มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้ในงานโครงสร้างอาคาร มยผ. 1101-64 ถึง มยผ. 1106-64

(ปรับปรุงครั้งที่ 1)

กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ. 2564

คำนำ

กรมโยธาธิการและผังเมืองซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจในการกำหนดมาตรฐานการก่อสร้างอาคาร ได้จัดทำมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้ในงานโครงสร้างอาคารของกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือ มยผ. 1101 ถึง 1106 เป็นมาตรฐานว่าด้วยการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ (Specifications) ของวัสดุหลักที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารประเภทต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้นเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ถือปฏิบัติสำหรับการก่อสร้างอาคารให้มีความมั่นคงแข็งแรงและเป็นไปตามหลักวิชาการซึ่งมี จำนวน 6 มาตรฐาน ประกอบด้วย

(1) มยผ. 1101 : มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก
(2) มยผ. 1102 : มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง
(3) มยผ. 1103 : มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต
(4) มยผ. 1104 : มาตรฐานงานไม้
(5) มยผ. 1105 : มาตรฐานงานฐานราก
(6) มยผ. 1106 : มาตรฐานงานเสาเข็ม

โดยได้ออกเป็น มยผ. 1101 - 52 ถึง มยผ. 1106 - 52 ซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ ได้นำมาตรฐานดังกล่าวไปถือปฏิบัติอย่างแพร่หลายเป็นต้นมา โดยช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาหน่วยงานต่าง ๆ ก็ได้มีข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการแก้ไขมาตรฐานในประเด็นที่พบว่าเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงาน ประกอบกับได้มีการพัฒนาวัสดุและผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้างชนิดใหม่ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการนำวัสดุและผลิตภัณฑ์เหล่านี้มาใช้ในงานก่อสร้างอาจไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดในมาตรฐาน กรมโยธาธิการและผังเมืองจึงได้จัดตั้งคณะทำงานขึ้นเพื่อดำเนินการรวบรวมประเด็นปัญหาจากการใช้มาตรฐานดังกล่าว วัสดุและผลิตภัณฑ์งานก่อสร้างที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่และมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย รวมถึงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่ได้มีการแก้ไขปรับปรุงใหม่ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานให้มีความเหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน เพื่อให้หน่วยงานต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ปฏิบัติต่อไปได้

กรมโยธาธิการและผังเมืองหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การปฏิบัติตามมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้ในงานโครงสร้างอาคาร หรือ มยผ. 1101 - 64 ถึง มยผ. 1106 - 64 นี้ จะทำให้การก่อสร้างอาคารในประเทศไทยมีความมั่นคงแข็งแรง อันจะนำมาซึ่งความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนมากยิ่งขึ้น

(นายพรพจน์ เพ็ญพาส)
อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

คณะทำงานเพื่อปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุ ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร มยผ. 1101-52 ถึง มยผ. 1106-52

ดร.เสกียร เจริญเหรียญ	วิศวกรใหญ่	ประธานคณะทำงาน
นายสินิทธิ์ บุญสิทธิ์	ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร	คณะทำงาน
นายสุวพงษ์ ภูนาคพันธุ์	ผู้อำนวยการสำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง	คณะทำงาน
นายชัยยา เจิมจุติธรรม	ผู้อำนวยการกองควบคุมการก่อสร้าง	คณะทำงาน
นายอุทิศ รักสัจจะ	ผู้อำนวยการกองวิเคราะห์วิจัยและทดสอบวัสดุ	คณะทำงาน
นายกนก สุจริตสัญชัย	สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ	คณะทำงาน
นายสุมล เกียงแก้ว	สำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง	คณะทำงาน
นางพีชยา ทวีเลิศ	กองวิเคราะห์วิจัยและทดสอบวัสดุ	คณะทำงาน
ดร.ธนิต ใจสอาด	สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร	คณะทำงาน และเลขานุการ
นางสาวอดินุช สินศิลาเกตุ	สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ
ดร.สุวัฒน์ รามจันทร์	สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ
นายชานนท์ โตเบญจพร	สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร	คณะทำงาน และผู้ช่วยเลขานุการ

ISBN 974 -
สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537
โดย สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร
กรมโยธาธิการและผังเมือง
ถ.พระราม 6 แขวงพญาไท
เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทร 0-2299-4329 โทรสาร 0-2299-4321

สารบัญ

	หน้าที่
มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก (มยผ. 1101-64)	1
1. ขอบเขต	1
2. นิยาม	1
3. มาตรฐานอ้างอิง	2
4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง	4
5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	9
6. เอกสารอ้างอิง	31
มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง (มยผ. 1102-64)	32
1. ขอบเขต	32
2. นิยาม	32
3. มาตรฐานอ้างถึง	33
4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง	33
5. ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือในการก่อสร้าง	39
6. ข้อกำหนดว่าด้วยหน่วยแรงที่ยอมให้และการสูญเสียของการอัดแรง	40
7. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	48
8. เอกสารอ้างอิง	50
มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต (มยผ. 1103-64)	51
1. ขอบเขต	51
2. นิยาม	51
3. มาตรฐานอ้างถึง	52
4. ข้อกำหนดสำหรับเหล็กเสริมคอนกรีต	52
5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	60
6. เอกสารอ้างอิง	70

สารบัญ

	หน้าที่
มาตรฐานงานไม้ (มยผ. 1104-64)	71
1. ขอบเขต	71
2. นิยาม	71
3. มาตรฐานอ้างถึง	72
4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง	72
5. การเก็บและส่งตัวอย่างไม้เพื่อทดสอบ	79
6. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	79
7. เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	80
8. เอกสารอ้างอิง	80
ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน	81
ผนวก ข: บัญชีรายชื่อไม้ที่เลื่อนขั้นเป็นไม้เนื้อแข็งได้โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้	84
มาตรฐานงานฐานราก (มยผ. 1105-64)	86
1. ขอบเขต	86
2. นิยาม	86
3. มาตรฐานอ้างถึง	86
4. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	87
5. เอกสารอ้างอิง	92
มาตรฐานงานเสาเข็ม (มยผ. 1106-64)	93
1. ขอบเขต	93
2. นิยาม	93
3. มาตรฐานอ้างถึง	93
4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง	94
5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	100
6. การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกและความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	107
7. เอกสารอ้างอิง	107
บฟ. มยผ. 1106-1 รายงานการตอกเสาเข็ม	108
บฟ. มยผ. 1106-1 รายงานการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ	109

มยผ. 1101-64
มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงงานโครงสร้างของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้าน โรงเรือน คลังสินค้า กำแพงกันดิน และอาคารชลประทาน นอกจากแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานจะระบุเป็นอย่างอื่น

1.2 งานคอนกรีตในมาตรฐานนี้จำกัดเฉพาะคอนกรีตมาตรฐานทั่วไป ทั้งประเภทเสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็ก สำหรับคอนกรีตสมบัติพิเศษอื่นๆ เช่น คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตไหลเข้าแบบง่าย คอนกรีตกำลังสูง หรือคอนกรีตที่ไม่สามารถใช้วิธีการออกแบบส่วนผสมโดยวิธีธรรมดา มาตรฐานนี้อาจไม่ครอบคลุมสมบัติของคอนกรีตดังกล่าวได้ทั้งหมด

1.3 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารคอนกรีต อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความประหยัด มีความมั่นคงแข็งแรงและความคงทน

1.4 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 10 นิวตัน

2. นิยาม

"การทดลองผสม" หมายถึง การทดสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตที่มีสมบัติตามที่ต้องการ

"คอนกรีต" หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสานเช่นปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุปอซโซลาน มวลรวมละเอียดเช่นทราย มวลรวมหยาบเช่นหินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

"คอนกรีตเสริมเหล็ก" หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมฝังภายในโดยที่คอนกรีตและเหล็กเสริมทำงานร่วมกันในการต้านทานแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

"คอนกรีตอัดแรง" หมายถึง คอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กเสริมรับแรงดึงสูงหรือวัสดุเสริมแรงอื่นๆ ที่ทำให้เกิดหน่วยแรง โดยมีขนาดและการกระจายของหน่วยแรงตามต้องการเพื่อที่จะหักล้างหรือลดหน่วยแรงดึงในคอนกรีตอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุก

"มวลรวม" หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตตั้งแต่ 0.075 มิลลิเมตร ขึ้นไป

"มวลรวมหยาบ" หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตกว่า 4.75 มิลลิเมตร ขึ้นไป

"มวลรวมละเอียด" หมายถึงว่า วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตตั้งแต่ 0.075 ถึง 4.75 มิลลิเมตร

"มวลรวมที่นำกลับมาใช้ใหม่" หมายถึง มวลรวมซึ่งเป็นผลมาจากการบดคอนกรีตเพื่อนำเอามวลรวมในคอนกรีตนั้นกลับมาใช้ใหม่

"วัสดุประสาน (Cementitious Materials)" หมายถึง ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมแร่ผสมเพิ่ม เมื่อนำมาผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้แข็งตัว เมื่อผสมกับมวลรวมจะเป็นคอนกรีต

"ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์" หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ได้จากการบดปูนเม็ดกับแคลเซียมซัลเฟตรูปใดรูปหนึ่งหรือหลายรูป และมีคุณลักษณะเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1

"ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน" หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมอย่างสม่ำเสมอระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลานละเอียด โดยการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลาน หรือการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลานที่บดละเอียด หรือทั้งการบดและการผสม

"ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก" หมายถึง ปูนซีเมนต์ที่ก่อตัวและแข็งตัวเนื่องจากทำปฏิกิริยากับน้ำ และมีความสามารถทำนองเดียวกันนี้เมื่ออยู่ในน้ำ และมีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2594

"ระยะหุ้ม" หมายถึง ความหนาที่น้อยที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมหรือเหล็กโครงสร้างกับผิว ของคอนกรีต

"แร่ผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures)" หมายถึง แร่ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีตเพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน เช่น เพิ่มกำลัง เพิ่มความทนทาน หรือทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ได้บางส่วน เป็นต้น

"สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures)" หมายถึง สารเคมีที่ใช้ผสมในคอนกรีต ไม่ว่าจะผสมในน้ำผสมคอนกรีตก่อนการผสมคอนกรีต หรือผสมในขณะที่ผสมคอนกรีต หรือผสมก่อนการเทคอนกรีต เพื่อเพิ่มสมบัติบางประการของคอนกรีต เช่น เพิ่มความสามารถในการทำงาน เพิ่มกำลัง หน่วงหรือเร่งการแข็งตัว เป็นต้น

"สารผสมเพิ่ม (Admixtures)" หมายถึง สารใดๆ นอกเหนือไปจากวัสดุประสาน น้ำและมวลรวม อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตไม่ว่าก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตให้ได้สมบัติตามที่ต้องการ

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

"เหล็กเสริม" หมายความว่า เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงประกอบด้วย

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

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1103: มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

3.1.3 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1201: มาตรฐานการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม

3.1.4 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1202: มาตรฐานการทดสอบหาความต้านทานต่อการสึกกร่อนของมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่องทดสอบลอสแองเจลิส

3.1.5 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1203: มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปนในมวลรวมละเอียด

3.1.6 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1204: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ความถ่วงจำเพาะ) และค่าการดูดซึมของมวลรวมหยาบ

3.1.7 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1205: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ความถ่วงจำเพาะ) และค่าการดูดซึมของมวลรวมละเอียด

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. 213: คอนกรีตผสมเสร็จ

3.1.16 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 566: มวลรวมสำหรับผสมคอนกรีต

3.1.17 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 733: สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

3.1.18 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 849: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน

3.1.19 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 850: ปอซโซลาน

3.1.20 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2135: เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต

3.1.21 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2919: คอนกรีตผสมเสร็จสำหรับสภาพแวดล้อมทางทะเล

3.1.22 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2594: ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

3.1.23 ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีตของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท. 1014)

3.1.24 มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท. 1008)

3.1.25 มาตรฐาน American Society of Testing Materials ASTM E 119 : Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials

3.1.26 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. 2549)ฯ ตามข้อ 3.1.1 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.14 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร หรือจัดทำโดยส่วนราชการ หรือจัดทำโดยสมาคมวิชาชีพที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคาร

3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามข้อกำหนดในมาตรฐานนี้จะต้องไม่ขัดกับกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549)ฯ ตามข้อ 3.1.1 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.14 ซึ่งเป็นข้อกำหนดหลัก

4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

4.1 ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้าง แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

4.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คุณลักษณะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ ซึ่งแบ่งเป็น 5 ประเภท ดังนี้

4.1.1.1 ประเภท 1 (Type I) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างทั่วไป

4.1.1.2 ประเภท 2 (Type II) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ให้ความร้อนปานกลางขณะทำปฏิกิริยากับน้ำหรือเมื่อต้องการความทนซัลเฟตปานกลาง

4.1.1.3 ประเภท 3 (Type III) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ให้ค่ากำลังอัดสูงได้เร็ว สำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องการให้รับน้ำหนักเร็ว หรืองานต้องการถอดแบบเร็วในช่วงแรก

4.1.1.4 ประเภท 4 (Type IV) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ให้ความร้อนต่ำขณะทำปฏิกิริยากับน้ำ สำหรับใช้ในงานเทคอนกรีตเป็นปริมาณมาก เช่น งานคอนกรีตหลา (Mass Concrete)

4.1.1.5 ประเภท 5 (Type V) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้เมื่อต้องการความทนซัลเฟตสูง เช่น งานคอนกรีตสัมผัสน้ำใต้ดินหรือน้ำเสียที่มีปริมาณซัลเฟตสูง

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั้งหมด ถ้าแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้กำหนดว่าเป็นปูนซีเมนต์ประเภทใด ให้ถือว่าเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

4.1.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน ใช้สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างที่ต้องการสมบัติพิเศษ เช่น ต้องการความทนซัลเฟต สมบัติและปริมาณของปอซโซลานเป็นให้ไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 849: มาตรฐานปูนซีเมนต์ปอซโซลาน

4.1.3 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้างทั่วไปเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยคุณลักษณะของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2594

4.2 มวลรวมละเอียด

4.2.1 มวลรวมละเอียดที่ใช้ ควรเป็นทรายน้ำจืดหรือทรายบกที่มีเม็ดหยาบ คม แข็งแกร่ง มีความคงตัวเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในส่วนผสมคอนกรีต สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นหรือสารอื่นเจือปนในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม

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

4.2.3 ทรายที่ใช้ในการก่อสร้างควรจะมีค่ามอดุลัสความละเอียด (Fineness Modulus) ตั้งแต่ 2.15 ถึง 3.45 แต่หากไม่อยู่ในช่วงดังกล่าว จะต้องทำการทดลองผสมเพื่อยืนยันความสามารถในการเทได้และกำลังของคอนกรีต

4.2.4 ทรายที่ใช้ต้องผ่านการทดสอบสมบัติตาม มยผ.1201 ถึง มยผ.1209

4.3 มวลรวมหยาบ

4.3.1 มวลรวมหยาบที่ใช้ต้องเป็นหินหรือกรวดที่แข็งแกร่ง ทนทาน ไม่ผุ มีความคงตัวเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในคอนกรีต สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นและสารอื่นเจือปนในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม

4.3.2 มวลรวมจะต้องมีส่วนคละและรูปร่างที่เหมาะสม

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) แผ่นพื้นและครีบ	25

แต่ทั้งนี้จะต้องไม่ใหญ่เกินกว่าร้อยละ 20 ของด้านในที่แคบที่สุดของแบบหล่อ และต้องไม่ใหญ่กว่าร้อยละ 75 ของระยะช่องว่าง (Clear Spacing) ระหว่างเหล็กเสริมแต่ละเส้นหรือแต่ละมัด

4.3.4 มวลรวมหยาบที่ใช้ต้องผ่านการทดสอบสมบัติตาม มยผ.1201 ถึง มยผ.1209

4.3.5 หากต้องการนำมวลรวมที่นำกลับมาใช้ใหม่มาใช้เป็นมวลรวมหยาบสำหรับเป็นส่วนผสมในคอนกรีต มวลรวมที่นำกลับมาใช้ใหม่จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 566: มวลรวมผสมคอนกรีต หรือมาตรฐาน ว.ส.ท. 1014: ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต ว่าด้วยเรื่องมวลรวมที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Recycled Aggregate)

4.4 น้ำ

4.4.1 น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตให้ใช้น้ำประปา

4.4.2 ในกรณีที่หาน้ำประปาไม่ได้ น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำจืดปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริม และต้องผ่านการทดสอบสมบัติตาม มยผ.1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต โดยน้ำที่จะนำมาใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นจะต้องมีปริมาณสารเจือปนไม่เกินกว่าที่กำหนดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารที่ยอมให้ในน้ำสำหรับผสมคอนกรีต

(ข้อที่ 4.4.2)

หน่วยเป็นส่วนต่อล้านส่วน (PPM)

ชื่อสาร	ปริมาณที่ยอมให้
1) คลอไรด์	
1.1) สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง หรืองานสะพาน	500
1.2) สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป	1,000
2) ซัลเฟต (SO_4)	3,000
3) ด่าง ($Na_2O + 0.658K_2O$)	600
4) สารแขวนลอย	50,000

4.5 สารผสมเพิ่ม

4.5.1 แร่ผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures) การใช้แร่ผสมเพิ่มประเภทสารปอซโซลาน เช่น เถ้าลอย ซิลิกาฟูม ก่อนนำไปใช้จะต้องมีการตรวจสอบสมบัติที่เกี่ยวข้อง เช่น ส่วนประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ เป็นต้น ส่วนแร่ผสมเพิ่มอื่นๆ ให้มีการตรวจสภาพสมบัติจำเป็นที่เกี่ยวข้อง

4.5.1.1 เถ้าลอยจากถ่านหิน (fly-ash) ที่นำมาใช้ผสมคอนกรีต จะต้องมีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 2135 : เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต

4.5.2 สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures)

4.5.2.1 สามารถใช้สารเคมีผสมเพิ่มปรับปรุงสมบัติบางประการของคอนกรีตได้ เช่น

(1) สารลดน้ำ (Water Reducers หรือ Plasticizers) หรือสารลดน้ำอย่างมาก (High-Range Water Reducers หรือ Superplasticizers) เพื่อลดปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต

โดยที่ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิม หรือเพื่อเพิ่มความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตโดยคงปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีตไว้

(2) สารเร่งการแข็งตัว (Accelerators) เพื่อลดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตให้สั้นลง

(3) สารหน่วงการแข็งตัว (Retarders) เพื่อยืดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตให้ยาวนานขึ้น

4.5.2.2 สารกักกระจายฟองอากาศ (Air-Entraining Agent) ต้องมีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 874 : สารกักกระจายฟองอากาศสำหรับคอนกรีต

4.5.2.3 สารเคมีผสมเพิ่มจะต้องมีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 733 : สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

4.5.2.4 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล ต้องมีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 985

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

4.5.2.6 การใช้สารเคมีผสมเพิ่มมากกว่า 1 ชนิดในส่วนผสมเดียวกันจะต้องคำนึงถึงผลที่มีต่อกันของสารเคมีผสมเพิ่มแต่ละชนิดด้วย ดังนั้นจึงควรปรึกษาผู้ผลิตหรือทำการทดลองผสมก่อนตัดสินใจใช้

4.5.2.7 การใช้สารเคมีผสมเพิ่มผู้รับจ้างจะต้องแสดงรายละเอียดส่วนประกอบหลักทางเคมี ข้อแนะนำในการใช้ รวมถึงปริมาณสูงสุดที่จะใช้ แต่หากไม่มีรายละเอียดดังกล่าว ผู้รับจ้างจะต้องทดลองผสมและทดสอบสมบัติต่างๆ ของคอนกรีต เช่น ความสามารถในการเท กำลังที่ระยะต้น กำลังที่ระยะยาว และความคงทน เป็นต้น และต้องได้รับการอนุมัติจากผู้ว่าจ้างก่อนนำไปใช้

4.6 คอนกรีต คอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้าง แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

4.6.1 คอนกรีตทั่วไป (Normal Concrete) เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกกับมวลรวมและน้ำตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเครื่องผสม โดยแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 และหากไม่มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น คอนกรีตที่ใช้ในโครงสร้างทั่วไปให้ใช้ชนิด ค1

4.6.2 คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-Mixed Concrete) เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมมาจากโรงงาน หรือโดยรถผสมคอนกรีตและส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งได้รับการรับรองการผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213: มาตรฐานคอนกรีตผสมเสร็จ หรือมีขั้นตอนการผลิตและรายละเอียดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213: มาตรฐานคอนกรีตผสมเสร็จ โดยมีวิศวกรระดับไม่น้อยกว่าสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ลงลายมือชื่อรับรองขั้นตอนการผลิตนั้น**4.6.3 คอนกรีตผสมเสร็จสำหรับสภาพแวดล้อมทางทะเล** เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมมาจากโรงงาน หรือโดยรถผสมคอนกรีตและส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้างในสภาพเหลวที่จ่ายไปยัง

ที่หล่อ และพร้อมใช้งานได้ทันที ใช้สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องสัมผัสกับคลอไรด์ในขณะใช้งาน เช่น โครงสร้างที่สัมผัสน้ำทะเลหรือน้ำกร่อย โครงสร้างที่สัมผัสกับคลื่นชายฝั่ง โครงสร้างที่อยู่ในบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง โครงสร้างที่สัมผัสไอทะเล หรือโครงสร้างที่สัมผัสกับดินเค็ม โดยมีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2919: คอนกรีตผสมเสร็จสำหรับสภาพแวดล้อมทางทะเล

ตารางที่ 3 ชนิดของคอนกรีต และค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด

(ข้อ 4.6.1)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

ชนิดของคอนกรีต	กำลังอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตมาตรฐานที่อายุ 28 วัน	
	ลูกบาศก์ 150×150×150 มม.	ทรงกระบอก ∅ 150×300 มม.
ค1	18.0 (180)	15.0 (150)
ค2	21.0 (210)	18.0 (180)
ค3	24.0 (240)	21.0 (210)
ค4	28.0 (280)	24.0 (240)
ค4-5	30.0 (300)	25.0 (250)
ค5	32.0 (320)	28.0 (280)
ค6	35.0 (350)	30.0 (300)
ค7	38.0 (380)	32.0 (320)
ค8	40.0 (400)	35.0 (350)
ค9	42.0 (420)	38.0 (380)
ค10	45.0 (450)	40.0 (400)
ค11	50.0 (500)	45.0 (450)
ค12	55.0 (550)	50.0 (500)

4.7 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต คุณลักษณะให้เป็นไปตาม มยผ. 1103 : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

ในการก่อสร้างจะต้องมีการควบคุณภาพของคอนกรีตทุกขั้นตอนเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการเตรียมวัสดุ การกำหนดส่วนผสม การผสม การลำเลียง การเท การทำให้แน่น การบ่ม และอื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคอนกรีตที่มีความแข็งแรงและคงทนตามที่ต้องการ

ในกรณีที่แบบและรายละเอียดการก่อสร้างไม่ได้ระบุลักษณะความคงทนไว้ และโครงการก่อสร้างอยู่ในพื้นที่หรือเงื่อนไขที่จะต้องพิจารณาความคงทนของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กให้มีอายุการใช้งานที่ไม่ต้องการซ่อมแซมไม่น้อยกว่า 25 ปี ให้พิจารณาลักษณะของความคงทนตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมเป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมของโครงสร้าง

ลักษณะของงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อม	ลักษณะของความคงทนที่ต้องพิจารณา
1. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำจืด	
ก) ใต้น้ำ	ไม่มี
ข) เผชิญวัฏจักร เปียกสลับแห้ง	การเป็นสนิมของเหล็กเสริม
ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัสละอองน้ำได้	การต้านทานคาร์บอเนชั่นหรือการเป็นสนิมของเหล็กเสริม
2. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำกร่อย	
ก) ใต้น้ำ	การต้านทานซัลเฟตและคลอไรด์
ข) เผชิญวัฏจักร เปียกสลับแห้ง	การต้านทานคลอไรด์
ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัสละอองน้ำได้	การต้านทานคาร์บอเนชั่น หรือการต้านทานคลอไรด์
3. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำทะเล	
ก) ใต้น้ำ	การต้านทานซัลเฟตและคลอไรด์
ข) เผชิญวัฏจักร เปียกสลับแห้ง	การต้านทานคลอไรด์
ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัสละอองน้ำได้	การต้านทานคลอไรด์ และการต้านทานคาร์บอเนชั่น
4. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำเสีย	การต้านทานกรดซัลฟุริก และการต้านทานซัลเฟต
5. งานก่อสร้างใต้ดิน	การต้านทานซัลเฟต

ตารางที่ 4 (ต่อ) สมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมของโครงสร้าง

ลักษณะของงานก่อสร้าง และสภาพแวดล้อม	ลักษณะของความคงทนที่ต้องพิจารณา
6. โครงสร้างที่ติดผิวดิน (เช่น ตอม่อ คานคอดิน เป็นต้น) ก) เผชิญคลอไรด์ ข) ไม่เผชิญคลอไรด์	การเป็นสนิมของเหล็กเสริม และการต้านทานคลอไรด์ การเป็นสนิมของเหล็กเสริม
7. โครงสร้างที่สัมผัสบรรยากาศภายนอก (เผชิญกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)	การต้านทานคาร์บอเนชั่น
8. งานก่อสร้างในบรรยากาศที่ต้องคำนึงถึงการหดตัวแบบแห้ง (มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100%)	การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง
9. งานก่อสร้างคอนกรีตหลา เช่น เขื่อน ฐานรากขนาดใหญ่ และโครงสร้างที่มีความหนามาก	การแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิ
10. ชิ้นส่วนบางต่อเนื่องที่มีการยึดรั้ง	การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัว
11. ลักษณะของงานคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่ำหรือมีความทึบน้ำสูง	การหดตัวแบบออโตจีเนียส
12. งานก่อสร้างที่สัมผัสสารเคมีอื่น	ความสามารถในการต้านสารเคมีที่เกี่ยวข้อง

หากโครงสร้างคอนกรีตได้รับการเคลือบผิวในด้านที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อม เช่น เคลือบผิวด้วยอีพ็อกซี่ ฉาบปูน ติดกระเบื้อง หรือทาสี โดยมีการบำรุงรักษาวัสดุเคลือบผิวเป็นอย่างดีในช่วงการใช้งานโครงสร้าง จะทำให้โครงสร้างคอนกรีตที่ได้รับการเคลือบผิวนั้น และอยู่ในลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมที่ 1 ถึงที่ 8 ที่ 11 และที่ 12 มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น

5.1 การเตรียมวัสดุ

5.1.1 ปูนซีเมนต์

5.1.1.1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องบรรจุถุงเรียบร้อย หรือเป็นปูนซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิต

5.1.1.2 ปูนซีเมนต์บรรจุถุง ต้องเก็บไว้บนพื้นที่ยกสูงกว่าพื้นดินอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ในโรงที่มีหลังคาคลุม และมีฝากั้นกันฝนได้ดี

5.1.1.3 ห้ามใช้ปูนซีเมนต์เสื่อมคุณภาพ เช่น ปูนซีเมนต์ซึ่งแข็งตัวจับกันเป็นก้อน เป็นต้น

5.1.1.4 ปูนซีเมนต์ที่ถูกเก็บไว้นานควรจะได้รับการทดสอบคุณภาพก่อนนำไปใช้

5.1.1.5 ในโครงสร้างชิ้นเดียวกัน เช่น เสา คาน พื้น เป็นต้น ไม่ควรใช้ปูนซีเมนต์ต่างประเภทผสมคอนกรีตปนกัน

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 ให้ใช้ปูนซีเมนต์ 1 ลิตร ต่อน้ำขุ่น 200 ลิตร ผสมทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หรือจนตกตะกอนนอนก้นหมดแล้ว จึงตักเอาน้ำใสมาใช้ได้แต่ทั้งนี้ น้ำต้องผ่านการทดสอบสมบัติตาม มยผ. 1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต

5.1.4 สารผสมเพิ่ม

5.1.4.1 การเก็บสารผสมเพิ่มต้องระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อน

5.1.4.2 ไม่ใช้สารผสมเพิ่มที่มีการเสื่อมสภาพหรือมีสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว

5.1.4.3 ควรป้องกันสารผสมเพิ่มที่เป็นของเหลวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มากเกินไปอันจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารผสมเพิ่ม

5.2 ส่วนผสมคอนกรีต

5.2.1 ก่อนการใช้งานคอนกรีตจริง ควรทดลองหาส่วนผสมล่วงหน้า โดยส่วนผสมที่เหมาะสมให้พิจารณาจากคุณภาพของวัสดุเป็นคราวๆ ไป

5.2.2 การเลือกส่วนผสมให้ถือหลักดังนี้

5.2.2.1 ในกรณีที่ไม่ได้มีการทดลองผสมโดยวิศวกร ปริมาณปูนซีเมนต์สำหรับคอนกรีตชนิด ค1 ค2 และ ค3 ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต

(ข้อ 5.2.2.1)

หน่วยเป็นกิโลกรัม

ชนิดของคอนกรีต	ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม.
ค1	290
ค2	300
ค3	320

สำหรับกรณีที่มีการทดลองผสมหรือเป็นคอนกรีตชนิดอื่นนอกเหนือจากตารางที่ 5 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมจะต้องกำหนดโดยวิศวกรผู้ออกแบบส่วนผสมซึ่งจะต้องพิจารณาสมบัติของคอนกรีตและการใช้งานที่เหมาะสมด้วย และกำลังอัดประลัยที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อที่ 5.2.3

5.2.2.2 ปริมาณน้ำไม่ควรใช้มากเกินไปอันจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงและความคงทนลดลง หรือเกิดการเยิ้มหรือการแยกตัวของส่วนผสมจนเป็นปัญหาต่อการเท ปริมาณน้ำที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่ายุบตัวของคอนกรีตที่ต้องการตามการใช้งานและขนาดของมวลรวมหยาบในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ตามที่แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในส่วนผสมคอนกรีต[1)]

(ข้อ 5.2.2.2)

หน่วยเป็นลิตร

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

หมายเหตุ [1)] เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่ได้มีการผสมสารลดน้ำหรือสารลดน้ำอย่างมาก หรือมีการผสมแร่ผสมเพิ่ม อาจต้องใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวที่ต้องการ

5.2.2.3 กรณีที่ต้องการให้คอนกรีตมีความคงทน อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (Water to Cementitious Material Ratio, W/CM) โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาในสภาวะการใช้งานของคอนกรีตควรมีค่าไม่เกินที่กำหนดไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานในสภาวะการใช้งานต่าง ๆ กัน

(ข้อ 5.2.2.3)

ประเภทคอนกรีตที่ต้องการ	อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ยอมให้
1) คอนกรีตที่ต้องการความทึบน้ำ	0.50
2) คอนกรีตที่ต้องการความต้านทานซัลเฟต	
2.1 โซเดียมซัลเฟต	
2.1.1 เสี่ยงต่อซัลเฟตปานกลาง (ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินตั้งแต่ร้อยละ 0.1ถึง 0.2 หรือปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 150 ถึง 1,500 ppm.)	0.50
2.1.2 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรง (ปริมาณซัลเฟต ที่ละลายน้ำได้ในดินตั้งแต่ร้อยละ 0.2 ถึง 2.0 หรือ ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 1,500 ถึง 10,000 ppm.)	0.45
2.1.3 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรงมาก (ปริมาณซัลเฟต ที่ละลายน้ำได้ในดินมากกว่าร้อยละ 2.0 หรือปริมาณซัลเฟตในน้ำมากกว่า 10,000 ppm.)	0.40
2.2 แมกนีเซี่ยมซัลเฟต	
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 ppm. ถึง ค่าอิ่มตัว)	0.40
3) คอนกรีตที่ต้องการความต้านทานการซึมผ่านของ คลอไรด์	
3.1 กรณีที่ระยะหุ้มคอนกรีตได้ตามตารางที่ 13	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 ชนิดของงานก่อสร้างและปริมาณคลอไรด์ไอออน[2] ที่ยอมให้

(ข้อ 5.2.2.4)

หน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักวัสดุประสาน

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

หมายเหตุ [2] เป็นปริมาณคลอไรด์ที่มาจากส่วนผสมคอนกรีต ไม่ใช่ที่ได้มาจากสภาพแวดล้อม

5.2.3 กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสม ต้องมีการเผื่อจากค่ากำลังอัดประลัยที่กำหนดในแบบก่อสร้างหรือกำลังอัดประลัยที่ต้องการโดยให้ถือหลักดังนี้

5.2.3.1 กรณีมีข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กรณีใช้ข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(ข้อ 5.2.3.1)

ชนิดของคอนกรีต	กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ไม่ต่ำกว่า
ค1	กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 1.34s เมกาปาสกาล หรือ กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 2.33s – 3.45 เมกาปาสกาล โดยให้ใช้ค่าที่มากกว่า
ค2	
ค3	

ตารางที่ 9 (ต่อ) กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กรณีใช้ข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(ข้อ 5.2.3.1)

ชนิดของคอนกรีต	กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ไม่ต่ำกว่า
ค4	กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 1.34s เมกาปาสกาล หรือ กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 2.33s – 3.45 เมกาปาสกาล โดยให้ใช้ค่าที่มากกว่า
ค4-5	
ค5	
ค6	
ค7	
ค8	
ค9	กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 1.34s เมกาปาสกาล หรือ 0.90 เท่าของกำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 2.33s เมกาปาสกาล โดยให้ใช้ค่าที่มากกว่า
ค10	
ค11	
ค12	

เมื่อ s หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการทดสอบกำลังอัดประลัยของแท่งตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐาน จำนวน 30 ตัวอย่างติดต่อกัน โดยใช้ส่วนผสมคอนกรีตที่ออกแบบไว้สำหรับกำลังอัดประลัยที่ต้องการ โดยผลการทดสอบต้องมีอายุไม่เกิน 1 ปี หรือต้องมีการทดสอบเพื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใหม่ทุก ๆ ครั้งที่มีการเปลี่ยนแหล่งวัสดุ (เมกาปาสกาล)

5.2.3.2 กรณีไม่มีข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กรณีไม่มีข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(ข้อ 5.2.3.2)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

ชนิดของคอนกรีต	กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ไม่ต่ำกว่า
ค1	กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 7.0 (70)
ค2	
ค3	กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 8.5 (85)
ค4	
ค4-5	

ตารางที่ 10 (ต่อ) กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กรณีไม่มีข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(ข้อ 5.2.3.2)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

ชนิดของคอนกรีต	กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ไม่ต่ำกว่า
ค5	กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 8.5 (85)
ค6	
ค7	
ค8	
ค9	1.1 เท่าของกำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 5.0 (50)
ค10	
ค11	
ค12	

<u>หมายเหตุ</u> กำลังอัดประลัยที่ต้องการ ให้เป็นไปตามตารางที่ 3 ชนิดของคอนกรีต และค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด

5.3 การผสมคอนกรีต

5.3.1 การผสมคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้าง ให้ผสมด้วยเครื่องผสม และการผสมแต่ละครั้งให้ผสมต่อปูนซีเมนต์ 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 มีความข้นเหลวพอเหมาะที่สามารถเทและทำให้แน่นได้

5.4 การลำเลียงและการเทคอนกรีต

5.4.1 ต้องตรวจดูแบบหล่อและการวางเหล็กเสริมว่ามั่นคง และถูกต้องตามแบบรายละเอียดพร้อมทั้งทำความสะอาดให้ปราศจากเศษวัสดุที่อยู่ในแบบที่จะเท และอุดรอยรั่วต่างๆ เพื่อมิให้น้ำปูนหนีออก เรียบร้อยแล้วจึงจะทำการเทคอนกรีตได้

5.4.2 การลำเลียงคอนกรีตต้องทำด้วยความระมัดระวัง โดยใช้วิธีการลำเลียงคอนกรีตที่เหมาะสม และไม่ทำให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีต ตามข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

5.4.2.1 เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับเดียวกับบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยคนงาน รถเข็น รถผสมคอนกรีต สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

5.4.2.2 เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับสูงกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยราง สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

5.4.2.3 เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับต่ำกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยใช้รอก ใช้ลิฟท์ รถเครน ทาวเวอร์เครน สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

5.4.2.4 เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ห่างจากบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ต้องใช้วิธีการลำเลียงโดยรถโม่ขนคอนกรีตมาส่งที่หน่วยงาน และลำเลียงต่อไปสู่บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตด้วยวิธีอื่นที่เหมาะสม

5.4.3 การเทคอนกรีตต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีต

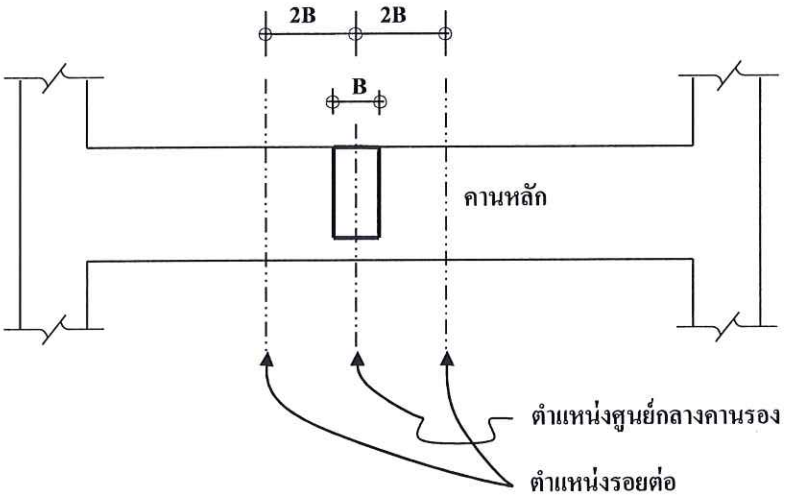
5.4.4 คอนกรีตที่ผสมแล้วต้องรีบนำไปเทลงในแบบโดยเร็ว ก่อนที่คอนกรีตนั้นจะแข็งตัว (โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 30 นาที ยกเว้นจะมีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มที่สามารถยืดเวลาการก่อตัวของคอนกรีตออกไปได้) และต้องระมัดระวังมิให้เหล็กเสริมเคลื่อน หรือเปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม

5.4.5 ถ้าหากเทคอนกรีตในโครงสร้าง ส่วนหนึ่งส่วนใดไม่เสร็จในรวดเดียวแล้ว ต้องหยุดเทคอนกรีตตามที่ผู้ควบคุมงานกำหนดหรือตามตำแหน่ง ดังนี้

5.4.5.1 สำหรับเสา ที่ระดับไม่เกิน 75 มิลลิเมตร ต่ำจากท้องคานหัวเสา

5.4.5.2 สำหรับคานและแผ่นพื้นที่ช่วงกลางเมื่อแบ่งช่วงคานหรือแผ่นพื้นเป็นสามส่วน (Mid – Third) โดยใช้ไม้กั้นตั้งฉาก

5.4.5.3 ในกรณีที่คานรองตัดกับคานหลักให้กำหนดรอยต่อให้ห่างจากคานรองออกไปอีกเป็นระยะ 2 เท่าของความกว้างของคานรองตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเลื่อนรอยต่อในการหยุดเทคอนกรีตเมื่อรอยต่อเดิมตรงกับคานรอง

5.4.5.4 ที่ตำแหน่งรอยต่อ ให้ทำผิวคอนกรีตให้หยาบ ตามวิธีที่ได้รับการรับรองแล้ว จนเห็นเม็ดหินโผล่โดยตลอด ปราศจากฝ้าน้ำปูน หรือเศษหิน ปูนทราย ที่หลุดร่วง ล้างผิวที่ทำหยาบนั้นด้วยน้ำสะอาดทันที ก่อนเทคอนกรีตใหม่ให้พรมน้ำที่ผิวคอนกรีตให้ชื้นแต่ไม่เปียกโชก

5.4.6 ห้ามเทคอนกรีตในขณะที่มีฝนตกเว้นแต่จะมีที่ป้องกันฝน

5.5 การทำให้คอนกรีตแน่นตัว

เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือนชนิดจุ่ม เพื่อทำให้คอนกรีตแน่นตัวควรปฏิบัติ ดังนี้

5.5.1 ให้จุ่มปลายขึ้นลงตรงๆ ช้าๆ การจุ่มต้องจุ่มจนสุดชั้นคอนกรีตที่เทใหม่ และเลยเข้าไปในชั้นใต้เล็กน้อย

5.5.2 ให้จุ่มหัวสั่นสะเทือนเป็นจุด ๆ ระยะห่างตั้งแต่ 450 ถึง 750 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาจุ่มนาน 5 ถึง 15 วินาที

5.5.3 การถอนหัวสั่นสะเทือนขึ้น ให้ถอนช้าๆ ประมาณ 75 มิลลิเมตรต่อวินาที

5.5.4 ในการจุ่ม ต้องระวังอย่าให้หัวสั่นสะเทือนถูกแบบหล่อและเหล็กเสริมเพราะจะทำให้แบบหล่อเสียรูป หรือเหล็กเสริมเคลื่อนผิดตำแหน่งได้

5.5.5 ห้ามจุ่มหัวสั่นสะเทือนทิ้งไว้นานเกินไป หรือจุ่มซ้ำที่บริเวณเดียวกัน เพราะจะทำให้คอนกรีตแยกตัว ห้ามลากไปในเนื้อคอนกรีตและห้ามใช้เกลี่ยคอนกรีต

5.6 การบ่มคอนกรีต

เมื่อเทคอนกรีตเสร็จแล้ว ในระหว่างที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัวต้องปกคลุมมิให้ถูกแสงแดดและกระแสลมร้อน และต้องป้องกันมิให้คอนกรีตได้รับความสะเทือน 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 กรณีคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกชนิดใช้งานทั่วไป ต้องบ่มตลอดเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 7 วันหลังจากการเทเสร็จสิ้น และไม่น้อยกว่า 3 วัน สำหรับกรณีใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ส่วนคอนกรีตที่มีวัสดุปอซโซลานผสมจะต้องบ่มเกินกว่า 7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุปอซโซลานที่ใช้วิธีการบ่มแบบเปียก ได้แก่

(1) การขังน้ำ การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในแนวราบ เช่น แผ่นพื้น ดาดฟ้า พื้นสะพาน ถนนทางเท้า เป็นต้น

(2) การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม เป็นการนำผ้าใบ ผ้ากระสอบ ฟาง หรือขี้เลื่อย คลุมให้ทั่วและฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ กรณีที่ใช้ผ้าใบ สีของผ้าใบควรเป็นสีขาวหรือสีอ่อน เพราะสามารถสะท้อนความร้อนได้ดี หรือกรณีใช้ฟางหรือขี้เลื่อย ความหนาของฟางหรือขี้เลื่อยไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร การบ่มโดยวิธีนี้ใช้ได้ทั้งกับโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบและแนวดิ่ง

(3) การฉีดหรือพรมน้ำ การบ่มโดยวิธีนี้ใช้ได้ทั้งสำหรับโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบและแนวดิ่ง เช่น ผนัง กำแพง พื้น เป็นต้น

5.6.3.2 การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต

(1) การใช้กระดาษกันน้ำซึมได้คลุม กระดาษที่ใช้ควรเป็นกระดาษเหนียวเป็นชั้น ยึดติดกันด้วยกาวประเภทยางมะตอยและเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในแนวราบ

(2) การใช้แผ่นพลาสติกคลุม แผ่นพลาสติกที่ใช้เป็นแผ่นโพลีเอธีลิน หนาไม่น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับงานโครงสร้างที่ไม่เน้นความสวยงามของผิว เช่น รางน้ำ ถนน เป็นต้น

(3) การใช้สารเคมี ทำได้โดยฉีดพ่นสารเคมีสำหรับการบ่มลงบนผิวหน้าของคอนกรีตที่ต้องการบ่มและควรฉีดพ่นซ้ำมากกว่า 1 เที่ยว เพื่อให้แผ่นฟิล์มเคลือบผิวหน้าคอนกรีตมีความหนาเพียงพอ และควรฉีดพ่นทันทีที่ผิวหน้าคอนกรีตเริ่มแห้ง เพื่อไม่ให้น้ำที่ค้างบนผิวหน้าระเหยจนแห้ง การบ่มโดยวิธีนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อไม่สามารถบ่มคอนกรีตแบบอื่นได้

5.6.3.3 การบ่มแบบเร่งกำลัง

(1) การบ่มด้วยไอน้ำที่ความดันต่ำ (Low Pressure Steam Curing) อุณหภูมิที่ใช้อยู่ระหว่าง 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 ถ้าเนื้อคอนกรีตมีลักษณะเป็นรูพรุน หรือขรุขระก่อนที่จะดำเนินการต่อไปให้แจ้งผู้ควบคุมงานตรวจสอบพิจารณาเสียก่อน

5.7.2 เมื่อต้องการจะฉาบปูนทับผิวหน้าคอนกรีต ทำให้ผิวหน้าคอนกรีตให้ขรุขระ ราดน้ำให้ชื้นแล้วจึงฉาบปูน เมื่อฉาบปูนเสร็จแล้ว ให้มีการป้องกันผิวหน้าแห้ง เป็นเวลาต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 วัน

5.7.3 การฉาบปูนภายในของผิวคอนกรีตที่จะใช้ขังน้ำ ให้ฉาบปูนขัดมัน ส่วนผิวคอนกรีตภายนอกให้ฉาบปูนตกแต่งให้เรียบร้อยหรือตามที่ได้ระบุไว้ในแบบรายละเอียด

5.8 การหล่อตัวอย่างคอนกรีตและการทดสอบ

5.8.1 ในการเทคอนกรีตต้องทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ทุกครั้งที่เปลี่ยนอัตราส่วนผสมของน้ำกับปูนซีเมนต์หรือผู้ควบคุมงานเห็นว่า คอนกรีตข้นหรือเหลวเกินไป วิธีการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตให้เป็นไปตาม มยผ.1209: มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต ค่าการยุบตัวของคอนกรีตควรเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 11 ข้อแนะนำสำหรับค่าการยุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือน

ตารางที่ 11 ข้อแนะนำสำหรับค่าการยุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือน

(ข้อ 5.8.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

5.8.2 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพให้ดำเนินการต่อหน้าผู้ควบคุมงานและปฏิบัติตาม มยผ.1208: มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างานและการเก็บรักษา

5.8.3 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่จะทดสอบ ให้เก็บทุกวันเมื่อมีการเทคอนกรีต และอย่างน้อยต้องเก็บ 3 ก้อน เพื่อทดสอบกำลังคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วันหรือตามที่ผู้ออกแบบกำหนด โดยใช้วิธีการเก็บ ดังนี้

5.8.3.1 เก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง ในแต่ละวันที่มีการเทคอนกรีต แต่ถ้าคอนกรีตที่เทในวันนั้นมีปริมาณน้อยกว่า 5 ลูกบาศก์เมตร และไม่เป็นไปตามข้อ 5.8.3.2 ข้อ 5.8.3.3 หรือข้อ 5.8.3.4 จะไม่เก็บตัวอย่างคอนกรีตก็ได้ แต่ทั้งนี้จำนวนตัวอย่างคอนกรีตทั้งหมดจะต้องไม่น้อยกว่าจำนวนที่เก็บตามข้อ 5.8.3.5

5.8.3.2 เก็บตัวอย่างคอนกรีตเมื่อมีการเทคอนกรีตในแต่ละส่วนของโครงสร้าง

5.8.3.3 เก็บตัวอย่างคอนกรีตเมื่อมีการเทคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยต่างกัน

5.8.3.4 เก็บตัวอย่างคอนกรีตทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งทราย หรือหิน-กรวด

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

5.8.4 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากลักษณะการผสมต่างๆ ให้กระทำ ดังนี้

5.8.4.1 การเก็บจากเครื่องผสม (โม่) ที่ประจำอยู่ในที่ก่อสร้างให้เก็บตัวอย่างจากช่วงกลางๆ ของปริมาณคอนกรีตที่เทลงในภาชนะรองรับ (กระบะหรือรถเข็นปูน)

5.8.4.2 การเก็บจากเครื่องผสมสำหรับเทพื้นถนน ให้เก็บหลังจากเทคอนกรีตจากเครื่องผสมลงบนพื้นที่เตรียมไว้ โดยเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากหลายๆ บริเวณ โดยให้มีปริมาณมากพอที่จะใช้เป็นตัวแทนเพื่อทดสอบได้ ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้มีการปนเปื้อนของวัสดุอย่างอื่นด้วย

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

5.9 การพิจารณาผลการทดสอบ

5.9.1 คอนกรีตที่หล่อแล้วจะยอมรับได้ต่อเมื่อผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตทดลองมาตรฐาน ที่เก็บมาเมื่ออายุครบ 28 วันหรือตามที่ผู้ออกแบบกำหนด นั้น เป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

5.9.1.1 กำลังอัดประลัยเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตทั้งสามก้อนต่อเนื่องกันให้ค่าเท่ากับหรือสูงกว่ากำลังอัดประลัยตามชนิดของคอนกรีตที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 หรือกำลังอัดประลัยที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ

5.9.1.2 กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตแต่ละก้อน จะต่ำกว่ากำลังอัดประลัยตามชนิดของคอนกรีตที่ต้องการ ได้ไม่เกิน 3.5 เมกาปาสกาล (35 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) สำหรับคอนกรีตชนิดที่มีค่ากำลังอัดประลัยไม่เกิน 35 เมกาปาสกาล (350 กิโลกรัมแรงต่อ

ตารางเซนติเมตร) หรือต่ำกว่าได้ไม่เกินร้อยละ 10 ของค่ากำลังอัดประลัยที่ต้องการ สำหรับคอนกรีตชนิดที่มีค่ากำลังอัดประลัยมากกว่า 35 เมกาปาสกาล (350 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

สำหรับคอนกรีตที่ผู้ออกแบบกำหนดค่ากำลังอัดประลัยที่ 28 วัน หากมีการทดสอบกำลังของคอนกรีตเมื่ออายุ 7 วัน ค่ากำลังอัดประลัยของแต่ละก้อนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของค่าที่กำหนดเมื่ออายุครบ 28 วัน อย่างไรก็ตามการพิจารณาตัดสินกำลังคอนกรีตขั้นสุดท้าย ถือเมื่อก้อนคอนกรีตอายุครบ 28 วัน เป็นเกณฑ์

5.9.2 หากปรากฏว่าค่ากำลังอัดประลัยของผลการทดสอบดังที่ได้กล่าวมาแล้วไม่เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 5.9.1 จะต้องทำการสกัดหรือรื้อส่วนที่เทคอนกรีตไปแล้วนั้นออกเสียแล้วจัดการหล่อใหม่โดยใช้คอนกรีตซึ่งมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่าที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 หรือกำลังอัดประลัยที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ หรือดำเนินการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงขององค์อาคารดังต่อไปนี้

5.9.2.1 ดำเนินการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโครงสร้างหรือการทดสอบเพิ่มเติม หรือใช้ทั้งสองส่วนควบคู่กันไป แล้วแต่กรณี

5.9.2.2 การทดสอบตัวอย่างที่ได้จากการเจาะโครงสร้างที่ต้องการตรวจสอบ (Core Test) โดยให้ดำเนินการตาม มยผ. 1210 : มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต ว่าด้วยเรื่องการทดสอบตัวอย่างที่ได้จากการเจาะ โดยกำลังอัดประลัยของตัวอย่างที่ได้จากการเจาะโครงสร้าง เฉลี่ยแล้วต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 ของกำลังอัดประลัยที่กำหนดไว้และกำลังอัดประลัยของตัวอย่างแต่ละก้อนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 ของกำลังอัดประลัยที่กำหนดไว้

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 กรณีที่ต้องการประเมินกำลังอัดของคอนกรีตที่เท โดยการทดสอบแบบไม่ทำลายสามารถอ้างอิงวิธีการทดสอบตาม มยผ.1502-51 ถึง มยผ.1504-51 แต่ทั้งนี้หากต้องการทราบค่ากำลังอัดที่แท้จริงสามารถดำเนินการทดสอบตามข้อ 5.9.2.2 ได้

5.9.4 การทดสอบหาค่ากำลังอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานนั้น จะต้องดำเนินการโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือส่วนราชการอื่นใด หรือนิติบุคคลซึ่งมีวิศวกรระดับสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร รับรองผลการทดสอบ

5.10 ระยะหุ้ม

การกำหนดระยะหุ้มเหล็กเสริมจะต้องกำหนดให้คอนกรีตสามารถป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมได้ตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีต ซึ่งจะต้องพิจารณาจากความคงทนของคอนกรีตและสภาพแวดล้อมที่เผชิญ โดยระยะหุ้มเหล็กเสริมน้อยที่สุดสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$C_{min} = \alpha\, C_0 \qquad (1)$$

โดยที่ C_{min} คือ ระยะหุ้มน้อยที่สุด

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม ตามตารางที่ 12

C_0 คือ ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไป ตามตารางที่ 13 และตารางที่ 14

ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม

(ข้อ 5.10)

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

<u>หมายเหตุ</u> [3)] ยกเว้นกรณีที่ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไปต่ำกว่า 20 มม. และกรณีที่ต้องเผชิญกับสภาวะซัลเฟตตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไปให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริมเท่ากับ 1.0

โดยระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไปตามงานก่อสร้างประเภทต่างๆ ในกรณีที่ไม่ได้มีการกำหนดรายละเอียดไว้ ให้ใช้ตามตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อในที่

(ข้อ 5.10)

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	30
ในเสา	
- เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว	35
คอนกรีตเปลือกบางและพื้นแผ่นพับ	
-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม. ขึ้นไป	20
-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	15
4) คอนกรีตที่หล่อในน้ำ	100

ตารางที่ 14 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ

(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มต่ำสุด
1) คอนกรีตที่สัมผัสดิน หรือถูกแดดฝน	
ในแผ่นผนัง	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป.	40
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	20
ในองค์อาคารชนิดอื่น	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	50
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มม. ถึง 36 มม.	40
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	30

ตารางที่ 14 (ต่อ) ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ

(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มต่ำสุด
2) คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน	
ในแผ่นพื้นผนัง และตง	
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป	35
- สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า	15
ในคานและเสา	
- เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้งในเสา	25
- เหล็กลูกตั้ง เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว	30
คอนกรีตเปลือกบางและพื้นแผ่นพับ	
-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ขึ้นไป	15
-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	10

ตารางที่ 15 ระยะหุ้มเหล็กเสริมธรรมดา เหล็กเสริมอัดแรง ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง และอุปกรณ์ยึดเหล็กเสริมในงานคอนกรีตอัดแรง

(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มต่ำสุด
1) คอนกรีตที่หล่อติดกับดินโดยใช้ดินเป็นแบบและผิวคอนกรีตสัมผัสกับดินตลอดเวลาที่ใช้งาน	75
2) คอนกรีตที่สัมผัสดิน หรือถูกแดดฝน	
ในแผ่นพื้นผนัง และตง	25
ในองค์อาคารชนิดอื่น	38
3) คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน	
ในแผ่นพื้นผนัง และตง	20
ในคานและเสา	
- เหล็กเสริมหลัก เหล็กลูกตั้งในเสา	38
-เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว	25

ตารางที่ 15 (ต่อ) ระยะหุ้มเหล็กเสริมธรรมดา เหล็กเสริมอัดแรง ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง และอุปกรณ์ยึดเหล็กเสริมในงานคอนกรีตอัดแรง

(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของงานก่อสร้าง	ระยะหุ้มต่ำสุด
คอนกรีตเปลือกบางและพื้นแผ่นพับ -สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ขึ้นไป	เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ แต่ไม่น้อยกว่า 20 มม.
-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า	10

สำหรับชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงซึ่งสัมผัสกับดิน บรรยากาศภายนอก หรือสภาพแวดล้อมที่รุนแรง และใช้หน่วยแรงดึงที่ยอมให้มากเกินกว่า $1.59\sqrt{f'_c}$ แล้วระยะคอนกรีตหุ้มที่น้อยที่สุดจะต้องเพิ่มขึ้นจากข้อกำหนดอีกร้อยละ 50

ในกรณีที่เป็นโครงสร้างหลักของอาคารตามกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ.2549) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ระยะหุ้มเหล็กเสริมของโครงสร้างหลักของอาคารดังกล่าวเมื่อพิจารณาตามสมการที่ 1 ตารางที่ 13 ตารางที่ 14 และตารางที่ 15 แล้วจะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 15 และในกรณีโครงสร้างหลักมีขนาดระหว่างขนาดที่กำหนดในตารางที่ 15 ให้คำนวณหาความหนาน้อยที่สุดของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมโดยวิธีเทียบอัตราส่วน และหากต้องการให้โครงสร้างหลักมีความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมน้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 16 จะต้องใช้วัสดุอื่นหุ้มเพิ่มเติมหรือต้องป้องกันโดยวิธีอื่นเพื่อช่วยทำให้เสาหรือคานมีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสามชั่วโมง และตงหรือพื้นต้องมีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง โดยจะต้องมีเอกสารรับรองอัตราการทนไฟจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต โดยวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E 119 หรือ ISO 834

ตารางที่ 16 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับโครงสร้างหลักให้สามารถทนไฟได้ตามกฎหมาย ว่าด้วยการควบคุมอาคาร

(ข้อ 5.10)

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
2) คอนกรีตอัดแรง	
2.1) คานชนิดดึงลวดก่อน	75
2.2) คานชนิดดึงลวดภายหลัง	
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) พื้นชนิดดึงลวดก่อนที่มีความหนาตั้งแต่ 115 มิลลิเมตรขึ้นไป	40
2.4) พื้นชนิดดึงลวดภายหลังที่มีความหนาตั้งแต่ 115 มิลลิเมตรขึ้นไป	
จ) ขอบไม่เหนี่ยวรั้ง (Unrestrained)	40
ฉ) ขอบเหนี่ยวรั้ง (Restrained)	20

5.11 แบบหล่อ

5.11.1 แบบหล่อต้องทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่ผุ ไม่คดงอ เช่น เหล็ก ไม้ เป็นต้น

5.11.2 ห้ามใช้ดินขุดแทนแบบหล่อในแนวตั้ง เว้นแต่เป็นงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ ไดอะเฟรมวอล์ หรือได้รับการอนุมัติจากผู้ว่าจ้าง

5.11.3 แบบหล่อต้องเข้าแบบให้สนิทเพื่อกันน้ำปูนรั่ว ผิวด้านในของแบบที่ถูกกับคอนกรีตต้องเรียบ ต้องล้างให้สะอาดก่อนลงมือเทคอนกรีตเสมอ และลบมุมชิ้นส่วนคอนกรีตชิ้นส่วนคอนกรีตที่เป็นมุมแหลม นอกจากจะมีข้อกำหนดห้ามไว้

5.11.4 จัดให้มีช่องว่างเปิดชั่วคราวที่ด้านล่างของแบบหล่อคอนกรีตเสาหรือผนังเพื่อให้สามารถทำความสะอาด หรือตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต

5.11.5 ต้องยึดลิ่มสำหรับปรับแต่งระดับหรือระยะของแบบหล่อให้แน่นอยู่กับที่ได้ ภายหลังจากการตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนการเทคอนกรีต

5.11.6 แบบหล่อและนั่งร้านรองรับคอนกรีตเหลวต้องมั่นคงแข็งแรงพอรับน้ำหนัก และทนแรงสั่นสะเทือนเมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือนคอนกรีตได้ โดยไม่ทรุดตัวหรือแอ่นตัวจนเสียระดับหรือแนว สำหรับการคำนวณความมั่นคงของแบบหล่อและค้ำยันให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต ว.ส.ท. 1014 ว่าด้วยแบบหล่อคอนกรีตและค้ำยัน

5.11.7 หากคอนกรีตที่หล่อเสร็จแล้วเกิดการเสียระดับหรือแนวหรือผิดขนาดจนเห็นว่าจะเกิดผลเสียหาย อาจต้องทุบทำลายชิ้นส่วนนั้นทิ้งชิ้นแล้วหล่อใหม่ให้ถูกต้อง แต่ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของวิศวกรผู้ควบคุมงาน

5.11.8 แบบหล่อจะถอดออกไม่ได้จนกว่าจะได้กำหนดเวลา การถอดแบบต้องไม่ให้คอนกรีตได้รับความกระเทือนและให้ถือกำหนดเวลาการถอดแบบตามตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ประเภทอาคารและระยะเวลาในการถอดแบบหล่อ

(ข้อ 5.11.8)

หน่วยเป็นวัน

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

<u>หมายเหตุ</u> [4)] เมื่อถอดแล้วให้ค้ำตามจุดต่างๆ ที่เหมาะสมไว้อีก 14 วัน

ทั้งนี้ให้ยกเว้นในกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว ซึ่งให้ถือกำหนดถอดแบบได้ทั้งหมดเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 7 วัน

5.11.9 กรณีไม่ถอดแบบหล่อตามกำหนดเวลาในข้อ 5.11.8 สามารถถอดแบบหล่อตามค่ากำลังอัดประลัยขั้นต่ำของคอนกรีตตามตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ประเภทอาคารและกำลังอัดประลัยขั้นต่ำในการถอดแบบหล่อ

(ข้อ 5.11.9)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

ประเภทองค์อาคาร	กำลังอัดประลัยขั้นต่ำของคอนกรีต
1) แบบข้างเสา คาน กำแพง ฐานราก	5.0 (50)
2) แบบล่างรองรับพื้น-คาน	14.0 (140)

5.11.10 การค้ำยันกลับ จะต้องดำเนินการให้เร็วที่สุดภายหลังจากถอดแบบหล่อและค้ำยันแล้ว ค้ำยันที่ใช้ต้องขันให้แน่นเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างตามที่กำหนดไว้ ค้ำยันนี้ต้องคงค้างไว้จนกระทั่งผลการทดสอบคอนกรีตถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.11.11 แบบหล่อจะต้องมีขนาดที่แน่นอนและมีพื้นผิวที่เรียบพอสมควร ซึ่งเมื่อนำมาหล่อชิ้นส่วนโครงสร้างใดๆ แล้ว ชิ้นส่วนโครงสร้างดังกล่าวต้องมีขนาดคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดในแบบก่อสร้างไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ประเภทของการก่อสร้างและความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้

(ข้อ 5.11.11)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของการก่อสร้าง	ความคลาดเคลื่อนสูงสุด
1) ความคลาดเคลื่อนจากแนวดิ่ง	
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 ระยะช่วงคานหรือระยะ6.0 เมตร	10
ค่าสูงสุดตลอดความยาว	20
2.2) ขอบบนของประตูหน้าต่าง ธรณีประตู แผงคอนกรีต ร่องในแนวราบ และเส้นที่มองเห็นได้ชัดเจน	
ทุกๆระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร	6
ค่าสูงสุดตลอดความสูง	12
3) ความคลาดเคลื่อนของแนวอาคาร และตำแหน่งของเสา กำแพงและแผงกั้นต่างๆ	
ทุกๆระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร	12
ค่าสูงสุดตลอดความยาว	25

ตารางที่ 19 (ต่อ) ประเภทของการก่อสร้างและความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้

(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 ของขนาดฐานรากวัดในทิศทางที่คลาดเคลื่อน แต่ไม่เกิน 50มม.
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 สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

(3) มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง ว.ส.ท. 1008 สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

มยผ. 1102-64
มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมงานคอนกรีตอัดแรงสำหรับโครงสร้างของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น อาคารสูง ไซโล คลังสินค้า กำแพงกันดิน และสะพาน เป็นต้น ทั้งประเภทคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อน (Pre-Tensioning) และคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง (Post-Tensioning)

1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารคอนกรีตอัดแรงเป็นไปตามหลักวิชาการ ประหยัด ปลอดภัย มีความมั่นคงแข็งแรงและคงทน

1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วยสากล SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 10 นิวตัน

2. นิยาม

"คอนกรีต" หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสานเช่นปูนซีเมนต์ หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุปอซโซลาน มวลรวมละเอียดเช่นทราย มวลรวมหยาบเช่นหินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

"คอนกรีตอัดแรง" หมายถึง คอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กเสริมรับแรงดึงสูงหรือวัสดุเสริมแรงอื่นๆ ที่ทำให้เกิดหน่วยแรง โดยมีขนาดและการกระจายของหน่วยแรงตามต้องการเพื่อที่จะหักล้างหรือลด หน่วยแรงดึงในคอนกรีตอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุก

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

"เหล็กเสริม" หมายถึง เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

"เหล็กเสริมอัดแรง (Prestressing Steel)" หมายถึง เหล็กเสริมกำลังสูงที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อการอัดแรง อาจเป็นลวดเหล็กกล้า (Wire) ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว (Strand) เหล็กเส้นอัดแรง (Bar) ก็ได้

"การสูญเสียของการอัดแรง (Prestressing Losses)" หมายถึง การที่ลวดเหล็กหรือเหล็กเสริมที่ใช้อัดแรงชนิดอื่น ๆ สูญเสียหน่วยแรงดึงตามขั้นตอนต่าง ๆ เนื่องจากความโค้งของเหล็กเสริมอัดแรง การเข้าที่ของลิ่มสมอยึด การหดตัวอีลาสติก การคืบและหดตัวของคอนกรีต และการคลายแรงดึงของเหล็กเสริมอัดแรง

"การคลายแรงดึง (Relaxation)" หมายความว่า การสูญเสียแรงดึงตามระยะเวลาของเหล็กเสริมอัดแรงที่ถูกดึงให้มีระยะยืดคงที่ โดยคิดเป็นร้อยละของแรงดึงเริ่มแรกที่ให้กับเหล็กเสริมอัดแรง

"ลวดเหล็กกล้า (Wire)" หมายความว่า ลวดเหล็กคาร์บอนสูงที่ทำขึ้นโดยวิธีดึงเย็น

"ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว (Strand)" หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำลวดเหล็กกล้าตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป ตีเกลียวเข้าด้วยกันให้มีระยะช่วงเกลียวสม่ำเสมอและผ่านกระบวนการคลายหน่วยแรง (Stress-Relieved) ก่อนม้วนเป็นขด

"การคลายหน่วยแรง (Stress-Relieved)" หมายความว่า กระบวนการปรับปรุงคุณภาพของลวดเหล็กกล้าเพื่อสำหรับใช้ในงานคอนกรีตอัดแรง

"ระยะส่งถ่ายแรง (Transmission Length)" หมายความว่า ความยาวของชิ้นส่วนที่ต้องใช้ในการถ่ายแรงดึงเริ่มแรกจากเหล็กเสริมอัดแรงไปสู่คอนกรีต

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1101: มาตรฐานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม

3.1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ (มาตรฐานบังคับ)

3.1.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 95: ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

3.1.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 420: ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

3.1.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1179: ข้อกำหนดในการทำคอนกรีตอัดแรง

3.1.7 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2135: เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต

3.2 ยกเว้นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.3 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร

3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามข้อกำหนดนี้จะต้องไม่ขัดกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.2 ซึ่งเป็นข้อกำหนดหลัก

4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

4.1 คอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้ต้องมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่าที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง หากไม่ได้ระบุไว้ในแบบก่อสร้างให้ใช้ไม่ต่ำกว่า 40 เมกาปาสกาล (400 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อน และ 32 เมกาปาสกาล (320 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง ทั้งนี้เมื่อทำการอัดแรง คอนกรีตต้องมีกำลังอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 ของกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ใช้ในการออกแบบ แต่ไม่น้อยกว่า 24 เมกาปาสกาล (240 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) วัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

4.1.1 ปูนซีเมนต์ ให้ใช้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยผ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1.2 มวลรวมละเอียด ให้ใช้มวลรวมละเอียดที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยผ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1.3 มวลรวมหยาบ ให้ใช้มวลรวมหยาบที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยผ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1.4 น้ำ ให้ใช้น้ำสำหรับผสมคอนกรีตที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยผ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1.5 สารผสมเพิ่ม ให้ใช้สารผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยผ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.2 ลวดเหล็กกล้า

ลวดเหล็กกล้าที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีความสะอาด ไม่เป็นสนิมขุม และมีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.95: ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ลวดเหล็กกล้าชนิดไม่คลายหน่วยแรง ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตร และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมวลต่อเมตรเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะของลวดเหล็กกล้าชนิดไม่คลายหน่วยแรง

(ข้อ 4.2.1)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (มิลลิเมตร)	กำลังดึงประลัยระบุ[1] (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)	พื้นที่หน้าตัดระบุ (ตารางมิลลิเมตร)	มวลต่อเมตร		ค่าลักษณะเฉพาะ[2] ต่ำสุด		
			ค่าระบุ[3] (กรัม)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (กรัม)	แรงดึงสูงสุด[4] (กิโลนิวตัน)	แรงดึงพิสูจน์ ร้อยละ 0.1 (กิโลนิวตัน)	รัศมีการดัดโค้ง (มิลลิเมตร)
2.5	1,960	4.91	38.5	± 1.25	9.62	7.7	7.5
2.5	1,860	4.91	38.5	± 1.25	9.13	7.3	7.5
3	1,860	7.07	55.5	± 1.5	13.1	10.5	7.5
3	1,770	7.07	55.5	± 1.5	12.5	10.0	7.5
4	1,770	12.6	98.9	± 2.0	22.3	17.8	10
4	1,670	12.6	98.9	± 2.0	21.0	16.8	10
5	1,770	19.6	154	± 3.1	34.7	27.8	15

ตารางที่ 1 (ต่อ) เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะของลวดเหล็กกล้าชนิดไม่คลายหน่วยแรง

(ข้อ 4.2.1)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (มิลลิเมตร)	กำลังดึงประลัยระบุ[1] (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)	พื้นที่หน้าตัดระบุ (ตารางมิลลิเมตร)	มวลต่อเมตร		ค่าลักษณะเฉพาะ[2] ต่ำสุด		
			ค่าระบุ[3] (กรัม)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (กรัม)	แรงดึงสูงสุด[4] (กิโลนิวตัน)	แรงดึงพิสูจน์ ร้อยละ 0.1 (กิโลนิวตัน)	รัศมีการดัดโค้ง (มิลลิเมตร)
5	1,670	19.6	154	± 3.1	32.7	26.2	15
6	1,770	28.3	222	± 3.7	50.1	40.1	15
6	1,670	28.3	222	± 3.7	47.3	37.8	15
7	1,670	38.5	302	± 4.3	64.3	51.4	20
7	1,570	38.5	302	± 4.3	60.4	48.3	20
8	1,570	50.3	395	± 5.9	79.0	63.2	20
8	1,470	50.3	395	± 5.9	73.9	59.1	20

ที่มา : มอก. 95: ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

<u>หมายเหตุ</u>

1) กำลังดึงประลัยระบุใช้ประโยชน์เพื่อการเรียกเท่านั้น และคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดระบุกับค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด โดยปัดเศษถึง 10 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรที่ใกล้เคียงที่สุด

2) กำหนดให้ใช้ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงแทนกำลังดึงประลัยระบุ เนื่องจากเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อความยาวมีค่าน้อย

3) ค่ามวลต่อความยาวคำนวณจากความหนาแน่นของเหล็กซึ่งยอมรับกันเท่ากับ 7.85 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4) เพื่อการพิสูจน์ความเหมาะสมของวัสดุ ซึ่งมีการนำไปใช้เฉพาะงาน (ตัวอย่างเช่น ไม้หมอนรถไฟ เสาเข็ม หรือถังน้ำ) กำหนดให้แรงที่ร้อยละ 1 ของความยืดรวมต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด

4.2.2 ลวดเหล็กกล้าชนิดคลายหน่วยแรง ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมวลต่อเมตรเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะของลวดเหล็กกล้าชนิดคลายหน่วยแรง

(ข้อ 4.2.2)

เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (มิลลิเมตร)	กำลังดึงประลัยระบุ[1] (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)	พื้นที่หน้าตัดระบุ (ตารางมิลลิเมตร)	มวลต่อเมตร		ค่าลักษณะเฉพาะ[2] ต่ำสุด			
			ค่าระบุ[3] (กรัม)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (กรัม)	แรงดึงสูงสุด[4] (กิโลนิวตัน)	แรงดึงพิสูจน์ ร้อยละ[4) 5)] [6] 0.1 (กิโลนิวตัน)	แรงดึงพิสูจน์ ร้อยละ[4) 5)] [6] 0.2 (กิโลนิวตัน)	รัศมีการดัดโค้ง (มิลลิเมตร)
4	1,770	12.6	98.9	± 2.0	22.3	18.5	19.0	10
4	1,670	12.6	98.9	± 2.0	21.0	17.5	17.9	10
5	1,770	19.6	154	± 3.1	34.7	28.8	29.5	15
5	1,670	19.6	154	± 3.1	32.7	27.2	27.8	15
6	1,770	28.3	222	± 3.7	50.1	41.6	42.6	15
6	1,670	28.3	222	± 3.7	47.3	39.3	40.2	15
7	1,670	38.5	302	± 4.3	64.3	53.4	54.7	20
7	1,570	38.5	302	± 4.3	60.4	50.1	51.3	20
8	1,670	50.3	395	± 5.9	84.0	69.7	71.4	20
8	1,570	50.3	395	± 5.9	79.0	65.6	67.1	20
9	1,470	63.6	499	± 7.2	93.5	74.8	76.7	25
10	1,570	78.5	617	± 8.6	123	98.6	101	25
10	1,470	78.5	617	± 8.6	115	92.3	94.3	25
12.2	1,570	117	918	± 10.5	184	147	151	30
12.2	1,470	117	918	± 10.5	172	138	141	30

ที่มา มอก. 95: ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง

หมายเหตุ *1) กำลังดึงประลัยระบุใช้ประโยชน์เพื่อการเรียกเท่านั้น และคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดระบุกับค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด โดยปัดเศษถึง 10 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรที่ใกล้เคียงที่สุด*

2) กำหนดให้ใช้ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงแทนกำลังดึงประลัยระบุ เนื่องจากเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อความยาวมีค่าน้อย

3) ค่ามวลต่อความยาวคำนวณจากความหนาแน่นของเหล็กซึ่งยอมรับกันเท่ากับ 7.85 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4) *สำหรับลวดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 8 มิลลิเมตร ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงที่ร้อยละ 0.1 และร้อยละ 0.2 จะมีค่าโดยประมาณเท่ากับร้อยละ 80 และร้อยละ 82 ของค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุดตามลำดับ*

5) *มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) อาจใช้ค่า 205 ± 10 กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร*

6) *แรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.1 เป็นค่าที่ใช้ทดสอบ ส่วนแรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.2 เป็นเพียงข้อแนะนำ (ตาม ISO 6934-1) เว้นแต่แบบหรือรายการประกอบแบบจะระบุเป็นอย่างอื่น*

4.3 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว

ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีความสะอาด ไม่เป็นสนิมขุม และมีสมบัติเป็นไปตามมาตฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.420: ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรงโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมวลต่อเมตรเป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะของลวดเหล็กกล้าตีเกลียว

(ข้อ 4.3)

ชนิด [1]	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ[1] (มิลลิเมตร)	กำลังดึงประลัยระบุ[1] (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)	พื้นที่หน้าตัดระบุ[2] (ตารางมิลลิเมตร)	มวลต่อเมตร		ค่าลักษณะเฉพาะ[2]ต่ำสุด		
				ค่าระบุ (กรัม)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)	แรงดึงสูงสุด[2) 3)4)] (กิโลนิวตัน)	แรงดึงพิสูจน์ ร้อยละ[3) 4) 5)] 0.1 (กิโลนิวตัน)	แรงดึงพิสูจน์ ร้อยละ[4) 5)] 0.2 (กิโลนิวตัน)
2 เส้น 2x2.90	5.8	1,910	13.2	104		25.2	21.4	22.3
3 เส้น 3x2.40	5.2	1,770	13.2	107		24.0	20.4	21.1
		1,960				26.7	22.7	23.5
3x2.90	6.2	1,910	19.8	155	+4	37.8	32.1	33.2
3x3.50	7.5	1,770	29.0	228	-2	51.2	43.5	45.0
		1,860				54.0	45.9	47.0
7 เส้น	9.3	1,720	51.6	405		88.8	72.8	75.4
	9.5	1,860	54.8	432		102	83.6	86.6
	10.8	1,720	69.7	546		120	98.4	102

ตารางที่ 3 (ต่อ) เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะของลวดเหล็กกล้าตีเกลียว

(ข้อ 4.3)

ชนิด [1]	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ[1] (มิลลิเมตร)	กำลังดึงประลัยระบุ[1] (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)	พื้นที่หน้าตัดระบุ[2] (ตารางมิลลิเมตร)	มวลต่อเมตร		ค่าลักษณะเฉพาะ[2] ต่ำสุด		
				ค่าระบุ (กรัม)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน (ร้อยละ)	แรงดึงสูงสุด[2) 3) 4)] (กิโลนิวตัน)	แรงดึงพิสูจน์	
							ร้อยละ[3) 4) 5)] 0.1 (กิโลนิวตัน)	ร้อยละ[4) 5)] 0.2 (กิโลนิวตัน)
	11.1	1,860	74.2	580	+4 -2	138	113	117
	12.4	1,720	92.9	729		160	131	136
	12.7	1,860	98.7	774		184	151	156
	15.2	1,720	139	1,101		239	196	203
	15.2	1,860	139	1,101		259	212	220
7 เส้น อัดแน่น	12.7	1,860	112	890		209	178	184
	15.2	1,820	165	1,295		300	255	264
	18.0	1,700	223	1,750		380	323	334
19 เส้น	17.8	1,860	208	1,652		387	317	329
	19.3	1,860	244	1,931		454	372	386
	20.3	1,810	271	2,149		491	403	417
	21.8	1,810	313	2,482		567	465	482

ที่มา มอก. 420: ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

หมายเหตุ *1) ชนิด เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ และกำลังดึงประลัยระบุใช้สำหรับเรียกชื่อเท่านั้น*

2) กำลังดึงประลัยระบุได้จากการคำนวณค่าพื้นที่หน้าตัดระบุกับค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด (ดูหมายเหตุ 5)

3) ผลทดสอบแต่ละค่าต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าลักษณะเฉพาะ

4) กำหนดให้ใช้ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงแทนกำลังดึงประลัยระบุ เนื่องจากเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อความยาวมีค่าน้อย

5) แรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.1 เป็นค่าที่กำหนดให้ใช้ทดสอบ ส่วนแรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.2 เป็นเพียงข้อแนะนำ (ตาม ISO 6934-1) เว้นแต่แบบหรือรายการประกอบแบบจะระบุเป็นอย่างอื่น

4.4 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (Reinforcing Steel)

คุณลักษณะของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงนอกเหนือจากเหล็กเสริมอัดแรงให้เป็นไปตาม มยผ. 1103: มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

4.5 ท่อร้อยลวด (Sheathing)

ท่อร้อยลวดต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะคงรูป ไม่เสียหายขณะเทคอนกรีต สามารถกันน้ำจากภายนอกท่อร้อยลวดไม่ให้เข้ามาทำปฏิกิริยากับเหล็กเสริมอัดแรงได้ วัสดุที่ใช้ทำท่อร้อยลวดต้องไม่ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์เพสต์ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของคอนกรีตโดยรอบท่อร้อยลวดหรือน้ำปูนภายในท่อร้อยลวดได้ ในกรณีสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลังที่ผู้ออกแบบระบุให้มีการอัดน้ำปูนภายในท่อร้อยลวด (Bonded) เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อร้อยลวดต้องใหญ่กว่าขนาดเหล็กเสริมอัดแรงไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตรและพื้นที่หน้าตัดภายในท่อร้อยลวดจะต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดสุทธิของเหล็กเสริมอัดแรง

4.6 น้ำปูน (Grouting)

น้ำปูนที่ใช้อัดในท่อร้อยลวดจะต้องมีกำลังอัดเพียงพอ เพื่อประโยชน์ในการถ่ายแรงยึดเหนี่ยวกับเหล็กเสริมอัดแรง ต้องมีสมบัติไม่หดตัว ไม่ทำให้ความคงทนของชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงต่ำลง และมีความสามารถในการไหลได้เพียงพอที่จะอัดน้ำปูนเข้าในท่อร้อยลวดจนเต็มได้ ในกรณีที่ท่อร้อยลวดมีพื้นที่หน้าตัดเกินกว่า 4 เท่าของเหล็กเสริมอัดแรง สามารถใช้มวลรวมละเอียดมาเป็นส่วนผสมได้แต่ต้องไม่มีสมบัติด้อยลงกว่าเดิม โดยส่วนผสมที่ใช้จะต้องมีสมบัติเป็นไปตาม มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก และน้ำปูนที่แข็งตัวแล้วต้องมีกำลังอัดไม่น้อยกว่า 17 เมกาปาสกาล (170 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ที่อายุ 7 วัน และ 28 เมกาปาสกาล (280 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ที่อายุ 28 วัน เมื่อทดสอบโดยใช้ตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 50 มิลลิเมตร

5. ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือในการก่อสร้าง

5.1 สมอยึด (Anchorage)

สมอยึดและอุปกรณ์ประกอบต้องสามารถถ่ายแรงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของแรงดึงประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรง และต้องสามารถยึดเหล็กเสริมอัดแรงไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุการใช้งาน

5.2 หัวต่อ (Couple)

หัวต่อต้องสามารถถ่ายแรงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของแรงดึงประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรง และต้องสามารถยึดเหล็กเสริมอัดแรงไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุการใช้งาน

5.3 อุปกรณ์ดึงเหล็กเสริมอัดแรง

อุปกรณ์ดึงเหล็กเสริมอัดแรงประกอบด้วย เครื่องปั๊มไฮดรอลิก (Hydraulic Pump) และแม่แรงไฮดรอลิก (Hydraulic Jack) ซึ่งต้องมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

5.3.1 ต้องจับยึดเหล็กเสริมอัดแรงได้อย่างปลอดภัยและมั่นคง

5.3.2 ในกรณีที่มีการดึงเหล็กเสริมอัดแรงพร้อมกันตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป ต้องสามารถทำให้เกิดหน่วยแรงดึงในลวดเหล็กแต่ละเส้นเท่ากัน

5.3.3 ต้องสามารถให้แรงดึงตามที่ออกแบบไว้ได้และคงแรงดึงนั้นได้ตลอดระยะเวลาที่ต้องการ

5.3.4 ต้องสามารถควบคุมการเพิ่มแรงดึงอย่างช้าๆ โดยไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงทุติยภูมิ (Secondary Stresses) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อเหล็กเสริมอัดแรง สมอยึด หรือคอนกรีต

5.4 เครื่องปั๊มน้ำปูน

เครื่องปั๊มน้ำปูนจะต้องสามารถอัดน้ำปูนเข้าสู่ท่อร้อยลวดได้อย่างสม่ำเสมอและสามารถคงแรงดันของเครื่องปั๊มน้ำปูนไว้ได้ตลอดระยะเวลาที่ต้องการ

6. ข้อกำหนดว่าด้วยหน่วยแรงที่ยอมให้และการสูญเสียของการอัดแรง

6.1 หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีต

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ให้ใช้ค่าหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีตดังต่อไปนี้

6.1.1 หน่วยแรงอัดในคอนกรีตชั่วคราวทันทีที่ถ่ายแรงมาจากเหล็กเสริมอัดแรงก่อนการสูญเสียของการอัดแรง ต้องไม่เกินร้อยละ 60 ของกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

6.1.2 หน่วยแรงอัดในคอนกรีตหลังการสูญเสียของการอัดแรง ต้องไม่เกินร้อยละ 40 ของกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

6.2 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีต

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ให้ใช้ค่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีตดังต่อไปนี้

6.2.1 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีตในขณะที่มีการถ่ายแรงต้องไม่เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 4 แต่ยอมให้เกินกว่าที่กำหนดในตารางที่ 4 ได้ในระยะเวลาสั้นซึ่งไม่เกิน 48 ชั่วโมง และค่าดังกล่าวต้องไม่เกิน 2 เท่าของค่าที่กำหนดในตารางที่ 4 ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของวิศวกรผู้ออกแบบ

ตารางที่ 4 ค่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีตขณะที่มีการถ่ายแรง

(ข้อ 6.2.1)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กก./ตร.ซม.)

U_t	หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีตขณะที่มีการถ่ายแรง
20	1.0 (10)
30	1.2 (12)
40	1.4 (14)
50	1.5 (15)

โดย U_t คือ ค่ากำลังอัดประลัยระบุของคอนกรีตเมื่อเริ่มถ่ายแรง

6.2.2 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีตเนื่องจากการดัดภายใต้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดจะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5 ค่าหน่วยแรงดึงเหล่านี้ใช้ได้สำหรับชิ้นส่วนหรือโครงสร้างที่หล่อเป็นเนื้อเดียวกัน (Monolithic) แต่ต้องไม่เกิดหน่วยแรงดึงที่รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

หน่วยแรงดึงที่กำหนดในตารางที่ 5 อาจยอมให้มีค่าเพิ่มขึ้นอีกไม่เกิน 1.75 เมกาปาสกาล (17.5 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) โดยต้องมีผลการทดสอบที่แสดงว่าหน่วยแรงดึงที่ใช้ต้องไม่เกิน 3 ใน 4 ของหน่วยแรงดึงที่ได้จากการทดสอบการรับน้ำหนักจนปรากฏรอยร้าวแรก และใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

6.2.2.1 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อน ต้องมีค่าหน่วยแรงอัดของคอนกรีตที่เกิดจากการดึงเหล็กเสริมอัดแรงไม่น้อยกว่า 10 เมกาปาสกาล (100 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

6.2.2.2 เหล็กเสริมอัดแรงจะต้องกระจายแรงเป็นอย่างดี ตลอดภาคตัดบริเวณที่รับแรงดึง

6.2.2.3 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง ในกรณีที่มีความจำเป็นส่วนคอนกรีตที่รับแรงดึงจะต้องเสริมเหล็กเพิ่มเติม

ตารางที่ 5 ค่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ในคอนกรีตเนื่องมาจากแรงดัด

(ข้อ 6.2.2)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กก./ตร.ซม.)

ลักษณะของแรงกระทำ	ค่าสูงสุดของหน่วยแรงดึงที่ยอมให้เนื่องจากแรงดัด					
	ชนิดดึงลวดก่อน U_w			ชนิดดึงลวดภายหลัง U_w		
	40	50	60	40	50	60
สำหรับการใช้งานปกติ	2.2 (22)	2.5 (25)	2.8 (28)	1.4 (14)	1.5 (15)	1.6 (16)
สำหรับการขนส่งหรือการยกขึ้นหรือการใช้งานช่วงสั้นๆ	3.0 (30)	3.4 (34)	3.7 (37)	2.0 (20)	2.2 (22)	2.4 (24)

โดยที่ U_w คือ ค่ากำลังอัดประลัยระบุของคอนกรีต

6.2.3 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จให้เป็นไปตาม มยผ.1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม

6.3 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมอัดแรง

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ให้ใช้ค่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมอัดแรงดังต่อไปนี้

6.3.1 หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงขณะดึงต้องไม่เกินร้อยละ 80 ของกำลังดึงประลัยของเหล็กเสริมอัดแรง หรือร้อยละ 90 ของกำลังคราก แล้วแต่ค่าใดจะน้อยกว่า

6.3.2 หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงทันทีที่ถ่ายแรงไปให้คอนกรีตต้องไม่เกินร้อยละ 70 ของกำลังดึงประลัยของเหล็กเสริมอัดแรง หรือร้อยละ 80 ของกำลังคราก แล้วแต่ค่าใดจะน้อยกว่า

6.3.3 หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงชนิดดึงทีหลังที่สมอยึดและหัวต่อทันทีที่ถ่ายแรงจะต้องไม่เกินร้อยละ 70 ของกำลังดึงประลัยของเหล็กเสริมอัดแรง

6.4 การสูญเสียของการอัดแรง (Prestressing Losses)

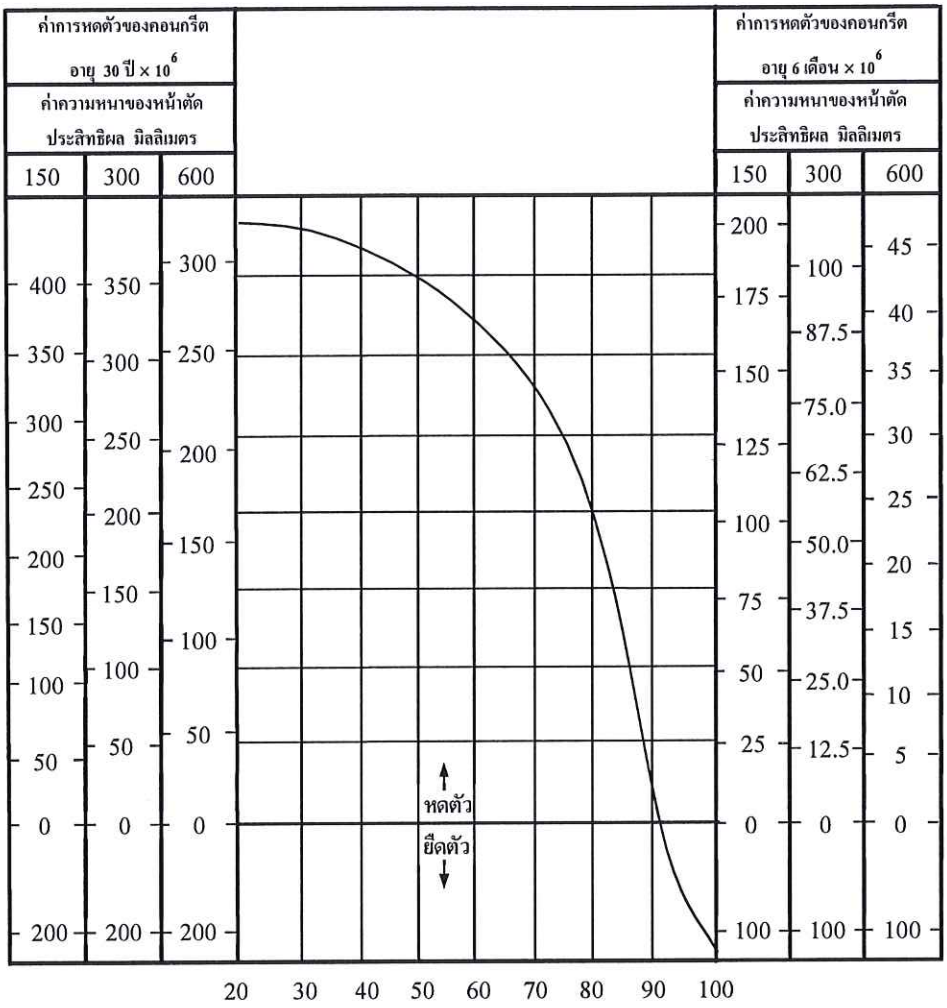
6.4.1 การเสื่อมแรงดึงในลวดเหล็กเนื่องจากการคลายแรงดึง (Relaxation) ในการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง ให้ใช้ค่าการเสื่อมแรงระยะยาวในการดึงเหล็กเสริมอัดแรง โดยคำนวณจากผลคูณของค่าการคลายแรงดึงที่ได้จากการทดสอบของลวดเหล็กที่ 1,000 ชั่วโมงกับตัวประกอบคงที่ของการคลายแรงที่กำหนดในตารางที่ 6 วิธีทดสอบหาค่าการคลายแรงให้เป็นไปตามภาคผนวก ก. ของ มอก. 1179 เล่ม 3 โดยตัวประกอบค่าคงที่ของการคลายแรงนี้ได้พิจารณาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการคลายแรงดึงของลวดเหล็กตามกาลเวลาที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ ผลจากการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage) และการคืบ (Creep) ของคอนกรีต ในกรณีที่เป็นงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อนจะรวมถึงผลของการผิดรูปแบบยืดหยุ่น (Elastic Deformation) ของคอนกรีตเมื่อเริ่มถ่ายแรง สำหรับการเสื่อมแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่ผิดปกติ (Abnormal Relaxation) ซึ่งอาจเกิดขึ้นในกรณี เช่น เมื่อเหล็กเสริมอัดแรงมีอุณหภูมิสูงหรือรับแรงในแนวขวางสูง ในกรณีนี้ให้ยึดถือข้อมูลจากเอกสารซึ่งเป็นที่ยอมรับหรือขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านเป็นพิเศษ

ตารางที่ 6 ตัวประกอบค่าคงที่ของการคลายแรง

(ข้อ 6.4.1)

ชนิดของงานคอนกรีตอัดแรง	ตัวประกอบค่าคงที่ของการคลายแรง
ชนิดดึงลวดก่อน	1.5
ชนิดดึงลวดภายหลัง	2.0

6.4.2 การเสื่อมแรงดึงในลวดเหล็กเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต ให้คำนวณค่าดังกล่าวจากค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของเหล็ก ในกรณีที่ผู้ผลิตลวดเหล็กไม่ได้กำหนดค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ให้ใช้ค่านี้เท่ากับ 205 ± 10 จิกะปาสกาล โดยใช้ค่าการหดตัวของคอนกรีตตามรูปที่ 1 ค่าการหดตัวของคอนกรีตขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและระยะเวลาการหดตัว โดยสดมภ์ขวามือเป็นค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ระยะเวลาการหดตัว 6 เดือน ส่วนสดมภ์ซ้ายมือเป็นค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ระยะเวลาการหดตัว 30 ปี รูปนี้สามารถใช้กับความหนาของหน้าตัดประสิทธิผลตั้งแต่ 150 ถึง 600 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ค่าการหดตัวของคอนกรีต

(ข้อ 6.4.2)

6.4.3 การเสื่อมแรงดึงเนื่องจากการคืบ (Creep) ของคอนกรีต ความเครียดของคอนกรีตที่อายุ 30 ปี (ε_{cc}) หาได้จากสมการดังนี้

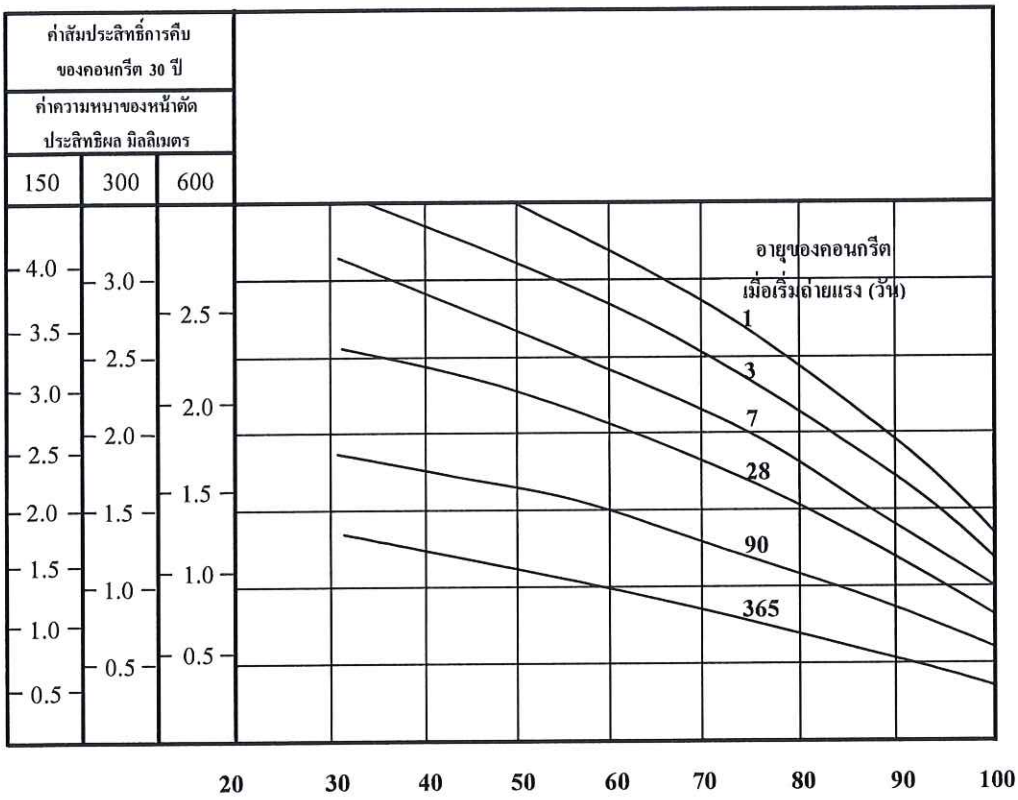
$$\varepsilon_{cc} = \frac{\text{หน่วยแรงอัดของคอนกรีต} \times \alpha}{E_t} \qquad (1)$$

เมื่อ E_t คือ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเมื่อเริ่มถ่ายแรง โดยนับอายุเป็นวัน

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การคืบของคอนกรีตที่อายุ 30 ปี หาได้จากรูปที่ 2

ในรูปที่ 2 ได้ระบุค่าความหนาของหน้าตัดประสิทธิผล ในกรณีที่เป็นหน้าตัดสม่ำเสมอ ค่านี้ให้คำนวณจาก 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดขวางหารด้วยเส้นรอบรูป ถ้ามีความจำเป็นต้องการหาค่าการคืบของคอนกรีตที่อายุน้อยกว่า ให้ใช้สมมุติฐานว่าคอนกรีตมีค่าการคืบคิดเป็นร้อยละ 40 60 และ 80

ของค่าการคืบของคอนกรีตอายุ 30 ปีที่ช่วงเวลา 1 เดือน 6 เดือน และ 30 เดือนหลังจากเริ่มถ่ายแรง ตามลำดับ ทั้งนี้คอนกรีตต้องอยู่ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ที่คงที่



รูปที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การคืบของคอนกรีต

(ข้อ 6.4.3)

6.4.4 การสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงเนื่องจากแรงเสียดทาน

สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง การเคลื่อนตัวของเหล็กเสริมอัดแรงทำให้เกิดความเสียดทานระหว่างเหล็กเสริมอัดแรงและท่อร้อย หรือตัวคั่นต่างๆ ในขณะดึงเหล็กเสริมอัดแรง ความเสียดทานนี้ทำให้เกิดการสูญเสียแรงดึงซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะของตำแหน่งลวดเหล็กที่ห่างจากเครื่องดึง

นอกจากนี้การสูญเสียแรงดึงเนื่องจากแรงเสียดทานในท่อร้อย อาจเกิดจากแนวการวางตัวของท่อร้อยคลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนดไว้โดยไม่ได้ตั้งใจ ในทางปฏิบัติมีโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากแนวระดับที่กำหนดไม่ว่าแนวของเหล็กเสริมอัดแรงในท่อร้อยจะเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งหรือทั้งเส้นตรงและเส้นโค้ง ซึ่งทำให้เกิดจุดสัมผัสเพิ่มขึ้นระหว่างเหล็กเสริมอัดแรงกับผนังของท่อร้อย

ทั้งหมดนี้ทำให้เกิดการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรง ค่าแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรง (P_{jx}) ที่ระยะ x เมตร ห่างจากเครื่องดึง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P_{jx} = P_j e^{-Kx} \quad (2)$$

เมื่อ P_j คือ แรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่เครื่องดึง

e คือ ฐานของลอการิทึมแบบเนเปียร์ (Napierian Logarithms) มีค่าเท่ากับ 2.718

K คือ ค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณการสูญเสียของแรงในเหล็กเสริมอัดแรงเนื่องจากแรงเสียดทาน (ขึ้นอยู่กับประเภทของท่อร้อยหรือปลอกหุ้มและอื่นๆ) ซึ่งค่า K ต่อความยาว 1 เมตรในสมการ (2) โดยทั่วไปต้องไม่น้อยกว่า 33×10^{-4} แต่ถ้าเป็นท่อหรือปลอกหุ้มที่แข็งแรงและยึดอย่างแน่นหนาและสามารถป้องกันการเคลื่อนตัวในระหว่างเทคอนกรีต ให้ใช้ค่า K เท่ากับ 17×10^{-4} สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงเคลือบจารบีร้อยในท่อพลาสติกอาจจะใช้ค่า K เท่ากับ 25×10^{-4} ได้ ส่วนค่าอื่นๆ นอกจากที่ได้กล่าวมานี้อาจจะใช้ได้โดยมีผลการทดสอบที่เหมาะสมประกอบ

6.4.5 การสูญเสียแรงดึงเนื่องจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากความโค้งของเหล็กเสริมอัดแรง

ค่าแรงในเหล็กเสริมอัดแรง (P_{cx}) ที่ระยะ x เมตรใดๆ ตามความโค้งที่วัดจากจุดสัมผัสเริ่มต้นโค้ง สามารถคำนวณจากสมการดังนี้

$$P_{cx} = P_c e^{-\mu x/R} \quad (3)$$

เมื่อ P_c คือ แรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่จุดสัมผัสเริ่มต้นโค้งด้านใกล้เครื่องดึง

e คือ ฐานของลอการิทึมแบบเนเปียร์ (Napierian Logarithms) มีค่าเท่ากับ 2.718

R คือ รัศมีความโค้งของเหล็กเสริมอัดแรง เป็นเมตร

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานโดย μ มีค่าดังต่อไปนี้

= 0.55 สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงในท่อร้อยที่เป็นคอนกรีต

= 0.30 สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงในท่อร้อยที่เป็นเหล็กกล้า

= 0.25 สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงในท่อร้อยที่เป็นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี

= 0.20 สำหรับลวดเหล็กไร้สนิมในท่อร้อยที่เป็นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี

= 0.12 สำหรับลวดเหล็กไร้สนิมในท่อร้อยพลาสติก

6.4.6 การสูญเสียแรงดึงในลวดเหล็กเนื่องจากการเสียรูปแบบยืดหยุ่น (Elastic Deformation) ของคอนกรีต

ให้คำนวณหาค่าดังกล่าวเมื่อเริ่มถ่ายแรง ค่านี้ขึ้นอยู่กับค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ในกรณีที่ไม่ได้ทำการทดสอบหาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตให้ใช่ค่าที่กำหนดในตารางที่ 7 แทน ในกรณี

ที่ผู้ผลิตเหล็กเสริมอัดแรงไม่ได้กำหนดค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ให้ใช้ค่านี้เท่ากับ 205,000 ± 10,000 เมกาปาสกาล

ตารางที่ 7 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

(ข้อ 6.4.6)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กก./ตร.ซม.)

ชนิดของคอนกรีต	กำลังอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีตทรงกระบอก ∅ 150×300 มม.	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต [1]
ค4	24 (240)	23,000[1] (230,000)
ค4-5	25 (250)	23,500[1] (235,000)
ค5	28 (280)	24,900[1] (249,000)
ค6	30 (300)	25,800[1] (258,000)
ค7	32 (320)	26,600[1] (266,000)
ค8	35 (350)	27,800[1] (278,000)
ค9	38 (380)	29,000[1] (290,000)
ค10	40 (400)	29,100[3] (291,000)
ค11	45 (450)	29,200[2] (292,000)
ค12	50 (500)	30,400[2] (304,000)

หมายเหตุ *1) คำนวณจากสูตรใน Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-M)*

$$E_c = 4,700\sqrt{f_c'}$$ (หน่วยเป็นเมกาปาสกาล)

2) คำนวณจากสูตรของ Carrasquillo, Nilson และ Slate

$$E_c = 3,320\sqrt{f_c'} + 6,900$$ (หน่วยเป็นเมกาปาสกาล)

3) ค่าเฉลี่ยระหว่างช่วง (Interpolation) ของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ค9 และ ค11

6.4.6.1 สำหรับงานคอนกรีตชนิดดึงลวดก่อน ค่าการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงเมื่อเริ่มถ่ายแรงให้คำนวณจากผลคูณของอัตราส่วนมอดุลาร์ (Modular Ratio) และค่ากำลังอัดของคอนกรีต

6.4.6.2 สำหรับงานคอนกรีตชนิดดึงลวดภายหลัง ถ้ามีการดึงเหล็กเสริมอัดแรงไม่พร้อมกัน จะทำให้เกิดการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงในอัตราก้าวหน้าระหว่างการถ่ายแรงเนื่องจากแรงดึงที่เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ให้คำนวณค่านี้จากกึ่งหนึ่งของผลคูณของอัตราส่วนมอดุลาร์และค่ากำลังอัดของคอนกรีตหรือคำนวณจากค่าการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงโดยพิจาณาถึงลำดับการดึงลวดเหล็กเป็นสำคัญ

6.4.7 การสูญเสียแรงดึงที่เกิดจากสมอยึดเหล็กเสริมอัดแรง (Anchorage Take-Up)

สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง ควรเผื่อค่าการสูญเสียแรงดึงที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของเหล็กเสริมอัดแรงในสมอยึดเมื่อเกิดการถ่ายแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับชิ้นส่วนสั้นๆ ค่าที่เผื่อควรมีการตรวจสอบในขณะก่อสร้างด้วย

6.5 ระยะส่งถ่ายแรง (Transmission Length) ในงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อน

องค์ประกอบที่มีผลต่อระยะส่งถ่ายแรงมีดังต่อไปนี้

(1) การอัดแน่นของคอนกรีต

(2) ขนาดและประเภทของเหล็กเสริมอัดแรง

(3) กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต

(4) การผิดรูปและสภาพผิวของเหล็กเสริมอัดแรง

6.5.1 ระยะส่งถ่ายแรงอาจจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสภาพของหน้างานหรือโรงงานที่ผลิต ถ้าเป็นไปได้ระยะส่งถ่ายแรงควรได้จากการทดสอบสำหรับสภาพหน้างาน หรือโรงงานที่ผลิตนั้นๆ

6.5.2 ในกรณีที่ไม่ต้องการให้เหล็กเสริมอัดแรงเกิดการยึดหน่วงหรือยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตที่ปลายทั้งสองข้าง อาจทำได้โดยใช้ท่อร้อยหรือพันเทป โดยระยะส่งถ่ายแรงให้คิดจากปลายของส่วนที่ไม่มีการยึดหน่วงหรือยึดเหนี่ยว

6.5.3 ในกรณีที่ไม่มีหลักฐานการทดสอบสำหรับคำนวณระยะส่งถ่ายแรง ระยะส่งถ่ายแรงสำหรับแรงดึงเริ่มแรกของเหล็กเสริมอัดแรงไม่เกินร้อยละ 75 ของความต้านทานแรงดึงของเหล็กเสริมอัดแรงที่จุดคราก เมื่อคอนกรีตที่ปลายทั้งสองของชิ้นส่วนอัดแน่นดี สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$l_t = \frac{K_t \phi}{\sqrt{f_{ci}}} \qquad (4)$$

เมื่อ l_t คือ ระยะส่งถ่ายแรง เป็นมิลลิเมตร

f_{ci} คือ กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตเมื่อเริ่มถ่ายแรง เป็นเมกาปาสกาล

ϕ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางระบุของเหล็กเสริมอัดแรง เป็นมิลลิเมตร

K_t คือ สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายแรง ขึ้นอยู่กับประเภทของเหล็กเสริมอัดแรงดังนี้

(1) ลวดเหล็กแบบธรรมดา แบบมีรอยย้ำ และแบบมีรอยหยัก ให้ใช้เท่ากับ 600

(2) ลวดเหล็กแบบมีรอยหยักและมีความสูงของรอยหยักไม่น้อยกว่า 0.15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง ให้ใช้เท่ากับ 400

(3) ลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้นหรือมากกว่า ให้ใช้เท่ากับ 240

6.6 ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมอัดแรง

ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมอัดแรงในชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงทุกชนิดจะต้องมากเพียงพอที่จะให้มวลรวมขนาดใหญ่สุดสามารถแทรกผ่านไปได้ทุกจุดในแบบหล่อเมื่อทำการสั่น

6.6.1 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อน ให้ใช้ข้อกำหนดเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมในงานคอนกรีตเสริมเหล็กตามมาตรฐาน ว.ส.ท.1001 – 34 ทั้งนี้จะต้องพิจารณาถึงระยะส่งถ่ายแรงให้เพียงพอตามที่กล่าวในข้อ 6.5 ด้วย

6.6.2 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง

6.6.2.1 กรณีวางเหล็กเสริมอัดแรงในแนวตรง ระยะห่างระหว่างท่อร้อยไม่ควรน้อยกว่าค่ามากที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ + 5 มิลลิเมตร

(2) ขนาดภายในตามแนวดิ่งของท่อร้อย เมื่อพิจารณาระยะห่างในแนวดิ่ง

(3) ขนาดภายในตามแนวราบของท่อร้อย เมื่อพิจารณาระยะห่างในแนวราบ

ในกรณีที่มีการใช้เครื่องสั่นคอนกรีตชนิดหัวจี้ ควรเผื่อระยะห่างระหว่างท่อร้อยให้เพียงพอเพื่อให้หัวจี้ของเครื่องสั่นคอนกรีตสอดผ่านเข้าไปได้ กรณีมีท่อร้อยมากกว่า 2 ชั้นขึ้นไป ควรจัดท่อร้อยให้อยู่ในแนวดิ่งเดียวกันเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อความสะดวกในการทำงาน

6.6.2.2 กรณีวางเหล็กเสริมอัดแรงในแนวโค้ง ให้ใช้ระยะห่างระหว่างท่อร้อยไม่ต่ำกว่าค่าดังต่อไปนี้ในการป้องกันคอนกรีตระหว่างท่อร้อยไม่ให้แตกร้าว

(1) ในระนาบของท่อร้อยลวด ให้ใช้ระยะที่มากกว่าระหว่างค่าที่กำหนดตามตารางที่ 8 หรือค่าที่กำหนดไว้ในข้อ 6.6.2.1

(2) ในแนวตั้งฉากกับระนาบของท่อร้อยลวด ให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในข้อ 6.6.2.1

6.6 ระยะหุ้มเหล็กเสริมอัดแรง

ระยะหุ้มเหล็กเสริมอัดแรงของงานคอนกรีตอัดแรงทั้งชนิดดึงลวดก่อนและดึงลวดภายหลัง ให้เป็นไปตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

7. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

7.1 คอนกรีต

การทำงานคอนกรีต ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

7.2 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

การทำงานเหล็กเสริมคอนกรีต ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1103: มาตรฐานงานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

7.3 เหล็กเสริมอัดแรง

7.3.1 การติดตั้งเหล็กเสริมอัดแรงและท่อร้อยลวด ให้ติดตั้งตามแบบก่อสร้างโดยให้คลาดเคลื่อนได้ดังนี้

7.3.1.1 ให้ความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดในแนวราบไม่เกิน 20 มิลลิเมตร และในแนวดิ่งไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

7.3.1.1 พื้นที่แบกทานระหว่างสมอยึดกับคอนกรีตต้องตั้งฉากกับเหล็กเสริมอัดแรง คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 1 องศา

7.3.2 การดึงเหล็กเสริมอัดแรง (Stressing)

7.3.2.1 การดึงลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียว ในกรณีที่เป็นแบบดึงเหล็กภายหลัง ถ้าความยาวของลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวยาวเกิน 30 เมตร ให้ดึงทั้งสองปลายและให้ดึงพร้อมๆ กัน หากไม่ได้มีการระบุในแบบรายละเอียดให้ทำการดึงด้วยแรงดึงร้อยละ 75 ของแรงดึงประลัย และระยะยืดจากการดึงที่วัดได้กับที่คำนวณไว้จะผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ ± 7 หากระยะยืดที่วัดได้น้อยกว่าร้อยละ 7 ให้ดึงเหล็กเสริมเพื่อเพิ่มระยะยืดได้ แต่ทั้งนี้แรงดึงจะต้องไม่เกินร้อยละ 80 ของแรงดึงประลัย ในกรณีที่ต้องการดึงเหล็กปลายเดียวยาวเกินกว่า 30 เมตรต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน ถ้าเป็นแบบดึงเหล็กก่อนให้ดึงเหล็กปลายเดียวได้

7.3.2.2 ส่วนยืดของเหล็กเสริมอัดแรงที่ดึงจะต้องได้ความยาวตามที่ได้ระบุไว้ในแบบรายละเอียด ในระหว่างการดึงเหล็กเสริมอัดแรงนั้นให้ตรวจสอบความยาวของเหล็กเสริมอัดแรงที่ดึงยืดออกมากับมาตรวัดแรงอัด (Pressure Gauge) ของเครื่องมือที่ใช้สำหรับดึงเหล็กเสริมอัดแรงนั้นด้วย

7.3.2.3 กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง การดึงเหล็กเสริมอัดแรง จะทำได้ต่อเมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่า 24 เมกาปาสกาล (240 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

7.3.2.4 การดึงเหล็กเสริมอัดแรงให้คำนึงถึงลำดับของการดึงเหล็กเสริมในแต่ละกลุ่มหรือแต่ละเส้น รวมถึงผลของการเหนี่ยวรั้งกับชิ้นส่วนต่างๆ เช่น การยึดรั้งกับเสา หรือ กำแพง เป็นต้น

7.3.2.5 เครื่องปั๊มไฮดรอลิกและแม่แรงไฮดรอลิกจะต้องทำงานให้เกิดแรงดึงได้อย่างสม่ำเสมอตลอดการทำงาน และชุดอุปกรณ์จะต้องมีรายงานการสอบเทียบ (Calibration and Test Report) มาแสดงก่อนใช้ชุดอุปกรณ์ดังกล่าว โดยใบรายงานต้องมีอายุไม่เกิน 6 เดือน และต้องได้รับการรับรองจากสถาบันการศึกษาหรือส่วนราชการที่เชื่อถือได้

7.3.3 การตัดปลายเหล็กเสริมอัดแรง

กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง การตัดปลายเหล็กเสริมอัดแรงให้ตัดด้วยเครื่องตัดใบไฟเบอร์ โดยให้เหลือปลายไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ห้ามใช้เปลวไฟ หรือความร้อนตัดเหล็กเสริมอัดแรงโดยเด็ดขาด หลังจากตัดปลายเหล็กเสริมแล้วให้ปิดสมอยึดด้วยปูนทรายอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่งทันที ในกรณีที่ยังปิดด้วยปูนทรายไม่ได้ ให้ทาปลายเหล็กเสริมส่วนที่สัมผัสอากาศด้วยสีกันสนิมหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม

7.3.4 การดัดโค้งเหล็กเสริมอัดแรง

7.3.4.1 กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กก่อน รัศมีการดัดโค้งจะต้องไม่น้อยกว่า 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กกล้า หรือไม่น้อยกว่า 10 เท่าของลวดเหล็กกล้าตีเกลียว และมุมดัดต้องไม่เกิน 15 องศา

7.3.4.2 กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง รัศมีการดัดโค้งจะต้องไม่น้อยกว่า 50 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อร้อยลวด หรือมุมดัดต้องไม่เกิน 15 องศา ถ้ารัศมีการดัดโค้งมีค่าน้อยกว่าหรือมุมดัดโค้งมากกว่าค่าที่กำหนด จะต้องมีการหาค่าการสูญเสียของการอัดแรงจากการดัดโค้งด้วย

7.4 การอัดน้ำปูน

กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลังระบบยึดเหนี่ยว (Bonded System) ให้อัดน้ำปูนตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.4.1 ก่อนการอัดน้ำปูนจะต้องปิดสมอยึดด้วยปูนทราย และทำความสะอาดภายในท่อร้อยลวด รวมทั้งตรวจสอบการรั่วซึมโดยใช้น้ำอัดฉีดเข้าไปในท่อ

7.4.2 ทำการอัดน้ำปูนเข้าไปในท่อร้อยลวด ผ่านรูที่สมอยึดด้านหนึ่งจนกระทั่งน้ำปูนไหลออกที่ปลายสมอยึดอีกด้านหนึ่ง แล้วจึงทำการปิดรูที่ปลายสมอยึดด้านท้าย และให้อัดน้ำปูนไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดหน่วยแรงดันประมาณ 0.5 เมกาปาสกาล (5 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) แล้วทำการอุดท่อทางเข้าน้ำปูนโดยไม่ให้สูญเสียแรงดันภายในท่อ

7.5 การเก็บตัวอย่างเหล็กเสริมอัดแรงเพื่อการทดสอบ

7.5.1 การเก็บตัวอย่างลวดเหล็กกล้า ให้เก็บ 3 ตัวอย่าง ทุก ๆ 3.0 ตัน

7.5.2 การเก็บตัวอย่างลวดเหล็กกล้าตีเกลียว ให้เก็บ 3 ตัวอย่าง ทุก ๆ 3.0 ตัน

7.5.3 การเก็บตัวอย่างลวดเหล็กกล้าดึงเย็น (CDR) และเหล็กปลอกเสาเข็มอัดแรง ให้เก็บ 3 ตัวอย่าง ทุก ๆ 1.0 ตัน

8. เอกสารอ้างอิง

(1) มาตรฐาน มยธ. 102-2533 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533

(2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 95: ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

(3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 420: ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

มยผ. 1103-64
มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีตนี้ ครอบคลุมถึงงานคอนกรีตทั่วไปทั้งหมด ยกเว้นงานเหล็กแรงดึงสูงที่ใช้ในการก่อสร้างคอนกรีตอัดแรง

1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้เหล็กเสริมคอนกรีตเป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความประหยัดและปลอดภัย

1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 10 นิวตัน

2. นิยาม

"กำลังดึงประลัย (Ultimate Tensile Strength)" หมายถึง หน่วยแรงดึงสูงสุดที่วัสดุสามารถรับได้

"กำลังคราก (Yield Strength)" หมายถึง หน่วยแรงดึงที่วัสดุเริ่มยืดโดยไม่ต้องเพิ่มแรงดึงขึ้นอีก

"ความยืด (Elongation)" หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความยาวพิกัดที่เปลี่ยนแปลงจากการยืดตัวต่อความยาวพิกัดเดิม (เป็นร้อยละ)

"การทดสอบโดยการดัดโค้งเย็น (Cold Bend Test)" หมายถึง การทดสอบโดยการกดชิ้นทดสอบด้วยหัวกดที่กึ่งกลางชิ้นทดสอบโดยใช้ความเร็วสม่ำเสมอและต่อเนื่องกันตลอดเวลา จนได้มุมดัดโค้ง (Bending Angle) ตามที่กำหนด

"ตะแกรง" หมายถึง ตะแกรงลักษณะเป็นผืนหรือเป็นม้วน ทำขึ้นโดยนำลวดเหล็กกล้าดึงเย็นหรือเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตมาเชื่อมแบบความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistance Welding) ติดกันเป็นตะแกรง โดยตาตะแกรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้

"ลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต" หมายถึง ลวดเหล็กกล้าที่มีบั้งและ/หรือครีบที่ผิว เพื่อเสริมกำลังยึดระหว่างลวดเหล็กกล้ากับเนื้อคอนกรีต ทำขึ้นโดยการแปรรูปเย็น (Cold Working) เหล็กลวดที่ได้จากการรีดร้อนเหล็กแท่งที่ได้จากกรรมวิธีแบบโอเพนฮาร์ท (Open-Hearth) หรืออิเล็กทริกเฟอร์เนซ (Electric Furnace) หรือเบสิกออกซิเจน (Basic Oxygen)

"ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ" หมายถึง เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่นำมาลวดขนาดโดยการดึงเย็น มีภาคตัดขวางกลมสม่ำเสมอตลอดความยาวของเส้น

"ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต" หมายถึง ลวดเหล็กที่ทำขึ้นโดยการรีดเย็นเหล็กลวดที่ได้จากการรีดร้อนเหล็กแท่งที่ได้จาเตาหลอมแบบโอเพนฮาร์ท (Open-Hearth) หรืออิเล็กทริกเฟอร์เนซ (Electric Furnace) หรือเบสิกออกซิเจน (Basic Oxygen)

"เหล็กข้ออ้อย" หมายถึง เหล็กเสริมที่มีบั้งและหรือมีครีบที่ผิว เพื่อเสริมกำลังยึดระหว่างเหล็กเส้นกับเนื้อคอนกรีต

"เหล็กเสริม" หมายถึง เหล็กเส้นที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20: เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม)

3.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24: เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย)

3.1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 737: ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต

3.1.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 49: มาตรฐานลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้มใช้เชื่อมเหล็กกล้าละมุนด้วยอาร์ก

3.1.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 747: ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต

3.1.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 943: ลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต

3.1.7 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1301/1302-61: มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

3.2 ยกเว้นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20 ตามข้อ 3.1.1 และ มอก. 24 ตามข้อ 3.1.2 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร

3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้มีความขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามข้อกำหนดนี้จะต้องไม่ขัดกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20 ตามข้อ 3.1.1 และ มอก. 24 ตามข้อ 3.1.2 ซึ่งเป็นข้อกำหนดหลัก

4. ข้อกำหนดสำหรับเหล็กเสริมคอนกรีต

4.1 เหล็กเส้นกลม (Round Bar)

4.1.1 สมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลม

(ข้อ 4.1.1)

ชั้นคุณภาพ	กำลังคราก เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม.)	กำลังดึงประลัย เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง (ร้อยละ)	การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น	
				มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SR 24	235 (2,350)	385 (3,850)	21	180	3 เท่าของเส้นผ่าน - ศูนย์กลางระบุ

สมบัติอื่นและกรรมวิธีในการทดสอบสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20: มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม)

4.1.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กเส้นกลมต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรสำหรับเหล็กเส้นกลม

(ข้อ 4.1.2)

ชื่อขนาด	มวลต่อเมตร กิโลกรัม	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร	
		แต่ละเส้น ร้อยละ	เฉลี่ย ร้อยละ
RB 6	0.222	±10.0	±5.0
RB 8	0.395	±6.0	±3.5
RB 9	0.499	±6.0	±3.5
RB 10	0.616	±6.0	±3.5
RB 12	0.888	±6.0	±3.5
RB 15	1.387	±6.0	±3.5
RB 19	2.226	±6.0	±3.5
RB 22	2.984	±6.0	±3.5
RB 25	3.853	±6.0	±3.5
RB 28	4.834	±6.0	±3.5
RB 34	7.127	±6.0	±3.5

4.2 เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bar)

4.2.1 สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อย

(ข้อ 4.2.1)

ชั้นคุณภาพ	กำลังคราก เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม.)	กำลังดึงประลัย เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง (ร้อยละ)	การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น		
				เส้นผ่านศูนย์กลาง	มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SD 30	295 (2,950)	480 (4,800)	17	ไม่เกิน 16 มม	180	3 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
				เกิน 16 มม.	180	4 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 40	390 (3,900)	560 (5,600)	15	ทุกขนาด	180	5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 50	490 (4,900)	620 (6,200)	13	ไม่เกิน 25 มม.	90	5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
				เกิน 25 มม.	90	6 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

สมบัติอื่น และกรรมวิธีในการทดสอบสมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24 : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย)

4.2.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กข้ออ้อย ต้องเป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กข้ออ้อย

(ข้อ 4.2.2)

ชื่อขนาด	มวลต่อเมตร กิโลกรัม	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร	
		แต่ละเส้น ร้อยละ	เฉลี่ย ร้อยละ
DB 6	0.222	±8.0	±7.0
DB 8	0.395	±8.0	±7.0
DB 10	0.616	±6.0	±5.0
DB 12	0.888	±6.0	±5.0
DB 16	1.578	±6.0	±5.0
DB 20	2.466	±5.0	±4.0
DB 22	2.984	±5.0	±4.0
DB 25	3.853	±5.0	±4.0
DB 28	4.834	±5.0	±4.0
DB 32	6.313	±4.0	±3.5
DB 36	7.990	±4.0	±3.5
DB 40	9.865	±4.0	±3.5

4.3 ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต

4.3.1 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นไปตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต

(ข้อ 4.3.1)

ความต้านแรงดึงต่ำสุด เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม)	หน่วยแรงพิสูจน์ต่ำสุด ที่ความยืดร้อยละ 0.5 เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม)	การลดทอนพื้นที่ต่ำสุด (ร้อยละ)
550 (5,500)	485 (4,850)	30

กรณีความต้านทานแรงดึงของลวดเหล็กเกิน 690 เมกาปาสกาล (6,900 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) การลดทอนพื้นที่ต่ำสุด ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 25

4.3.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง และมวลต่อเมตรของลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นไปตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง และมวลต่อเมตรของลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต

(ข้อ 4.3.2)

สัญลักษณ์	พื้นที่หน้าตัดระบุ ตารางมิลลิเมตร	เส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร	
CDR 2	3.14	2.0	±0.1
CDR 2.3	4.16	2.3	
CDR 2.6	5.31	2.6	
CDR 3	7.07	3.0	
CDR 3.3	8.56	3.3	
CDR 3.6	10.18	3.6	
CDR 4	12.57	4.0	
CDR 4.3	14.53	4.3	
CDR 4.6	16.63	4.6	
CDR 5	19.64	5.0	
CDR 5.3	22.07	5.3	
CDR 5.6	24.64	5.6	
CDR 6	28.29	6.0	
CDR 6.5	33.20	6.5	
CDR 7	38.50	7.0	
CDR 7.5	44.20	7.5	
CDR 8	50.29	8.0	

สมบัติอื่น และกรรมวิธีในการทดสอบสมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีตต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 747 : มาตรฐานลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต

4.4 ลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต

4.4.1 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นไปตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต

(ข้อ 4.4.1)

ความต้านแรงดึงต่ำสุด เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม)	หน่วยแรงพิสูจน์ต่ำสุด ที่ความยืดร้อยละ 0.5 เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม)
585 (5,850)	515 (5,150)

4.4.2 สัญลักษณ์ ขนาด มวล และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนกำหนดในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง และมวลต่อเมตร ของลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต

(ข้อ 4.4.2)

สัญลักษณ์	มวลต่อเมตร กิโลกรัม	เส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร		พื้นที่หน้าตัด ตารางมิลลิเมตร
CDD 3	0.055	3.0	±ร้อยละ 6.0	7.07
CDD 3.5	0.076	3.5		9.62
CDD 4	0.099	4.0		12.57
CDD 4.5	0.125	4.5		15.91
CDD 5	0.154	5.0		19.64
CDD 5.5	0.186	5.5		23.76
CDD 6	0.222	6.0		28.28
CDD 6.5	0.260	6.5		33.19
CDD 7	0.302	7.0		38.49
CDD 7.5	0.347	7.5		44.18
CDD 8	0.396	8.0		50.27
CDD 8.5	0.446	8.5		56.75
CDD 9	0.499	9.0		63.63

สมบัติอื่น และกรรมวิธีในการทดสอบสมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 943 : มาตรฐานลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต

4.5 ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต (Welded Steel Wire Fabric)

4.5.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ และสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลม เหล็กข้ออ้อย ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต และลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดึงเย็นเสริมคอนกรีต ที่ประกอบเป็นตะแกรง ต้องมีสมบัติตามข้อที่ 4.1 4.2 4.3 และ 4.4 แล้วแต่กรณี และความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของตะแกรงเหล็กกล้าต้องเป็นไปตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตะแกรง

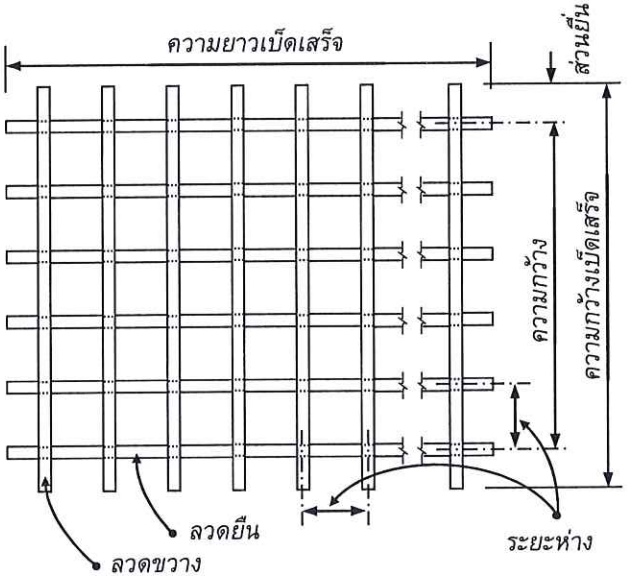
(ข้อ 4.3.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

มิติ	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ความกว้าง	± 13
ความกว้างเบ็ดเสร็จ	± 25
ความยาวเบ็ดเสร็จ	± 4.0 หรือ ± ร้อยละ 1 แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า
ระยะห่าง [1)]	± 6
ส่วนยื่น [2)]	± 13

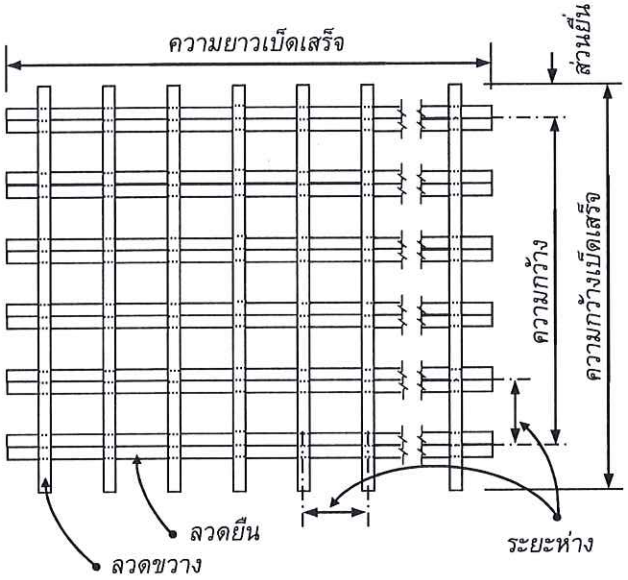
หมายเหตุ [1)] จำนวนลวดที่ปรากฏในตะแกรงทั้งผืนหรือทั้งม้วนซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าระยะห่างเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่าจำนวนลวดที่คำนวณโดยใช้ค่าระยะห่างระบุ

[2)] ในกรณีที่ไม่กำหนดส่วนยื่นไว้ ขนาดของส่วนยื่นต้องไม่เกิน 25 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ส่วนต่างๆ ของตะแกรงเหล็กกล้าลวดเดี่ยว

(ข้อ 4.5)



รูปที่ 2 ส่วนต่างๆ ของตะแกรงเหล็กกล้าลวดคู่

(ข้อ 4.5)

4.5.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของลวดยืนและลวดขวาง ต้องเป็นดังนี้

4.5.2.1 แบบลวดเดี่ยว

$d_{min} \geq 0.6 d_{max}$

เมื่อ d_{max} คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของลวดเส้นใหญ่

d_{min} คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของลวดเส้นเล็ก

4.5.2.2 แบบลวดคู่

$0.7 d_T \leq d_L \leq 1.25 d_T$

เมื่อ d_T คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของลวดขวาง

d_L คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของลวดยืน

4.5.3 แรงเฉือนของจุดเชื่อมเป็นนิวตัน ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของหน่วยแรงพิสูจน์ที่จุดครากหน่วยเป็นเมกาปาสคาล คูณพื้นที่หน้าตัดระบุของลวดเส้นใหญ่หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

4.6 ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

4.6.1 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ต้องเป็นไปตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง มวลต่อมัด มวลต่อขด และสมบัติทางกล ของลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

(ข้อ 4.6.1)

เส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน เส้นผ่านศูนย์กลาง มิลลิเมตร	มวลต่อมัดต่ำสุด[1] กิโลกรัม	มวลต่อขดต่ำสุด[2] กิโลกรัม	ความต้านแรงดึง นิวตันต่อตาราง มิลลิเมตร
0.45	0.02	20	0.7	ยกเว้น
0.55	0.02	20	0.7	ยกเว้น
0.70	0.03	20	1.5	ยกเว้น
0.80	0.03	20	3.0	ยกเว้น
0.90	0.05	20	3.0	ยกเว้น
1.00	0.05	40	3.0	ยกเว้น
1.20	0.05	40	3.0	ยกเว้น
1.40	0.05	40	6.0	ยกเว้น
1.60	0.05	40	6.0	ยกเว้น
1.80	0.06	40	6.0	590 - 1180
2.00	0.06	50	6.0	590 - 1180
2.20	0.08	50	10.0	590 - 1180
2.50	0.08	50	10.0	540 - 1080
2.80	0.08	50	10.0	540 - 1080
3.00	0.08	50	10.0	540 - 1080
3.50	0.10	50	15.0	440 - 930
4.00	0.10	50	15.0	440 - 930
4.50	0.10	50	15.0	440 - 930
5.00	0.10	50	15.0	390 - 830
6.00	0.13	50	50.0	390 - 830
7.50	0.15	100	50.0	390 - 830
8.00	0.15	100	50.0	390 - 830

หมายเหตุ [1] มัด หมายถึง หน่วยแสดงปริมาณของลวดที่ใช้ในการซื้อขาย ซึ่งอาจจะเป็นลวดขดเดียว หรือ 2 ขดมัดรวมกันก็ได้

[2] ขด หมายถึง ลวดเส้นเดียวที่นำมาม้วนเป็นวง ๆ

5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

5.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5.1.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องเป็นเหล็กเส้นใหม่ที่ไม่เคยใช้งานมาก่อน และไม่มีรอยแตกร้าว

5.1.2 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องมีผิวสะอาดปราศจากน้ำมัน ดิน โคลน สนิมกร่อน หรือวัสดุใดๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อแรงยึดหน่วงหรือยึดเหนี่ยว (Bonding) ระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต

5.1.3 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตจะต้องมีขนาดและรูปร่างตามที่กำหนดในแบบรายละเอียด

5.2 การเก็บวัสดุ

5.2.1 เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง ควรเก็บไว้ในที่ที่มีหลังคาคลุมหรือมีที่กำบังฝน และต้องเก็บไว้เหนือพื้นดิน ไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร

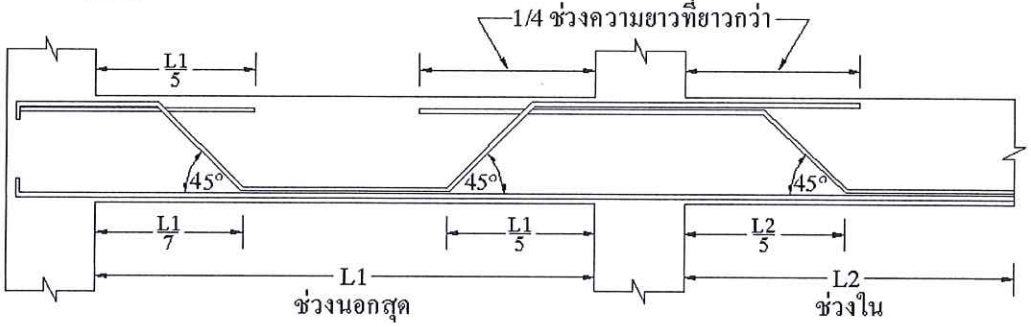
5.2.2 เหล็กเส้นที่นำมาใช้งาน ควรแยกกองเก็บตามชนิด ขนาด และกำลังของเหล็กเส้น โดยมีป้ายบอกชนิดและขนาดไว้อย่างชัดเจน

5.3 การดัดเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5.3.1 การดัดเหล็กเสริมทุกเส้นให้ใช้วิธีดัดโค้งเย็น ห้ามดัดเหล็กเส้นโดยวิธีเผาให้ร้อน เว้นแต่จะมีการระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบ ทั้งนี้การดัดจะต้องไม่ทำให้เหล็กเส้นชำรุดเสียหาย

5.3.2 การดัดเหล็กคอม้า ความลาดเอียงของเหล็กคอม้า นอกจากจะระบุไว้ในแบบรายละเอียดต้องดัดเอียงเป็นมุม 45 องศาทั้งหมด

5.3.3 รายละเอียดการดัดและการต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตขององค์อาคารต่างๆ หากไม่ได้มีการระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานแล้ว ให้เป็นไปตามรูปรายละเอียดการต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตดังนี้



หมายเหตุ ก. รูปที่แสดงเป็นการแสดงการเสริมด้วยเหล็กข้ออ้อย ถ้าเป็นเหล็กเส้นกลมธรรมดา ปลายเหล็กต้องงอขอ ตามข้อ 5.3.4

ข. ในกรณีที่คานมีความลึกมากกว่า 1/10 ของความยาวช่วงตำแหน่งต่างๆ ของเหล็กคอม้าจะใช้ตามรูปข้างบนนี้ไม่ได้

รูปที่ 3 การดัดเหล็กคอม้าในคาน

(ข้อ 5.3.3)