณคลอไรด์ไอออนที่ยอมให้

4.2.3 ทรายที่ใช้ในการก่อสร้างควรมีค่ามอดุลัสความละเอียด (Fineness Modulus) ตั้งแต่ 2.15 ถึง 3.45 แต่หากไม่อยู่ในช่วงดังกล่าว จะต้องทำการทดลองส่วนผสมเพื่อยืนยันความสามารถในการเทได้และกำลังของคอนกรีต

4.2.4 ทรายที่ใช้ต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตาม มยพ.1201 ถึง มยพ.1209

4.3 มวลรวมหยาบ

4.3.1 มวลรวมหยาบที่ใช้ต้องเป็นหินหรือกรวดที่แข็งแรง ทนทาน ไม่ผุ มีความคงตัวเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในซีเมนต์ สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นและสารอื่นเจือปนในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม

4.3.2 มวลรวมจะต้องมีส่วนละเอียดและรูปร่างที่เหมาะสม

4.3.3 ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้ต้องเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของงานก่อสร้างและขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ

(ข้อ 4.3.3)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ชนิดของงานก่อสร้าง	ขนาดใหญ่สุด
1) ฐานราก เสา และคาน	40
2) ผนังที่มีความหนาตั้งแต่ 125 มม. ขึ้นไป	40
3) ผนังที่มีความหนาน้อยกว่า 125 มม.	25
4) แผ่นพื้นและคาน	25

แต่ทั้งนี้จะต้องไม่ใหญ่เกินกว่าร้อยละ 20 ของด้านในที่แคบที่สุดของแบบหล่อ และต้องไม่ใหญ่กว่าร้อยละ 75 ของระยะช่องว่าง (Clear Spacing) ระหว่างเหล็กเสริมแต่ละเส้นหรือแต่ละมัด

4.3.4 มวลรวมหยาบที่ใช้ต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตาม มยพ.1201 ถึง มยพ.1209

4.3.4 หากต้องการนำมวลรวมแปรใช้ใหม่มาใช้เป็นมวลรวมหยาบสำหรับเป็นส่วนผสมในคอนกรีต มวลรวมที่นำกลับมาใช้ใหม่จะต้องเป็นไปตาม มาตรฐาน ว.ส.ท. 1014: ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต ว่าด้วยเรื่องมวลรวมที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Recycled Aggregate)

4.4 น้ำ

4.4.1 น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตให้ใช้น้ำประปา

4.4.2 ในกรณีที่หาน้ำประปาไม่ได้ น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำจืดปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริม และต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตาม มยผ.1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต โดยน้ำที่จะนำมาใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นจะต้องมีปริมาณสารเจือปนไม่เกินกว่าที่กำหนดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารที่ยอมให้ในน้ำสำหรับผสมคอนกรีต
(ข้อที่ 4.4.2)

หน่วยเป็นส่วนต่อล้านส่วน (PPM)

ข้อสาร	ปริมาณที่ยอมให้
1) คลอไรด์	
1.1) สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง หรืองานสะพาน	500
1.2) สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป	1,000
2) ซัลเฟต (SO_4)	3,000
3) ด่าง ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$)	600
4) สารแขวนลอย	50,000

4.5 สารผสมเพิ่ม

4.5.1 **แร่ผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures)** การใช้แร่ผสมเพิ่มประเภทสารพอสโซลาน เช่น เถ้าลอย ซิลิกาฟูม ก่อนนำไปใช้จะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้อง เช่น ส่วนประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ เป็นต้น ส่วนแร่ผสมเพิ่มอื่นๆ ให้มีการตรวจสอบสภาพคุณสมบัติจำเป็นที่เกี่ยวข้อง

4.5.2 สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures)

4.5.2.1 สามารถใช้สารเคมีผสมเพิ่มปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีตได้ เช่น

- (1) สารลดน้ำ (Water Reducers หรือ Plasticizers) เพื่อลดปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต โดยที่ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิม หรือเพื่อเพิ่มความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตโดยคงปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีตไว้
- (2) สารเร่งการแข็งตัว (Accelerators) เพื่อลดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตให้สั้นลง

(3) สารหน่วงการแข็งตัว (Retarders) เพื่อยืดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตให้ยาวนานขึ้น

4.5.2.2 สารเคมีผสมเพิ่มจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 733 : สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

4.5.2.3 การใช้สารเคมีผสมเพิ่มที่มีส่วนประกอบของคลอไรด์อยู่ด้วยนั้น ปริมาณของคลอไรด์ไอออนที่ละลายน้ำได้ (Water-Soluble Chloride Ion) ในเนื้อคอนกรีตที่มีอายุระหว่าง 28 ถึง 42 วันจะต้องไม่เกินกว่าค่าในตารางที่ 8: ชนิดของงานก่อสร้างและปริมาณคลอไรด์ไอออนที่ยอมให้

4.5.2.4 การใช้สารเคมีผสมเพิ่มมากกว่า 1 ชนิดในส่วนผสมเดียวกันจะต้องคำนึงถึงผลที่มีต่อกันของสารเคมีผสมเพิ่มแต่ละชนิดด้วย ดังนั้นจึงควรปรึกษาผู้ผลิตหรือทำการทดลองผสมก่อนตัดสินใจใช้

4.5.2.5 การใช้สารเคมีผสมเพิ่มผู้รับจ้างจะต้องแสดงรายละเอียดส่วนประกอบหลักทางเคมีขอแนะนำในการใช้ รวมถึงปริมาณสูงสุดที่จะใช้ แต่หากไม่มีรายละเอียดดังกล่าว ผู้รับจ้างจะต้องทดลองผสมและทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีต เช่น ความสามารถในการเท กำลังที่ระยะต้น กำลังที่ระยะยาว และความคงทน เป็นต้น และต้องได้รับการอนุมัติจากผู้ว่าจ้างก่อนนำไปใช้

4.6 คอนกรีต คอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้าง แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

4.6.1 คอนกรีตทั่วไป (Normal Concrete) เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมซีเมนต์พอร์ตแลนด์หรือซีเมนต์พอร์ตแลนด์พอสโซลานกับมวลรวมและน้ำตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเครื่องผสม โดยแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 และหากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น คอนกรีตที่ใช้ในโครงสร้างทั่วไปให้ใช้ชนิด ค1

4.6.2 คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-Mixed Concrete) เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมมาจากโรงงาน หรือโดยรถผสมคอนกรีตและส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้าง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213: มาตรฐานคอนกรีตผสมเสร็จ

4.6.3 คอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์ผสม (Mixed-Cement Concrete) เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมซีเมนต์ผสมกับมวลรวมและน้ำตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเครื่องผสม หรือผสมด้วยมือในกระบะ

ตารางที่ 3 ชนิดของคอนกรีต และค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด

(ข้อ 4.6.1)

หน่วยเป็นเมกะปาสกาล (กก./ตร.ซม.)

ชนิดของ คอนกรีต	กำลังอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่ อายุ 28 วัน	
	ลูกบาศก์ 150×150×150 มม.	ทรงกระบอก Ø 150×300 มม.
ค1	18.6 (190)	14.7 (150)
ค2	20.6 (210)	17.7 (180)
ค3	23.5 (240)	20.6 (210)
ค4	27.5 (280)	23.5 (240)
ค5	31.4 (320)	27.5 (280)
ค6	34.3 (350)	29.4 (300)
ค7	37.3 (380)	31.4 (320)
ค8	39.2 (400)	34.3 (350)
ค9	41.2 (420)	37.3 (380)
ค10	44.1 (450)	39.2 (400)
ค11	49.1 (500)	44.1 (450)

4.7 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต คุณลักษณะให้เป็นไปตาม มยพ. 1103 : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

ในการก่อสร้างจะต้องมีการควบคุมภาพของคอนกรีตทุกขั้นตอนเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการเตรียมวัสดุ การกำหนดส่วนผสม การผสม การลำเลียง การเท การทำให้แน่น การบ่ม และอื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคอนกรีตที่มีความแข็งแรงและคงทนตามที่ต้องการ

ในกรณีที่แบบและรายละเอียดการก่อสร้างไม่ได้ระบุลักษณะความคงทนไว้ และโครงการก่อสร้างอยู่ในพื้นที่หรือเงื่อนไขที่จะต้องพิจารณาความคงทนของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กให้มีอายุการใช้งานที่ไม่ต้องการซ่อมแซมไม่น้อยกว่า 25 ปี ให้พิจารณาลักษณะของความคงทนตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมเป็นไปตามตารางที่ 4

**ตารางที่ 4 คุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อม
ของโครงสร้าง**

ลักษณะของงานก่อสร้าง และสภาพแวดล้อม	ลักษณะของความคงทนที่ต้องพิจารณา
1. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำจืด ก) ใต้น้ำ ข) เชนิณวัญจักร เปียกสลับแห้ง ค) บรรยาการสบริเวณที่สัมผัส ละอองน้ำได้	ไม่มี การเป็นสนิมของเหล็กเสริม การต้านทานคาร์บอนเนชันหรือการเป็นสนิมของ- เหล็กเสริม
2. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำกร่อย ก) ใต้น้ำ ข) เชนิณวัญจักร เปียกสลับแห้ง ค) บรรยาการสบริเวณที่สัมผัส ละอองน้ำได้	การต้านทานซัลเฟตและคลอไรด์ การต้านทานคลอไรด์ การต้านทานคาร์บอนเนชัน หรือการต้านทานคลอไรด์
3. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำทะเล ก) ใต้น้ำ ข) เชนิณวัญจักร เปียกสลับแห้ง ค) บรรยาการสบริเวณที่สัมผัส ละอองน้ำได้	การต้านทานซัลเฟตและคลอไรด์ การต้านทานคลอไรด์ การต้านทานคลอไรด์ และการต้านทานคาร์บอนเนชัน
4. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำเสีย	การต้านทานกรดซัลฟูริก และการต้านทานซัลเฟต
5. งานก่อสร้างใต้ดิน	การต้านทานซัลเฟต
6. โครงสร้างที่ติดผิวดิน (เช่น ตอม่อ คานคอดิน เป็นต้น) ก) เชนิณคลอไรด์ ข) ไม่เชนิณคลอไรด์	การเป็นสนิมของเหล็กเสริม และการต้านทานคลอไรด์ การเป็นสนิมของเหล็กเสริม
7. โครงสร้างที่สัมผัสบรรยากาศ ภายนอก (เชนิณกับ ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์)	การต้านทานคาร์บอนเนชัน
8. งานก่อสร้างในบรรยากาศที่ต้อง คำนึงถึงการหดตัวแบบแห้ง (มี ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100%)	การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง

ตารางที่ 4 (ต่อ) คุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมของ
โครงสร้าง

ลักษณะของงานก่อสร้าง และสภาพแวดล้อม	ลักษณะของความคงทนที่ต้องพิจารณา
9. งานก่อสร้างคอนกรีตหยาบ เช่น เขื่อน ฐานรากขนาดใหญ่ และ โครงสร้างที่มีความหนามาก	การแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิ
10. ชิ้นส่วนบางต่อเนื่องที่มีการยึดรั้ง	การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัว
11. ลักษณะของงานคอนกรีตที่มี อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่ำ หรือมีความตึงน้ำสูง	การหดตัวแบบอโตจีเนียส
12. งานก่อสร้างที่สัมผัสสารเคมีอื่น	ความสามารถในการต้านสารเคมีที่เกี่ยวข้อง

หากโครงสร้างคอนกรีตได้รับการเคลือบผิวในด้านที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อม เช่น เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี ฉาบปูน ดัดกระเบื้อง หรือทาสี โดยมีการบำรุงรักษาวัสดุเคลือบผิวเป็นอย่างดีในช่วงการใช้งาน โครงสร้าง จะทำให้โครงสร้างคอนกรีตที่ได้รับการเคลือบผิวนั้น และอยู่ในลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมที่ 1 ถึงที่ 8 ที่ 11 และที่ 12 มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

5.1 การเตรียมวัสดุ

5.1.1 ซีเมนต์

- 5.1.1.1 ซีเมนต์ที่ใช้ต้องบรรจุถุงเรียบร้อย หรือเป็นซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิต
- 5.1.1.2 ซีเมนต์บรรจุถุง ต้องเก็บไว้บนพื้นที่ยกสูงกว่าพื้นดินอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ในโรงที่มีหลังคาคลุม และมีฝากันฝนได้ดี
- 5.1.1.3 ห้ามใช้ซีเมนต์เสื่อมคุณภาพ เช่น ซีเมนต์ซึ่งแข็งตัวจับกันเป็นก้อน เป็นต้น
- 5.1.1.4 ซีเมนต์ที่ถูกเก็บไว้นานควรจะมีการทดสอบคุณภาพก่อนนำไปใช้
- 5.1.1.5 ในโครงสร้างชิ้นเดียวกัน เช่น เสา คาน พื้น เป็นต้น ไม่ควรใช้ซีเมนต์ต่างประเภทผสมคอนกรีตปนกัน

5.1.2 มวลรวม

- 5.1.2.1 ทราย หิน หรือกรวด ต้องกองในลักษณะที่แยกขนาด และป้องกันมิให้ปะปนกัน
- 5.1.2.2 ในการเก็บหรือเคลื่อนย้ายมวลรวมต้องไม่ก่อให้เกิดการแยกตัวของขนาด ไม่ให้สิ่งสกปรกเข้าไปปะปน และไม่ให้เกิดการแตกเป็นชิ้นของมวลรวม

5.1.2.3 มวลรวมต้องไม่แห้งและมีอุณหภูมิสูงจนทำให้อุณหภูมิของคอนกรีตที่ผลิตโดยใช้มวลรวมดังกล่าวสูงตามไปด้วย และควรเก็บมวลรวมโดยป้องกันไม่ให้มวลรวมเปียกเกินไป

5.1.3 น้ำ

5.1.3.1 ให้ใช้น้ำประปา แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้น้ำที่ขุ่นมาผสมคอนกรีตแล้ว ต้องทำน้ำให้ใสก่อนจึงนำมาใช้ได้ โดยอาจปฏิบัติดังนี้ ให้ใช้ซีเมนต์ 1 ลิตร ต่อน้ำขุ่น 200 ลิตร ผสมทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หรือจนตกตะกอนนอนก้นหมดแล้ว จึงตักเอาน้ำใสมาใช้ได้แต่ทั้งนี้ น้ำต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตาม มยพ. 1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต

5.1.4 สารผสมเพิ่ม

5.1.4.1 การเก็บสารผสมเพิ่มต้องระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อน

5.1.4.2 ไม่ใช้สารผสมเพิ่มที่มีการเสื่อมสภาพหรือมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว

5.1.4.3 ควรป้องกันสารผสมเพิ่มที่เป็นของเหลวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มากเกินไปอันจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารผสมเพิ่ม

5.2 ส่วนผสมคอนกรีต

5.2.1 ก่อนการใช้งานคอนกรีตจริง ควรทดลองหาส่วนผสมล่วงหน้า โดยส่วนผสมที่เหมาะสมให้พิจารณาจากคุณภาพของวัสดุเป็นคราวๆ ไป

5.2.2 การเลือกส่วนผสมให้ถือหลักดังนี้

5.2.2.1 ในกรณีที่ไม่ได้มีการทดลองส่วนผสม ปริมาณซีเมนต์สำหรับคอนกรีตชนิด ค1 ค2 และ ค3 ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต

(ข้อ 5.2.2.1)

หน่วยเป็นกิโลกรัม

ชนิดของ คอนกรีต	จำนวนซีเมนต์ที่ใช้ต่อ คอนกรีต 1 ลบ.ม.
ค1	290
ค2	300
ค3	320

สำหรับกรณีที่มีการทดลองส่วนผสมหรือเป็นคอนกรีตชนิดอื่นนอกเหนือจากตารางที่ 5 ปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมจะต้องกำหนดโดยวิศวกรผู้ออกแบบส่วนผสมซึ่งจะต้องพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตและการใช้งานที่เหมาะสมด้วย

5.2.2.2 ปริมาณน้ำไม่ควรใช้มากเกินไปอันจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงและความคงทนลดลง หรือเกิดการเอี่ยมหรือการแยกตัวของส่วนผสมจนเป็นปัญหาต่อการเท ปริมาณน้ำที่เหมาะสม จะพิจารณาจากค่ายุบตัวของคอนกรีตที่ต้องการตามการใช้งานและขนาดของมวลรวมหยาบ ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ตามที่แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในส่วนผสมคอนกรีต¹⁾

(ข้อ 5.2.2.2)

หน่วยเป็นลิตร

ค่ายุบตัว (มม.)	ปริมาณน้ำต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร	
	มวลรวมหยาบขนาด ใหญ่สุด 20 มม.	มวลรวมหยาบขนาด ใหญ่สุด 25 มม.
75	180	170
100	190	180
125	200	190
150	210	200

หมายเหตุ ¹⁾ เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่ได้มีการผสมสารลดน้ำ

5.2.2.3 กรณีที่ต้องการให้คอนกรีตมีความคงทน อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water to Cement Ratio, W/C) เมื่อพิจารณาในสภาวะการใช้งานของคอนกรีตควรมีค่าไม่เกินที่กำหนดไว้ใน ตารางที่ 7

ตารางที่ 7 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในสภาวะการใช้งานต่าง ๆ กัน

(ข้อ 5.2.2.3)

ประเภทคอนกรีตที่ต้องการ	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ยอมให้
1) คอนกรีตที่ต้องการความทึบน้ำ	0.50
2) คอนกรีตที่ต้องการความต้านทานซัลเฟต 2.1 โซเดียมซัลเฟต 2.1.1 เสี่ยงต่อซัลเฟตปานกลาง (ปริมาณ ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินตั้งแต่ร้อยละ 0.1 ถึง 0.2 หรือปริมาณซัลเฟตใน น้ำตั้งแต่ 150 ถึง 1,500 ppm.)	0.50

ตารางที่ 7 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในสถานะการใช้งานต่างๆ กัน (ต่อ)
(ข้อ 5.2.2.3)

ประเภทคอนกรีตที่ต้องการ	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ยอมให้
2.1.2 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรง (ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินตั้งแต่ร้อยละ 0.2 ถึง 2.0 หรือ ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 1,500 ถึง 10,000 ppm.)	0.45
2.1.3 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรงมาก (ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินมากกว่า 2.0 หรือ ปริมาณซัลเฟตในน้ำมากกว่า 10,000 ppm.)	0.40
2.2 แมกนีเซียมซัลเฟต	
2.2.1 เสี่ยงต่อซัลเฟตปานกลาง (ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 300 ถึง 1,000 ppm.)	0.50
2.2.2 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรง (ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 1,000 ถึง 3,000 ppm.)	0.45
2.2.3 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรงมาก (ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 3,000 ถึง ค่าอิ่มตัว)	0.40
3) คอนกรีตที่ต้องการความต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์	
3.1 กรณีที่ระยะหุ้มคอนกรีตได้ตามตารางที่ 11	0.45
3.2 กรณีที่ไม่สามารถทำตามได้ตามข้อ 3.1	0.40

5.2.2.4 กรณีมีการใช้ทรายทะเลหรือมีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มที่มีส่วนประกอบของคลอไรด์อยู่ด้วย ปริมาณคลอไรด์รวมในคอนกรีตที่เกิดจากส่วนผสมแต่ละชนิดรวมกันจะต้องมีค่าไม่เกินกว่าที่กำหนดดังตารางที่ 8 โดยการทดสอบเพื่อหาปริมาณของคลอไรด์ไอออนที่ละลายน้ำได้ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 1218/C 1218M : Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete

ตารางที่ 8 ชนิดของงานก่อสร้างและปริมาณคลอไรด์ไอออน²⁾ ที่ยอมให้

(ข้อ 5.2.2.4)

หน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักวัสดุประสาน

ชนิดของงานก่อสร้าง	ปริมาณคลอไรด์ไอออนที่ละลายน้ำได้ สูงสุดในคอนกรีต
คอนกรีตอัดแรง	0.06
คอนกรีตเสริมเหล็กที่ขณะใช้งานมีการสัมผัสกับคลอไรด์ เช่น กำแพงกันคลื่น (Sea-Retaining Walls)	0.15
คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีสภาพแห้งหรือขณะใช้งานมีการป้องกันความชื้น	1.00
การก่อสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กอื่น	0.30

หมายเหตุ ²⁾ เป็นปริมาณคลอไรด์ที่มาจากส่วนผสมคอนกรีต ไม่ใช่ที่ได้มาจากสภาพแวดล้อม

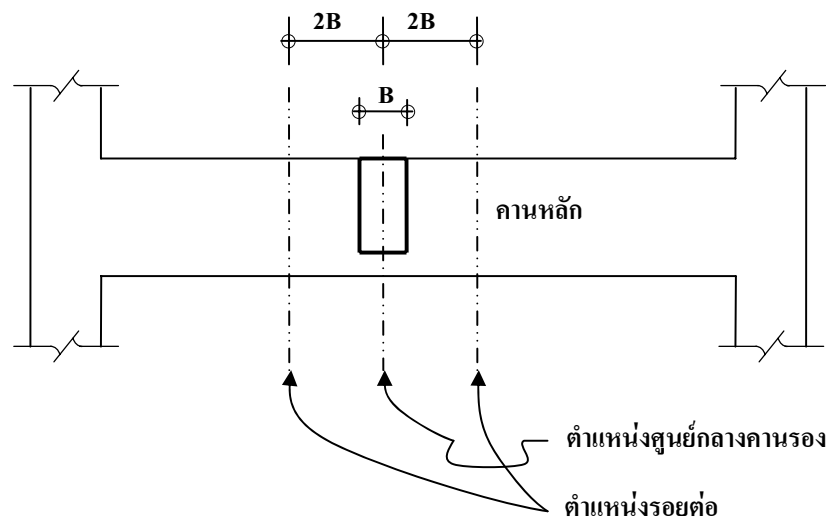
5.3 การผสมคอนกรีต

- 5.3.1 การผสมคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้าง ให้ผสมด้วยเครื่องผสม และการผสมแต่ละครั้งให้ผสมต่อซีเมนต์ 1 หรือ 2 ถุง
- 5.3.2 สำหรับเครื่องผสมที่มีความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือน้อยกว่า ต้องใช้เวลาผสมนานอย่างน้อย 1½ นาที และให้เพิ่มระยะเวลาผสม 15 วินาที ทุก ๆ ความจุที่เพิ่มขึ้น 0.5 ลูกบาศก์เมตร หรือเศษของลูกบาศก์เมตร
- 5.3.3 เครื่องผสมต้องหมุนด้วยความเร็วสม่ำเสมอตามที่ผู้ผลิตกำหนด อัตราความเร็วที่ขอบนอกควรประมาณ 1 เมตร ต่อวินาที
- 5.3.4 การนับเวลาที่ใช้ผสมให้เริ่มนับเมื่อใส่มวลวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ผสมทั้งหมดลงในเครื่องผสมแล้ว
- 5.3.5 จะต้องผสมเนื้อคอนกรีตให้มีความสม่ำเสมอ เป็นเนื้อเดียวกัน มีความชื้นเพียงพอเหมาะที่สามารถเทและทำให้แน่นได้

5.4 การลำเลียงและการเทคอนกรีต

- 5.4.1 ต้องตรวจดูแบบหล่อและการวางเหล็กเสริมว่ามันคง และถูกต้องตามแบบรายละเอียดพร้อมทั้งทำความสะอาดให้ปราศจากเศษวัสดุที่อยู่ในแบบที่จะเท และอุดรอยรั่วต่างๆ เพื่อมิให้น้ำปูนหนือออกเรียบร้อยแล้วจึงจะทำการเทคอนกรีตได้
- 5.4.2 การลำเลียงและการเทคอนกรีตต้องทำด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีต

- 5.4.3** คอนกรีตที่ผสมแล้วต้องรีบนำไปเทลงในแบบโดยเร็ว ก่อนที่คอนกรีตนั้นจะแข็งตัว (โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 30 นาที ยกเว้นจะมีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มที่สามารถยืดเวลาการก่อตัวของคอนกรีตออกไปได้) และต้องระมัดระวังมิให้เหล็กเสริมเคลื่อน หรือเปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม
- 5.4.4** ถ้าหากเทคอนกรีตในโครงสร้าง ส่วนหนึ่งส่วนใดไม่เสร็จในรวดเดียวแล้ว ต้องหยุดเทคอนกรีตตามที่คุณควบคุมงานกำหนดหรือตามตำแหน่ง ดังนี้
- 5.4.4.1** สำหรับเสา ที่ระดับไม่เกิน 75 มิลลิเมตร ต่ำจากท้องคานหัวเสา
- 5.4.4.2** สำหรับคานและแผ่นพื้นในช่วงกลางเมื่อแบ่งช่วงคานหรือแผ่นพื้นเป็นสามส่วน(Mid – Third) โดยใช้ไม้กั้นตั้งฉาก
- 5.4.4.3** ในกรณีที่คานรองตัดกับคานหลักให้กำหนดรอยต่อให้ห่างจากคานรองออกไปอีกเป็นระยะ 2 เท่าของความกว้างของคานรองตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเลื่อนรอยต่อในการหยุดเทคอนกรีตเมื่อรอยต่อเดิมตรงกับคานรอง

- 5.4.4.4** ที่ตำแหน่งรอยต่อ ให้ทำผิวคอนกรีตให้หยาบ ตามวิธีที่ได้รับการรับรองแล้ว จนเห็นเม็ดหินโผล่โดยตลอด ปราศจากฝุ่นน้ำปูน หรือเศษหิน ปูนทราย ที่หลุดร่วง ล้างผิวที่ทำหยาบนั้นด้วยน้ำสะอาดทันที ก่อนเทคอนกรีตใหม่ให้พรมน้ำที่ผิวคอนกรีตให้ชื้นแต่ไม่เปียกโชก

- 5.4.5** ห้ามเทคอนกรีตในขณะที่มีฝนตกเว้นแต่จะมีที่ป้องกันฝน

5.5 การทำให้คอนกรีตแน่นตัว

เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือนชนิดจุ่ม เพื่อให้คอนกรีตแน่นตัวควรปฏิบัติ ดังนี้

- 5.5.1** ให้จุ่มปลายขึ้นลงตรงๆ ซ้ำๆ การจุ่มต้องจุ่มจนสุดชั้นคอนกรีตที่เทใหม่ และเลยเข้าไปในชั้นใต้เล็กน้อย
- 5.5.2** ให้จุ่มหัวสั่นสะเทือนเป็นจุดๆ ระยะห่างตั้งแต่ 450 ถึง 750 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาจุ่มนาน 5 ถึง 15 วินาที

5.5.3 การถอนหัวส้นสะท้อนขึ้น ให้ถอนช้าๆ ประมาณ 75 มิลลิเมตรต่อวินาที

5.5.4 ในการจุ่ม ต้องระวังอย่าให้หัวส้นสะท้อนถูกแบบหล่อและเหล็กเสริมเพราะจะทำให้แบบหล่อเสียรูป หรือเหล็กเสริมเคลื่อนผิดตำแหน่งได้

5.5.5 ห้ามจุ่มหัวส้นสะท้อนทิ้งไว้นานเกินไป หรือจุ่มซ้ำที่บริเวณเดียวกัน เพราะจะทำให้คอนกรีตแยกตัว ห้ามนำไปในเนื้อคอนกรีตและห้ามใช้เกลี่ยคอนกรีต

5.6 การบ่มคอนกรีต

เมื่อเทคอนกรีตเสร็จแล้ว ในระหว่างที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัวต้องปกคลุมมิให้ถูกแสงแดดและกระแสลมร้อน และต้องป้องกันมิให้คอนกรีตได้รับความสะท้อน การกระแทก หรือการรับน้ำหนักมากเกินไป และเมื่อเสร็จสิ้นการแต่งผิวหน้าและคอนกรีตเริ่มแข็งตัวต้องจัดให้มีการบ่มคอนกรีตทันที และควรบ่มต่อไปจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังตามต้องการ

5.6.1 สำหรับผิวคอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับไม้แบบ หลังเสร็จสิ้นการแต่งผิวหน้าและคอนกรีตเริ่มแข็งตัวต้องจัดให้มีการบ่มคอนกรีตตามวิธีในข้อ 5.6.3

5.6.2 สำหรับผิวคอนกรีตที่สัมผัสกับไม้แบบ ต้องรักษาไม้แบบให้มีความชื้นอยู่เสมอ จนกระทั่งถึงเวลาที่ถอดไม้แบบ หลังจากนั้นต้องจัดให้มีการบ่มคอนกรีตตามวิธีในข้อ 5.6.3

5.6.3 การบ่มคอนกรีตสามารถกระทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีรวมกัน ดังนี้

5.6.3.1 การบ่มแบบเปียก เป็นการทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตที่สัมผัสกับบรรยากาศยังคงมีความเปียกชื้นอยู่ กรณีคอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต้องบ่มตลอดเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 7 วันหลังจากการเทเสร็จสิ้น และไม่น้อยกว่า 3 วัน สำหรับกรณีใช้ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ส่วนคอนกรีตที่มีวัสดุพอกโซลานผสมจะต้องบ่มเกินกว่า 7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุพอกโซลานที่ใช้วิธีการบ่มแบบเปียก ได้แก่

- (1) การฉังน้ำ การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในแนวราบ เช่น แผ่นพื้น คาดฟ้า พื้นสะพาน ถนนทางเท้า เป็นต้น
- (2) การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม เป็นการนำผ้าใบ ผ้ากระสอบ ฟาง หรือจี๊เลื้อย คลุมให้ทั่วและฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ กรณีที่ใช้ผ้าใบ สีของผ้าใบควรเป็นสีขาวหรือสีอ่อน เพราะสามารถสะท้อนความร้อนได้ดี หรือกรณีใช้ฟางหรือจี๊เลื้อย ความหนาของฟางหรือจี๊เลื้อยไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร การบ่มโดยวิธีนี้ใช้ได้ทั้งกับโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบและแนวตั้ง
- (3) การฉีดหรือพรมน้ำ การบ่มโดยวิธีนี้ใช้ได้ทั้งสำหรับโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบและแนวตั้ง เช่น ผนัง กำแพง พื้น เป็นต้น

5.6.3.2 การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต

- (1) การใช้กระดาษกันน้ำซึมได้คลุม กระดาษที่ใช้ควรเป็นกระดาษเหนียวเป็นชั้น ยึดติดกันด้วยกาวยางมะตอยและเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในแนวราบ
- (2) การใช้แผ่นพลาสติกคลุม แผ่นพลาสติกที่ใช้เป็นแผ่นโพลีเอทิลีน หนาไม่น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับงานโครงสร้างที่ไม่เน้นความสวยงามของผิว เช่น รางน้ำ ถนน เป็นต้น
- (3) การใช้สารเคมี ทำได้โดยฉีดพ่นสารเคมีสำหรับการบ่มลงบนผิวหน้าของคอนกรีตที่ต้องการบ่มและควรฉีดพ่นซ้ำมากกว่า 1 เทียว เพื่อให้แผ่นฟิล์มเคลือบผิวหน้าคอนกรีตมีความหนาเพียงพอ และควรฉีดพ่นทันทีที่ผิวหน้าคอนกรีตเริ่มแห้ง เพื่อไม่ให้ น้ำที่ค้างบนผิวหน้าระเหยจนแห้ง การบ่มโดยวิธีนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อไม่สามารถบ่มคอนกรีตแบบอื่นได้

5.6.3.3 การบ่มแบบแรงกำลัง

- (1) การบ่มด้วยไอน้ำที่ความดันต่ำ (Low Pressure Steam Curing) อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 40 ถึง 100 องศาเซลเซียส การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานก่อสร้างที่ต้องการถอดแบบเร็ว หลังจากถอดแบบแล้วให้บ่มคอนกรีตด้วยความชื้นตามปกติ
- (2) การบ่มด้วยไอน้ำที่ความดันสูง (High Pressure Steam Curing) การบ่มด้วยวิธีนี้ต้องให้ความกดดันสูง และต้องบ่มคอนกรีตในภาชนะที่ปิดสนิท อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ในช่วง 160 ถึง 210 องศาเซลเซียส การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานก่อสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปที่ต้องการกำลังของคอนกรีตที่เวลา 24 ชั่วโมง ให้มีกำลังเท่ากับการบ่มปกติที่อายุ 28 วัน

5.7 การแต่งผิวคอนกรีต

- 5.7.1 เมื่อถอดแบบออกแล้ว ถ้าเนื้อคอนกรีตมีลักษณะเป็นรูปรุ่น หรือขรุขระก่อนที่จะดำเนินการต่อไปให้แจ้งผู้ควบคุมงานตรวจสอบพิจารณาเสียก่อน
- 5.7.2 เมื่อต้องการจะฉาบปูนทับผิวหน้าคอนกรีต ทำให้ผิวหน้าคอนกรีตให้ขรุขระ ราวน้ำให้ขึ้นแล้วจึงฉาบปูน เมื่อฉาบปูนเสร็จแล้ว ให้มีการป้องกันผิวหน้าแห้ง เป็นเวลาต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 วัน
- 5.7.3 การฉาบปูนภายในของผิวคอนกรีตที่จะใช้ขังน้ำ ให้ฉาบปูนขัดมัน ส่วนผิวคอนกรีตภายนอกให้ฉาบปูนตกแต่งให้เรียบร้อยหรือตามที่ได้ระบุไว้ในแบบรายละเอียด

5.8 การหล่อตัวอย่างคอนกรีตและการทดสอบ

- 5.8.1 ในการเทคอนกรีตต้องทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ทุกครั้งที่เปลี่ยนอัตราส่วนผสมของน้ำกับซีเมนต์หรือผู้ควบคุมงานเห็นว่า คอนกรีตขึ้นหรือเหลวเกินไป วิธีการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตให้เป็นไปตาม มยพ.1209: มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต ค่าการ

ยวบตัวของคอนกรีตควรเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 9 ข้อแนะนำสำหรับค่าการยวบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือน

ตารางที่ 9 ข้อแนะนำสำหรับค่าการยวบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือน
(ข้อ 5.8.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ชนิดของงานก่อสร้าง	ค่าการยวบตัว	
	สูงสุด	ต่ำสุด
1) ฐานราก	75	50
2) แผ่นพื้น, คาน, ผนัง ค.ส.ล.	100	50
3) เสา	125	50
4) ครีป ค.ส.ล. และผนังบาง ๆ	150	50

5.8.2 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพให้ดำเนินการต่อหน้าผู้ควบคุมงานและปฏิบัติตาม มยพ.1208: มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างานและการเก็บรักษา

5.8.3 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่จะทดสอบ ให้เก็บทุกวันเมื่อมีการเทคอนกรีต และอย่างน้อยต้องเก็บ 3 ก้อน เพื่อทดสอบกำลังคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน โดยใช้วิธีการเก็บ ดังนี้

5.8.3.1 เก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง ในแต่ละวันที่มีการเทคอนกรีต

5.8.3.2 เก็บตัวอย่างคอนกรีตเมื่อมีการเทคอนกรีตในแต่ละส่วนของโครงสร้าง

5.8.3.3 ถ้าไม่ได้มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ให้เก็บทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุกๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษของ 50 ลูกบาศก์เมตร กรณีเทพื้นและผนังให้เก็บทุก ๆ 250 ตารางเมตร

5.8.3.4 เก็บตัวอย่างคอนกรีตทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งทราย หรือหิน-กรวด

5.8.4 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากลักษณะการผสมต่างๆ ให้กระทำ ดังนี้

5.8.4.1 การเก็บจากเครื่องผสม (โม) ที่ประจำอยู่ในที่ก่อสร้างให้เก็บตัวอย่างจากช่วงกลางๆ ของปริมาณคอนกรีตที่เทลงในภาชนะรองรับ (กระบะหรือรถเข็นปูน)

5.8.4.2 การเก็บจากเครื่องผสมสำหรับเทพื้นถนน ให้เก็บหลังจากเทคอนกรีตจากเครื่องผสมลงบนพื้นที่เตรียมไว้ โดยเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากหลายๆ บริเวณ โดยให้มีปริมาณมากพอที่จะใช้เป็นตัวแทนเพื่อทดสอบได้ ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้มีการปนเปื้อนของวัสดุอย่างอื่นด้วย

5.8.4.3 การเก็บจากเครื่องผสมแบบถังหมุนต้งบนรถบรรทุก (Ready Mixed Concrete) ให้เก็บตัวอย่างคอนกรีตอย่างน้อย 3 ช่วง เป็นระยะๆ อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลาที่ปล่อยคอนกรีตจากรถผสมลงสู่ภาชนะที่รองรับ โดยมีเวลาห่างกันระหว่างครั้งแรกและครั้งสุดท้ายไม่เกิน 15 นาที

5.9 การพิจารณาผลการทดสอบ

5.9.1 คอนกรีตที่หล่อแล้วจะยอมรับได้ต่อเมื่อผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตทดลองมาตรฐาน ที่เก็บมาเมื่ออายุครบ 28 วัน นั้น เป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

5.9.1.1 กำลังอัดเฉลี่ยเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตทั้งสามก้อนต่อเนื่องกันให้ค่าเท่ากับหรือสูงกว่ากำลังอัดเฉลี่ยตามชนิดของคอนกรีตที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 หรือกำลังอัดเฉลี่ยที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ

5.9.1.2 กำลังอัดเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตแต่ละก้อน จะต่ำกว่ากำลังอัดเฉลี่ยตามชนิดของคอนกรีตที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 ได้ไม่เกิน 3.5 เมกะปาสกาล (35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) หรือกำลังอัดเฉลี่ยที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ

ในกรณีที่ทดสอบกำลังคอนกรีตเมื่ออายุ 7 วัน ค่ากำลังอัดเฉลี่ยของแต่ละก้อนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของค่าที่กำหนดเมื่ออายุครบ 28 วัน อย่างไรก็ตามการพิจารณาตัดสินกำลังคอนกรีตขั้นสุดท้าย ถือเมื่อก่อนคอนกรีตอายุครบ 28 วัน เป็นเกณฑ์

5.9.2 หากปรากฏว่าค่ากำลังอัดเฉลี่ยของผลการทดสอบดังที่ได้กล่าวมาแล้วไม่เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 5.9.1 จะต้องทำการสกัดหรือรื้อส่วนที่เทคอนกรีตไปแล้วนั้นออกเสียแล้วจัดการหล่อใหม่โดยใช้คอนกรีตซึ่งมีกำลังอัดเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 หรือกำลังอัดเฉลี่ยที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ หรือดำเนินการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงขององค์อาคารดังต่อไปนี้

5.9.2.1 ดำเนินการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโครงสร้างหรือการทดสอบเพิ่มเติม หรือใช้ทั้งสองส่วนควบคู่กันไป แล้วแต่กรณี

5.9.2.2 การทดสอบตัวอย่างที่ได้จากการเจาะโครงสร้างที่ต้องการตรวจสอบ (Core Test) โดยให้ดำเนินการตาม มยผ. 1210 : มาตรฐานการทดสอบกำลังด้านทานแรงอัดของคอนกรีต ว่าด้วยเรื่องการทดสอบตัวอย่างที่ได้จากการเจาะ โดยกำลังอัดเฉลี่ยของตัวอย่างที่ได้จากการเจาะโครงสร้าง เฉลี่ยแล้วต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 ของกำลังอัดเฉลี่ยที่กำหนดไว้และกำลังอัดเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละก้อนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 ของกำลังอัดเฉลี่ยที่กำหนดไว้

5.9.2.3 หากผลการทดสอบต่างๆ ในข้อ 5.9.2.1 หรือ 5.9.2.2 ไม่สามารถเป็นที่ยุติ หรือไม่สามารถปฏิบัติได้ หรือการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโครงสร้างไม่สามารถยืนยันความปลอดภัยได้ จะต้องดำเนินการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุก (Load Test) ขององค์อาคาร โดยขั้นตอนและเกณฑ์การทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท. 1008) ว่าด้วยการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกขององค์อาคาร ทั้งนี้การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกให้ใช้ได้เฉพาะกับองค์อาคารที่รับแรงดัด ส่วนการตรวจสอบองค์อาคารที่รับแรงประเภทอื่น เช่น แรงอัด ควรเลือกวิธีการตรวจสอบโดยใช้การวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโครงสร้างที่เหมาะสม

5.9.2.4 ในกรณีที่ผลการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงขององค์อาคาร ตามข้อ 5.9.2.1 ถึง 5.9.2.3 แสดงว่า อาคารและส่วนต่าง ๆ ของอาคารมีเสถียรภาพหรือความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกไม่เพียงพอ จะต้องดำเนินการแก้ไขหรือเสริมกำลังเพื่อให้อาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารดังกล่าวมีเสถียรภาพและสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้

5.9.3 การทดสอบหาค่ากำลังอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานนั้น จะต้องดำเนินการโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือส่วนราชการอื่นใด หรือนิติบุคคลซึ่งมีวิศวกรระดับสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร รับรองผลการทดสอบ

5.10 ระยะหุ้ม

การกำหนดระยะหุ้มเหล็กเสริมจะต้องกำหนดให้คอนกรีตสามารถป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมได้ตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีต ซึ่งจะต้องพิจารณาจากความคงทนของคอนกรีตและสภาพแวดล้อมที่เผชิญ โดยระยะหุ้มเหล็กเสริมน้อยที่สุดสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

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

โดยที่ C_{min} คือ ระยะหุ้มน้อยที่สุด

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม ตามตารางที่ 10

C_0 คือ ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไป ตามตารางที่ 11 และตารางที่ 12

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม

(ข้อ 5.10)

ค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน	ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม
มากกว่า 0.65 หรือคอนกรีตที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพที่ดี	1.2
0.45 – 0.65	1.0
ต่ำกว่า 0.45	0.8 ³⁾

หมายเหตุ ³⁾ ยกเว้นกรณีที่ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไปต่ำกว่า 20 มม. และกรณีที่ต้องเผชิญกับสภาวะซัลเฟตตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไปให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริมเท่ากับ 1.0

โดยระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไปตามงานก่อสร้างประเภทต่างๆ ในกรณีที่ไม่ได้มีการกำหนดรายละเอียดไว้ ให้ใช้ตามตารางที่ 11 และ 12

ตารางที่ 11 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อในที่

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มต่ำสุด
1) คอนกรีตที่หล่อติดกับดินโดยใช้ดินเป็นแบบและผิวคอนกรีตสัมผัสกับดินตลอดเวลาที่ใช้งาน	75
2) คอนกรีตที่สัมผัสดิน หรือถูกแดดฝน	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม.	50
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	40
3) คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน	
ในแผ่นพื้น ผนัง และตง	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	40
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	20
ในคาน	
- เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้ง	40
ในเสา	
- เหล็กปลอกเฉียวหรือปลอกเกลียว	40
4) คอนกรีตที่หล่อในน้ำ	100

ตารางที่ 12 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มต่ำสุด
1) คอนกรีตที่สัมผัสดิน หรือถูกแดดฝน	
ในแผ่นผนัง	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป.	40
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	20
ในองค์อาคารชนิดอื่น	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	50
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ถึง 36 มม.	40
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	30

ตารางที่ 12 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ (ต่อ)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มต่ำสุด
2) คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน ในแผ่นพื้นผนัง และดง	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	30
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	15
ในคานและเสา	
- เหล็กเสริมหลัก เหล็กผูกตั้งในเสา	25
- เหล็กผูกตั้ง เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว	30

ในกรณีที่เป็นโครงสร้างหลักของอาคารตามกฎหมายว่าด้วยอาคาร พ.ศ.2522 ระยะหุ้มเหล็กเสริมของโครงสร้างหลักของอาคารดังกล่าวเมื่อพิจารณาตามสมการที่ 1 ตารางที่ 11 และตารางที่ 12 แล้วจะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 13 และในกรณีโครงสร้างหลักมีขนาดระหว่างขนาดที่กำหนดในตารางที่ 13 ให้คำนวณหาความหนาแน่นที่สุดของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมโดยวิธีเทียบอัตราส่วน และหากต้องการให้โครงสร้างหลักมีความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 13 จะต้องใช้วัสดุอื่นหุ้มเพิ่มเติมหรือต้องป้องกันโดยวิธีอื่นเพื่อช่วยให้เสาหรือคานมีอัตราการใช้ไฟได้ไม่น้อยกว่าสามชั่วโมง และดงหรือพื้นต้องมีย่อการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง โดยจะต้องมีเอกสารรับรองอัตราการใช้ไฟจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต โดยวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E 119 หรือ ISO 834

ตารางที่ 13 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับโครงสร้างหลักให้สามารถทนไฟได้ตามกฎหมาย

ว่าด้วยการควบคุมอาคาร

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ชนิดของโครงสร้างหลัก	ระยะหุ้มต่ำสุด
1) คอนกรีตเสริมเหล็ก	
1.1) เสาสี่เหลี่ยมที่มีด้านแคบขนาด 300 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
1.2) เสากลมหรือเสาตั้งแต่ห้าเหลี่ยมขึ้นไปที่มีรูปทรงใกล้เคียงเสากลม ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
1.3) คานหรือโครงข้อหมุนคอนกรีตขนาดกว้างตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
1.4) พื้นหนาไม่น้อยกว่า 115 มิลลิเมตร	20

ตารางที่ 13 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับโครงสร้างหลักให้สามารถทนไฟได้ตามกฎหมาย
ว่าด้วยการควบคุมอาคาร (ต่อ)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ชนิดของโครงสร้างหลัก	ระยะหุ้มต่ำสุด
2) คอนกรีตอัดแรง	
2.1) คานชนิดดิ่งลวดก่อน	75
2.2) คานชนิดดิ่งลวดภายหลัง	
ก) กว้าง 200 มิลลิเมตร โดยปลายไม่เหนี่ยวรั้ง(Unrestrained)	115
ข) กว้างตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไป โดยปลายไม่เหนี่ยวรั้ง(Unrestrained)	65
ค) กว้าง 200 มิลลิเมตร โดยปลายเหนี่ยวรั้ง(Restrained)	50
ง) กว้างตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไป โดยปลายเหนี่ยวรั้ง(Restrained)	45
2.3) พื้นชนิดดิ่งลวดก่อนที่มีความหนาตั้งแต่ 115 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
2.4) พื้นชนิดดิ่งลวดภายหลังที่มีความหนาตั้งแต่ 115 มิลลิเมตรขึ้นไป	
ก) ขอบไม่เหนี่ยวรั้ง (Unrestrained)	40
ข) ขอบเหนี่ยวรั้ง (Restrained)	20

5.11 แบบหล่อ

- 5.11.1 แบบหล่อต้องทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่ผุ ไม่คดงอ เช่น เหล็ก ไม้ เป็นต้น
- 5.11.2 ห้ามใช้ดินชุดแทนแบบหล่อในแนวตั้ง เว้นแต่เป็นงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ ไคอะเฟรมวอลล์ หรือได้รับการอนุมัติจากผู้ว่าจ้าง
- 5.11.3 แบบหล่อต้องเข้าแบบให้สนิทเพื่อกันน้ำปูนรั่ว ผิวด้านในของแบบที่ถูกกับคอนกรีตต้องเรียบ ต้องล้างให้สะอาดก่อนลงมือเทคอนกรีตเสมอ และลบมุมขึ้นส่วนคอนกรีตขึ้นส่วนคอนกรีตที่เป็นมุมแหลม นอกจากจะมีข้อกำหนดห้ามไว้
- 5.11.4 จัดให้มีช่องว่างเปิดชั่วคราวที่ด้านล่างของแบบหล่อคอนกรีตเสาหรือผนังเพื่อให้สามารถทำความสะอาด หรือตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต
- 5.11.5 ต้องยึดลิ้มสำหรับปรับแต่งระดับหรือระยะของแบบหล่อให้แน่นอยู่กับที่ได้ ภายหลังจากการตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนการเทคอนกรีต
- 5.11.6 แบบหล่อและนั่งร้านรองรับคอนกรีตเหลวต้องมั่นคงแข็งแรงพอรับน้ำหนัก และทนแรงสั่นสะเทือนเมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือนคอนกรีตได้ โดยไม่ทรุดตัวหรือแอ่นตัวจนเสียระดับหรือ

แนว สำหรับการคำนวณความมั่นคงของแบบหล่อและค้ำยันให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต ว.ส.ท. 1014 ว่าด้วยแบบหล่อคอนกรีตและค้ำยัน

- 5.11.7** หากคอนกรีตที่หล่อเสร็จแล้วเกิดการเสียรระดับหรือแนวหรือผิดขนาดจนเห็นว่าจะเกิดผลเสียหา ยอาจต้องทุบทำลายขึ้นส่วนนั้นทิ้งขึ้นแล้วหล่อใหม่ให้ถูกต้อง แต่ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของวิศวกรผู้ ควบคุมงาน
- 5.11.8** แบบหล่อจะถอดออกไม่ได้จนกว่าจะได้กำหนดเวลา การถอดแบบต้องไม่ให้คอนกรีตได้รับความ กระทบและให้ถือกำหนดเวลาการถอดแบบตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ประเภทอาคารและระยะเวลาในการถอดแบบหล่อ

(ข้อ 5.11.8)

หน่วยเป็นวัน	
ประเภทองค์อาคาร	ระยะเวลา ⁴⁾
1) แบบข้างคาน กำแพง ฐานราก	2
2) แบบข้างเสา	2
3) แบบล่างรองรับพื้น-คาน	14

⁴⁾ เมื่อถอดแล้วให้ค้ำตามจุดต่างๆ ที่เหมาะสมไว้อีก 14 วัน

ทั้งนี้ให้ยกเว้นในกรณีที่ใช้ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว ซึ่งให้ถือกำหนดถอดแบบได้ ทั้หมดเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 7 วัน

- 5.11.9** กรณีไม่ถอดแบบหล่อตามกำหนดเวลาในข้อ 5.11.8 สามารถถอดแบบหล่อตามค่ากำลังอัดประลัย ้นต่ำของคอนกรีตตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ประเภทอาคารและกำลังอัดประลัยขั้นต่ำในการถอดแบบหล่อ

(ข้อ 5.11.9)

หน่วยเป็นเมกะปาสกาล (กก.ต่อตร.ซม.)

ประเภทองค์อาคาร	กำลังอัดประลัยขั้นต่ำของคอนกรีต
1) แบบข้างเสา คาน กำแพง ฐานราก	4.9(50)
2) แบบล่างรองรับพื้น-คาน	13.7(140)

- 5.11.10** การค้ำยันกลับ จะต้องดำเนินการให้เร็วที่สุดภายหลังจากถอดแบบหล่อและค้ำยันแล้ว ค้ำยันที่ใช้ ต้องขันให้แน่นเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างตามที่กำหนดไว้ ค้ำยันนี้ต้องคงค้างไว้นจนกระทั่งผลการ ทดสอบคอนกรีตถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.11.11 แบบหล่อจะต้องมีขนาดที่แน่นอนและมีพื้นผิวที่เรียบพอสมควร ซึ่งเมื่อนำมาหล่อชิ้นส่วนโครงสร้างใดๆ แล้ว ชิ้นส่วนโครงสร้างดังกล่าวต้องมีขนาดคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดในแบบก่อสร้างไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ประเภทของการก่อสร้างและความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้
(ข้อ 5.11.11)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของการก่อสร้าง	ความคลาดเคลื่อนสูงสุด
1) ความคลาดเคลื่อนจากแนวตั้ง 1.1) แนวหรือผิวของเสา ตอม่อ กำแพง ทุกๆ ระยะ 3.0 เมตร 6 ค่าสูงสุดตลอดความสูง 25 1.2) มุมของเสาที่มองเห็นได้ ร่อง รอยต่อ และเส้นที่มองเห็นชัด ทุกๆ ระยะ 3 เมตร 6 ค่าสูงสุดตลอดความสูง 12	
2) ความคลาดเคลื่อนจากค่าระดับหรือจากค่าความลาดเอียงที่ระบุในแบบ 2.1) ท้องพื้น ฝ้าเพดาน ท้องคาน (วัดก่อนถอดค้ำยัน) ทุกๆ ระยะ 3.0 เมตร 6 ทุกๆ ระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร 10 ค่าสูงสุดตลอดความยาว 20 2.2) ขอบบนของประตูหน้าต่าง ธรณีประตู แผงคอนกรีต ร่องในแนวราบ และเส้นที่มองเห็นได้ชัดเจน ทุกๆ ระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร 6 ค่าสูงสุดตลอดความสูง 12	
3) ความคลาดเคลื่อนของแนวอาคาร และตำแหน่งของเสา กำแพงและแผงกันต่างๆ ทุกๆ ระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร 12 ค่าสูงสุดตลอดความยาว 25	

ตารางที่ 16 ประเภทของการก่อสร้างและความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้ (ต่อ)

(ข้อ 5.11.11)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของการก่อสร้าง	ความคลาดเคลื่อนสูงสุด
4) ความคลาดเคลื่อนของขนาดและตำแหน่งช่องเปิดทั้งในพื้นและผนัง	6
5) ความคลาดเคลื่อนของขนาดหน้าตัดเสา คาน และความหนาของพื้น กำแพง	
ค่าลบ	5
ค่าบวก	10
6) ฐานราก	
6.1) ความคลาดเคลื่อนของขนาดความกว้าง ความยาว	
ค่าลบ	12
ค่าบวก	50
6.2) ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งฐานราก	ไม่เกินร้อยละ 2 ของ ขนาดฐานรากวัดใน ทิศทางที่คลาดเคลื่อน แต่ ไม่เกิน 50 มม.
6.3) ความคลาดเคลื่อนของขนาดความหนาฐานราก	
ค่าลบ	ร้อยละ 5
ค่าบวก	100
7) บันได	
7.1) ความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับขั้นบันไดในบันไดตัวเดียวกัน	
ลูกตั้ง	4
ลูกนอน	6
7.2) ความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับขั้นบันไดที่อยู่ติดกัน	
ลูกตั้ง	2
ลูกนอน	4

5.11.12 ห้ามมิให้ขึ้นไปทำการก่อสร้างบนองค์อาคารที่เทคอนกรีตเสร็จแล้วจนกว่าจะพ้น 24 ชั่วโมง
หลังจากเทคอนกรีตครั้งสุดท้ายในแบบหล่อส่วนนั้น

5.11.13 แบบหล่อที่รื้อออกแล้ว ก่อนที่จะนำมาใช้ใหม่จะต้องทำความสะอาดและตกแต่งให้เรียบร้อย
เสียก่อนจึงจะนำไปใช้อีกได้

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) มาตรฐาน มยธ. 101-2533 มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก กรมโยธาธิการ
กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533
- (2) ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต ว.ส.ท. 1014 สมาคมวิศวกรรมสถาน
แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
- (3) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008 สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย