สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร
กรมโยธาธิการและผังเมือง
ถนนพระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน
เขตพญาไท กรุงเทพ 10400
โทร. 0-2299-4321 โทรสาร 0-2299-4321

มยผ. 1101-52 ถึง มยผ.1106-52 มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

มยผ. 1101-52 ถึง มยผ.1106-52

มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้ในงานโครงสร้างอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ. 2552

มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุใช้ในงานโครงสร้างอาคาร มยผ. 1101-52 ถึง มยผ. 1106-52

กรมโยธาธิการและผังเมือง
กระทรวงมหาดไทย
พ.ศ. 2552

คำปรารภของรัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย

กระทรวงมหาดไทยเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่ดูแล และรับผิดชอบความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่เข้าไปใช้สอยอาคาร โดยใช้มาตรการทางกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารที่กระทรวงมหาดไทยรับผิดชอบ ควบคุมอาคารให้มีความมั่นคงแข็งแรงและปลอดภัย ซึ่งได้มีการออกกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานงานด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมเป็นมาตรฐานใช้ในการออกแบบและคำนวณอาคาร

การออกแบบและคำนวณอาคารให้มีความมั่นคงแข็งแรงได้นั้น จะต้องมีปัจจัยและองค์ประกอบหลายส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารเป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่ง กระทรวงมหาดไทยโดยกรมโยธาธิการและผังเมืองจึงได้จัดทำมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร หรือ มยผ. 1101 ถึง 1106 ขึ้น สำหรับให้หน่วยงานต่างๆ นำไปเป็นข้อกำหนดในงานก่อสร้างได้

กระทรวงมหาดไทยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า มาตรฐานที่กรมโยธาธิการและผังเมืองจัดทำขึ้นนี้จะมีความเหมาะสม สามารถนำไปประกอบการก่อสร้าง เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปตามหลักวิชาการ สอดคล้องกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน และทำให้อาคารมีความมั่นคงแข็งแรง อันจะเสริมสร้างความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในการใช้อาคาร

(นายชวรัตน์ ชาญวีรกูล)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย

คำนำ

มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารของกรมโยธาธิการ (เดิม) หรือ มยธ. 101 ถึง 106 เป็นมาตรฐานว่าด้วยการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ (Specifications) ของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารประเภทต่างๆ ที่จัดทำขึ้นเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ถือปฏิบัติสำหรับการก่อสร้างอาคารให้มีความมั่นคงแข็งแรง เป็นไปตามหลักวิชาการ มาตรฐานดังกล่าว ได้รับการจัดทำใน พ.ศ. 2533 จากนั้นเป็นต้นมา เทคโนโลยีด้านวัสดุโครงสร้างอาคารได้มีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปมาก แต่มาตรฐานดังกล่าวไม่ได้รับการแก้ไขให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดข้อโต้แย้งว่า มาตรฐานดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน โดยเฉพาะอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยต้องมีการแข่งขันในระดับประเทศตามกระแสโลกาภิวัฒน์

กรมโยธาธิการและผังเมือง ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจในการกำหนดมาตรฐานการก่อสร้างอาคาร ได้เห็นความจำเป็นของมาตรฐานดังกล่าวจึงได้จัดทำมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร หรือ มยผ. 1101 ถึง 1106 ขึ้น โดยนำมาตรฐานของกรมโยธาธิการ (เดิม) มาปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมกับสภาวการณ์ในปัจจุบัน เพื่อให้หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ปฏิบัติ ซึ่งมาตรฐานที่จัดทำมีจำนวน 6 มาตรฐาน ประกอบด้วย

(1) มยผ. 1101-52: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

(2) มยผ. 1102-52: มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง

(3) มยผ. 1103-52: มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต

(4) มยผ. 1104-52: มาตรฐานงานไม้

(5) มยผ. 1105-52: มาตรฐานงานฐานราก

(6) มยผ. 1106-52: มาตรฐานงานเสาเข็ม

กรมโยธาธิการและผังเมืองหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การปฏิบัติตามมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะดังกล่าวจะทำให้การก่อสร้างอาคารในประเทศไทยมีความมั่นคงแข็งแรง อันจะนำมาซึ่งความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน

(นายอุดม พัวสกุล)

อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

คณะอนุกรรมการเพื่อพิจารณาจัดทำร่างกฎกระทรวงตามมาตรา 8 (2) และ (3)
กำหนดลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารด้านวิศวกรรมโยธา

นายสุรพล พงษ์ไทยพัฒน์	วิศวกรใหญ่ กรมโยธาธิการและผังเมือง	ประธานอนุกรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร. ตระกูล อร่ามรักษ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	อนุกรรมการ
ศาสตราจารย์ ดร. สมนึก ตั้งเติมสิริกุล	สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	อนุกรรมการ
รองศาสตราจารย์ เอนก ศิริพานิชกร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	อนุกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	อนุกรรมการ
นายกนก สุจริตสัญชัย	สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ กรมโยธาธิการและผังเมือง	อนุกรรมการ
นางพีชยา ทวีเลิศ	สำนักวิศวกรรมควบคุมการก่อสร้าง กรมโยธาธิการและผังเมือง	อนุกรรมการ
นายสุมล เกียงแก้ว	สำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง	อนุกรรมการ
นายสุรชัย พรภัทรกุล	ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง	อนุกรรมการ และเลขานุการ
ดร.เสถียร เจริญเหรียญ	สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง	อนุกรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ
นายธนิต ใจสะอาด	สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง	อนุกรรมการ และผู้ช่วยเลขานุการ

ISBN 978-974-458-279-9
สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537
โดย สำนักงานควบคุมและตรวจสอบอาคาร
กรมโยธาธิการและผังเมือง
ถ.พระราม 6 แขวงสามเสนใน
เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทร 0-2299-4321
โทรสาร 0-2299-4366

สารบัญ

	หน้า
มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก (มยผ. 1101-52)	**1**
1. ขอบข่าย	1
2. นิยาม	1
3. มาตรฐานอ้างถึง	2
4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง	4
5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	8
6. เอกสารอ้างอิง	27
มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง (มยผ. 1102-52)	**29**
1. ขอบข่าย	29
2. นิยาม	29
3. มาตรฐานอ้างถึง	30
4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง	30
5. ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือในการก่อสร้าง	36
6. ข้อกำหนดว่าด้วยหน่วยแรงที่ยอมให้และการสูญเสียของการอัดแรง	37
7. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	45
8. เอกสารอ้างอิง	48
มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต (มยผ. 1103-52)	**49**
1. ขอบข่าย	49
2. นิยาม	49
3. มาตรฐานอ้างถึง	49
4. ข้อกำหนดสำหรับเหล็กเสริมคอนกรีต	50
5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง	54
8. เอกสารอ้างอิง	62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

มาตรฐานงานไม้ (มยผ. 1104-52) 63

1. ขอบข่าย 63
2. นิยาม 63
3. มาตรฐานอ้างถึง 64
4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง 64
5. การเก็บและส่งตัวอย่างไม้เพื่อทดสอบ 71
6. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง 71
7. เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน 72
8. เอกสารอ้างอิง 72

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน 73

ผนวก ข: บัญชีรายชื่อไม้ที่เลื่อนขั้นเป็นไม้เนื้อแข็งได้โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ 76

มาตรฐานงานฐานราก (มยผ. 1105-52) 79

1. ขอบข่าย 79
2. นิยาม 79
3. มาตรฐานอ้างถึง 79
4. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง 80
5. เอกสารอ้างอิง 85

มาตรฐานงานเสาเข็ม (มยผ. 1106-52) 87

1. ขอบข่าย 87
2. นิยาม 87
3. มาตรฐานอ้างถึง 87
4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง 88
5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง 94
6. การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกและความสมบูรณ์ของเสาเข็ม 101
7. เอกสารอ้างอิง 101

บฟ. มยผ. 1106-1 รายงานการตอกเสาเข็ม 102

บฟ. มยผ. 1106-1 รายงานการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ 103

มยพ. 1101-52

มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงงานโครงสร้างของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้าน โรงเรือน คลังสินค้า กำแพงกันดิน และอาคารชลประทาน นอกจากแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานจะระบุเป็นอย่างอื่น

1.2 งานคอนกรีตในมาตรฐานนี้จำกัดเฉพาะคอนกรีตมาตรฐานทั่วไปทั้งประเภทเสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็ก สำหรับคอนกรีตคุณสมบัติพิเศษอื่นๆ เช่น คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตไหลเข้าแบบง่าย คอนกรีตกำลังสูง หรือคอนกรีตที่ไม่สามารถใช้วิธีการออกแบบส่วนผสมโดยวิธีธรรมดา มาตรฐานนี้อาจไม่ครอบคลุมคุณสมบัติของคอนกรีตดังกล่าวได้ทั้งหมด

1.3 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารคอนกรีต อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความประหยัด มีความมั่นคงแข็งแรงและความคงทน

1.4 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

"คอนกรีต" หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ซีเมนต์หรือซีเมนต์ผสมวัสดุพอซโซลาน เป็นต้น มวลรวมละเอียด เช่น ทราย เป็นต้น มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด เป็นต้น และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารผสมเพิ่ม

"คอนกรีตเสริมเหล็ก" หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมฝังภายในโดยที่คอนกรีตและเหล็กเสริมทำงานร่วมกันในการต้านทานแรงต่างๆ ที่เกิดขึ้น

"คอนกรีตอัดแรง" หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมอัดแรงฝังภายในที่ทำให้เกิดหน่วยแรงโดยมีขนาดและการกระจายของหน่วยแรงตามต้องการเพื่อที่จะหักล้างหรือลดหน่วยแรงอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุก

"มวลรวม" หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตตั้งแต่ 0.075 มิลลิเมตร ขึ้นไป

"มวลรวมหยาบ" หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตกว่า 4.75 มิลลิเมตร ขึ้นไป

"มวลรวมละเอียด" หมายถึงว่า วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตตั้งแต่ 0.075 ถึง 4.75 มิลลิเมตร

"มวลรวมแปรใช้ใหม่" หมายถึง มวลรวมซึ่งเป็นผลมาจากการบดคอนกรีตเพื่อนำเอามวลรวมในคอนกรีตนั้นกลับมาใช้ใหม่

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

“ซีเมนต์พอร์ตแลนด์พอซโซลาน” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมอย่างสม่ำเสมอระหว่างซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับพอซโซลานละเอียด โดยการบดปูนเม็ดของซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับพอซโซลาน หรือการผสมซีเมนต์พอร์ตแลนด์กับพอซโซลานที่บดละเอียด หรือทั้งการบดและการผสม

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

“ระยะหุ้ม” หมายถึง ระยะสั้นที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมกับผิวของคอนกรีต

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

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

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

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

“เหล็กเสริม” หมายความว่า เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงประกอบด้วย

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

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1103: มาตรฐานเหล็กเสริมคอนกรีต

3.1.3 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1201: มาตรฐานการทดสอบหาขนาดคละของมวลรวม

3.1.4 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1202: มาตรฐานการทดสอบหาความต้านทานต่อการสึกกร่อนของมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่องทดสอบลอสแองเจลิส

3.1.5 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1203: มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปนใน

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. 80: ปูนซีเมนต์ผสม

3.1.16 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213: คอนกรีตผสมเสร็จ

3.1.17 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 733: สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

3.1.18 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 849: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน

3.1.19 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 850: ปอซโซลาน

3.1.20 ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีตของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท. 1014)

3.1.21 มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ส.ท. 1008)

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

3.1.23 มาตรฐาน American Society of Testing Materials ASTM 1218/C 1218M : Standard Test Method for Water-Soluble Chloride in Mortar and Concrete

3.2 ยกเว้นกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2540)ฯ ตามข้อ 3.1.1 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.7 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ **3.1** มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับ

การรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร หรือจัดทำโดยส่วนราชการ หรือจัดทำโดยสมาคมวิชาชีพที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคาร

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

4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

4.1 ซีเมนต์ ซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้าง แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

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

4.1.1.1 ประเภท 1 (Type I) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างทั่วไป

4.1.1.2 ประเภท 2 (Type II) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ที่ให้ความร้อนปานกลางขณะทำปฏิกิริยากับน้ำหรือเมื่อต้องการความทนซัลเฟตปานกลาง

4.1.1.3 ประเภท 3 (Type III) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ที่ให้ค่ากำลังอัดสูงได้เร็ว สำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องการให้รับน้ำหนักเร็ว หรืองานต้องการถอดแบบเร็วในช่วงแรก

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

4.1.1.5 ประเภท 5 (Type V) เป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ที่ใช้เมื่อต้องการความทนซัลเฟตสูง เช่น งานคอนกรีตสัมผัสน้ำใต้ดินหรือน้ำเสียที่มีปริมาณซัลเฟตสูง

ซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั้งหมด ถ้าแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้กำหนดว่าเป็นซีเมนต์ประเภทใด ให้ถือว่าเป็นซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภท 1

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

4.1.3 ซีเมนต์พอร์ตแลนด์พอซโซลาน ใช้สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษ เช่น ต้องการความทนซัลเฟต คุณสมบัติและปริมาณของพอซโซลานเป็นให้ไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 849: มาตรฐานปูนซีเมนต์พอซโซลาน

4.2 มวลรวมละเอียด

4.2.1 มวลรวมละเอียดที่ใช้ ควรเป็นทรายน้ำจืดหรือทรายบกที่มีเม็ดหยาบ คม แข็งแกร่ง มีความคงตัวเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในส่วนผสมคอนกรีต สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นหรือสารอื่นเจือปนในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม

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

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

4.2.4 ทรายที่ใช้ต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตาม มยผ.1201 ถึง มยผ.1209

4.3 มวลรวมหยาบ

4.3.1 มวลรวมหยาบที่ใช้ต้องเป็นหินหรือกรวดที่แข็งแกร่ง ทนทาน ไม่ผุ มีความคงตัวเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในซีเมนต์ 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 มวลรวมหยาบที่ใช้ต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตาม มยผ.1201 ถึง มยผ.1209

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

4.4 น้ำ

4.4.1 น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตให้ใช้น้ำประปา

4.4.2 ในกรณีที่หาน้ำประปาไม่ได้ น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำจืดปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริม และต้องผ่านการทดสอบคุณสมบัติตาม มยผ.1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต โดยน้ำที่จะนำมาใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นจะต้องมีปริมาณสารเจือปนไม่เกินกว่าที่กำหนดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารที่ยอมให้ในน้ำสำหรับผสมคอนกรีต

(ข้อที่ 4.4.2)

หน่วยเป็นส่วนต่อล้านส่วน (PPM)

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) การใช้แร่ผสมเพิ่มประเภทสารพอซโซลาน เช่น เถ้าลอย ซิลิกาฟูม ก่อนนำไปใช้จะต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้อง เช่น ส่วนประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ เป็นต้น ส่วนแร่ผสมเพิ่มอื่นๆ ให้มีการตรวจสภาพคุณสมบัติจำเป็นที่เกี่ยวข้อง

4.5.2 สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures)

4.5.2.1 สามารถใช้สารเคมีผสมเพิ่มปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีตได้ เช่น

(1) สารลดน้ำ (Water Reducers หรือ Plasticizers) เพื่อลดปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีต โดยที่ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิม หรือเพื่อเพิ่มความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตโดยคงปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีตไว้

(2) สารเร่งการแข็งตัว (Accelerators) เพื่อลดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตให้สั้นลง

(3) สารหน่วงการแข็งตัว (Retarders) เพื่อยืดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตให้ยาวนานขึ้น

4.5.2.2 สารเคมีผสมเพิ่มจะต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 733 : สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

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

4.5.2.4 การใช้สารเคมีผสมเพิ่มมากกว่า 1 ชนิดในส่วนผสมเดียวกันจะต้องคำนึงถึงผลที่มีต่อกันของสารเคมีผสมเพิ่มแต่ละชนิดด้วย ดังนั้นจึงควรปรึกษาผู้ผลิตหรือทำการทดลองผสมก่อนตัดสินใจใช้

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

4.6 คอนกรีต คอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้าง แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

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

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

4.6.3 คอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์ผสม (Mixed-Cement Concrete) เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมซีเมนต์ผสมกับมวลรวมและน้ำตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยเครื่องผสม หรือผสมด้วยมือในกระบะ

ตารางที่ 3 ชนิดของคอนกรีต และค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด

(ข้อ 4.6.1)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กก./ตร.ซม.)

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

4.7 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต คุณลักษณะให้เป็นไปตาม มยผ. 1103 : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

ในการก่อสร้างจะต้องมีการควบคุณภาพของคอนกรีตทุกขั้นตอนเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการเตรียมวัสดุ การกำหนดส่วนผสม การผสม การลำเลียง การเท การทำให้แน่น การบ่ม และอื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคอนกรีตที่มีความแข็งแรงและคงทนตามที่ต้องการ

ในกรณีที่แบบและรายละเอียดการก่อสร้างไม่ได้ระบุลักษณะความคงทนไว้ และโครงการก่อสร้างอยู่ในพื้นที่หรือเงื่อนไขที่จะต้องพิจารณาความคงทนของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กให้มีอายุการใช้งานที่ไม่ต้องการซ่อมแซมไม่น้อยกว่า 25 ปี ให้พิจารณาลักษณะของความคงทนตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมเป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมของโครงสร้าง

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
6. โครงสร้างที่ติดผิวดิน (เช่น ตอม่อ คานคอดิน เป็นต้น)	
ก) เผชิญคลอไรด์	การเป็นสนิมของเหล็กเสริม และการต้านทานคลอไรด์
ข) ไม่เผชิญคลอไรด์	การเป็นสนิมของเหล็กเสริม
7. โครงสร้างที่สัมผัสบรรยากาศภายนอก (เผชิญกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)	การต้านทานคาร์บอเนชั่น
8. งานก่อสร้างในบรรยากาศที่ต้องคำนึงถึงการหดตัวแบบแห้ง (มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100%)	การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง

ตารางที่ 4 (ต่อ) คุณสมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมของโครงสร้าง

ลักษณะของงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อม	ลักษณะของความคงทนที่ต้องพิจารณา
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 ซีเมนต์

5.1.1.1 ซีเมนต์ที่ใช้ต้องบรรจุถุงเรียบร้อย หรือเป็นซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิต

5.1.1.2 ซีเมนต์บรรจุถุง ต้องเก็บไว้บนพื้นที่ยกสูงกว่าพื้นดินอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ในโรงที่มีหลังคาคลุม และมีฝากั้นกันฝนได้ดี

5.1.1.3 ห้ามใช้ซีเมนต์เสื่อมคุณภาพ เช่น ซีเมนต์ซึ่งแข็งตัวจับกันเป็นก้อน เป็นต้น

5.1.1.4 ซีเมนต์ที่ถูกเก็บไว้นานควรจะได้รับการทดสอบคุณภาพก่อนนำไปใช้

5.1.1.5 ในโครงสร้างชิ้นเดียวกัน เช่น เสา คาน พื้น เป็นต้น ไม่ควรใช้ซีเมนต์ต่างประเภทผสมคอนกรีตปนกัน

5.1.2 มวลรวม

5.1.2.1 ทราย หิน หรือกรวด ต้องกองในลักษณะที่แยกขนาด และป้องกันมิให้ปะปนกัน

5.1.2.2 ในการเก็บหรือเคลื่อนย้ายมวลรวมต้องไม่ก่อให้เกิดการแยกตัวของขนาด ไม่ให้สิ่งสกปรกเข้าไปปะปน และไม่ให้เกิดการแตกเป็นชิ้นของมวลรวม

5.1.2.3 มวลรวมต้องไม่แห้งและมีอุณหภูมิสูงจนทำให้อุณหภูมิของคอนกรีตที่ผลิตโดยใช้มวลรวมดังกล่าวสูงตามไปด้วย และควรเก็บมวลรวมโดยป้องกันไม่ให้มวลรวมเปียกเกินไป

5.1.3 น้ำ

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

5.1.4 สารผสมเพิ่ม

5.1.4.1 การเก็บสารผสมเพิ่มต้องระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อน

5.1.4.2 ไม่ใช้สารผสมเพิ่มที่มีการเสื่อมสภาพหรือมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว

5.1.4.3 ควรป้องกันสารผสมเพิ่มที่เป็นของเหลวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มากเกินไปอันจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารผสมเพิ่ม

5.2 ส่วนผสมคอนกรีต

5.2.1 ก่อนการใช้งานคอนกรีตจริง ควรทดลองหาส่วนผสมล่วงหน้า โดยส่วนผสมที่เหมาะสมให้พิจารณาจากคุณภาพของวัสดุเป็นคราวๆ ไป

5.2.2 การเลือกส่วนผสมให้ถือหลักดังนี้

5.2.2.1 ในกรณีที่ไม่ได้มีการทดลองส่วนผสม ปริมาณซีเมนต์สำหรับคอนกรีตชนิด ค1 ค2 และ ค3 ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต

(ข้อ 5.2.2.1)

หน่วยเป็นกิโลกรัม

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

สำหรับกรณีที่มีการทดลองส่วนผสมหรือเป็นคอนกรีตชนิดอื่นนอกเหนือจากตารางที่ 5 ปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมจะต้องกำหนดโดยวิศวกรผู้ออกแบบส่วนผสมซึ่งจะต้องพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตและการใช้งานที่เหมาะสมด้วย

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)] เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่ได้มีการผสมสารลดน้ำ

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

ตารางที่ 7 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในสภาวะการใช้งานต่าง ๆ กัน

(ข้อ 5.2.2.3)

ประเภทคอนกรีตที่ต้องการ	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ยอมให้
1) คอนกรีตที่ต้องการความทึบน้ำ	0.50
2) คอนกรีตที่ต้องการความต้านทานซัลเฟต 2.1 โซเดียมซัลเฟต 2.1.1 เสี่ยงต่อซัลเฟตปานกลาง (ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินตั้งแต่ร้อยละ 0.1ถึง 0.2 หรือปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 150 ถึง 1,500 ppm.)	0.50

ตารางที่ 7 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในสภาวะการใช้งานต่างๆ กัน (ต่อ)

(ข้อ 5.2.2.3)

ประเภทคอนกรีตที่ต้องการ	อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ยอมให้
2.1.2 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรง (ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินตั้งแต่ร้อยละ 0.2 ถึง 2.0 หรือ ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 1,500 ถึง 10,000 ppm.)	0.45
2.1.3 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรงมาก (ปริมาณซัลเฟต ที่ละลายน้ำได้ในดินมากกว่า 2.0 หรือ ปริมาณซัลเฟตในน้ำมากกว่า 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 ถึง ค่าอิ่มตัว)	0.40
3) คอนกรีตที่ต้องการความต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์	
3.1 กรณีที่ระยะหุ้มคอนกรีตได้ตามตารางที่ 11	0.45
3.2 กรณีที่ไม่สามารถทำตามได้ตามข้อ 3.1	0.40

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

ตารางที่ 8 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

5.3 การผสมคอนกรีต

5.3.1 การผสมคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้าง ให้ผสมด้วยเครื่องผสม และการผสมแต่ละครั้งให้ผสมต่อซีเมนต์ 1 หรือ 2 ถุง

5.3.2 สำหรับเครื่องผสมที่มีความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร หรือน้อยกว่า ต้องใช้เวลาผสมนานอย่างน้อย 1½ นาที และให้เพิ่มระยะเวลาผสม 15 วินาที ทุก ๆ ความจุที่เพิ่มขึ้น 0.5 ลูกบาศก์เมตร หรือเศษของลูกบาศก์เมตร

5.3.3 เครื่องผสมต้องหมุนด้วยความเร็วสม่ำเสมอตามที่ผู้ผลิตกำหนด อัตราความเร็วที่ขอบนอกควรประมาณ 1 เมตร ต่อวินาที

5.3.4 การนับเวลาที่ใช้ผสมให้เริ่มนับเมื่อใส่มวลวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้ผสมทั้งหมดลงในเครื่องผสมแล้ว

5.3.5 จะต้องผสมเนื้อคอนกรีตให้มีความสม่ำเสมอ เป็นเนื้อเดียวกัน มีความข้นเหลวพอเหมาะที่สามารถเทและทำให้แน่นได้

5.4 การลำเลียงและการเทคอนกรีต

5.4.1 ต้องตรวจดูแบบหล่อและการวางเหล็กเสริมว่ามั่นคง และถูกต้องตามแบบรายละเอียดพร้อมทั้งทำความสะอาดให้ปราศจากเศษวัสดุที่อยู่ในแบบที่จะเท และอุดรอยรั่วต่างๆ เพื่อมิให้น้ำปูนหนีออกเรียบร้อยแล้วจึงจะทำการเทคอนกรีตได้

5.4.2 การลำเลียงและการเทคอนกรีตต้องทำด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีต

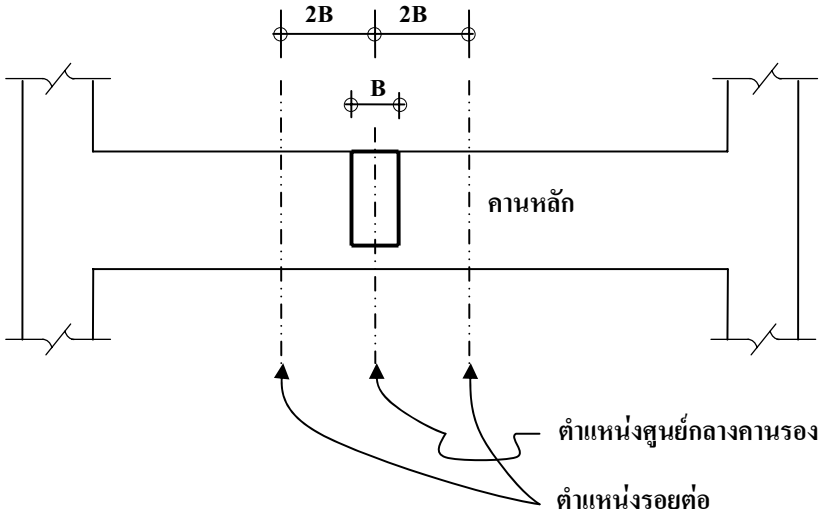
5.4.3 คอนกรีตที่ผสมแล้วต้องรีบนำไปเทลงในแบบโดยเร็ว ก่อนที่คอนกรีตนั้นจะแข็งตัว (โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 30 นาที ยกเว้นจะมีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มที่สามารถยืดเวลาการก่อตัวของคอนกรีตออกไปได้) และต้องระมัดระวังมิให้เหล็กเสริมเคลื่อน หรือเปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม

5.4.4 ถ้าหากเทคอนกรีตในโครงสร้าง ส่วนหนึ่งส่วนใดไม่เสร็จในรวดเดียวแล้ว ต้องหยุดเทคอนกรีตตามที่ผู้ควบคุมงานกำหนดหรือตามตำแหน่ง ดังนี้

5.4.4.1 สำหรับเสา ที่ระดับไม่เกิน 75 มิลลิเมตร ต่ำจากท้องคานหัวเสา

5.4.4.2 สำหรับคานและแผ่นพื้นที่ช่วงกลางเมื่อแบ่งช่วงคานหรือแผ่นพื้นเป็นสามส่วน(Mid – Third) โดยใช้ไม้กั้นตั้งฉาก

5.4.4.3 ในกรณีที่คานรองตัดกับคานหลักให้กำหนดรอยต่อให้ห่างจากคานรองออกไปอีกเป็นระยะ 2 เท่าของความกว้างของคานรองตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเลื่อนรอยต่อในการหยุดเทคอนกรีตเมื่อรอยต่อเดิมตรงกับคานรอง

5.4.4.4 ที่ตำแหน่งรอยต่อ ให้ทำผิวคอนกรีตให้หยาบ ตามวิธีที่ได้รับการรับรองแล้ว จนเห็นเม็ดหินโผล่โดยตลอด ปราศจากฝ้าน้ำปูน หรือเศษหิน ปูนทราย ที่หลุดร่วง ล้างผิวที่ทำหยาบนั้นด้วยน้ำสะอาดทันที ก่อนเทคอนกรีตใหม่ให้พรมน้ำที่ผิวคอนกรีตให้ชื้นแต่ไม่เปียกโชก

5.4.5 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 กรณีคอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต้องบ่มตลอดเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 7 วันหลังจากการเทเสร็จสิ้น และไม่น้อยกว่า 3 วัน สำหรับกรณีใช้ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ส่วนคอนกรีตที่มีวัสดุพอซโซลานผสมจะต้องบ่มเกินกว่า 7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุพอซโซลานที่ใช้วิธีการบ่มแบบเปียก 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) ทุกครั้งที่เปลี่ยนอัตราส่วนผสมของน้ำกับซีเมนต์หรือผู้ควบคุมงานเห็นว่า คอนกรีตข้นหรือเหลวเกินไป วิธีการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตให้เป็นไปตาม มยผ.1209: มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต ค่าการ

ยุบตัวของคอนกรีตควรเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 9 ข้อแนะนำสำหรับค่าการยุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือน

ตารางที่ 9 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 วัน โดยใช้วิธีการเก็บ ดังนี้

5.8.3.1 เก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง ในแต่ละวันที่มีการเทคอนกรีต

5.8.3.2 เก็บตัวอย่างคอนกรีตเมื่อมีการเทคอนกรีตในแต่ละส่วนของโครงสร้าง

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

5.8.3.4 เก็บตัวอย่างคอนกรีตทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งทราย หรือหิน-กรวด

5.8.4 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากลักษณะการผสมต่างๆ ให้กระทำ ดังนี้

5.8.4.1 การเก็บจากเครื่องผสม (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 วัน นั้น เป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

5.9.1.1 กำลังอัดประลัยเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตทั้งสามก้อนต่อเนื่องกันให้ค่าเท่ากับหรือสูงกว่ากำลังอัดประลัยตามชนิดของคอนกรีตที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 หรือกำลังอัดประลัยที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ

5.9.1.2 กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตแต่ละก้อน จะต่ำกว่ากำลังอัดประลัยตามชนิดของคอนกรีตที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 ได้ไม่เกิน 3.5 เมกาปาสกาล (35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) หรือกำลังอัดประลัยที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ

ในกรณีที่ทดสอบกำลังคอนกรีตเมื่ออายุ 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 การทดสอบหาค่ากำลังอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานนั้น จะต้องดำเนินการโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือส่วนราชการอื่นใด หรือนิติบุคคลซึ่งมีวิศวกรระดับสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร รับรองผลการทดสอบ

5.10 ระยะหุ้ม

การกำหนดระยะหุ้มเหล็กเสริมจะต้องกำหนดให้คอนกรีตสามารถป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมได้ตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีต ซึ่งจะต้องพิจารณาจากความคงทนของคอนกรีตและสภาพแวดล้อมที่เผชิญ โดยระยะหุ้มเหล็กเสริมน้อยที่สุดสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

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

โดยที่ C_{min} คือ ระยะหุ้มน้อยที่สุด

α คือ ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม ตามตารางที่ 10

C_0 คือ ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไป ตามตารางที่ 11 และตารางที่ 12

ตารางที่ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม

(ข้อ 5.10)

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

หมายเหตุ [3)] ยกเว้นกรณีที่ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไปต่ำกว่า 20 มม. และกรณีที่ต้องเผชิญกับสภาวะซัลเฟตตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไปให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริมเท่ากับ 1.0

โดยระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไปตามงานก่อสร้างประเภทต่างๆ ในกรณีที่ไม่ได้มีการกำหนดรายละเอียดไว้ ให้ใช้ตามตารางที่ 11 และ 12

ตารางที่ 11 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อในที่

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

ตารางที่ 12 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

ตารางที่ 12 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ (ต่อ)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

ในกรณีที่เป็นโครงสร้างหลักของอาคารตามกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ.2549) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ระยะหุ้มเหล็กเสริมของโครงสร้างหลักของอาคารดังกล่าวเมื่อพิจารณาตามสมการที่ 1 ตารางที่ 11 และตารางที่ 12 แล้วจะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 13 และในกรณีโครงสร้างหลักมีขนาดระหว่างขนาดที่กำหนดในตารางที่ 13 ให้คำนวณหาความหนาน้อยที่สุดของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมโดยวิธีเทียบอัตราส่วน และหากต้องการให้โครงสร้างหลักมีความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมน้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 13 จะต้องใช้วัสดุอื่นหุ้มเพิ่มเติมหรือต้องป้องกันโดยวิธีอื่นเพื่อช่วยทำให้เสาหรือคานมีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสามชั่วโมง และตงหรือพื้นต้องมีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง โดยจะต้องมีเอกสารรับรองอัตราการทนไฟจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต โดยวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E 119 หรือ ISO 834

ตารางที่ 13 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับโครงสร้างหลักให้สามารถทนไฟได้ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

ตารางที่ 13 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับโครงสร้างหลักให้สามารถทนไฟได้ตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร (ต่อ)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ชนิดของโครงสร้างหลัก	ระยะหุ้มต่ำสุด
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	
ก) ขอบไม่เหนี่ยวรั้ง (Unrestrained)	40
ข) 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 โดยไม่ทรุดตัวหรือแอ่นตัวจนเสียระดับหรือ

แนว สำหรับการคำนวณความมั่นคงของแบบหล่อและค้ำยันให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต ว.ส.ท. 1014 ว่าด้วยแบบหล่อคอนกรีตและค้ำยัน

5.11.7 หากคอนกรีตที่หล่อเสร็จแล้วเกิดการเสียระดับหรือแนวหรือผิดขนาดจนเห็นว่าจะเกิดผลเสียหาย อาจต้องทุบทำลายชิ้นส่วนนั้นทิ้งชิ้นแล้วหล่อใหม่ให้ถูกต้อง แต่ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของวิศวกรผู้ควบคุมงาน

5.11.8 แบบหล่อจะถอดออกไม่ได้จนกว่าจะได้กำหนดเวลา การถอดแบบต้องไม่ให้คอนกรีตได้รับความกระเทือนและให้ถือกำหนดเวลาการถอดแบบตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ประเภทอาคารและระยะเวลาในการถอดแบบหล่อ

(ข้อ 5.11.8)

หน่วยเป็นวัน

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

[4)] เมื่อถอดแล้วให้ค้ำตามจุดต่างๆ ที่เหมาะสมไว้อีก 14 วัน

ทั้งนี้ให้ยกเว้นในกรณีที่ใช้ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว ซึ่งให้ถือกำหนดถอดแบบได้ทั้งหมดเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 7 วัน

5.11.9 กรณีไม่ถอดแบบหล่อตามกำหนดเวลาในข้อ 5.11.8 สามารถถอดแบบหล่อตามค่ากำลังอัดประลัยขั้นต่ำของคอนกรีตตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ประเภทอาคารและกำลังอัดประลัยขั้นต่ำในการถอดแบบหล่อ

(ข้อ 5.11.9)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กก.ต่อตร.ซม.)

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

5.11.10 การค้ำยันกลับ จะต้องดำเนินการให้เร็วที่สุดภายหลังจากถอดแบบหล่อและค้ำยันแล้ว ค้ำยันที่ใช้ต้องขันให้แน่นเพื่อรับน้ำหนักโครงสร้างตามที่กำหนดไว้ ค้ำยันนี้ต้องคงค้างไว้จนกระทั่งผลการทดสอบคอนกรีตถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.11.11 แบบหล่อจะต้องมีขนาดที่แน่นอนและมีพื้นผิวที่เรียบพอสมควร ซึ่งเมื่อนำมาหล่อชิ้นส่วนโครงสร้างใดๆ แล้ว ชิ้นส่วนโครงสร้างดังกล่าวต้องมีขนาดคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดในแบบก่อสร้างไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 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 ร่องในแนวราบและเส้นที่มองเห็นได้ชัดเจน	
ทุกๆระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร	6
ค่าสูงสุดตลอดความสูง	12
3) ความคลาดเคลื่อนของแนวอาคาร และตำแหน่งของเสา กำแพงและแผงกั้นต่างๆ	
ทุกๆระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร	12
ค่าสูงสุดตลอดความยาว	25

ตารางที่ 16 ประเภทของการก่อสร้างและความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้ (ต่อ)

(ข้อ 5.11.11)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ประเภทของการก่อสร้าง	ความคลาดเคลื่อนสูงสุด
4) ความคลาดเคลื่อนของขนาดและตำแหน่งช่องเปิดทั้งในพื้นและผนัง	6
5) ความคลาดเคลื่อนของขนาดหน้าตัดเสา คาน และความหนาของพื้น กำแพง	
ค่าลบ	5
ค่าบวก	10
6) ฐานราก	
6.1) ความคลาดเคลื่อนของขนาดความกว้าง ความยาว	
ค่าลบ	12
ค่าบวก	50
6.2) ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งฐานราก	ไม่เกินร้อยละ 2 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

มยพ. 1102-52

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 มั่นคงแข็งแรง และคงทน

1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วยสากล SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

"คอนกรีต" หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสาน เช่น ซีเมนต์หรือซีเมนต์ผสมวัสดุพอซโซลาน เป็นต้น มวลรวมละเอียด เช่น ทราย เป็นต้น มวลรวมหยาบ เช่น หินหรือกรวด เป็นต้น และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารผสมเพิ่ม

"คอนกรีตอัดแรง" หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมอัดแรงฝังภายในที่ทำให้เกิดหน่วยแรงโดยมีขนาดและการกระจายของหน่วยแรงตามต้องการเพื่อที่จะหักล้างหรือลดหน่วยแรงอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุก

"ซีเมนต์พอร์ตแลนด์" หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ได้จากการบดปูนเม็ดกับแคลเซียมซัลเฟต รูปใดรูปหนึ่งหรือหลายรูป

"กำลังอัดประลัยของคอนกรีต" หมายถึง กำลังอัดสูงสุดตามแกนยาวของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร สามารถรับได้ หากไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่น กำลังอัดดังกล่าวในมาตรฐานนี้ ให้ใช้กำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

"เหล็กเสริม" หมายถึง เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

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

"การสูญเสียของการอัดแรง (Prestressing Losses)" หมายถึง การที่เหล็กเสริมอัดแรงสูญเสียหน่วยแรงดึงเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น ความโค้งของแนวเหล็กเสริมอัดแรง การเข้าที่ของลิ่มสมอ การหดตัวอีลาสติก (Elastic Shortening) การคืบ (Creep) และการหดตัว (Shrinkage) ของคอนกรีต และการคลายแรงดึง (Relaxation) ของเหล็กเสริมอัดแรง

"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 3.1.3 ซึ่งเป็นข้อกำหนดหลัก

4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

4.1 คอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้ต้องมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่าที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง หากไม่ได้ระบุไว้ในแบบก่อสร้างให้ใช้ไม่ต่ำกว่า 39.2 เมกาปาสกาล (400 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อน และ 31.4 เมกาปาสกาล (320 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง ทั้งนี้เมื่อทำการอัดแรง คอนกรีตต้องมีกำลังอัดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 ของกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ใช้ในการออกแบบ แต่ไม่น้อยกว่า 23.5 เมกาปาสกาล (240 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) วัสดุที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต้องเป็นไปตามข้อกำหนด ดังนี้

4.1.1 ซีเมนต์ ให้ใช้ซีเมนต์พอร์ตแลนด์ที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ

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 และมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 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

หมายเหตุ *1) กำลังดึงประลัยระบุใช้ประโยชน์เพื่อการเรียกเท่านั้น และคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดระบุกับค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด โดยปัดเศษถึง 10 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรที่ใกล้เคียงที่สุด*

2) กำหนดให้ใช้ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงแทนกำลังดึงประลัยระบุ เนื่องจากเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อความยาวมีค่าน้อย

3) ค่ามวลต่อความยาวคำนวณจากความหนาแน่นของเหล็กซึ่งยอมรับกันเท่ากับ 7.85 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4) เพื่อการพิสูจน์ความเหมาะสมของวัสดุ ซึ่งมีการนำไปใช้เฉพาะงาน (ตัวอย่างเช่น ไม้หมอน รถไฟ 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) *มอดูลัสยืดหยุ่น (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 และมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.420: ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมวลต่อเมตรเป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะของลวดเหล็กกล้าตีเกลียว

(ข้อ 4.3)

ชนิด [1]	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ[1] (มิลลิเมตร)	กำลังดึงประลัยระบุ[1] (นิวตันต่อตารางเมตร)	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)
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		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	+4	209	178	184
	15.2	1,820	165	1,295	-2	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: มาตรฐานเหล็กเสริมคอนกรีต

4.5 ท่อร้อยลวด (Sheathing)

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

4.6 น้ำปูน (Grouting)

น้ำปูนที่ใช้อัดในท่อร้อยลวดจะต้องมีกำลังอัดเพียงพอ เพื่อประโยชน์ในการถ่ายแรงยึดเหนี่ยวกับเหล็กเสริมอัดแรง ต้องมีคุณสมบัติไม่หดตัว ไม่ทำให้ความคงทนของชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงต่ำลง และมีความสามารถในการไหลได้เพียงพอที่จะอัดน้ำปูนเข้าในท่อร้อยลวดจนเต็มได้ ในกรณีที่ท่อร้อยลวดมีพื้นที่หน้าตัดเกินกว่า 4 เท่าของเหล็กเสริมอัดแรง สามารถใช้มวลรวมละเอียดมาเป็นส่วนผสมได้แต่ต้องไม่มีคุณสมบัติด้อยลงกว่าเดิม โดยส่วนผสมที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตาม มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

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 เครื่องปั๊มซีเมนต์เหลว

เครื่องปั๊มซีเมนต์เหลวจะต้องสามารถอัดซีเมนต์เหลวเข้าสู่ท่อร้อยลวดได้อย่างสม่ำเสมอและสามารถคงแรงดันของเครื่องปั๊มซีเมนต์เหลวไว้ได้ตลอดระยะเวลาที่ต้องการ

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

U_t	หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีตขณะที่มีการถ่ายแรง
20	1.0
30	1.2
40	1.4
50	1.5

โดย U_t คือ ค่ากำลังอัดประลัยระบุของคอนกรีตเมื่อเริ่มถ่ายแรง

6.2.2 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีตเนื่องจากการดัดภายใต้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดจะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5 ค่าหน่วยแรงดึงเหล่านี้ใช้ได้สำหรับชิ้นส่วนหรือโครงสร้างที่หล่อเป็นเนื้อเดียวกัน (Monolithic) แต่ต้องไม่เกิดหน่วยแรงดึงที่รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

หน่วยแรงดึงที่กำหนดในตารางที่ 5 อาจยอมให้มีค่าเพิ่มขึ้นอีกไม่เกิน 1.75 เมกาปาสกาล โดยต้องมีผลการทดสอบที่แสดงว่าหน่วยแรงดึงที่ใช้ต้องไม่เกิน 3 ใน 4 ของหน่วยแรงดึงที่ได้จากการทดสอบการรับน้ำหนักจนปรากฏรอยร้าวแรก และใช้ในกรณีดังต่อไปนี้

6.2.2.1 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อน ต้องมีค่าหน่วยแรงอัดของคอนกรีตที่เกิดจากการดึงเหล็กเสริมอัดแรงไม่น้อยกว่า 10 เมกาปาสกาล

6.2.2.2 เหล็กเสริมอัดแรงจะต้องกระจายแรงเป็นอย่างดี ตลอดภาคตัดบริเวณที่รับแรงดึง

6.2.2.3 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง ในกรณีที่มีความจำเป็นส่วนคอนกรีตที่รับแรงดึงจะต้องเสริมเหล็กเพิ่มเติม

ตารางที่ 5 ค่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ในคอนกรีตเนื่องมาจากแรงดัด

(ข้อ 6.2.2)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล

ลักษณะของแรงกระทำ	ค่าสูงสุดของหน่วยแรงดึงที่ยอมให้เนื่องจากแรงดัด					
	ชนิดดึงลวดก่อน U_w			ชนิดดึงลวดภายหลัง U_w		
	40	50	60	40	50	60
สำหรับการใช้งานปกติ	2.2	2.5	2.8	1.4	1.5	1.6
สำหรับการขนส่งหรือการยกขึ้นหรือการใช้งานช่วงสั้นๆ	3.0	3.4	3.7	2.0	2.2	2.4

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)

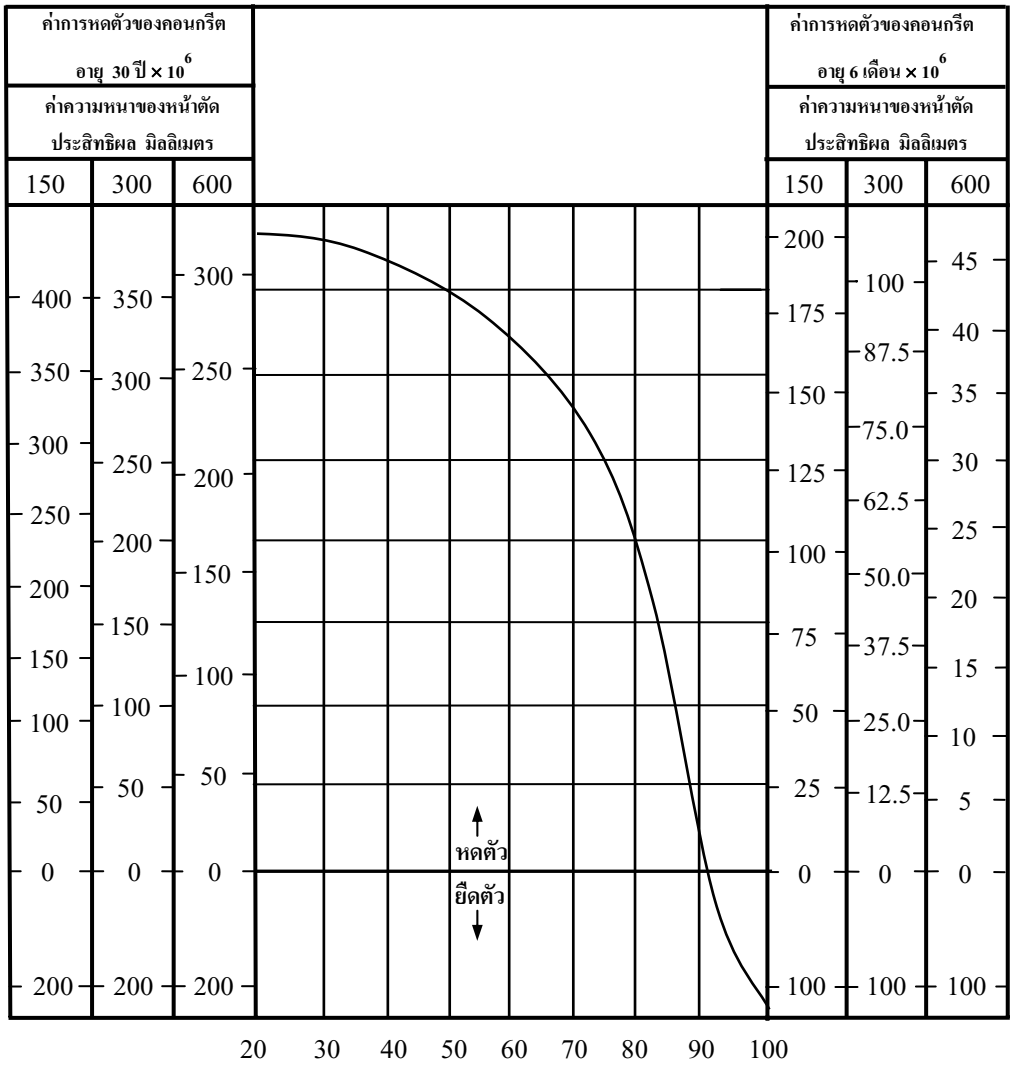
6.4.1 การเสื่อมแรงดึงในลวดเหล็กเนื่องจากการคลายแรงดึง (Relaxation) ในการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง ให้ใช้ค่าการเสื่อมแรงระยะยาวในการดึงเหล็กเสริมอัดแรง โดยคำนวณจากผลคูณของค่าการคลายแรงดึงที่ได้จากการทดสอบของลวดเหล็กที่ 1,000 ชั่วโมงกับตัวประกอบคงที่ของการคลายแรงที่กำหนดในตารางที่ 6 วิธีทดสอบหาค่าการคลายแรงให้เป็นไปตามภาคผนวก 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 ให้คำนวณค่าดังกล่าวจากค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของเหล็ก 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

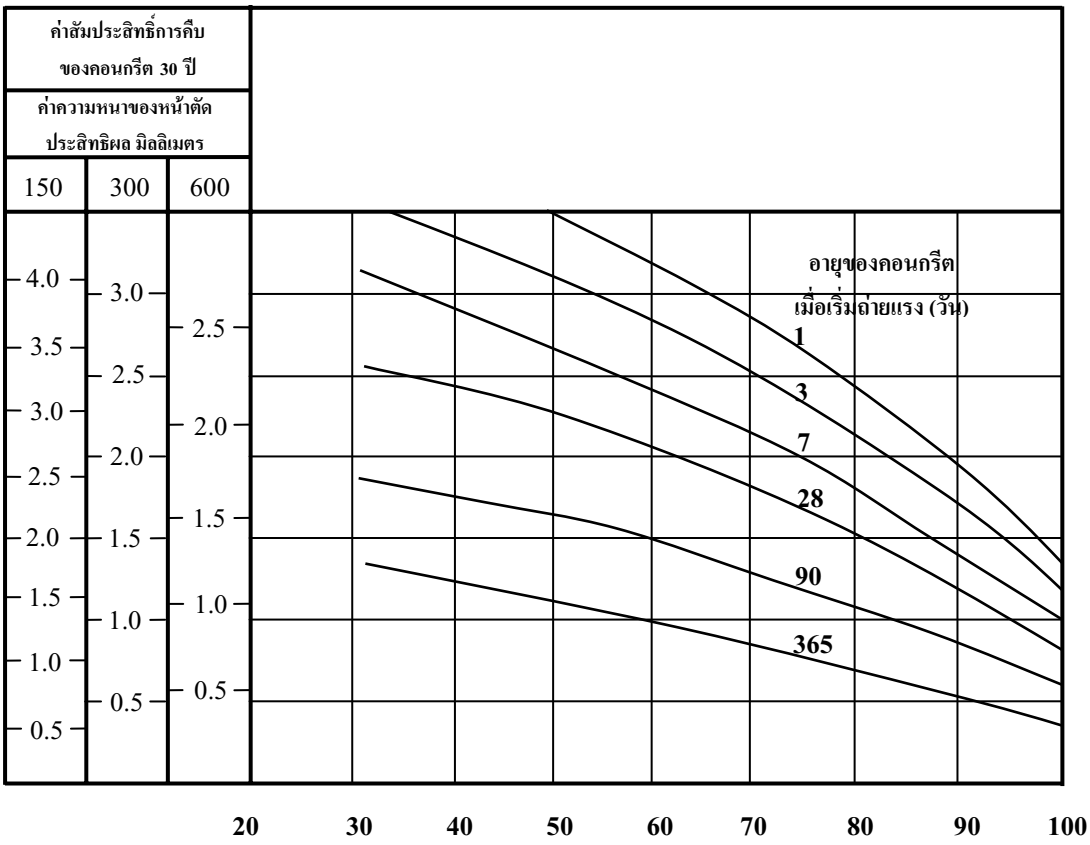
$$\varepsilon_{CC} = \frac{\text{หน่วยแรงอัดของคอนกรีต} \times \alpha}{E_t} \qquad (1)$$

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 เดือนหลังจากเริ่มถ่ายแรงตามลำดับ ทั้งนี้คอนกรีตต้องอยู่ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ที่คงที่



ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยรอบ เป็นร้อยละ

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

ค่าแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรง (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	กำลังอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีต ทรงกระบอก ∅ 150×300 มม.	ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต [1)]
ค4	23.5 (240)	22,800[1)] (233,000)
ค5	27.5 (280)	24,700[1)] (252,000)
ค6	29.4 (300)	25,500[1)] (260,000)
ค7	31.4 (320)	26,300[1)] (268,000)
ค8	34.3 (350)	27,500[1)] (280,000)
ค9	37.3 (380)	28,700[1)] (293,000)
ค10	39.2 (400)	28,800[3)] (294,000)
ค11	44.1 (450)	29,000[2)] (296,000)

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) ค่าเฉลี่ยจากการคำนวณตาม 1) และ 2)

6.4.6.1 สำหรับงานคอนกรีตชนิดดึงลวดก่อน ค่าการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงเมื่อเริ่มถ่ายแรงให้คำนวณจากผลคูณของอัตราส่วนมอดุลาร์ (Modular Ratio) และค่ากำลังอัดของคอนกรีต

6.4.6.2 สำหรับงานคอนกรีตชนิดดึงลวดภายหลัง ถ้ามีการดึงเหล็กเสริมอัดแรงไม่พร้อมกัน จะทำให้เกิดการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงในอัตราก้าวหน้าระหว่างการถ่ายแรงเนื่องจากแรงดึงที่เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ให้คำนวณค่านี้จากกึ่งหนึ่งของผลคูณของอัตราส่วนมอดุลาร์และค่ากำลังอัดของคอนกรีตหรือคำนวณจากค่าการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงโดยพิจารณาถึงลำดับการดึงลวดเหล็กเป็นสำคัญ

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 ในกรณีที่ไม่ต้องการให้เหล็กเสริมอัดแรงเกิดการยึดหน่วงกับคอนกรีตที่ปลายทั้งสองข้าง อาจทำได้โดยใช้ท่อร้อยหรือพันเทป โดยระยะส่งถ่ายแรงให้คิดจากปลายของส่วนที่ไม่มีการยึดหน่วง

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 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: มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต

7.3 เหล็กเสริมอัดแรง

7.3.1 การติดตั้งเหล็กเสริมอัดแรงและท่อร้อยลวด ให้ติดตั้งตามแบบก่อสร้างโดยให้คลาดเคลื่อนได้ดังนี้

7.3.1.1 ให้ความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดในแนวราบไม่เกิน 20 มิลลิเมตร และในแนวดิ่งไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

ตารางที่ 8 ระยะห่างต่ำสุดระหว่างศูนย์กลางของท่อร้อยในระนาบของความโค้ง

(ข้อ 6.6.2.2)

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1179-2542 ข้อกำหนดในการทำคอนกรีต เล่ม 3 ข้อมูลประกอบการออกแบบ

รัศมีความโค้งของท่อร้อย m	ระยะห่างต่ำสุดระหว่างศูนย์กลางของท่อร้อยในระนาบของความโค้ง mm																
	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อร้อย mm																
	19	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	
	แรงดึงในลวดเหล็ก kN																
	296	387	960	1 337	1 920	2 640	3 360	4 320	5 183	6 019	7 200	8 640	9 424	10 336	11 248	13 200	
2	110	140	350	485	700	960											
4	55	70	175	245	350	480	610	785	940								
6	38	60	120	165	235	320	410	525	630	730	870	1 045					
8	38	60	90	125	175	240	305	395	470	545	655	785	855	940			
10	38	60	80	100	140	195	245	315	375	440	525	630	685	750	815		
12	38	60	80	100	120	160	205	265	315	365	435	525	570	625	680	800	
14	38	60	80	100	120	140	175	225	270	315	375	450	490	535	585	785	
16	38	60	80	100	120	140	160	195	235	275	330	395	430	470	510	600	
18	38	60	80	100	120	140	160	180	210	245	290	350	380	420	455	535	
20	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	265	315	345	375	410	480	
22	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	285	310	340	370	435	
24	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	265	285	315	340	400	
26	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	370	
28	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	345	
30	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
32	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
34	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
36	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
38	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
40	38	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	

หมายเหตุ 1. แรงดึงในลวดเหล็กที่แสดง คือ ค่าสูงสุดที่ยอมให้ได้ตามขนาดของท่อร้อย (ใช้ค่าร้อยละ 80 ของแรงดึงที่จุดคราก)

2. ระยะห่างที่กำหนดให้ตามตารางนี้อาจจะลดลงได้ ในกรณีที่แรงดึงในลวดเหล็กน้อยกว่าที่กำหนด แต่ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในข้อ 6.6.2.1

7.3.1.2 พื้นที่แบกทานระหว่างสมอยึดกับคอนกรีตต้องตั้งฉากกับเหล็กเสริมอัดแรงคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ 1 องศา

7.3.2 การดึงเหล็กเสริมอัดแรง (Stressing)

7.3.2.1 การดึงลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียว ในกรณีที่เป็นแบบดึงเหล็กภายหลัง ถ้าความยาวของลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวยาวเกิน 30 เมตร ให้ดึงทั้งสองปลายและให้ดึงพร้อมๆ กัน หากไม่ได้มีการระบุในแบบรายละเอียดให้ทำการดึงด้วยแรงดึงร้อยละ 75 ของแรงดึงประลัย และระยะยืดจากการดึงที่วัดได้กับที่คำนวณไว้จะผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ $\pm$ 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 23.5 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 การอัดซีเมนต์เหลว

กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลังระบบยึดเหนี่ยว (Bonded System) ให้อัดซีเมนต์เหลวตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.4.1 ก่อนการอัดซีเมนต์เหลวจะต้องปิดสมอยึดด้วยปูนทราย และทำความสะอาดภายในท่อร้อยลวด รวมทั้งตรวจสอบการรั่วซึมโดยใช้น้ำอัดฉีดเข้าไปในท่อ

7.4.2 ทำการอัดซีเมนต์เหลวเข้าไปในท่อร้อยลวด ผ่านรูที่สมอยึดด้านหนึ่งจนกระทั่งซีเมนต์เหลวไหลออกที่ปลายสมอยึดอีกด้านหนึ่ง แล้วจึงทำการปิดรูที่ปลายสมอยึดด้านท้าย และให้อัดซีเมนต์เหลวไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดหน่วยแรงดันประมาณ 0.5 เมกาปาสกาล (5 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) แล้วทำการอุดท่อทางเข้าซีเมนต์เหลวโดยไม่ให้สูญเสียแรงดันภายในท่อ

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

(4) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1179: ข้อกำหนดในการทำคอนกรีต เล่ม 3 ข้อมูลประกอบการออกแบบ พ.ศ. 2542

มยผ. 1103-52

มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีตนี้ ครอบคลุมถึงงานคอนกรีตทั่วไปทั้งหมด ยกเว้นงานเหล็กแรงดึงสูงที่ใช้ในการก่อสร้างคอนกรีตอัดแรง

1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้เหล็กเสริมคอนกรีตเป็นไปตามหลักวิชาการ ประหยัด และปลอดภัย

1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 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

"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: ตะแกรงลวดเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต

3.1.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 49: มาตรฐานลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้มใช้เชื่อมเหล็กกล้าละมุนด้วยอาร์ก

3.1.5 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1301: 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 คุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 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 (2,400)	385 (3,900)	21	180	3 เท่าของเส้นผ่าน - ศูนย์กลางระบุ

คุณสมบัติอื่นและกรรมวิธีในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 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 คุณสมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อย

(ข้อ 4.2.1)

ชั้นคุณภาพ	กำลังดราก เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม.)	กำลังดึงประลัย เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง (ร้อยละ)	การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น		
				เส้นผ่านศูนย์กลาง	มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SD 30	295 (3,000)	480 (4,900)	17	ไม่เกิน 16 มม	180	3 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
				เกิน 16 มม.	180	4 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 40	390 (4,000)	560 (5,700)	15	ทุกขนาด	180	5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 50	490 (5,000)	620 (6,300)	13	ไม่เกิน 25 มม.	90	5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
				เกิน 25 มม.	90	6 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ

คุณสมบัติอื่น และกรรมวิธีในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 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 ตะแกรงลวดเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต (Welded Steel Wire Fabric)

4.3.1 คุณสมบัติทางกลของตะแกรงลวดเหล็กกล้าต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกลของตะแกรงลวดเหล็กกล้า

(ข้อ 4.3.1)

สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึงต่ำสุด เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม.)	หน่วยแรงพิสูจน์ต่ำสุด[1] เมกาปาสคาล (กก./ตร.ซม.)
ตั้งแต่ CDR 3 ลงมา	483 (4,925)	386 (3,940)
ตั้งแต่ CDR 3.3 ขึ้นไป	517 (5,270)	448 (4,570)

หมายเหตุ [1] เป็นค่าหน่วยแรงพิสูจน์ที่ความยืดร้อยละ 0.5

คุณสมบัติอื่น และกรรมวิธีในการทดสอบคุณสมบัติทางกลของตะแกรงลวดเหล็กกล้าต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 737: ตะแกรงลวดเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต

4.3.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ของตะแกรงลวดเหล็กกล้าต้องเป็นไปตามตารางที่ 6 และ 7

ตารางที่ 6 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่านศูนย์กลาง

(ข้อ 4.3.2)

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

ตารางที่ 7 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตะแกรง

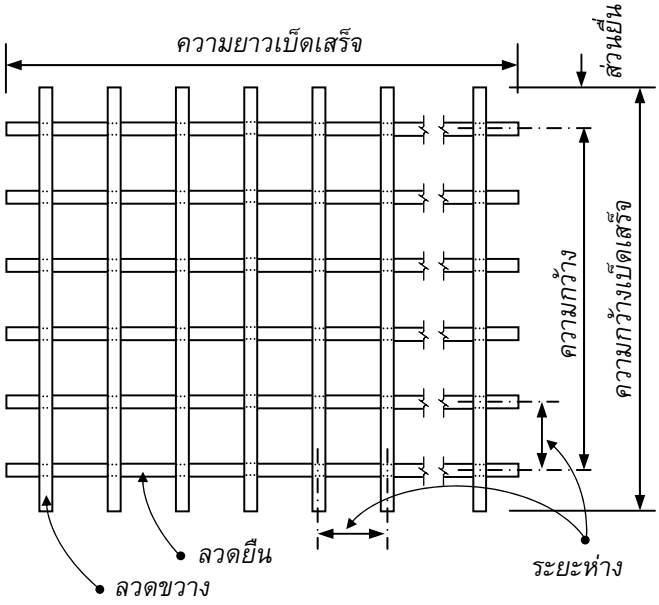
(ข้อ 4.3.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

<u>หมายเหตุ</u> [1)] จำนวนลวดที่ปรากฏในตะแกรงทั้งผืนหรือทั้งม้วนซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าระยะห่างเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่าจำนวนลวดที่คำนวณโดยใช้ค่าระยะห่างระบุ

[2)] ในกรณีที่ไม่กำหนดส่วนยื่นไว้ ขนาดของส่วนยื่นต้องไม่เกิน 25 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ส่วนต่างๆ ของตะแกรงลวดเหล็กกล้า

(ข้อ 4.3)

5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

5.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5.1.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องเป็นเหล็กเส้นใหม่ที่ไม่เคยใช้งานมาก่อน และไม่มีรอยแตกร้าว

5.1.2 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องมีผิวสะอาดปราศจากน้ำมัน ดิน โคลน สนิมกร่อน หรือวัสดุใดๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อแรงยึดหน่วง (Bonding) ระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต

5.1.3 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตจะต้องมีขนาดและรูปร่างตามที่กำหนดในแบบรายละเอียด

5.2 การเก็บวัสดุ

5.2.1 เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง ควรเก็บไว้ในที่ที่มีหลังคาคลุมหรือมีที่กำบังฝน และต้องเก็บไว้เหนือพื้นดิน ไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร

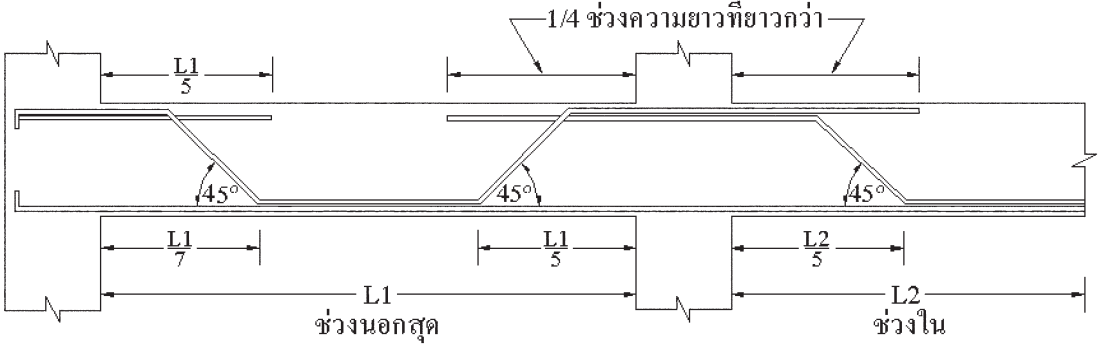
5.2.2 เหล็กเส้นที่นำมาใช้งาน ควรแยกกองเก็บตามชนิด ขนาด และกำลังของเหล็กเส้นโดยมีป้ายบอกชนิดและขนาดไว้อย่างชัดเจน

5.3 การดัดเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5.3.1 การดัดเหล็กเสริมทุกเส้นให้ใช้วิธีดัดโค้งเย็น ห้ามดัดเหล็กเส้นโดยวิธีเผาให้ร้อน เว้นแต่จะมีการระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบ ทั้งนี้การดัดจะต้องไม่ทำให้เหล็กเส้นชำรุดเสียหาย

5.3.2 การดัดเหล็กคอม้า ความลาดเอียงของเหล็กคอม้า นอกจะระบุไว้ในแบบรายละเอียดต้องดัดเอียงเป็นมุม 45 องศาทั้งหมด

5.3.3 รายละเอียดการดัดและการต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตขององค์อาคารต่างๆ หากไม่ได้มีการระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานแล้ว ให้เป็นไปตามรูปรายละเอียดการต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตดังนี้

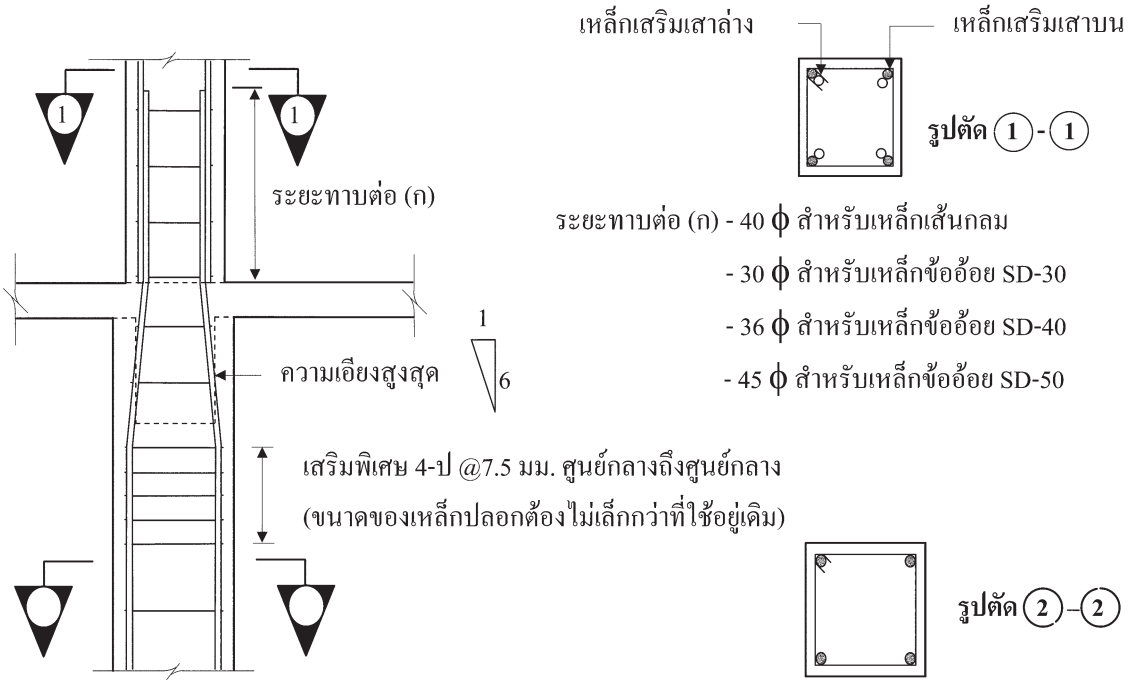


หมายเหตุ ก. รูปที่แสดงเป็นการแสดงการเสริมด้วยเหล็กข้ออ้อย ถ้าเป็นเหล็กเส้นกลมธรรมดา ปลายเหล็กต้องงอขอ ตามข้อ 5.3.4

ข. ในกรณีที่คานมีความลึกมากกว่า 1/10 ของความยาวช่วงตำแหน่งต่างๆ ของเหล็กคอม้าจะใช้ตามรูปข้างบนนี้ไม่ได้

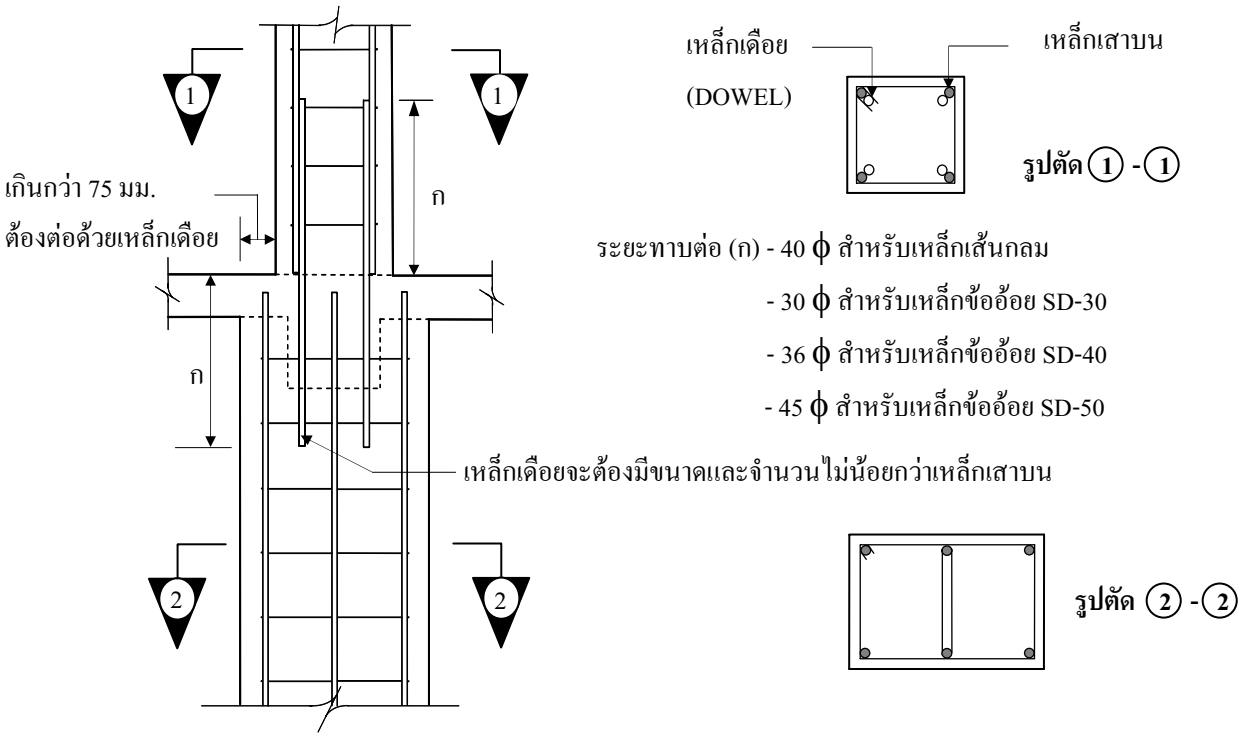
รูปที่ 2 การดัดเหล็กคอม้าในคาน

(ข้อ 5.3.3)



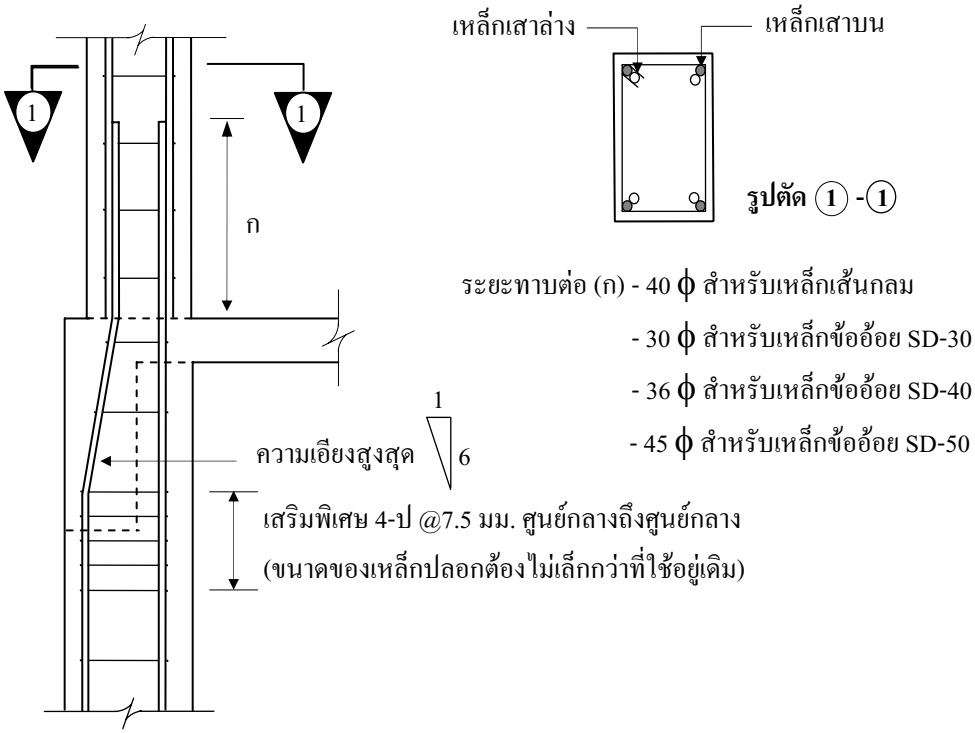
รูปที่ 3 การต่อเหล็กเสาในกรณีเสามีหน้าตัดไม่เท่ากัน

(ข้อ 5.3.3)



รูปที่ 4 กรณีเสามีหน้าตัดไม่เท่ากันศูนย์ตรงกัน

(ข้อ 5.3.3)



รูปที่ 5 กรณีเสามีหน้าตัดไม่เท่ากันศูนย์เยื้องกัน

(ข้อ 5.3.3)

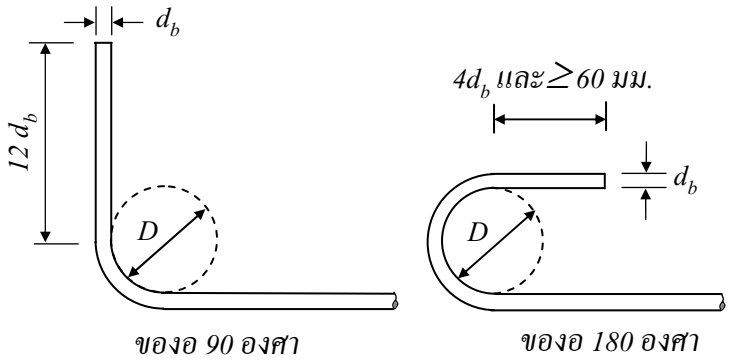
5.3.4 การงอขอปลายเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

หากแบบรายละเอียดและรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้ระบุการงอขอปลายเหล็กเสริมให้งอขอโดยวิธีดัดเย็น และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.3.4.1 ของอของเหล็กเสริมตามยาวให้ปฏิบัติดังนี้

(1) ของอเป็นมุมฉากหรือของอ 90 องศา ให้ใช้กับเหล็กข้ออ้อยทุกขนาดและเหล็กเส้นกลมขนาดตั้งแต่ 15 มิลลิเมตรขึ้นไป การงอขอให้ปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

(2) ของอเป็นครึ่งวงกลมหรือของอ 180 องศา ให้ใช้กับเหล็กเส้นกลมที่มีขนาดเล็กกว่า 15 มิลลิเมตร การงอขอให้ปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น แต่ทั้งนี้ระยะดังกล่าวจะต้องไม่น้อยกว่า 60 มิลลิเมตร



รูปที่ 6 ของอสำหรับเหล็กเสริมตามยาว

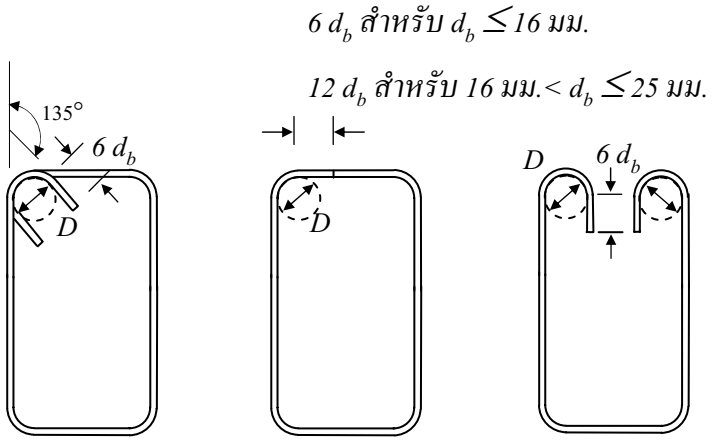
(ข้อ 5.3.4.1)

5.3.4.2 ของอของเหล็กลูกตั้ง (Stirrup) และเหล็กปลอกเดี่ยว (Tie) ให้ปฏิบัติดังนี้

(1) เหล็กเสริมที่มีขนาดตั้งแต่ 25 มิลลิเมตร ลงมาให้ใช้ของอ 135 องศาหรือของอแบบวงเปิด โดยส่วนปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น (รูปที่ 7 (ก) และ (ค))

(2) เหล็กเสริมที่มีขนาดไม่มากกว่า 16 มิลลิเมตร หากไม่ใช้ของอตาม (1) สามารถใช้ของอเป็นมุมฉากหรือของอ 90 องศาได้ โดยส่วนปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น (รูปที่ 7 (ข))

(3) เหล็กเสริมที่มีขนาดตั้งแต่ 19 มิลลิเมตร ถึง 25 มิลลิเมตร หากไม่ใช้ของอตาม (1) สามารถใช้ของอเป็นมุมฉากหรือของอ 90 องศาได้ โดยส่วนปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น (รูปที่ 7 (ข))



ของอ 135 องศา (ก) ของอ 90 องศา (ข) ของอแบบวงเปิด (ค)

รูปที่ 7 ของอสำหรับเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอกเดี่ยว

(ข้อ 5.3.4.2)

(4) ของอของเหล็กลูกตั้ง (Stirrup) และเหล็กปลอกเดี่ยว (Tie) สำหรับการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวตามกฎกระทรวงกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ให้เป็นไปตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1301: มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

5.3.4.3 เส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กสุดของโค้งการดัดของอ (D) ให้วัดด้านในของเหล็กเส้นที่ดัด และจะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 8 ทั้งนี้ยกเว้นเหล็กลูกตั้งและเหล็กปลอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่มากกว่า 16 มิลลิเมตร ให้ใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของการดัดของอไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

ตารางที่ 8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโค้งการดัดของอตามขนาดของเหล็กเสริม

(ข้อ 5.3.4.3)

ขนาดของเหล็กเสริม	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กสุดของโค้งการดัดของอ (D)
6 มม. ถึง 25 มม.	6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม
28 มม. ถึง 36 มม.	8 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม
40 มม.	10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม

5.4 การจัดเรียงเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5.4.1 ก่อนเทคอนกรีต จะต้องจัดวางเหล็กเสริมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องตามที่กำหนดในแบบรายละเอียด โดยมีที่รองรับที่แข็งแรงและยึดไว้แน่นหนาเพียงพอที่จะไม่ทำให้เหล็กเสริมเคลื่อนตัวหรือแอ่นตัวจากตำแหน่งเดิมเกินกว่าที่กำหนดดังนี้

5.4.1.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความลึกประสิทธิผลและระยะหุ้มเหล็กเสริมขององค์อาคารรับแรงดัด ผนัง และองค์อาคารรับแรงอัดให้เป็นไปตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความลึกประสิทธิผล และระยะหุ้มเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

(ข้อ 5.4.1.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ความลึกประสิทธิผล (d)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความลึกประสิทธิผล	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของระยะหุ้มเหล็กเสริม
$d \leq 200$	± 10	-10
$d > 200$	± 15	-15

หมายเหตุ (1) ระยะจากผิวของเหล็กเสริมล่างถึงผิวล่างของชิ้นส่วนโครงสร้าง ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน −5 มม.

(2) ระยะหุ้มเหล็กเสริมยอมให้คลาดเคลื่อนได้ตามตารางที่ 9 แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน −1/3 ของระยะหุ้มเหล็กเสริมที่กำหนดไว้ในแบบรายละเอียด

5.4.1.2 ตำแหน่งของอและปลายของเหล็กเสริมให้คลาดเคลื่อนตามยาวได้ไม่เกิน ± 50 มิลลิเมตร ยกเว้นของอและปลายเหล็กเสริมที่อยู่บริเวณปลายชิ้นส่วนโครงสร้างที่ไม่ต่อเนื่อง ให้คลาดเคลื่อนตามยาวได้ไม่เกิน ±15 มิลลิเมตร

5.4.2 ไม่ยินยอมให้เชื่อมเหล็กเสริมที่ตัดกัน ยกเว้นได้รับความเห็นชอบจากวิศวกร

5.5 การต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

5.5.1 เหล็กเสริมในคาน-แผ่นพื้น นอกจากที่เป็นคานยื่นหรือแผ่นพื้นยื่นหรือที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียดต้องต่อในตำแหน่งต่อไปนี้

(1) เหล็กเสริมล่างของคาน-แผ่นพื้น: ให้ต่อตรงบริเวณหัวเสาหรือคานจนถึงระยะ 1/5 ของความยาวช่วงคานหรือช่วงพื้นโดยวัดจากศูนย์กลางจุดรองรับ

(2) เหล็กเสริมบนของคาน-แผ่นพื้น: ให้ต่อตรงบริเวณกลางคาน-แผ่นพื้น

สำหรับเหล็กเสริมในเสา หากไม่ระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน ให้ต่อตรงจุดหลังพื้น โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 2 ถึงรูปที่ 5 ในกรณีเหล็กเสริมของอาคารที่รับแรงแผ่นดินไหวให้

เป็นไปตามมาตรฐานมยผ.1301: มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

5.5.2 รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียง ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และควรเหลื่อมกันประมาณ 1.00 เมตร หากไม่จำเป็นจริงๆ แล้วไม่ควรต่อเหล็กเสริม

5.5.3 การต่อเหล็กเสริมอาจทำได้หลายวิธี คือ

5.5.3.1 ในการต่อเหล็กเสริมแบบวางทาบเหลื่อมกัน สำหรับเหล็กเส้นกลมให้วางทาบโดยให้เหลื่อมกันมีระยะยาวไม่น้อยกว่า 40 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้นและปลายของเหล็กที่ต่อต้องดัดงอขอได้ตามข้อ 5.3.4 ส่วนเหล็กข้ออ้อยให้วางทาบกันโดยมิต้องงอขอ และมีระยะยาวไม่น้อยกว่า 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับเหล็กข้ออ้อย SD 30 ไม่น้อยกว่า 36 เท่าสำหรับเหล็กข้ออ้อย SD 40 และไม่น้อยกว่า 45 เท่าสำหรับเหล็กข้ออ้อย SD 50

5.5.3.2 การต่อโดยวิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้าให้เป็นไปตามข้อ 5.6

5.5.3.3 ในการต่อเหล็กเสริมโดยอุปกรณ์ทางกล กำลังของรอยต่อจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 125 ของกำลังของเหล็กเสริมที่ได้รับการต่อนั้น

5.6 การเชื่อมต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตด้วยไฟฟ้า

5.6.1 ลวดเชื่อมและกระแสไฟฟ้าที่ใช้

5.6.1.1 ไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมต้องมีกำลังเพียงพอ การต่อให้เชื่อมแบบต่อชน (Butt Weld) และต้องเป็นไปตามมาตรฐานของการเชื่อมต่อ รอยต่อต้องมีแรงต้านแรงดึงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 125 ของแรงต้านแรงดึงสูงสุดของเหล็กเส้นที่คำนวณได้ตามตารางที่ 1 สำหรับเหล็กเส้นกลม และตารางที่ 3 สำหรับเหล็กข้ออ้อย

5.6.1.2 ลวดเชื่อมที่นำมาใช้เชื่อมให้ใช้ลวดเชื่อมที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 49: มาตรฐานลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้มใช้เชื่อมเหล็กกล้าละมุนด้วยอาร์ก

5.6.1.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวดเชื่อม และกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตลวดเชื่อมนั้น ๆ กำหนดไว้

5.6.2 การต่อเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย

5.6.2.1 การเชื่อมต่อจะต้องเป็นไปตามรูปแบบของการต่อในรูปที่ 8 แบบใดแบบหนึ่ง

(ก) Single – V – Groove Weld (ข) Double – V – Groove Weld

Full Penetration Welds

รูปที่ 8 รูปแบบของการต่อเหล็กเสริม

(ข้อ 5.6.2.1)

5.6.2.2 ตำแหน่งการต่อเหล็กจะต้องไม่ต่อ ณ จุดที่เหล็กงอ รอยต่อจะอยู่ห่างจากจุดที่เหล็กงออย่างน้อย 50 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเส้นนั้น

5.6.2.3 การต่อเหล็กให้ต่อ ณ ตำแหน่งที่เหล็กรับแรงน้อยที่สุด ในกรณีที่ไม่สามารถต่อเหล็ก ณ จุดที่กำหนดดังกล่าวได้ ให้เสริมเหล็กปลอกมากขึ้นจากเดิมเป็นสองเท่า ในระยะห่างจากปลายของเหล็กที่เชื่อมแต่ละปลายออกไปอย่างน้อย 15 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น

5.6.3 รายละเอียดการปฏิบัติ

การเชื่อมต่อเหล็กให้ปฏิบัติ ดังนี้

5.6.3.1 เหล็กที่จะนำมาเชื่อมจะต้องตัดปลายให้เอียงลาดตามรูปแบบการต่อในรูปที่ 8

5.6.3.2 บริเวณปลายเหล็กที่ตัดก่อนที่จะนำมาเชื่อมจะต้องขัดให้เรียบและสะอาดปราศจากฝุ่น สี น้ำมัน

5.6.3.3 เหล็กเส้นที่จะนำมาเชื่อมต่อกันจะต้องวางให้ได้แนวเส้นผ่านศูนย์กลางของกันและกัน ขณะที่ทำการเชื่อมควรวางอยู่บนที่รองรับยาวประมาณข้างละ 1 เมตร ห่างจากจุดที่จะเชื่อมต่อ

5.6.3.4 การเชื่อมจะต้องเชื่อมเป็นชั้นๆ หรือเป็นแนวๆ ตามลำดับดังตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 9 เมื่อเชื่อมเสร็จแต่ละชั้นหรือแต่ละแนว การเชื่อมชั้นต่อไปจะต้องเคาะขี้เหล็กออกให้หมดทุกครั้ง แล้วแปรงให้สะอาดเสียก่อน

รูปที่ 9 ลำดับการเชื่อม

(ข้อ 5.6.3.4)

5.6.3.5 ระหว่างการเชื่อมแต่ละชั้นให้ปล่อยทิ้งไว้ในอากาศจนอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียส โดยการวัดที่ผิวตรงจุดกึ่งกลางความยาวของแนวเชื่อม ห้ามกระทำการใด ๆ เพื่อที่จะเร่งให้อุณหภูมิลดลง

5.7 การเก็บตัวอย่างเหล็กเส้นเพื่อการทดสอบ

5.7.1 การเก็บตัวอย่างให้ตัดเหล็กเส้นทุก ๆ ขนาด แต่ละขนาดยาวไม่น้อยกว่า 600 มิลลิเมตร เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลตามข้อ 4.1.1 ข้อ 4.2.1 หรือ ข้อ 4.3.1 แล้วแต่กรณี

5.7.2 การเก็บตัวอย่างให้เก็บหนึ่งตัวอย่างจากเหล็กเส้นเส้นหนึ่ง ต่อจำนวนเหล็กเส้นทุก ๆ 100 เส้น หรือเศษของ 100 เส้นแต่จำนวนตัวอย่างแต่ละขนาดที่ส่งมาทดสอบในแต่ละชุดจะต้องไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง

5.7.3 การเก็บตัวอย่างต้องเก็บจากกองเหล็กเส้นแต่ละครั้งที่นำเข้ามาใหม่ในสถานที่ก่อสร้าง

5.8 การพิจารณาผลการทดสอบ

ถ้าปรากฏว่าเหล็กเส้นตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้นไม่เป็นไปตามข้อกำหนดให้ถือว่าเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตครั้งและขนาดที่จะนำไปใช้งานนั้นใช้ไม่ได้

6. เอกสารอ้างอิง

(1) มาตรฐาน มยธ. 103-2533 มาตรฐานงานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533

(2) มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1301-50 มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2550

(3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20-2543 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2543

(4) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24-2548 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2548

(5) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 737-2549 ตะแกรงลวดเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2549

มยพ. 1104-52

มาตรฐานงานไม้

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมเฉพาะไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างหลัก ได้แก่ เสา คาน ตง จันทัน แป อเส และอื่นๆ ที่นำไปใช้ในลักษณะเดียวกัน ทั้งนี้ยกเว้น ไม้แบบ ไม้บานประตู ไม้ประสานทากาว (Glue-Laminated Timber) และไม้อัดประเภทต่างๆ

1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารไม้เป็นไปตามหลักวิชาการ ประหยัด ปลอดภัย และคงทน

1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

"กระพี้ (Sapwood)" หมายถึง ส่วนของเนื้อไม้ซึ่งอยู่ระหว่างเปลือกชั้นในกับแกน ปกติมีสีจางกว่าแก่นซึ่งลึกเข้าไป และมักมีขอบเขตแบ่งกันเห็นได้ชัด แต่ไม้บางชนิดอาจมีกระพี้กับแก่นแบ่งขอบเขตกันเห็นไม่ชัดเจนก็ได้

"ความต้านแรงดัดสูงสุด" หมายถึง หน่วยแรงที่ได้จากการคำนวณสูตรแรงดัดของคานภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่ทำให้คานเกิดการวิบัติในลักษณะการดัด ซึ่งเป็นค่าเดียวกับโมดูลัสแตกหัก (Modulus of Rupture)

"ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุด" หมายถึง กำลังต้านทานของไม้ต่อแรงอัดที่ขนานกับแนวแกน หรือความยาวของไม้

"ความทนทานตามธรรมชาติ" หมายถึง ความทนทานของไม้ที่มีต่อสภาวะธรรมชาติของดินฟ้าอากาศ ซึ่งได้มาจากการทดสอบตามกรรมวิธีของกรมป่าไม้

"ตา (Knot)" หมายถึง ส่วนของกิ่งที่ติดอยู่ในไม้แปรรูป

"ตาหนาม (Spike Knot)" หมายถึง ตาซึ่งซึ่งมีลักษณะปลายแหลมเสียบเข้าไปสู่ใจของไม้ มักพบในไม้ที่ซอยตามแนวรัศมี ทำให้กิ่งถูกผ่าไปตามแนวยาว

"บ่า (Wane)" หมายถึง พื้นผิวส่วนกลมเดิมของต้นไม้ที่ยังคงอยู่บนชิ้นไม้แปรรูป ปรากฏว่าอยู่ตรงส่วนที่ควรเป็นเหลี่ยมของไม้

"ปริมาณความชื้น (Moisture Content)" หมายถึง ปริมาณความชื้นที่มีในไม้ คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักไม้ที่อบแห้งจนน้ำหนักคงที่

"ไม้เนื้อแข็ง (Hard Wood)" หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงดัดสูงสุดมากกว่า 98 เมกาปาสกาล (1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 6 ปี

“ไม้เนื้อแข็งปานกลาง (Medium Hard Wood)” หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงดัดสูงสุดระหว่าง 59 ถึง 98 เมกาปาสกาล (600 ถึง 1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 2 ปี

“ไม้เนื้ออ่อน (Soft Wood)” หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงดัดสูงสุดต่ำกว่า 59 เมกาปาสกาล (600 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติต่ำกว่า 2 ปี

“รอยปริ (Check)” หมายถึง รอยแยกเล็กๆ ตามแนวเสี้ยนและตามแนวรัศมีของไม้แปรรูป แต่ไม่ลึกจนถึงด้านตรงกันข้ามหรือด้านข้างเคียง

“เสี้ยนลาด (Sloping Grain)” หมายถึง เสี้ยนที่ไม่ทอดไปตามแนวยาวของไม้แปรรูป

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1221 ถึง มยผ. 1227 มาตรฐานการทดสอบงานไม้ของกรมโยธาธิการและผังเมือง

3.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 421: ไม้แปรรูป-ข้อกำหนดทั่วไป

3.1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 424: ไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

3.1.4 มาตรฐานการอาบน้ำยาของกรมป่าไม้

3.1.5 มาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท. 1002: มาตรฐานสำหรับอาคารไม้

3.2 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร

3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้มีความขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ

4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

4.1 ชนิดและชั้นคุณภาพของไม้

4.1.1 ไม้ที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารต้องเป็นไม้เนื้อแข็งที่มีความต้านแรงดัดสูงสุดไม่น้อยกว่า 98 เมกาปาสกาล (1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุดไม่น้อยกว่า 51 เมกาปาสกาล (520 กิโลกรัมแรง/ตารางเซนติเมตร) ปริมาณความชื้นร้อยละ 10 ถึง 14 และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 6 ปี ตามผนวก ก

4.1.2 หากจำเป็นต้องใช้ไม้นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในผนวก ก ไม้ที่ใช้ต้องมีกลสมบัติและความทนทานตามที่ระบุในข้อ 4.1.1 โดยจะต้องทำการทดสอบตัวอย่างไม้ตามขนาดและจำนวนที่ระบุในข้อ 5 ก่อนดำเนินการก่อสร้าง

4.1.3 ไม้ที่มีกลสมบัติตามข้อ 4.1.1 แต่มีความทนทานตามธรรมชาติระหว่าง 3 ถึง 6 ปี สามารถให้นำมาใช้เป็นโครงสร้างหลักของอาคารได้ แต่ทั้งนี้ต้องได้รับการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ตามมาตรฐานอาบน้ำยาของกรมป่าไม้ ดังแสดงในตารางที่ 1 ก่อนนำไปใช้ ตัวอย่างของไม้ที่เลื่อนขั้นเป็นไม้เนื้อแข็งได้โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้แสดงไว้ในผนวก ข.

ตารางที่ 1 ปริมาณของน้ำยาแห้งที่เข้าไปในเนื้อไม้

(ข้อ 4.1.3)

หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การก่อสร้าง	ยาประเภทน้ำมัน	ยาประเภทเกลือละลายน้ำมัน	ยาประเภทเกลือละลายน้ำ
1) ใช้ในร่ม	—	—	5.6
2) ใช้กลางแจ้ง	96.0	4.8	8.0
3) ใช้ที่แฉะชื้น	128.0	6.4	12.0
4) ใช้ในน้ำจืด	192.0	10.0	16.0
5) ใช้ในน้ำทะเล	320.0	—	24.0

ที่มา: ฝ่ายวิจัยไม้ชั้นพื้นฐาน กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ "ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย"

4.1.4 ไม้ที่ใช้เป็นส่วนประกอบอื่นที่มิใช่โครงสร้างหลัก เช่น ไม้สำหรับทำ คร่าวฝา คร่าวเพดาน เป็นต้น ให้ใช้ไม้เนื้อแข็งปานกลาง หรือไม้เนื้ออ่อนได้

4.2 ขนาดของไม้

4.2.1 ขนาดของโครงสร้างไม้ที่กำหนดในแบบรายละเอียดหรือในรายการเป็นขนาดระบุที่ยังมิได้แต่งไส ให้เรียบตามที่ใช้เรียกกันอยู่ในท้องตลาด

4.2.2 ไม้ต่างๆ ที่นำมาใช้ทั้งโดยที่ยังไม่ไสหรือไสเรียบแล้ว จะต้องมีความหนาหรือความกว้างน้อยกว่าขนาดระบุได้ไม่เกินค่าในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความหนาหรือความกว้างที่ยอมให้น้อยกว่าขนาดระบุ

(ข้อ 4.2.2)

ความหนาหรือความกว้างของขนาดระบุ	ไม้ที่ไม่ไส	ไม้ไสเรียบ
น้อยกว่า 25 มม. (1 นิ้ว)	1.5 มม. (1/16 นิ้ว)	6.0 มม. (1/4 นิ้ว)
ตั้งแต่ 25 มม. (1 นิ้ว) ถึง75 มม. (3 นิ้ว)	4.5 มม. (3/16 นิ้ว)	7.5 มม. (5/16 นิ้ว)
ตั้งแต่ 88 มม. (3-1/2 นิ้ว) ถึง 137 มม. (5-1/2 นิ้ว)	6.0 มม. (1/4 นิ้ว)	9.0 มม. (3/8 นิ้ว)
ตั้งแต่ 150 มม. (6 นิ้ว) ขึ้นไป	9.0 มม. (3/8 นิ้ว)	12.5 มม. (1/2 นิ้ว)

4.3 ชั้นคุณภาพของไม้ ชั้นคุณภาพของไม้สำหรับงานโครงสร้าง ประกอบด้วย

4.3.1 ไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง คือ ไม้ที่มีความต้านแรงอัดหรือต้านแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของไม้ชนิดเดียวกันที่ปราศจากตำหนิ

4.3.2 ไม้แปรรูปชั้นสอง คือ ไม้ที่มีความต้านแรงอัดหรือต้านแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของไม้ชนิดเดียวกันที่ปราศจากตำหนิ

4.3.3 ไม้แปรรูปชั้นสาม คือ ไม้ที่มีความต้านแรงอัดหรือต้านแรงดึงไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของไม้ชนิดเดียวกันที่ปราศจากตำหนิ

หากแบบและรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้กำหนด ให้ถือว่าเป็นไม้แปรรูปชั้นสอง

4.4 เกณฑ์จำกัดข้อบกพร่องในเนื้อไม้

ไม้ต่างๆ ที่นำมาใช้งาน นอกจากจะมีคุณภาพและได้มาตรฐานตามข้อกำหนดต่างๆ ดังกล่าวมาแล้ว จะต้องมีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด ดังต่อไปนี้

4.4.1 ตา ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้เป็นไปตามตารางที่ 3

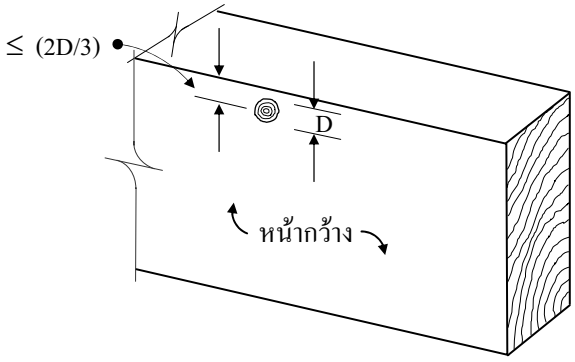
ตารางที่ 3 ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้

(ข้อ 4.4.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร (นิ้ว)

หน้าไม้	องค์อาคารรับแรงดัด									องค์อาคารรับแรงอัด		
	หน้าแคบ			ขอบของหน้ากว้าง			ช่วงกลางของหน้ากว้าง					
	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3
76 (3)	9 (3/8)	22 (7/8)	32 (1 1/4)	6 (1/4)	13 (1/2)	18 (5/8)	9 (3/8)	22 (7/8)	32 (1 1/4)	9 (3/8)	22 (7/8)	32 (1 1/4)
102 (4)	13 (1/2)	28 (1 1/8)	41 (1 5/8)	6 (1/4)	16 (5/8)	22 (7/8)	13 (1/2)	28 (1 1/8)	41 (1 5/8)	13 (1/2)	28 (1 1/8)	41 (1 5/8)
127 (5)	16 (5/8)	35 (1 3/8)	50 (2)	9 (3/8)	19 (3/4)	28 (1 1/8)	13 (1/2)	35 (1 3/8)	50 (2)	13 (1/2)	35 (1 3/8)	50 (2)
152 (6)	19 (3/4)	41 (1 5/8)	57 (2 1/4)	9 (3/8)	22 (7/8)	32 (1 1/4)	19 (3/4)	44 (1 3/4)	57 (2 1/4)	19 (3/4)	44 (1 3/4)	57 (2 1/4)
203 (8)	19 (3/4)	48 (1 7/8)	64 (2 1/2)	13 (1/2)	32 (1 1/4)	44 (1 3/4)	25 (1)	54 (2 1/8)	76 (3)	25 (1)	54 (2 1/8)	76 (3)
254 (10)	22 (7/8)	51 (2)	73 (2 7/8)	13 (1/2)	38 (1 1/2)	50 (2)	28 (1 1/8)	70 (2 3/4)	95 (3 3/4)	28 (1 1/8)	70 (2 3/4)	95 (3 3/4)
305 (12)	25 (1)	57 (2 1/4)	76 (3)	19 (3/4)	44 (1 3/4)	64 (2 1/2)	32 (1 1/4)	79 (3 1/8)	111 (4 3/8)	32 (1 1/4)	79 (3 1/8)	111 (4 3/8)
356 (14)	25 (1)	60 (2 3/8)	83 (3 1/4)	19 (3/4)	44 (1 3/4)	66 (2 5/8)	34 (1 3/8)	86 (3 3/8)	117 (4 5/8)	34 (1 3/8)	86 (3 3/8)	117 (4 5/8)
406 (16)	25 (1)	64 (2 1/2)	89 (3 1/2)	19 (3/4)	50 (2)	70 (2 3/4)	38 (1 1/2)	89 (3 1/2)	127 (5)	38 (1 1/2)	89 (3 1/2)	127 (5)

<u>หมายเหตุ</u> ตาไม้ที่อยู่บนหน้ากว้างขององค์อาคารรับแรงดัดจะถือว่าเป็นตาไม้ที่ขอบของหน้ากว้างต่อเมื่อจุดศูนย์กลางของตาดังกล่าวอยู่ภายในสองในสามของเส้นผ่านศูนย์กลางตาไม้เมื่อวัดจากขอบ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 เกณฑ์การจำแนกตาไม้ที่ขอบของหน้ากว้างขององค์อาคารรับแรงดัด

(ข้อ 4.4.1)

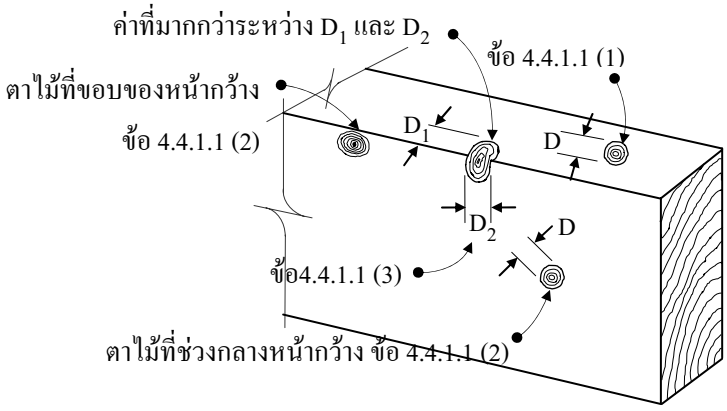
4.4.1.1 ขนาดของตาสำหรับองค์อาคารรับแรงดัด

(1) ขนาดของตาบนหน้าแคบในแต่ละแห่งให้วัดจากความกว้างระหว่างเส้นตรงที่สัมผัสกับตาและขนานกับขอบของชิ้นไม้นั้น (รูปที่ 2)

(2) ขนาดของตาบนหน้ากว้างในแต่ละแห่งให้วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของตานั้น สำหรับขนาดของตาที่ขอบของหน้ากว้างให้ใช้การกำหนดขนาดเหมือนกับตาบนหน้าแคบ (รูปที่ 2)

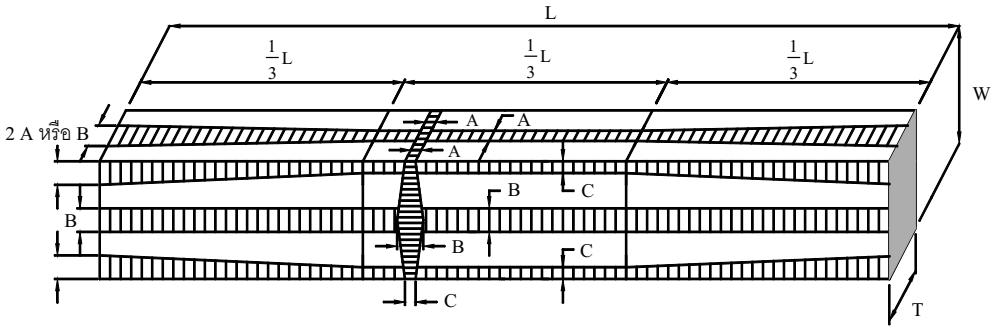
(3) ขนาดของตาไม้ที่มุมตัด (Corner Knot) ให้วัดจากความกว้างบนหน้าแคบระหว่างเส้นตรงที่สัมผัสกับตาและขนานกับขอบของชิ้นไม้นั้น หรือวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของตาบนหน้ากว้าง ทั้งนี้ให้ใช้ค่าที่สูงกว่า (รูปที่ 2)

(4) เมื่อแบ่งคานช่วงเดี่ยวออกเป็นสามส่วนเท่าๆ กัน ขนาดสูงสุดของตาไม้ที่ยอมให้มีสำหรับช่วงกลางคานนั้นให้เป็นไปตามค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 3 ส่วนช่วงหัวท้ายของคานที่เหลืออีกสองส่วนนั้น ขนาดสูงสุดของตาไม้ที่ยอมให้มีบนหน้าแคบและที่ขอบของหน้ากว้างจะแปรผันเป็นเชิงเส้นกับระยะห่างจากปลายคาน โดยขนาดที่ยอมให้ดังกล่าวเมื่อวัดระยะจากปลายคานทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายเป็นระยะหนึ่งในสามของความยาวช่วงคานให้ใช้ค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 3 และจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าที่ปลายคานตามรายละเอียดแสดงในรูปที่ 3 แต่ทั้งนี้ขนาดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นที่ตำแหน่งใดๆ ในบริเวณดังกล่าวจะต้องมีค่าไม่มากกว่าขนาดสูงสุดที่ยอมให้ของตาที่กึ่งกลางบนหน้ากว้าง



รูปที่ 2 การวัดขนาดตาในองค์อาคารรับแรงดัด

[ข้อ 4.4.1.1 (1) ถึง (3)]



<u>หมายเหตุ</u> A = ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้ของหน้าแคบตามตารางที่ 3

B = ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้ที่ช่วงกลางของหน้ากว้างตามตารางที่ 3

C = ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้ที่ขอบของหน้ากว้างตามตารางที่ 3

L = ความยาวช่วงของคาน

T = ความหนาของหน้าตัด

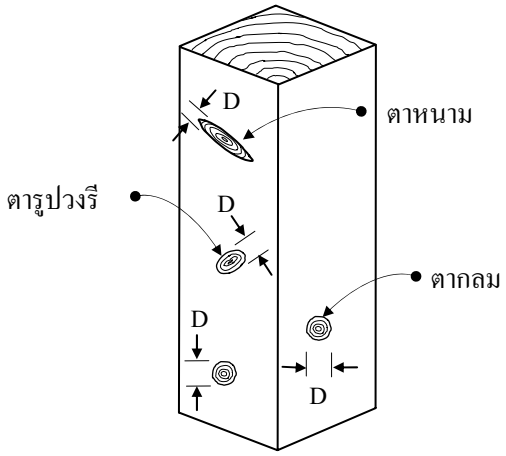
W = ความกว้างของหน้าตัด

รูปที่ 3 ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้ในองค์อาคารรับแรงดัด

[ข้อ 4.4.1.1 (4)]

4.4.1.2 ขนาดของตาสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด

ขนาดของตาบนหน้าไม้ใดๆ ขององค์อาคารรับแรงอัด ในกรณีเป็นตากลม (Round Knot) ให้วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางของตา ในกรณีเป็นตารูปวงรี (Oval Knot) ให้วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางที่น้อยกว่า หรือในกรณีเป็นตาหนาม (Spike Knot) ให้วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางที่มากที่สุดและตั้งฉากกับความยาวตา ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวัดขนาดตาในองค์อาคารรับแรงอัด

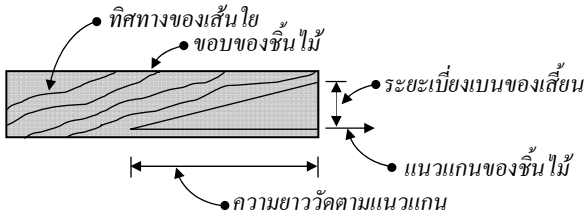
(ข้อ 4.4.1.2)

4.4.2 เสี้ยนลาด ความลาดของเสี้ยนต้องไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความลาดของเสี้ยนที่ยอมให้

(ข้อ 4.4.2)

ชั้นคุณภาพของไม้	รับแรงดัดหรือแรงดึงขนานเสี้ยน	รับแรงอัดขนานเสี้ยน
ชั้นหนึ่ง	1 ต่อ 20	1 ต่อ 15
ชั้นสอง	1 ต่อ 15	1 ต่อ 11
ชั้นสาม	1 ต่อ 11	1 ต่อ 8



การวัดความลาดของเสี้ยน

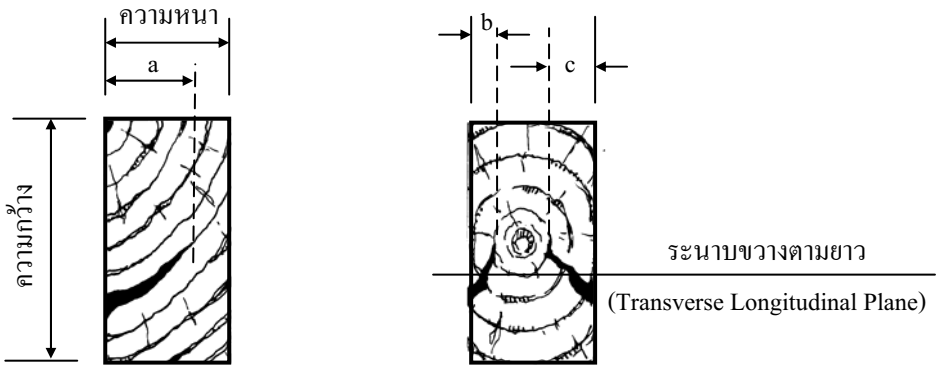
4.4.3 รอยปริหรือรอยร้าว รอยปริหรือรอยร้าวที่ปลายไม้จะลึกได้ไม่เกินกว่าค่าดังนี้

(1) 1 ใน 5 ของความหนาไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง

(2) 1 ใน 3 ของความหนาไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง

(3) 1 ใน 2 ของความหนาไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม

หากต้องการใช้ไม้ที่มีรอยปริหรือรอยร้าวเกินกว่าค่าที่กำหนด จะต้องดำเนินการทดสอบหรือประเมินทางวิศวกรรมที่สามารถแสดงได้ว่า รอยร้าวดังกล่าวไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง



ความลึกของรอยปริหรือรอยร้าวเท่ากับ a ความลึกของรอยปริหรือรอยร้าวเท่ากับ b + c

รูปที่ 5 การวัดความลึกของรอยปริหรือรอยร้าว

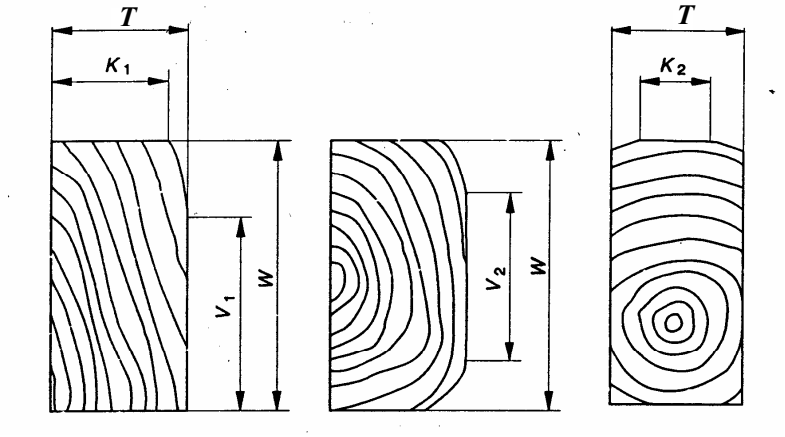
(ข้อ 4.4.3)

4.4.4 บ่า ต้องมีขนาดกว้างไม่เกินกว่าค่าดังต่อไปนี้

(1) 1 ใน 8 ของความหนาหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง

(2) 1 ใน 5 ของความหนาหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง

(3) 1 ใน 4 ของความหนาหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม



K_1 และ K_2 ≥ 7/8 ของความหนา T สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง

≥ 4/5 ของความหนา T สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง

≥ 3/4 ของความหนา T สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม

V_1 และ V2 ≥ 7/8 ของความกว้าง W สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง

≥ 4/5 ของความกว้าง W สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง

≥ 3/4 ของความกว้าง W สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม

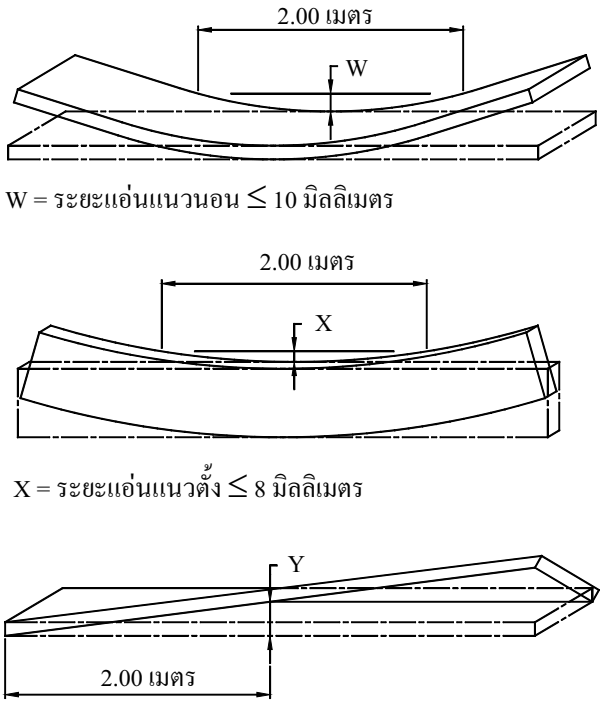
รูปที่ 6 การวัดบ่า

(ข้อ 4.4.4)

4.4.5 กระพี้ กระพี้ยอมให้มีได้สำหรับงานก่อสร้างชั่วคราว ถ้าเป็นงานก่อสร้างถาวร หน้าทั้งสี่ของไม้แต่ละหน้าต้องมีส่วนที่เป็นแก่นให้เห็นได้อย่างน้อยร้อยละ 85 และต้องทำการอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้เสียก่อน

4.4.6 การเสียรูป ข้อจำกัดของการเสียรูปให้เป็นไปตามรูปที่ 7

ชนิด	การเสียรูปสูงสุดที่ยอมให้
แอ่น (แนวนอน)	10 มิลลิเมตร
แอ่น (แนวตั้ง)	8 มิลลิเมตร
บิด	1 มิลลิเมตรต่อความกว้าง 25 มิลลิเมตร



รูปที่ 7 การเสียรูปสูงสุดที่ยอมให้ในช่วงความยาว 2 เมตร

(ข้อ 4.4.6)

5. การเก็บและส่งตัวอย่างไม้เพื่อทดสอบ

ในการเก็บตัวอย่างไม้เพื่อการทดสอบ จะต้องเก็บอย่างน้อยชนิดละ 3 ท่อน แต่ละท่อนยาวไม่น้อยกว่า 1 เมตร โดยการทดสอบให้เป็นไปตาม มยผ. 1221 ถึง มยผ. 1227 มาตรฐานการทดสอบงานไม้ของกรมโยธาธิการและผังเมือง

6. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

6.1 ไม้ที่นำมาใช้จะต้องมีขนาดและประเภทเป็นไปตามที่กำหนดในแบบและรายการประกอบแบบเฉพาะงาน

6.2 ไม้ท่อนใดที่มีน้ำหนักเบาผิดปกติ มีรูมอด หรือมีเนื้อผุด้วยเหตุใดก็ตามให้คัดออก ห้ามนำมาใช้

6.3 รอยต่อของโครงสร้างไม้สามารถใช้ได้ทั้ง ตะปู สลักเกลียว แหวนยึดหรืออุปกรณ์ยึดอื่นใด โดยที่รอยต่อของโครงสร้างหลักจะต้องมีความแข็งแรงสามารถส่งผ่านแรงได้อย่างปลอดภัย

6.4 จุดต่อที่ใช้สลักเกลียว รูเจาะนำในไม้จะต้องให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เพียงพอที่จะสามารถสอดสลักเกลียวเข้าไปในรูได้โดยง่าย ขนาดของรูเจาะนำจะต้องใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียวตั้งแต่ 0.8 มิลลิเมตร ถึง 1.6 มิลลิเมตร โดยขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียวที่ใช้

6.5 สำหรับรอยต่อของโครงสร้างที่ใช้สลักเกลียว ระยะเรียง ระยะเคียง และระยะปลายให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับอาคารไม้ของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ว่าด้วยการต่อองค์อาคารโดยตัวยึดตรึงแบบสลักเกลียว

6.6 ตงและคานที่มีอัตราส่วนความลึกต่อความหนาเท่ากับหรือเกินกว่า 6 จะต้องค้ำยันด้านข้างเป็นระยะๆ ไม่เกินกว่า 2.50 เมตร

6.7 การก่อสร้างในที่กลางแจ้ง ที่แฉะชื้น ในน้ำจืด หรือน้ำทะเล ให้ทาน้ำยารักษาเนื้อไม้

7. เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

ไม้แปรรูปต้องมีขนาดสม่ำเสมอ ความแตกต่างของขนาดในมิติที่ลดลงของไม้แปรรูปแผ่นเดียวกันต้องไม่เกินร้อยละ 5 ของขนาดที่กำหนด ทั้งนี้โดยวัดหาความแตกต่างจากส่วนที่หนาที่สุดและบางที่สุดหรือส่วนที่กว้างที่สุดและแคบที่สุด

8. เอกสารอ้างอิง

(1) ASTM D 245-00 Standard Practice for Establishing Structural Grades and Related Allowable Properties for Visually Graded Lumber, ASTM International, 2002.

(2) BS EN 518:1995 Structural timber. Grading. Requirements for Visual Strength Grading Standards, British Standards Institution, London, 1995.

(3) คุณลักษณะของไม้ไทย ส่วนพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2547

(4) มาตรฐาน มยธ. 103-2533 งานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533

(5) มาตรฐาน วสท. 1002-16: มาตรฐานสำหรับอาคารไม้ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2517

(6) ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย ฝ่ายวิจัยไม้ชั้นพื้นฐาน กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2528

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน

ลำดับ	ชนิดไม้	ชื่อพฤกษศาสตร์	ความต้านแรงดัดสูงสุด (MPa)	ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุด (MPa)	ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี)
1	กะโดน	Careya arborea Roxb.	108	51	7
2	กะพี้เขาควาย	Dalbergia cultrata Graham	175	60	6.8
3	กระทังหัน	Calophyllum floribundum Hk.f.	118	64	7.1
4	กันเกรา	Fagraea fragrans Roxb.	142	64	7.6
5	ขานาง	Homalium tomentosum Benth.	134	66	6.2
6	เขลง	Dialium cochinchinense Pierre	166	90	13.5
7	เคี่ยม	Cotylelobium lanceolatum Craib	146	69	15
8	เคี่ยมคะนอง	Shorea sericeiflora Fisch. & Hutch.	141	59	14.4
9	แคทราย	Stereospermum neuranthum Kurz	128	64	22.9
10	ชัน หรือ เต็งตานี	Shorea thorelii Pierre ex Laness.	131	61	15
11	ชิงชัน	Dalbergia oliveri Gamble	174	126	15
12	ซาก	Erythrophleum teysmannii Craib	189	73	8.8
13	แดง	Xylia kerrii Craib & Hutch.	128	68	15.9
14	ตะเคียนชันตาแมว	Balanocarpus heimii King	172	74	26.1
15	ตะเคียนทอง	Hopea odorata Roxb.	115	51	16
16	ตะเคียนราก	Hopea avellanea F. Heim	114	57	6.1
17	ตะเคียนหิน	Hopea ferrea Pierre	157	66	10.5
18	ตะแบกเลือด	Terminalia mucronata Craib & Hutch.	176	70	8.8
19	ตะแบกใหญ่	Lagerstroemia calyculata Kurz	119	52	9.4
20	ตีนนก	Vitex spp.	159	69	10.6

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน *(ต่อ)*

ลำดับ	ชนิดไม้	ชื่อพฤกษศาสตร์	ความต้านแรงดัดสูงสุด (MPa)	ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุด (MPa)	ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี)
21	เต็ง	Shorea obtusa Wall.	169	71	17.7
22	บุนนาค	Mesue ferred Linn.	224	62	12.4
23	ประดู่	Pterocarpus spp.	130	70	19.1
24	พลวง	Dipterocarpus tuberculatus Roxb.	127	54	7.1
25	พะยอม	Shorea talura Roxb.	114	66	11.7
26	พะยูง	Dalbergia cochinchinaensis Pierre	171	117	15
27	พะวา	Garcinia cornea Linn.	121	80	7.7
28	พันจำ	Vatica cinerea King	192	85	9.9
29	มะเกลือ	Diospyros mollis Griff.	175	95	15
30	มะค่าแต้	Sindora spp.	119	74	10.5
31	มะค่าโมง	Afzelia xylocarpa Craib	120	63	10.7
32	มะฆาง	Madhuca pierrei H.J. Lam.	111	62	7.6
33	มะอ้าแดง	Amoora cucullata Roxb.	74 [1)]	32	8.5
34	มังคะ	Cynometra spp.	136	67	11.1
35	ยมหิน	Chukrasia velutina Wight & Arn.	109	51	11.9
36	รกฟ้า	Terminalia alata Heyne	120	56	10.8
37	รัง	Shorea siamensis Miq.	132	61	17.3
38	เลียงมัน	Berrya mollis Wall.	143	62	25.4
39	สะเดา	Azadirachta indica A. Juss.	147	81	6.0
40	สะทิต	Phoebe spp.	116	56	6
41	สัก	Tectona grandis Linn.f	100	49	19.4
42	สาธร หรือ ขะเจ๊าะ	Millettia leucantha Kurz	148	76	23.4
43	เสลา	Lagerstroemia tomentosa Presl	132	56	14.4

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน *(ต่อ)*

ลำดับ	ชนิดไม้	ชื่อพฤกษศาสตร์	ความต้านแรงดัดสูงสุด (MPa)	ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุด (MPa)	ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี)
44	หลุมพอ	Intsia bakeri Prain	159	70	17.8
45	ยางเหียง หรือ เหียง	Dipterocarpus obtusifolius Tejsm. Ex Miq.	117	56	8.8
46	แอ๊ก	Shorea glauca King	146	52	7

หมายเหตุ [1)] เป็นค่าของไม้ในสภาพสด ไม้แห้งจะมีความแข็งแรงในการดัดประมาณ 1.5 เท่าของไม้เปียก

ที่มา : ส่วนพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ "คุณลักษณะของไม้ไทย"

ผนวก ข: บัญชีรายชื่อไม้ที่เลื่อนขั้นเป็นไม้เนื้อแข็งได้โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้

ลำดับ	ชนิดไม้	ชื่อพฤกษศาสตร์	ความต้านแรงดัดสูงสุด (MPa)	ความต้านแรงอัดขนานเสี้ยนสูงสุด (MPa)	ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี)
1	กระถินณรงค์	Acacia auriculaeformis Cunn.. exBenth.	109	67	ยังไม่แล้วเสร็จ[1)]
2	กระถินเทพา	Acacia mangium Willd.	107	57	ยังไม่แล้วเสร็จ[1)]
3	กระบกกรัง	Hopea helferi (Dyer) Brandis	114	51	ยังไม่แล้วเสร็จ[1)]
4	กระบก	(Irvingia malayana Oliver)	147	58	4
5	กะเจียน	Polyalthia spp.	145	67	4.4
6	ตะคร้อ	Schleichera oleosa	163	56	3.8
7	ตะเคียนทราย	Shorea gratissima (Wall. Ex Kurz) Dyer	121	55	3.2
8	ตะบูนดำ	Xylocarpus moluccensis (Lam.) M. Roem.	128	56	5.5
9	ตังหน	Calophyllum pulcherrimum Wall.	144	67	3
10	ตานดำ หรือดำดง	Diospyros transitoria Bakh.	158	69	ยังไม่แล้วเสร็จ[1)]
11	ทองบึ้ง	Koompassia malaccensis Maingay ex Benth.	189	99	ยังไม่แล้วเสร็จ[1)]
12	พฤกษ์	Albizzia lebbek (Linn.) Benth.	113	54	5
13	พิกุลป่า	Mimusops elengi Linn.	162	69	3.9
14	มะแฟน	Protium serratum Engl.	123	55	4.7
15	มะหาด	Artocarpus lakoocha Roxb.	110	58	ยังไม่แล้วเสร็จ[1)]
16	ยูง	Dipterocarpus grandifloru Blanco	112	48	3.9
17	สนประดิพัทธ์	Casuarina junghuhnina Miq.	149	63	4.6
18	สมอไทย	Terminalia chebula Retz.	113	53	3
19	สมอพิเภก	Terminalia bellerica (Gaertn.) Roxb.	113	53	4.9
20	โอบ	Homalium grandiflorum Benth.	167	66	5.6
21	ฮากเหลือง	Kokoona reflexa Ding Hou	196	103	ยังไม่แล้วเสร็จ[1)]

<u>หมายเหตุ</u> [1)] ยังอยู่ในขั้นตอนการดำเนินการของกรมป่าไม้ หากกรมป่าไม้ระบุว่า ไม้มีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 6 ปีให้จัดไม้ดังกล่าวอยู่ในผนวก ก

<u>ที่มา</u>: ส่วนพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ "คุณลักษณะของไม้ไทย"

มยผ. 1105-52

มาตรฐานงานฐานราก

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ใช้กับงานก่อสร้างฐานรากสำหรับการก่อสร้างอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้าน โรง เรือน คลังสินค้า กำแพงกันดิน และอาคารชลประทาน เป็นต้น นอกจากรายการประกอบแบบเฉพาะงานที่ระบุเป็นอย่างอื่นให้ถือในส่วนที่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเฉพาะงานนั้นเป็นหลัก ส่วนข้อความอื่นใดที่ไม่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเฉพาะงาน ให้ถือปฏิบัติตามมาตรฐานฉบับนี้

2. นิยาม

"ดินฐานราก" หมายความว่า วัสดุธรรมชาติที่ประกอบเป็นเปลือกโลก เช่น หิน กรวด ทราย ดินเหนียว เป็นต้น ซึ่งใช้รองรับฐานรากของอาคาร

"ฐานราก" หมายถึง ส่วนของอาคารที่ใช้ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนลงสู่ดินฐานราก

"ฐานรากแผ่" หมายความว่า ฐานรากที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนสู่ดินฐานรากโดยตรง

"ฐานรากเสาเข็ม" หมายความว่า ฐานรากที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนผ่านเสาเข็มลงสู่ดินฐานราก

"เสาเข็ม" หมายถึง เสาที่ฝังอยู่ในดินฐานรากเพื่อใช้ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคารสู่ดินฐานราก

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1251: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์

3.1.3 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1253: มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นดิน

3.2 มาตรฐานอื่นใดที่จะนำมาใช้นอกเหนือจากมาตรฐานที่ระบุในข้อ **3.1** จะต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร หรือจัดทำโดยส่วนราชการ หรือจัดทำโดยสมาคมวิชาชีพที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคาร

3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้มีความขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ

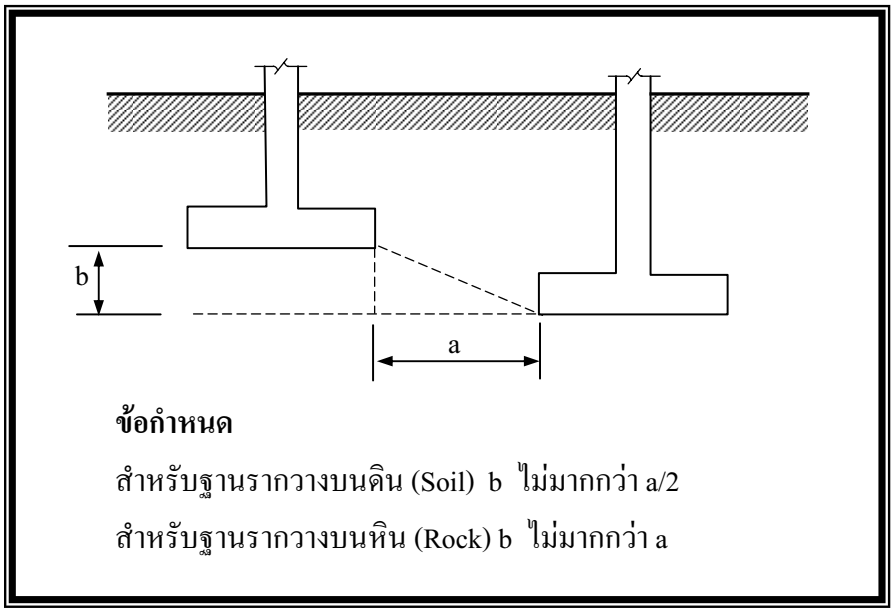
4. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

4.1 ฐานรากแผ่ที่ไม่ต้องใช้เสาเข็ม

4.1.1 ฐานรากต้องวางอยู่บนดินเดิมเสมอ นอกจากรายการประกอบแบบเฉพาะงานที่ระบุเป็นอย่างอื่น ความลึกของฐานราก ขนาดและรายละเอียดการเสริมเหล็กต้องเป็นไปตามแบบรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้

4.1.2 การก่อสร้างฐานรากที่มีระดับลึกต่างกัน ต้องทำการก่อสร้างฐานรากที่มีระดับลึกมากที่สุดก่อนเสมอไป ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันฐานรากที่มีระดับตื้นกว่าพัง ขณะทำฐานรากตัวที่อยู่ลึกกว่า

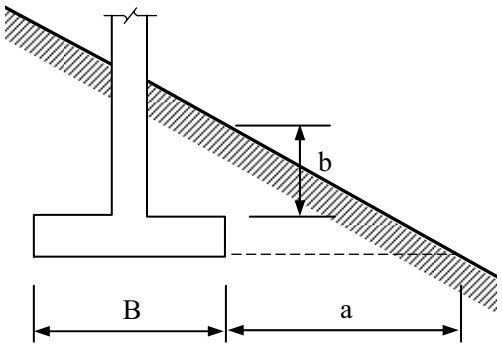
4.1.3 ฐานรากที่ระดับลึกต่างกันนั้นต้องมีระดับลึกต่างกันไม่เกินข้อกำหนดในรูปที่ 1 หากแบบรายละเอียดกำหนดระดับต่างกันของฐานรากเกินข้อกำหนดแล้ว ต้องสอบถามวิศวกรผู้ออกแบบและคำนวณ เพื่อวินิจฉัยความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งเสียก่อน จึงจะดำเนินการต่อไปได้



รูปที่ 1 ข้อกำหนดสำหรับการก่อสร้างฐานรากที่ความลึกต่างกัน

(ข้อ 4.1.3)

4.1.4 ในการก่อสร้างฐานรากบนพื้นที่ลาดเอียงนั้น ฐานรากตัวริมที่ติดกับพื้นที่ลาดเอียงนั้น ต้องมีระยะจากขอบนอกสุดส่วนบนของฐานถึงพื้นที่ลาดเอียงนั้น (Edge Distance) เป็นไปตามข้อกำหนดในรูปที่ 2 ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันการสึกกร่อนของผิวดินอันจะเป็นอันตรายแก่ฐานรากภายหลัง



ข้อกำหนด

สำหรับฐานรากวางบนดิน (Soil) ระยะ a ไม่น้อยกว่า 1.5B เมตร แต่ทั้งนี้จะต้องไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร

ระยะ b ไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร

สำหรับฐานรากวางบนหิน (Rock) ระยะ a ไม่น้อยกว่า 0.75 เมตร

ระยะ b ไม่น้อยกว่า 0.30 เมตร

รูปที่ 2 ข้อกำหนดสำหรับการก่อสร้างฐานรากบนพื้นที่ลาดเอียง

(ข้อ 4.1.4)

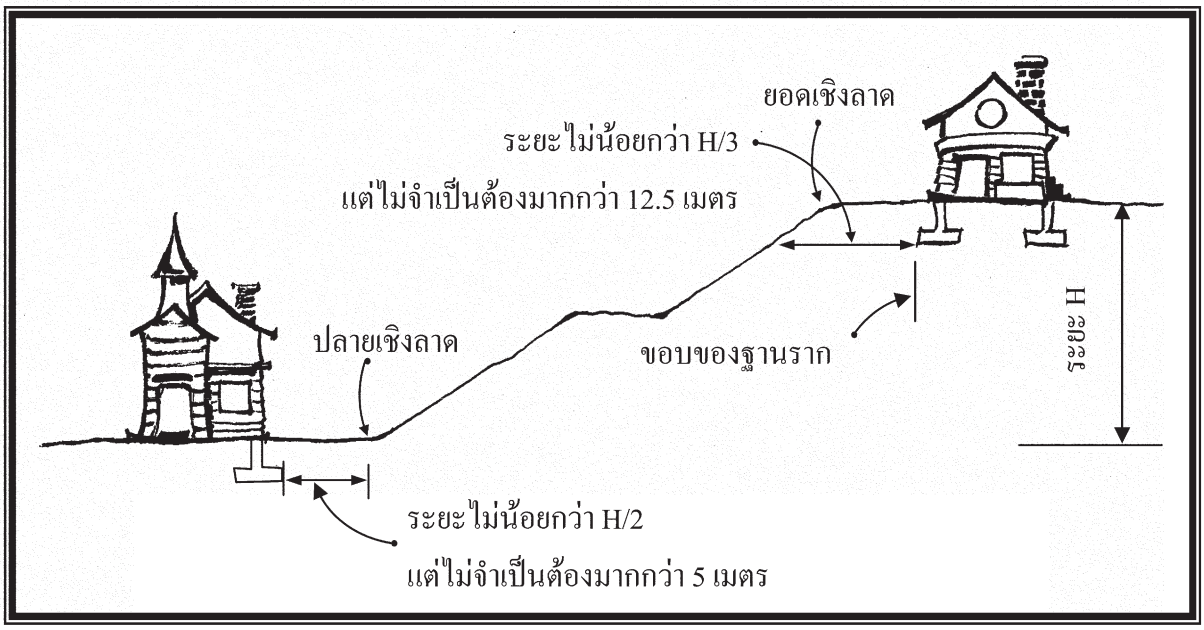
หากแบบและรายการละเอียดได้กำหนดระยะของขอบฐานรากดังกล่าวไว้เป็นอื่นแล้วให้ถือปฏิบัติตามแบบและรายการละเอียดที่ได้กำหนดไว้ แต่ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ในรูปที่ 2

4.1.5 ฐานรากของอาคารที่ก่อสร้างใกล้เชิงลาดทั้งที่อยู่บริเวณส่วนฐานและส่วนบนของเชิงลาดที่มีความลาดเอียง (ระยะในแนวดิ่งต่อระยะในแนวราบ) มากกว่า 1 ต่อ 3 ให้เป็นไปตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

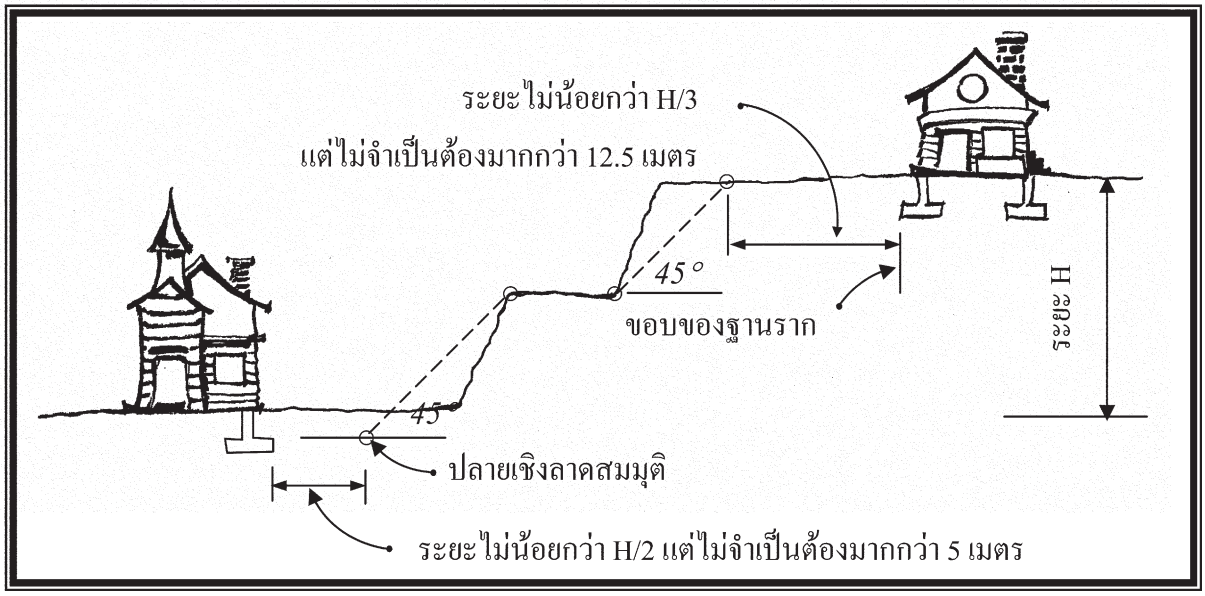
4.1.5.1 อาคารที่ก่อสร้างบริเวณส่วนฐานของเชิงลาดจะต้องมีระยะห่างจากปลายเชิงลาดที่เพียงพอสำหรับการป้องกันอาคารจากปัญหาการระบายน้ำจากเชิงลาด การกัดเซาะ และการวิบัติบริเวณผิวลาด (Shallow Failure) หากไม่ได้มีการกำหนดระยะห่างของอาคารในแบบรายละเอียดหรือไม่มีวิศวกรรับรองความปลอดภัยตามข้อ 4.1.5.3 แล้ว ระยะห่างจากปลายเชิงลาดให้เป็นไปตามรูปที่ 3 (ก) สำหรับกรณีเชิงลาดมีความลาดเอียงมากกว่า 1 ต่อ 1 ตำแหน่งของปลายเชิงลาดให้สมมุติว่าเป็นจุดตัดระหว่างระนาบในแนวราบที่ระดับหลังฐานรากและระนาบที่ลากสัมผัสกับเชิงลาดทำมุม 45 องศากับแนวราบ ตามรูปที่ 3 (ข) และสำหรับกรณีที่มีการก่อสร้างกำแพงกันดินที่ปลายเชิงลาด ความสูงของเชิงลาดให้วัดจากส่วนบนของกำแพงกันดินถึงยอดเชิงลาด

4.1.5.2 ฐานรากของอาคารที่ก่อสร้างอยู่บริเวณส่วนบนของเชิงลาดจะต้องวางอยู่บนชั้นดินที่มีความมั่นคงแข็งแรง โดยมีระยะฝังลึกและระยะห่างจากยอดเชิงลาดที่มากเพียงพอที่จะรองรับฐานรากทั้งในแนวดิ่งและด้านข้างโดยไม่เกิดการทรุดตัวที่เป็นอันตรายได้ หากไม่ได้มีการ

กำหนดระยะห่างของฐานรากในแบบรายละเอียดหรือไม่มีวิศวกรรับรองความปลอดภัยตามข้อ 4.1.5.3 แล้ว ระยะห่างจากยอดเชิงลาดให้เป็นไปตามรูปที่ 3 สำหรับกรณีที่เชิงลาดมีความลาดเอียงมากกว่า 1 ต่อ 1 ระยะห่างให้วัดจากระนาบเชิงลาดสมมุติที่เอียงเป็นมุม 45 องศากับแนวราบโดยฉายจากปลายเชิงลาดขึ้นมา ตามรูปที่ 3 (ข) โดยในทุกกรณีระยะห่างจากเชิงลาดของฐานรากต้องเพียงพอที่จะไม่ทำให้เส้นการกระจายแรงตามรูปที่ 4 ตัดกับผิวเชิงลาดและฐานรากที่มีอยู่แล้ว



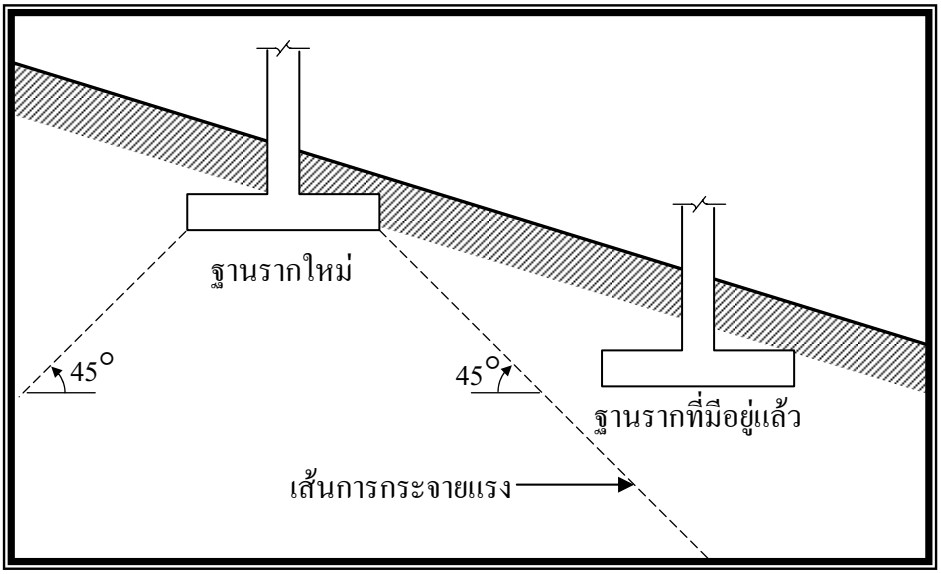
(ก) กรณีเชิงลาดมีความลาดเอียงมากกว่า-1 ต่อ 3 แต่น้อยกว่า 1 ต่อ 1



(ข) กรณีเชิงลาดมีความลาดเอียงมากกว่า 1 ต่อ 1

รูปที่ 3 ข้อกำหนดสำหรับการก่อสร้างฐานรากใกล้เชิงลาด

(ข้อ 4.1.5)



รูปที่ 4 เส้นการกระจายแรงของการก่อสร้างฐานรากบนเชิงลาด

4.1.5.3 กรณีที่การก่อสร้างอาคารที่มีระยะห่างจากเชิงลาดต่างไปจากที่กำหนดในข้อ 4.1.5.1 และ 4.1.5.2 จะต้องมีวิศวกรรับรองความปลอดภัยของการก่อสร้างอาคารใกล้เชิงลาดดังกล่าว โดยการรับรองจะต้องพิจารณาถึงเสถียรภาพของความลาดที่อาจส่งผลกระทบต่อฐานราก อาคาร เสถียรภาพของความลาดภายใต้แรงกระทำจากฐานราก การระบายน้ำ และการกัดเซาะของวัสดุเชิงลาด

4.1.6 ในกรณีเมื่อขุดดินเพื่อทำฐานรากลึกไม่ได้ระดับตามรายการหรือแบบรายละเอียด เนื่องจากขุดถึงชั้นหินพืดหรือชั้นลูกรังแล้ว ให้ปฏิบัติดังนี้

(1) หากเป็นชั้นหินพืด ฐานรากต้องฝังอยู่ในหินพืดลึกไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร (วัดตรงที่ตื้นสุด) หรือต้องวางอยู่บนชั้นหินที่มีคุณภาพดี ไม่ผุกร่อนและมีการยึดฐานรากเข้ากับชั้นหินพืดด้วยเหล็กเดือย (Dowel Bars) โดยทั้งสองกรณีดังกล่าวข้างต้น ฐานรากจะต้องวางได้เต็มพื้นที่ฐานรากบนหินพืด และต้องปรับหรือสกัดหินที่รองรับให้เรียบเพื่อไม่ให้เกิด แรงกระทำเป็นจุด (Concentrated Load) กระทำต่อฐานราก รวมทั้งพื้นที่รองรับฐานรากจะต้องอยู่ในระนาบราบเพื่อไม่ให้เกิดโมเมนต์ดัดกระทำต่อเสาตอม่อ และให้ตรวจสอบว่าพื้นที่รองรับเป็นชั้นหินพืดจริงหรือไม่ ซึ่งอาจตรวจสอบได้โดยการเจาะสำรวจชั้นหินหรือการเจาะรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร ฐานรากหนึ่งไม่น้อยกว่า 2 รู สำหรับกรณีที่ฐานรากมีความกว้างเกินกว่า 2.00 เมตร การเจาะสำรวจชั้นหินหรือการเจาะรูดังกล่าวจะต้องมีความลึกที่ครอบคลุมถึงระนาบการวิบัติ (Failure Surface) ของฐานรากที่อาจจะเกิดขึ้นได้

(2) หากเป็นชั้นลูกรัง ให้ถือปฏิบัติเหมือนชั้นหินพืดในข้อ (1) ทุกประการ แต่ทั้งนี้ก่อนดำเนินการก่อสร้างฐานรากให้ทดสอบคุณสมบัติของดินลูกรัง หรือแจ้งวิศวกรผู้คำนวณออกแบบเพื่อพิจารณาแก้ไขปัญหาต่อไป

ในกรณีเมื่อทำการเจาะชั้นหินพืดหรือชั้นลูกรังแล้ว ปรากฏว่ามีความหนาไม่เพียงพอตามข้อ (1) และ (2) ให้แจ้งวิศวกรผู้คำนวณออกแบบเพื่อพิจารณาแก้ไขปัญหาต่อไป

4.1.7 ในกรณีที่ทำการขุดดินจนถึงระดับท้องฐานรากตามที่รายการหรือแบบละเอียดได้กำหนดไว้ให้แล้ว ปรากฏว่าดินใต้ฐานรากนั้นเป็นดินถมหรือดินธรรมชาติที่มีคุณภาพไม่ดีพอ จะต้องขุดดินให้ลึกลงไปอีกจนถึงชั้นดินที่มีคุณสมบัติในการรับน้ำหนักได้ตามที่แบบหรือรายละเอียดกำหนด และเพื่อให้ทราบแน่นอนว่าพื้นดินชั้นดังกล่าวจะมีความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่รายการหรือแบบรายละเอียดกำหนดหรือไม่ จะต้องทำการทดสอบหาค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นดินทุกประการ

4.1.8 การทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของพื้นดิน ให้เป็นไปตาม มยผ. 1253: มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นดิน

4.2 ฐานรากที่ต้องใช้เสาเข็ม

4.2.1 ความลึกและขนาดของฐานราก และรายละเอียดการเสริมเหล็ก ต้องเป็นไปตามแบบรายละเอียดที่ได้กำหนดให้

4.2.2 การดำเนินการก่อสร้างฐานรากให้ปฏิบัติตามข้อ 4.1.2 และข้อ 4.1.4 โดยระยะ a ในข้อ 4.1.4 ให้ใช้ได้ไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร

4.2.3 เสาเข็มที่ใช้ต้องมีคุณภาพและคุณสมบัติเป็นไปตาม มยผ. 1106 : มาตรฐานงานเสาเข็ม

4.2.4 การยก การตอก ให้เป็นไปตาม มยผ. 1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม และการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มให้เป็นไปตาม มยผ. 1251: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์

4.2.5 เสาเข็มไม้และเสาเข็มเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ จะเป็นเสาเข็มสั้นหรือยาวก็ตาม หัวเสาเข็มต้องจมอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินตลอดเวลา ดังนั้น หากปรากฏว่าเมื่อขุดดินถึงระดับก้นฐานรากได้ตามแบบ และรายการละเอียดที่กำหนดแล้วยังไม่ถึงระดับน้ำใต้ดิน จะต้องตอกลงไปอีกหรือตัด เพื่อให้หัวเสาเข็มอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินตลอดเวลา

4.2.6 ฐานรากที่ใช้เสาเข็มยาว การตอกเสาเข็มต้องตอกด้วยความระมัดระวังมิให้เกิดความเสียหายแก่อาคารข้างเคียง การตอกเสาเข็มต้องตอกให้เป็นระเบียบ โดยตอกเสาเข็มเป็นแนวๆ หรือเสร็จเป็นฐานๆ ไป ห้ามตอกสลับไปสลับมา หรือให้ตอกตามลำดับที่กำหนดใน มยผ. 1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม

4.2.7 ในกรณีที่เสาเข็มจมลงเร็วผิดปกติในขณะตอกสำหรับอาคารเดียวกัน จะต้องรายงานให้วิศวกรผู้คำนวณออกแบบหรือวิศวกรผู้ควบคุมงานทราบเพื่อพิจารณาแก้ไขปัญหาต่อไป

4.2.8 หากมีความจำเป็นต้องถมดินหรือทรายภายในบริเวณที่ได้ตอกเสาเข็มไว้แล้ว การถมต้องถมด้วยความระมัดระวังมิให้เสาเข็มชำรุด เอน เอียง หรือหนีศูนย์กลาง และเพื่อมิให้เกิดปัญหาดังกล่าว ผู้รับจ้างต้องถมดินหรือทรายรอบเสาเข็มแต่ละต้นให้สูงกว่าระดับอื่นๆ เสียก่อน จากนั้นจึงถมบริเวณอื่นๆ ต่อไป ห้ามถมไปทางด้านเดียว

4.3 การขุดดินเพื่อก่อสร้างฐานราก

4.3.1 ในการขุดดินเพื่อก่อสร้างฐานราก ผู้รับจ้างต้องขุดให้ได้ขนาด และระดับตามแบบและรายละเอียด พร้อมทั้งป้องกันมิให้ดินพังทลายหรือเกิดความเสียหายใดๆ ซึ่งอาจจะทำได้ด้วยการสร้างโครงสร้างรับแรงด้านข้างหรือขุดดินลดเป็นชั้นๆ ลงไป ดินที่ขุดต้องนำไปกองไว้ให้เรียบร้อย

4.3.2 ให้สูบน้ำก้นบ่อออกให้หมด ก่อนที่จะเทคอนกรีตฐานราก และตลอดเวลาดำเนินการเทคอนกรีตฐานราก

4.3.3 การกลบดินต้องถมดินเป็นชั้น ๆ ชั้นหนึ่งๆ หนาไม่เกิน 30 เซนติเมตร โดยกระทุ้งให้แน่นทุกๆ ชั้น

5. เอกสารอ้างอิง

(1) International Code Council. “International Building Code,” Fall Church, VA, 2003.

(2) มาตรฐาน มยธ. 105-2533 มาตรฐานงานฐานราก กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533

มยผ. 1106-52

มาตรฐานงานเสาเข็ม

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ใช้กับงานเสาเข็มคอนกรีตและเสาเข็มไม้ทุกประเภท สำหรับการก่อสร้างอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้าน โรง เรือน คลังสินค้า กำแพงกันดิน และอาคารชลประทาน เป็นต้น นอกจากรายการประกอบแบบเฉพาะงานที่ระบุเป็นอย่างอื่นให้ถือในส่วนที่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเฉพาะงานนั้นเป็นหลัก ส่วนข้อความอื่นใดที่ไม่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเฉพาะงาน ให้ถือปฏิบัติตามมาตรฐานฉบับนี้

1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างงานเสาเข็มเป็นไปตามหลักวิชาการ ประหยัด และปลอดภัย

1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 9.806 นิวตัน

2. นิยาม

"การสูญเสียของการอัดแรง (Losses)" หมายถึง การที่ลวดเหล็กหรือเหล็กเสริมที่ใช้อัดแรงชนิดอื่นๆ สูญเสียหน่วยแรงดึงตามขั้นตอนต่าง ๆ อันเนื่องมาจาก การหดตัวอีลาสติก การคืบและหดตัวของคอนกรีต และการคลายแรงดึงของเหล็กเสริมอัดแรง

"ฐานราก" หมายถึง ส่วนของอาคารที่ใช้ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนลงสู่ดินฐานราก

"เสาเข็ม" หมายถึง เสาที่ฝังอยู่ในดินฐานรากเพื่อใช้ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคารสู่ดินฐานราก

"เสาเข็มเจาะ (Bored Pile)" หมายถึง เสาเข็มที่ก่อสร้างโดยการขุดหรือเจาะลงไปในชั้นดินโดยอาจใช้ปลอกเหล็กกันดินพังหรือไม่ก็ตาม แล้วหล่อคอนกรีตในหลุมที่เจาะแล้วเสร็จ

"เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ" หมายถึง เสาเข็มคอนกรีตที่หล่อหรือผลิตในโรงงาน หรือที่สถานที่ก่อสร้างก่อนที่จะนำมาติดตั้งโดยการตอกหรือฝัง

"แรงแบกทานที่ยอมให้ของเสาเข็ม" หมายถึง แรงต้านทานการรับน้ำหนักบรรทุกได้อย่างปลอดภัยของเสาเข็ม

"หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต" หมายถึง หน่วยแรงอัดสูงสุดตามแกนยาวของแท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร สามารถรับได้ หากไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่นหน่วยแรงอัดดังกล่าวในมาตรฐานนี้ ให้ใช้หน่วยแรงอัดประลัยที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

3. มาตรฐานอ้างถึง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างถึงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1102: มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง

3.1.3 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1103: มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต

3.1.4 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ 1251: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์

3.1.5 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ 1252: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์

3.1.6 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ 1551: มาตรฐานการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Integrity Test

3.1.7 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 395: เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ

3.1.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 396: เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ

3.1.9 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 397: เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จแบบแรงเหวี่ยง

3.1.10 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 398: เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงโดยใช้แรงเหวี่ยง

3.1.11 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 399: เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จขนาดสั้น

3.1.12 มาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท. 1019: ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

3.2 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร

3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้มีความขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ

4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

4.1 เสาเข็มไม้

4.1.1 ไม้ที่นำมาใช้เป็นเสาเข็ม ต้องเป็นไม้เบญจพรรณหรือไม้สนที่ได้มาจากต้นที่แข็งแรง และยังสดอยู่ขณะที่นำมาใช้ต้องไม่ผุหรือมีราขึ้น ไม้ที่ผุง่าย เช่นไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น ห้ามนำมาใช้

4.1.2 เสาเข็มต้องทุบหรือถากเปลือกออกอย่างน้อยร้อยละ 80 ของพื้นที่ผิวโดยรอบเสาเข็ม ตาไม้ต่าง ๆ ต้องตัดให้เรียบเสมอผิวของต้นเสาเข็ม ปลายเสาเข็มต้องใช้เลื่อยตัดเรียบได้ฉากกับลำต้น ตาไม้ในเสาเข็มต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกินกว่า 1 ใน 3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มตรงตำแหน่งที่มีตานั้น แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน 100 มิลลิเมตร

4.1.3 เสาเข็มต้องตรงมากที่สุด เสาเข็มที่คดจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อขึงเชือกจากแนวศูนย์กลางปลายทั้งสองข้างของเสาเข็มแล้วเชือกไม่ล้ำออกจากลำต้น

4.1.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มตามที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียดนั้น ให้ถือเป็นขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มที่วัดตรงจุดกลางความยาวของเสาเข็ม โดยใช้เทปพันรอบให้ตึง ความยาวที่ได้ถือเป็นเส้นรอบวง ซึ่งเท่ากับ 3.14 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

4.2 เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ

4.2.1 คุณลักษณะทั่วไปของเสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ

4.2.1.1 วัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการหล่อเสาเข็ม และส่วนผสมของคอนกรีต ตลอดจนการปฏิบัติต้องเป็นไปตามมาตรฐานดังต่อไปนี้

(1) คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตและขั้นตอนการปฏิบัติในการก่อสร้างให้เป็นไปตาม มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

(2) คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตอัดแรงและขั้นตอนการปฏิบัติในการก่อสร้างให้เป็นไปตาม มยผ. 1102: มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง

(3) คุณลักษณะของเหล็กเสริมและขั้นตอนการปฏิบัติในการก่อสร้างให้เป็นไปตาม มยผ. 1103: มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต

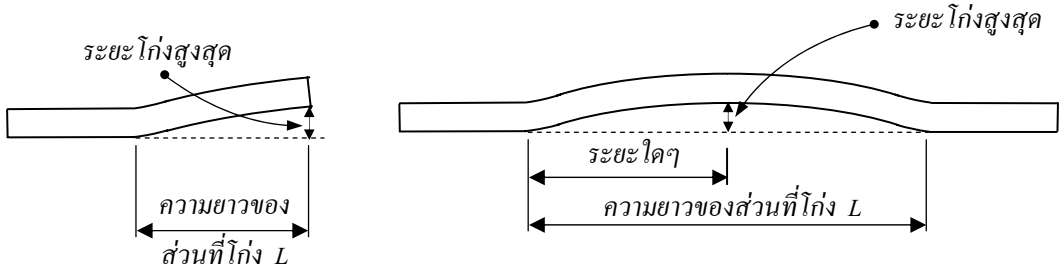
ค่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในแบบหรือรายการประกอบแบบ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ว่าด้วยเสาเข็มคอนกรีตประเภทนั้นๆ ตามข้อ 3.1.7 ถึง 3.1.11

4.2.1.2 เสาเข็มที่นำมาใช้ต้องมีความยาว พื้นที่หน้าตัดที่กดบนดิน (Projected Area) และความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ตามที่ระบุไว้ในแบบหรือในรายการประกอบแบบ

4.2.1.3 รูปลักษณ์ภายนอกของเสาเข็มต้องเหมือนกันตลอดความยาวของเสาเข็ม ยกเว้นส่วนหัวเสาเข็มที่รับตุ้มตอกเสาเข็ม สำหรับส่วนปลายเสาเข็มในระยะซึ่งยาวไม่เกิน 1.5 เท่าของความกว้างของเสาเข็มยอมให้สอบปลายได้

4.2.1.4 เสาเข็มที่จะนำมาตอกใช้งานจะต้องมีหน่วยแรงอัดประลัยตามที่กำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน หากต้องการนำเสาเข็มมาใช้ก่อนกำหนดให้ทดสอบกำลังของคอนกรีต ซึ่งกำลังของคอนกรีตที่เวลานำมาใช้นั้นจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

4.2.1.5 เสาเข็มต้องมีลำต้นตรง ระยะโก่งที่ส่วนใดๆ ของเสาเข็ม ถ้าวัดระหว่างเส้นตรงที่ต่อปลายทั้งสองของส่วนโก่งกับผิวด้านใดๆ ก็ตาม ต้องไม่เกินความยาวส่วนที่โก่งหารด้วยค่าที่กำหนดในรูปที่ 1



ระยะโก่งสูงสุด $\leq L/180$ ระยะโก่งสูงสุด $\leq L/360$

รูปที่1 การวัดระยะโก่งของเสาเข็ม

(ข้อ 4.2.1.5)

4.2.1.6 หากเป็นเสาเข็มกลวงหรือเว้าข้าง รูกลวงหรือส่วนเว้าข้าง ต้องไม่ทำให้จุดศูนย์ถ่วงของหน้าตัดเบี่ยงเบนไปจากศูนย์กลางของหน้าตัดเสาเข็ม

4.2.1.7 เสาเข็มต้องแข็งแรงทนทานต่อการตอกของตุ้มตอกเสาเข็ม และการกระทบกระแทกระหว่างการขนส่งได้ และต้องมีรูปร่างหน้าตัดภายนอกเป็นสี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม หกเหลี่ยม หรือมากกว่า หรือกลม หรือ I หรือที่คล้ายตัว I ซึ่งมีความหนาของส่วนที่บางที่สุดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร หรือ 2 เท่าของระยะหุ้มเหล็กเสริมบวกด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางหรือความหนาของเหล็กเสริมโดยใช้ค่าที่มากกว่าเป็นเกณฑ์ ยกเว้นเสาเข็มขนาดเล็กที่มีขนาดตั้งแต่ 150 มิลลิเมตรลงมา

4.2.1.8 เสาเข็มจะต้องแสดงตำแหน่งจุดยกที่ชัดเจน หากไม่มีการกำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบให้กำหนดจุดยก โดยอาจทำเป็นเครื่องหมายหรือฝังหูร้อยหรือที่จับยึดสำหรับการยก และตำแหน่งของจุดยกให้เป็นไปตามรูปที่ 2 แต่ทั้งนี้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นระหว่างการยกเสาเข็มจะต้องเป็นไปตามข้อ 4.2.2.2 หรือ 4.2.3.2

4.2.1.9 เสาเข็มยอมให้มีรอยร้าวต่อเนื่องกันได้ไม่เกินครึ่งหนึ่งของเส้นรอบรูป และต้องทำมุมระหว่าง 80 ถึง 90 องศากับแนวสะเทิน รอยร้าวที่เกิดขึ้นแต่ละรอยต้องห่างกันเกินกว่า 1 เมตร และความกว้างของรอยร้าวต้องไม่มากกว่า 0.2 มิลลิเมตร แต่ทั้งนี้ต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงานก่อน สำหรับโครงการก่อสร้างที่อยู่ในพื้นที่หรือเงื่อนไขที่ต้องพิจารณาความคงทนไม่ยินยอมให้ใช้เสาเข็มที่มีรอยร้าว

4.2.2 คุณลักษณะเฉพาะของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ

4.2.2.1 คุณลักษณะทั่วไปของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จต้องเป็นไปตามข้อ 4.2.1

4.2.2.2 แรงดัดที่เกิดจากการยกเสาเข็มต้องไม่ก่อให้เกิดหน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมเกินกว่า 118 เมกาปาสกาล (1,200 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) เมื่อใช้เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ หรือเกินกว่า 147 เมกาปาสกาล (1,500 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) เมื่อใช้เหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังครากน้อยกว่า 390 เมกาปาสกาล (4,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) หรือเกิน

กว่า 167 เมกาปาสกาล (1,700 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) เมื่อใช้เหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังครากตั้งแต่ 390 เมกาปาสกาล (4,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ขึ้นไป และหน่วยแรงอัดในคอนกรีตที่ขณะใช้งานจะต้องไม่เกินร้อยละ 37.5 ของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

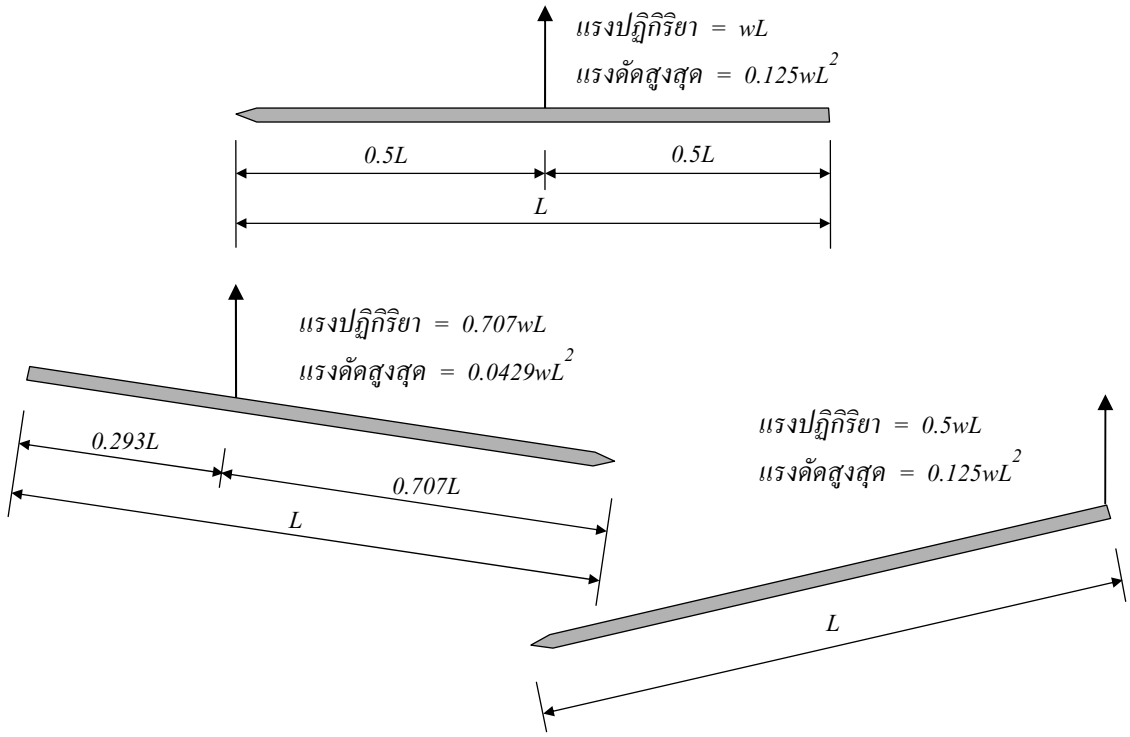
4.2.2.3 เหล็กปลอกจะต้องยึดติดกับเหล็กเสริมตามยาวให้มั่นคง และต้องมีปริมาณเป็นร้อยละของปริมาตรคอนกรีตของเสาเข็มในช่วงนั้นๆ ไม่น้อยกว่าตามที่กำหนดไว้ในรูปที่ 3

4.2.3 คุณลักษณะเฉพาะของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ

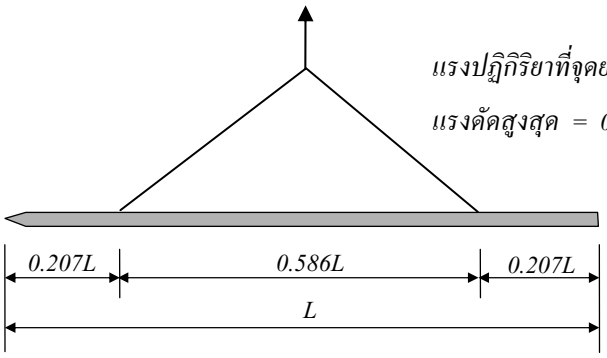
4.2.3.1 คุณลักษณะทั่วไปของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จต้องเป็นไปตามข้อ 4.2.1 ส่วนคุณลักษณะเฉพาะของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงประเภทต่างๆ ที่ไม่ได้ระบุในมาตรฐานนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ว่าด้วย เสาเข็มคอนกรีตประเภทนั้นๆ ตามข้อ 3.1.7 ถึง 3.1.11 แล้วแต่กรณี

4.2.3.2 แรงดัดที่เกิดจากการยกเสาเข็มต้องไม่ก่อให้เกิดหน่วยแรงดึงในคอนกรีตเกินกว่า 0.5 คูณด้วยรากที่สองของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต เมื่อหน่วยแรงมีหน่วยเป็นเมกาปาสกาล (หรือไม่เกินกว่า 1.59 คูณด้วยรากที่สองของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต เมื่อหน่วยแรงมีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

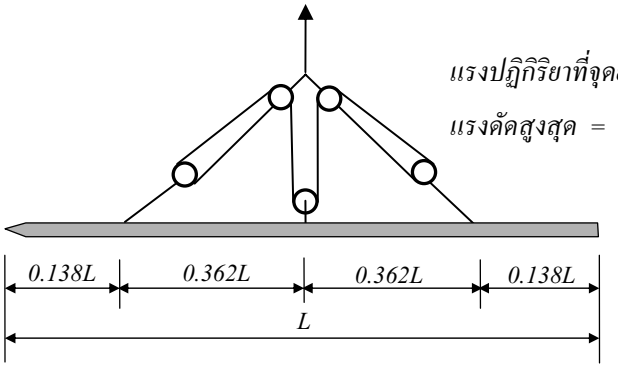
ในกรณีที่หน่วยแรงดึงมีค่าสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ จะต้องขยายพื้นที่หน้าตัดหรือเสริมเหล็กยึดเหนี่ยวเพิ่มเติมในส่วนของคอนกรีตที่เกิดหน่วยแรงดึง (Tensile Zone) เพื่อสามารถรับแรงดึงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตดังกล่าวได้ทั้งหมด (อาจจะเป็นเหล็กเสริมปกติหรือเหล็กเสริมอัดแรง) โดยที่แรงดึงให้คำนวณจากสมมุติฐานของหน้าตัดไม่แตกร้าว



(ก) จุดยกเสาเข็มจำนวน 1 จุด



(ข) จุดยกเสาเข็มจำนวน 2 จุด

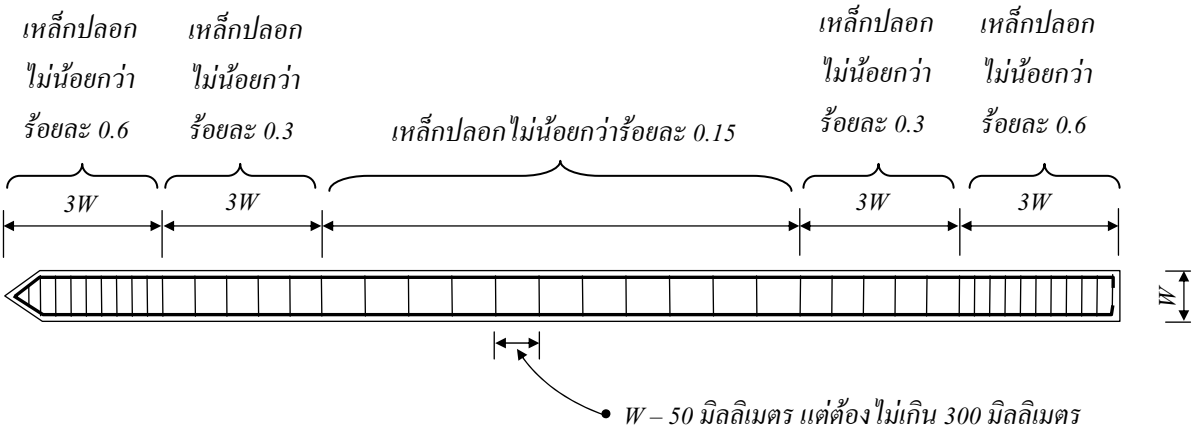


(ค) จุดยกเสาเข็มจำนวน 3 จุด

<u>หมายเหตุ</u> w = น้ำหนักของเสาเข็มรวมผลของแรงกระแทกจากการขนส่ง

รูปที่ 2 ตำแหน่งจุดยกเสาเข็ม

(ข้อ 4.2.1.8)



<u>หมายเหตุ</u> W = ส่วนที่แคบที่สุดของรูปตัดขวางทั้งหมดของเสาเข็ม

รูปที่ 3 ปริมาณเหล็กปลอกต่ำสุดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ

(ข้อ 4.2.2.3)

4.2.3.3 หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จากน้ำหนักบรรทุกใช้งานของเสาเข็มจะต้องไม่เกินกว่าผลต่างระหว่างร้อยละ 33 ของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตและร้อยละ 27 ของหน่วยแรงอัดประสิทธิผลที่กระทำกับคอนกรีตเนื่องจากการอัดแรง หรือ

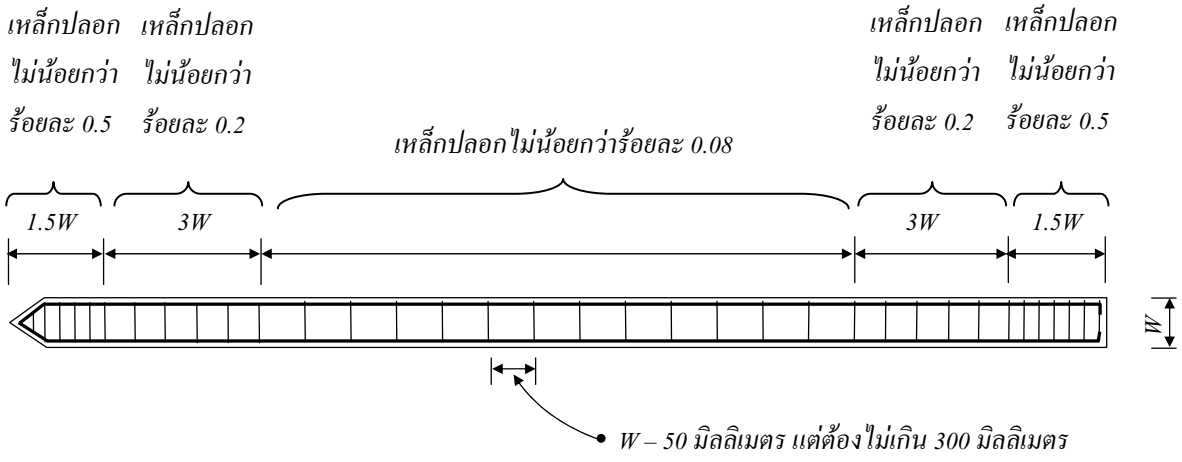
$$\sigma_a \leq 0.33 f_c' - 0.27 f_{pc} \qquad (1)$$

เมื่อ σ_a เป็น หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จากน้ำหนักบรรทุกใช้งานของเสาเข็ม มีหน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

f_c' เป็นหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต มีหน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

f_{pc} เป็นหน่วยแรงอัดประสิทธิผลที่กระทำกับคอนกรีตเนื่องจากการอัดแรง มีหน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

4.2.3.4 เหล็กปลอกจะต้องยึดติดกับเหล็กเสริมตามยาวให้มั่นคง และต้องมีปริมาณเป็นร้อยละของปริมาตรคอนกรีตของเสาเข็มในช่วงนั้นๆ ไม่น้อยกว่าตามที่กำหนดไว้ในรูปที่ 4



หมายเหตุ W = ส่วนที่แคบที่สุดของรูปตัดขวางทั้งหมดของเสาเข็ม

รูปที่ 4 ปริมาณเหล็กปลอกต่ำสุดของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ

(ข้อ 4.2.3.4)

4.3 เสาเข็มเจาะ

4.3.1 คุณลักษณะเฉพาะของเสาเข็มเจาะแบบแห้ง

4.3.1.1 วัสดุต่างๆ ที่ใช้ในการหล่อเสาเข็ม และส่วนผสมของคอนกรีต ตลอดจนการปฏิบัติต้องเป็นไปตามมาตรฐานดังต่อไปนี้

(1) คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตและขั้นตอนการปฏิบัติในการก่อสร้างให้เป็นไปตาม มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

(2) คุณลักษณะของเหล็กเสริมและขั้นตอนการปฏิบัติในการก่อสร้างให้เป็นไปตาม มยผ. 1103: มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต

4.3.1.2 เสาเข็มต้องมีความยาว เส้นผ่านศูนย์กลาง และความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ตามที่ระบุไว้ในแบบหรือในรายการประกอบแบบ

4.3.2 คุณลักษณะเฉพาะของเสาเข็มเจาะแบบเปียกให้เป็นไปตามมาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท. 1019: ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ ว่าด้วย คุณลักษณะของเสาเข็มเจาะแบบเปียก

5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

5.1 เสาเข็มไม้

5.1.1 เสาเข็มต้องตอกโดยให้ปลายแหลมลง และหัวเสาเข็มจมอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินถาวรทุกต้น

5.1.2 เสาเข็มเมื่อนำไปใช้ในน้ำทะเลต้องอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้ (Creosote Oil) ประมาณ 320 กิโลกรัมต่อเนื้อไม้หนึ่งลูกบาศก์เมตร (20 ปอนด์ต่อเนื้อไม้หนึ่งลูกบาศก์ฟุต) ทั้งนี้เพื่อป้องกันแมลงเจาะไช

5.2 เสาเข็มคอนกรีต<u>หล่อสำเร็จ</u>

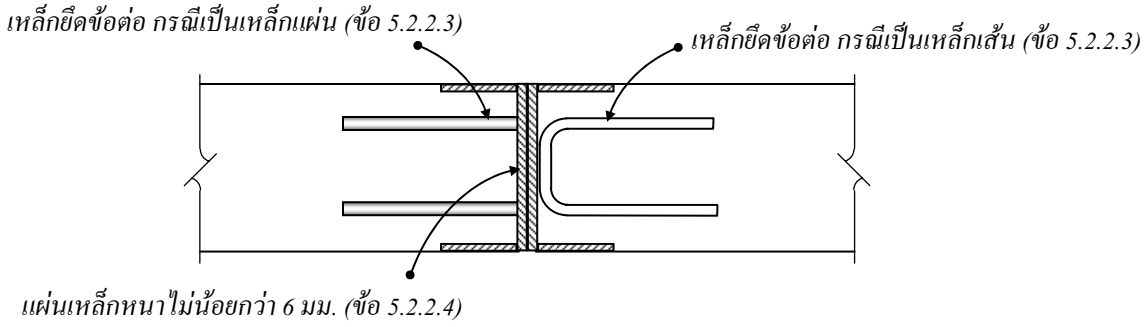
5.2.1 เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จดังต่อไปนี้ไม่อนุญาตให้ใช้เสาเข็มต่อได้

(1) เสาเข็มที่ระบุให้ต้องรับแรงด้านข้าง

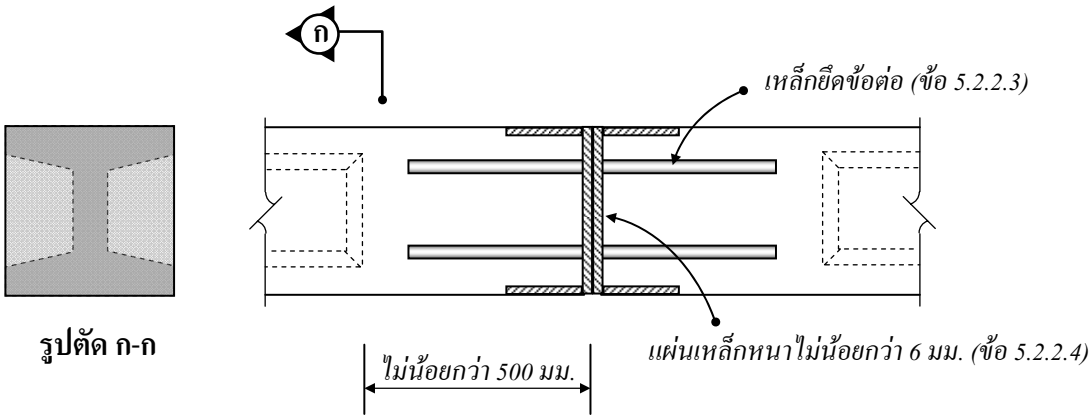
(2) เสาเข็มที่อยู่ในดินฐานรากที่มีความเสี่ยงต่อการเลื่อนไถลของดิน (Soil Sliding)

(3) เสาเข็มที่ปลายวางอยู่บนหินที่มีความลาดเอียงที่มีความเสี่ยงต่อการไถลของเข็มได้

5.2.2 เสาเข็มที่นอกเหนือจากข้อ 5.2.1 อนุญาตให้ต่อได้ แต่รวมแล้วต้องไม่เกิน 2 ท่อน โดยวิธีเชื่อมด้วยไฟฟ้า และทั้งสองท่อนเมื่อต่อกันแล้วต้องเป็นเส้นตรงเดียวกัน โดยที่ข้อต่อของเสาเข็มทั้งสองท่อนต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้ (รูปที่ 5)



(ก) ข้อต่อของเสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน



(ข) ข้อต่อของเสาเข็มรูปตัว I หรือคล้ายตัว I

รูปที่ 5 รายละเอียดข้อต่อของเสาเข็ม

(ข้อ 5.2.2)

5.2.2.1 ข้อต่อต้องเป็นเหล็กเหนียวและหล่อเป็นส่วนเดียวกันกับเสาเข็มแต่ละท่อน

5.2.2.2 ข้อต่อต้องมีลักษณะเป็นหมวกครอบปลายหัวเสาเข็มในส่วนที่จะต่อกันนั้น หรือมีลักษณะคล้ายคลึงกัน และสามารถกันมิให้คอนกรีตเนื้อเสาเข็มที่รองรับข้อต่อนั้นแตกในขณะรับแรงกระแทกจากการตอกเสาเข็ม รวมทั้งต้องมีขนาดและความหนาเพียงพอที่สามารถส่งถ่ายแรงดัดระหว่างเสาเข็มที่ต่อได้ไม่น้อยกว่าส่วนอื่นของเสาเข็ม ข้อต่อนี้ให้หล่อยึดติดกับ

ตัวเสาเข็ม และต้องมีเนื้อที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าเนื้อที่หน้าตัดของเสาเข็มที่จุดนั้น แต่จะโตเกินขนาดภายนอกของเสาเข็มมิได้

5.2.2.3 ต้องมีเหล็กยึดข้อต่อดังกล่าวให้ติดแน่นกับท่อนคอนกรีตเสาเข็ม จนสามารถรับแรงดัดได้ดีไม่น้อยกว่าส่วนอื่นของเสาเข็ม

5.2.2.4 ความหนาของแผ่นเหล็กข้อต่อของแต่ละแผ่น เฉพาะส่วนที่วางประกบกันต้องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

5.2.2.5 พื้นที่ผิวของข้อต่อส่วนที่ประกบกันต้องไส กลึง หรือ ฝาน ให้เรียบทั้งสองขึ้นเพื่อให้ประกอบกันแนบสนิท

5.2.2.6 เสาเข็มในส่วนที่ชิดกับข้อต่อ ต้องได้รับการป้องกันการแตกด้วยการเสริมเหล็กปลอกเป็นพิเศษ

5.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตอกเสาเข็มคอนกรีตและวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีต

5.3.1 ปั้นจั่นที่นำมาใช้ในการตอกเสาเข็มต้องมีความมั่นคงแข็งแรง และมีความกว้างของฐานปั้นจั่นพอที่จะมีการทรงตัวได้ดีเมื่อยกเสาเข็มขึ้นตั้ง ชิ้นส่วนที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวปั้นจั่นต้องไม่คดงอหรือแตกร้าว ตะเกียบคู่หน้าของปั้นจั่นต้องเป็นเส้นตรงและไม่หลวมคลอน

5.3.2 เครื่องยนต์ที่ใช้กับปั้นจั่นต้องมีสภาพสมบูรณ์ สามารถให้กำลังได้อย่างสม่ำเสมอ อุปกรณ์ที่ห้ามล้อครัทช์และที่ห้ามการคลายตัวของเชือกลวดต้องอยู่ในสภาพที่ใช้การได้โดยปลอดภัย เชือกลวดต้องมีขนาดพอเหมาะกับขนาดของน้ำหนักเสาเข็มและตุ้มที่ยกและไม่สึกหรอจนส่อให้เห็นว่าจะเกิดอันตรายได้โดยง่าย

5.3.3 พื้นที่ที่รองรับปั้นจั่นต้องเสริมให้แข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักปั้นจั่นและอุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยขณะที่ตอกเสาเข็มปั้นจั่นต้องไม่โยกคลอนหรือทรุดตัวลงจนทำให้เสียแนวดิ่งของตะเกียบบังคับเสาเข็มหรือเกิดแรงเบียดเสาเข็ม

5.3.4 ถ้าใช้หมวกเหล็กครอบหัวเสาเข็มในการตอกเสาเข็มหมวกดังกล่าวต้องมีขนาดพอเหมาะกับหัวเสาเข็ม คือไม่โตกว่าหัวเสาเข็มเกิน 10 มิลลิเมตร และภายในหมวกให้ใช้ไม้เนื้ออ่อนรองหัวเสาเข็มได้หนาไม่เกิน 30 มิลลิเมตร และเมื่อไม้รองในหมวกแตกยุ่ยจนทำให้ประสิทธิภาพของการตอกลดลงต้องเปลี่ยนไม้รองใหม่ หมวกเหล็กจะต้องมีที่บังคับกับตะเกียบด้วย

5.3.5 ตุ้มที่ใช้ตอกเสาเข็มต้องมีน้ำหนักไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของน้ำหนักเสาเข็ม แต่ต้องหนักไม่น้อยกว่า 3 เมตริกตัน

5.3.6 ก่อนตอกเสาเข็มต้องปักหมุดแสดงตำแหน่งของเสาเข็มที่จะตอกแต่ละต้นให้ชัดเจน และต้องมีเครื่องบังคับเสาเข็มที่แข็งแรงพอ เพื่อว่าเมื่อยกเสาเข็มขึ้นตั้งในที่บังคับเสาเข็ม ปลายเสาเข็มต้องอยู่ตรงศูนย์เสาเข็มที่ทำเครื่องหมายไว้ โดยเครื่องบังคับเสาเข็มต้องไม่เคลื่อนที่หรือหักพังไปจนกว่าปลายเสาเข็มจะจมลงไปในดินแล้วไม่น้อยกว่า 6 เมตร

5.3.7 การตอกเสาเข็มต้องพยายามจัดให้แรงกระทบของตุ้มที่มีต่อหัวเสาเข็ม ถ่ายกำลังไปตามแนวแกนของเสาเข็ม หากอุปกรณ์ในการตอกเสาเข็มหลวมคลอนก่อให้เกิดแรงกระทบเสาเข็มเบนออกนอกแนวแกนจนเสาเข็มสะบัดคลอนไปในทางราบแล้วต้องหนุนการตอกเสาเข็มทันที จนกว่าจะมีการแก้ไขสาเหตุที่ทำให้เสาเข็มสะบัดเสียก่อน หากแก้ไขไม่ได้ต้องเปลี่ยนปั้นจั่นทั้งชุด

5.3.8 เมื่อเสาเข็มจมเสมอระดับดินแล้วแต่ยังไม่ได้ระดับให้ใช้เสาส่งวางบนหัวเสาเข็มได้ โดยที่เสาส่งต้องยาวไม่เกินกว่าระยะที่หัวเสาเข็มจมดินบวกด้วย 600 มิลลิเมตร ในการใช้เสาส่งปลายเสาส่วนที่วางอยู่บนหัวเสาเข็มต้องมีที่บังคับไม่ให้เคลื่อนหลุดออกนอกแนวหัวเสาเข็ม ในขณะตอกให้ใช้วัสดุรองหัวเสาเข็มด้วยไม้เนื้ออ่อนหนาไม่เกิน 30 มิลลิเมตร ที่บังคับเสาส่งต้องมั่นคงจนไม่โยกคลอนในขณะตอก ในกรณีที่ความลึกในการส่งต่ำกว่าระดับหัวเสาเข็มสามารถต่อเสาเข็มด้วยการหล่อคอนกรีตเสริมเหล็กในที่ แต่ทั้งนี้รายละเอียดรอยต่อระหว่างเสาเข็มหล่อสำเร็จและหล่อในที่จะต้องได้รับการรับรองจากวิศวกร

5.3.9 การตอกเสาเข็มต้องตอกด้วยความระมัดระวัง รวมทั้งต้องจัดทำหาวิธีป้องกันมิให้เกิดอันตรายใด ๆ ต่อบุคคลอื่นหรือทรัพย์สินของอาคารข้างเคียงอันเป็นผลกระทบจากการตอกเสาเข็ม เช่น ความสั่นสะเทือน การพังทลายและการเคลื่อนตัวของดิน เป็นต้น

5.3.10 ในการตอกเสาเข็มถ้าขณะหนึ่งขณะใดปรากฏว่า จำนวนเสาเข็มที่ตอกมีการแตกหักเสียหายถึงจำนวนร้อยละ 10 ของจำนวนเสาเข็มที่ตอกไปได้ในขณะนั้นแล้วให้ตอกเข็มต่อไปอีก 10 ต้น หากปรากฏว่าใน 10 ต้นนั้น มีเข็มหักเพิ่มขึ้นอีกให้ถือว่าเข็มนั้นขาดคุณสมบัติตามมาตรฐานนี้และให้ดำเนินการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของเสาเข็ม โดยการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมหรือการทดสอบ แล้วแต่กรณี ทั้งนี้ให้ยกเว้นกรณีที่มีเสาเข็มเหลือจะต้องตอกอีกไม่เกิน 10 ต้น ในงานนั้นให้คงใช้เสาเข็มนั้นต่อไป

5.3.11 ขณะตอกเสาเข็มถ้าปรากฏว่าเสาเข็มเกิดรอยแตกร้าวด้วยเหตุประการใดๆ ซึ่งสามารถมองเห็นได้ ให้สกัดส่วนที่แตกร้าวออกแล้วหล่อคอนกรีตใหม่ เมื่อคอนกรีตได้กำลังตามที่รายการกำหนดแล้วจึงจะทำการตอกต่อไปได้ หรืออนุญาตให้ถอนเสาเข็มต้นที่ชำรุดขึ้นแล้วใช้เสาเข็มต้นใหม่ที่ดีตอกลงแทนที่ได้ หรือทำการตอกแซมโดยให้จุดศูนย์กลางของฐานรากไม่เปลี่ยน สำหรับกรณีซ่อมแซมเสาเข็มที่ปรากฏรอยแตกร้าวดังกล่าวข้างต้น เมื่อซ่อมเสร็จและตอกเสร็จแล้วต้องทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม (Pile Integrity Test)

5.3.12 ในขณะตอกเสาเข็มให้ทำรายงานผลการตอกเสาเข็มแต่ละต้นพร้อมทั้งแบบแปลนแสดงตำแหน่งเสาเข็มต้นที่ทำการตอก เพื่อพิจารณาว่าเสาเข็มต้นนั้นๆ จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่กำหนดหรือไม่ โดยการบันทึกรายงานผลมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

5.3.12.1 สำหรับการตอกเสาเข็มที่จมถึงระดับได้โดยไม่ต้องใช้เสาส่ง ให้ปฏิบัติดังนี้

(1) ให้ขีดเครื่องหมายทุกระยะ 300 มิลลิเมตร ในช่วงจากโคนเสาเข็มเป็นระยะไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวเสาเข็ม แต่ทั้งนี้จะต้องไม่น้อยกว่า 3 เมตร

(2) เมื่อยกเสาเข็มตั้งเข้าที่เรียบร้อยแล้ว ให้บันทึกระยะที่เสาเข็มจมลงไปในดินด้วยน้ำหนักของตัวเอง

(3) ให้บันทึกระยะที่เสาเข็มจมลงไปในดินเมื่อวางตุ้มน้ำหนักลงบนเสาเข็ม

(4) เมื่อตอกเสาเข็มจม ถึงระดับที่ทำเครื่องหมายไว้ ให้เริ่มบันทึกจำนวนครั้งที่ตอกต่อการจมตัวของเสาเข็มทุกระยะ 300 มิลลิเมตร โดยให้ระยะยกตุ้มน้ำหนักเป็นไปตามที่วิศวกรควบคุมงานกำหนด

5.3.12.2 สำหรับการตอกเสาเข็มที่จมถึงระดับโดยต้องใช้เสาส่ง ให้ปฏิบัติดังนี้

(1) ให้ขีดเครื่องหมายทุกระยะ 300 มิลลิเมตร ในช่วง 1.5 เมตรสุดท้ายของโคนเสาเข็มหรือสุดแท้แต่ระยะที่ต้องใช้เสาส่ง

(2) ให้ขีดเครื่องหมายทุกระยะ 300 มิลลิเมตร ที่เสาส่งเป็นระยะเท่ากับระยะที่ต้องส่งเสาเข็มลงไปในชั้นดินจนถึงระดับที่กำหนด

(3) ให้บันทึกการจมตัวของเสาเข็มเช่นเดียวกับที่ปฏิบัติในข้อ 5.3.12.1 (2) (3) และ (4)

5.3.12.3 การบันทึกรายงานการตอกเสาเข็ม ให้ใช้แบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1106-1

5.3.13 ในกรณีเมื่อตอกเสาเข็มไปจนสุดความยาวของเสาเข็มตามที่ได้ระบุไว้ในแบบรายละเอียดแล้ว แต่เสาเข็มนั้นคาดว่าไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกโดยปลอดภัยตามที่ได้กำหนด ต้องดำเนินการแก้ไขเพื่อให้ฐานรากมีความมั่นคงแข็งแรงตามที่กำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน

5.3.14 ถ้าปรากฏว่าเสาเข็มตอกจมลงไม่ถึงระดับที่ระบุไว้ในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน จะเนื่องจากชั้นดินแข็งหรือ เหตุอื่นใด ๆ ก็ตาม ให้รีบแจ้งวิศวกรเพื่อดำเนินการตามความเหมาะสมต่อไป

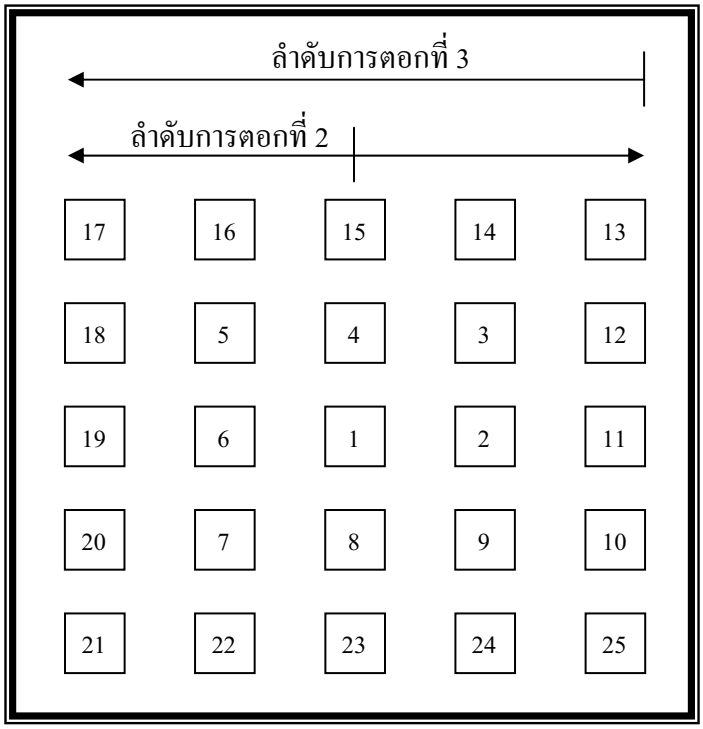
5.3.15 ลำดับการตอกกลุ่มเสาเข็มประเภทมีการแทนที่ดิน (Displacement Piles) ควรเริ่มจากศูนย์กลางกลุ่มไปด้านนอก หรือเริ่มจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง สำหรับกลุ่มเสาเข็มที่อยู่ใกล้พื้นที่ที่มีช่องหรือทางเปิด เช่น คลอง หรือลำน้ำ ควรตอกเสาเข็มในพื้นที่ดังกล่าวเป็นลำดับสุดท้าย

สำหรับกลุ่มเสาเข็มที่แสดงในรูปที่ 6 สามารถใช้ลำดับการตอกได้ดังต่อไปนี้

(1) ตอกตามหมายเลขที่ระบุในรูป (ลำดับการตอกที่ 1) หรือ

(2) ตอกเป็นแถวโดยเริ่มจากศูนย์กลางกลุ่มไปด้านนอก (ลำดับการตอกที่ 2) หรือ

(3) ตอกเป็นแถวโดยเริ่มจากด้านหนึ่งของกลุ่มไปอีกด้านหนึ่ง (ลำดับการตอกที่ 3)



รูปที่ 6 ตัวอย่างลำดับการตอกกลุ่มเสาเข็ม

(ข้อ 5.3.15)

5.4 เสาเข็มเจาะ

5.4.1 เสาเข็มเจาะแบบแห้ง

5.4.1.1 การเจาะเสาเข็มจะต้องทำตามลำดับที่ถูกต้อง และไม่เกิดผลกระทบต่อเสาเข็มต้นข้างเคียงที่ทำการก่อสร้างเสร็จ หากไม่มีการกำหนดในแบบรายละเอียด ระยะห่างระหว่างเสาเข็มต้นใหม่กับเสาเข็มต้นที่เพิ่งหล่อคอนกรีตแล้วเสร็จภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง จะต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มต้นที่ใหญ่กว่า โดยวัดจากศูนย์กลางเสาเข็มเป็นเกณฑ์ ยกเว้นกรณีที่เป็นชั้นดินเหนียวอ่อนที่อาจจำเป็นต้องใช้ระยะห่างมากกว่าค่าดังกล่าว

5.4.1.2 ปลอกเหล็กกันดินพัง (Casing) จะต้องทำด้วยวัสดุที่มีคุณภาพ ไม่บิดเบี้ยว มีรูปทรงหน้าตัดที่สม่ำเสมอตลอดความยาว ความยาวและความหนาของปลอกเหล็กจะต้องเพียงพอในการป้องกันดินพังเข้าสู่หลุมเจาะ หรือตามที่ระบุในแบบรายละเอียด และในบางกรณีจำเป็นต้องใช้ปลอกเหล็กกันดินพังตลอดความยาวเสาเข็ม เพื่อให้เสาเข็มสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียด

5.4.1.3 การใช้เครื่องเขย่าเพื่อกดหรือถอนปลอกเหล็กกันดินพังจะต้องไม่ทำให้ชั้นดินเสียกำลังจนทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มลดลง

5.4.1.4 ห้ามมิให้มีการใช้เครื่องสูบน้ำในหลุมเจาะ นอกเสียจากหลุมเจาะได้มีการป้องกันการซึมผ่านของน้ำใต้ดินโดยการใช้ปลอกเหล็กกันดินพัง หรือหลุมเจาะดังกล่าวมีเสถียรภาพมั่นคง ในการใช้เครื่องสูบน้ำจะต้องไม่ทำให้เกิดการรบกวนชั้นดินที่อยู่ใต้หรือบริเวณหลุมเจาะ

5.4.1.5 หลังจากการเจาะแล้วเสร็จจะต้องมีการทำสะอาดก้นหลุมด้วยวิธีที่เหมาะสม เพื่อให้ก้นหลุมมีความสะอาดและแห้ง

5.4.1.6 การเทคอนกรีตเสาเข็มแต่ละต้นให้เทรวดเดียวให้เสร็จ เพื่อไม่ให้เนื้อคอนกรีตของเสาเข็มเกิดความไม่ต่อเนื่อง

5.4.1.7 ในการถอนปลอกเหล็กกันดินพังจะต้องกระทำในขณะที่คอนกรีตยังไม่ก่อตัว เพื่อให้มั่นใจได้ว่าคอนกรีตภายในปลอกเหล็กจะไม่ถูกยกตามขึ้นมากับการถอนปลอกเหล็ก และในการถอนปลอกเหล็กนี้จะต้องถอนให้อยู่ในแนวดิ่งตามแนวของเสาเข็ม

5.4.1.8 ในกรณีที่เสาเข็มเจาะมีรูปทรงหรือขนาดคลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน ให้ทำการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี Seismic Integrity Test หรือวิธีอื่นที่วิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นชอบ

5.4.1.9 ให้ทำรายงานผลการก่อสร้างเสาเข็มแต่ละต้นพร้อมทั้งแบบแปลนแสดงตำแหน่งเสาเข็มต้นที่ทำการเจาะ โดยการบันทึกรายงานการตอกเสาเข็ม ให้ใช้แบบฟอร์ม บฟ. มยผ. 1106-2

5.4.2 เสาเข็มเจาะแบบเปียก ข้อกำหนดในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกให้เป็นไปตามมาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท. 1019: ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ ว่าด้วย ข้อกำหนดในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก

5.5. ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

5.5.1 หากไม่ได้มีการระบุในแบบรายละเอียด ตำแหน่งเสาเข็มแต่ละต้นที่ระดับตัดหัวเสาเข็มจะยอมให้มีค่าเบี่ยงเบนสูงสุดจากศูนย์กลางที่กำหนดไว้ในแบบรายละเอียดได้ไม่เกินกว่า 50 มิลลิเมตรสำหรับฐานรากที่ใช้เข็มหนึ่งต้นและสองต้น และไม่เกินกว่า 75 มิลลิเมตรสำหรับฐานรากที่ใช้เข็มตั้งแต่สามต้นขึ้นไป แต่ทั้งนี้ค่าเบี่ยงเบนของกลุ่มเสาเข็มในฐานรากจะต้องไม่เกินกว่า 50 มิลลิเมตร หากค่าเบี่ยงเบนมีค่าสูงกว่าค่าดังกล่าวจะต้องมีวิศวกรตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของฐานรากและเสาเข็มที่เป็นผลจากการเบี่ยงเบนดังกล่าว และถ้าเสาเข็มมีขนาดเกินกว่า 600 มิลลิเมตร ค่าเบี่ยงเบนสูงสุดให้เป็นดุลยพินิจของวิศวกรผู้คำนวณออกแบบ

5.5.2 ความผิดพลาดในแนวดิ่งต้องไม่เกินร้อยละ 1 ของความยาวเสาเข็ม หากค่าความผิดพลาดมีค่าสูงกว่าค่าดังกล่าวจะต้องมีวิศวกรตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของฐานรากและเสาเข็มที่เป็นผลจากความผิดพลาดดังกล่าว

6. การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกและความสมบูรณ์ของเสาเข็ม

6.1 การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static Axial Pile Load Test) ให้เป็นไปตาม มยผ 1251: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตศาสตร์

6.2 การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ (Dynamic Axial Pile Load Test) ให้เป็นไปตาม มยผ 1252: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์

6.3 หากแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้ระบุรายละเอียดวิธีการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกไว้ ให้ดำเนินการทดสอบด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ตามข้อ 6.1

6.4 การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม ให้เป็นไปตาม มยผ 1551: มาตรฐานการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Integrity Test

7. เอกสารอ้างอิง

(1) มาตรฐาน มยธ. 106-2533 มาตรฐานงานเสาเข็ม กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533

(2) มาตรฐาน วสท. 1019 ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2546

บฟ. มยผ. 1106-1 รายงานการตอกเสาเข็ม

โครงการ		แผ่นที่...../.....
สถานที่ก่อสร้าง		ตำแหน่ง Grid Line .....
เจ้าของโครงการ	ผู้ออกแบบ	
ผู้รับจ้าง	ผู้ควบคุมงาน	วัน.....เดือน.....ปี.....

สภาพภูมิอากาศ				ลักษณะการตอก	
☐ แจ่มใส	☐ ครึ้มฝน	☐ ฝนตกน้อย	☐ ฝนตกหนัก	☐ ระดับ	☐ จำนวนครั้ง

ชนิดเสาเข็ม ☐ ไม้ ☐ คอนกรีตเสริมเหล็ก ☐ คอนกรีตอัดแรง ☐ เหล็กรูปพรรณ	ปั้นจั่นหมายเลข.....
รูปหน้าตัด..... ขนาด..... ซม. พื้นที่หน้าตัด ..... ตร.ซม. ความยาว..... ม. จำนวนท่อนที่ต่อ	ความสูง..... ม. ลูกตุ้มหนัก..... ตัน ระยะยกตุ้ม..... ซ.ม. เสาส่งยาว..... ม.
ผลิตภัณฑ์ของ..... วันที่หล่อ..... จำนวนเสาเข็มทั้งสิ้น..... ต้น	
กำหนดตอกถึงระดับ..... ม. หมอนรองหัวเข็มหนา.....ซ.ม. เสาส่งยาว .....ซ.ม. เจาะนำ Ø ..... ซ.ม. ลึก.....ม.	

ตำแหน่งเสาเข็มต้นที่		1	2	3	4	5
เวลาตอก	เริ่ม					
	เสร็จ					
ระยะเสาเข็มที่จม (ม.)	ด้วยน้ำหนักของเสาเข็ม					
	เมื่อวางตุ้ม					

จำนวนครั้งที่ตอกน้อยต่อ 30 ซ.ม.	ความลึกเสาส่งจากพื้นดิน / ความยาวเสาเข็มเหนือระดับพื้นดิน	ลำดับ / ระดับ					
		1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					
		11					
		12					
		13					
		14					
		15					
		16					
		17					
		18					
		19					
		20					

ระยะทรุดตัว 10 ครั้งสุดท้าย (ซ.ม.)	ครั้งที่ 1					
	ครั้งที่ 2					
	ครั้งที่ 3					
รวมความยาว (ม.)	ตอกได้					
	ต้องตัด					
ระยะเยื้องศูนย์ (ซ.ม.)	X					
	Y					

รูปแสดงฐานราก และตำแหน่งเสาเข็ม

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก
(.....)

ลงชื่อ.....ผู้ควบคุมงาน
(.....)

บฟ. มยผ. 1106-2 รายงานการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

โครงการ				แผ่นที่...../.....
สถานที่ก่อสร้าง				ตำแหน่ง Grid Line
เจ้าของโครงการ		**ผู้ออกแบบ**		…….....
ผู้รับจ้าง		**ผู้ควบคุมงาน**		วัน.....เดือน.....ปี.....

สภาพภูมิอากาศ	☐ แจ่มใส ☐ ครึ้มฝน ☐ ฝนตกน้อย ☐ ฝนตกหนัก

ข้อมูลเสาเข็ม

ชนิดเสาเข็มเจาะ ☐ แบบแห้ง ☐ แบบเปียก

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง..... มม.

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่วนขยาย/ปลายเสาเข็ม ..... ม.

ระดับหัวเสาเข็มที่ก่อสร้างไว้จริง.....

ระดับหัวเสาเข็มที่ตัดใช้งาน.....

ระดับปลายเสาเข็ม.....

ระดับผิวดิน .....

ระดับน้ำใต้ดิน.....

ข้อมูลการปฏิบัติงาน

วัน/เวลาที่เริ่มเจาะดิน .....

วัน/เวลาที่เจาะเสร็จ .....

วัน/เวลาที่เริ่มเทคอนกรีต.....

วัน/เวลาที่เทเสร็จ .....

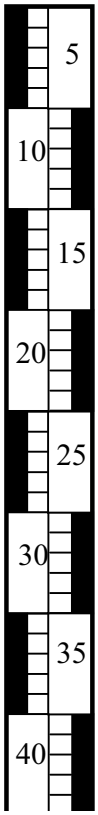
ชนิดของเครื่องจักรที่ใช้เจาะ

.....

ความยาวของปลอกเหล็กชั่วคราว ..... ม.

ความยาวของปลอกเหล็กถาวร ..... ม

รายละเอียดของชั้นดิน



ข้อมูลวัสดุ

คอนกรีต

กำลังอัดประลัยของคอนกรีต ..... กก./ตร.ซม. อัตราส่วนผสม .....

ปริมาตรของคอนกรีตที่ใช้เท~~คอนกรีต~~ ..... ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรของคอนกรีตที่ระบุไว้ในแบบ ..... ลูกบาศก์เมตร

เหล็กเสริม

เหล็กเสริมตามยาว	☐ เหล็กกลม ☐ เหล็กข้ออ้อย	กำลังคราก ..... กก./ตร.ซม.
หน้าตัดที่ 1	เส้นผ่านศูนย์กลาง ..... มม. จำนวน ..... เส้น	
หน้าตัดที่ 2	เส้นผ่านศูนย์กลาง ..... มม. จำนวน ..... เส้น	
เหล็กปลอก	กำลังคราก ..... กก./ตร.ซม.	
☐ ปลอกเดี่ยว	เส้นผ่านศูนย์กลาง ..... มม. ระยะเรียง ..... ซม.	
☐ ปลอกเกลียว	เส้นผ่านศูนย์กลาง ..... มม. ระยะเรียง ..... ซม.	

Drilling Slurry

☐ ไม่ใช้

☐ ใช้

ค่าความหนืด (Viscosity)	ปริมาณทราย (ร้อยละ)
ค่า pH	อัตราส่วนผสม (ต่อลูกบาศก์เมตร)
ค่าความหนาแน่น ……กรัม/มิลลิลิตร	Polymer …… กก.
	Bentonite …… กก.

ระยะเยื้องศูนย์ (มม.)						
	X					
	Y					

หมายเหตุ _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(.....)

ลงชื่อ.....ผู้ควบคุมงาน

(.....)

รูปแสดงฐานราก และตำแหน่ง

พิมพ์ที่ : บริษัท สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง จำกัด โทร. 0-2903-8257-9