



---

**มาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ  
ของวัสดุใช้งานโครงสร้างอาคาร  
มยพ. 1101-64 ถึง มยพ. 1106-64**

---

**(ปรับปรุงครั้งที่ 1)**

กรมโยธาธิการและผังเมือง  
กระทรวงมหาดไทย  
พ.ศ. 2564

114 1124.

## คำนำ

กรมโยธาธิการและผังเมืองซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจในการกำหนดมาตรฐานการก่อสร้างอาคาร ได้จัดทำมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารของกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือ มยผ. 1101 ถึง 1106 เป็นมาตรฐานว่าด้วยการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ (Specifications) ของวัสดุหลักที่ใช้ในงานโครงสร้างอาคารประเภทต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้นเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ถือปฏิบัติสำหรับการก่อสร้างอาคาร ให้มีความมั่นคงแข็งแรงและเป็นไปตามหลักวิชาการซึ่งมี จำนวน 6 มาตรฐาน ประกอบด้วย

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

โดยได้ออกเป็น มยผ. 1101 - 52 ถึง มยผ. 1106 - 52 ซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ ได้นำมาตรฐานดังกล่าว ไปถือปฏิบัติอย่างแพร่หลายเป็นต้นมา โดยช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาหน่วยงานต่าง ๆ ก็ได้มีข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะในการแก้ไขมาตรฐานในประเด็นที่พบว่าเป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงาน ประกอบกับ ได้มีการพัฒนาวัสดุและผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้างชนิดใหม่ขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการนำวัสดุและผลิตภัณฑ์เหล่านี้มาใช้ในงานก่อสร้างอาจไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดในมาตรฐาน กรมโยธาธิการและผังเมืองจึงได้จัดตั้งคณะทำงานขึ้นเพื่อดำเนินการรวบรวมประเด็นปัญหาจากการใช้มาตรฐานดังกล่าว วัสดุและผลิตภัณฑ์งานก่อสร้างที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่และมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย รวมถึงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ที่ได้มีการแก้ไขปรับปรุงใหม่ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานให้มีความเหมาะสมกับสภาวะการณ์ในปัจจุบัน เพื่อให้หน่วยงานต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ปฏิบัติต่อไปได้

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

(นายพรพจน์ เพ็ญพาส)

อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

**คณะกรรมการเพื่อปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุ  
ใช้ในงานโครงสร้างอาคาร มยผ. 1101-52 ถึง มยผ. 1106-52**

---

|                          |                                             |                                   |
|--------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|
| ดร.เสกียร เจริญเหรียญ    | วิศวกรใหญ่                                  | ประธานคณะกรรมการ                  |
| นายสินิทธิ บัญสิทธิ์     | ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร       | คณะกรรมการ                        |
| นายสุวพงษ์ ภูภาคพันธ์    | ผู้อำนวยการสำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง | คณะกรรมการ                        |
| นายชัยยา เจริญธรรม       | ผู้อำนวยการกองควบคุมการก่อสร้าง             | คณะกรรมการ                        |
| นายอุทิศ รักสัจจะ        | ผู้อำนวยการกองวิเคราะห์วิจัยและทดสอบวัสดุ   | คณะกรรมการ                        |
| นายกนก สุจริตสังขชัย     | สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ            | คณะกรรมการ                        |
| นายสมล เกียงแก้ว         | สำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง            | คณะกรรมการ                        |
| นางพิชยา ทวีเลิศ         | กองวิเคราะห์วิจัยและทดสอบวัสดุ              | คณะกรรมการ                        |
| ดร.ธนิศ ใจสะอาด          | สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร                  | คณะกรรมการ<br>และเลขานุการ        |
| นางสาวอดิบุษ สันติลาเกตุ | สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ            | คณะกรรมการ<br>และผู้ช่วยเลขานุการ |
| ดร.สุวัฒน์ รามจันทร์     | สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร                  | คณะกรรมการ<br>และผู้ช่วยเลขานุการ |
| นายชานนท์ โตเบญจพร       | สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร                  | คณะกรรมการ<br>และผู้ช่วยเลขานุการ |

ISBN 974 -

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดย สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร

กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถ.พระราม 6 แขวงพญาไท

เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

โทร 0-2299-4329 โทรสาร 0-2299-4321

## สารบัญ

---

|                                                              | หน้าที่ |
|--------------------------------------------------------------|---------|
| <b>มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก (มยพ. 1 101-64)</b> | 1       |
| 1. ขอบเขต                                                    | 1       |
| 2. นิยาม                                                     | 1       |
| 3. มาตรฐานอ้างอิง                                            | 2       |
| 4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง                               | 4       |
| 5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง                                     | 9       |
| 6. เอกสารอ้างอิง                                             | 31      |
| <b>มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง (มยพ. 1 102-64)</b>               | 32      |
| 1. ขอบเขต                                                    | 32      |
| 2. นิยาม                                                     | 32      |
| 3. มาตรฐานอ้างอิง                                            | 33      |
| 4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง                               | 33      |
| 5. ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือในการก่อสร้าง           | 39      |
| 6. ข้อกำหนดว่าด้วยหน่วยแรงที่ยอมให้และการสูญเสียของการอัดแรง | 40      |
| 7. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง                                     | 48      |
| 8. เอกสารอ้างอิง                                             | 50      |
| <b>มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต (มยพ. 1 103-64)</b>           | 51      |
| 1. ขอบเขต                                                    | 51      |
| 2. นิยาม                                                     | 51      |
| 3. มาตรฐานอ้างอิง                                            | 52      |
| 4. ข้อกำหนดสำหรับเหล็กเสริมคอนกรีต                           | 52      |
| 5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง                                     | 60      |
| 6. เอกสารอ้างอิง                                             | 70      |



## สารบัญ

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



## มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

## 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมถึงงานโครงสร้างของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้าน โรงเรือน คลังสินค้า กำแพงกันดิน และอาคารชลประทาน นอกจากแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานจะระบุเป็นอย่างอื่น
- 1.2 งานคอนกรีตในมาตรฐานนี้จำกัดเฉพาะคอนกรีตมาตรฐานทั่วไป ทั้งประเภทเสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็ก สำหรับคอนกรีตสมบัติพิเศษอื่นๆ เช่น คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตไหลเข้าแบบง่าย คอนกรีตกำลังสูง หรือคอนกรีตที่ไม่สามารถใช้วิธีการออกแบบส่วนผสมโดยวิธีธรรมดา มาตรฐานนี้อาจไม่ครอบคลุมสมบัติของคอนกรีตดังกล่าวได้ทั้งหมด
- 1.3 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารคอนกรีต อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความประหยัด มีความมั่นคงแข็งแรงและความคงทน
- 1.4 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 10 นิวตัน

## 2. นิยาม

- “การทดลองผสม” หมายถึง การทดสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีตที่มีสมบัติตามที่ต้องการ
- “คอนกรีต” หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสานเช่นปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุปอชโซลาน มวลรวมละเอียดเช่นทราย มวลรวมหยาบเช่นหินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม
- “คอนกรีตเสริมเหล็ก” หมายถึง คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมฝังภายในโดยที่คอนกรีตและเหล็กเสริมทำงานร่วมกันในการต้านทานแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น
- “คอนกรีตอัดแรง” หมายถึง คอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กเสริมรับแรงดึงสูงหรือวัสดุเสริมแรงอื่นๆ ที่ทำให้เกิดหน่วยแรง โดยมีขนาดและการกระจายของหน่วยแรงตามต้องการเพื่อที่จะหักล้างหรือลดหน่วยแรงดึงในคอนกรีตอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุก
- “มวลรวม” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดตั้งแต่ 0.075 มิลลิเมตร ขึ้นไป
- “มวลรวมหยาบ” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดโตกว่า 4.75 มิลลิเมตร ขึ้นไป
- “มวลรวมละเอียด” หมายถึง วัสดุที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตที่มีขนาดเม็ดตั้งแต่ 0.075 ถึง 4.75 มิลลิเมตร
- “มวลรวมที่นำกลับมาใช้ใหม่” หมายถึง มวลรวมซึ่งเป็นผลมาจากการบดคอนกรีตเพื่อนำมวลรวมในคอนกรีตนั้นกลับมาใช้ใหม่

“วัสดุประสาน (Cementitious Materials)” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ผสมแร่ผสมเพิ่ม เมื่อนำมาผสมกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้แข็งตัว เมื่อผสมกับมวลรวมจะเป็นคอนกรีต

“ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผง ได้จากการบดปูนเม็ดกับแคลเซียมซิลิเกตรูปใดรูปหนึ่งหรือหลายรูป และมีคุณลักษณะเป็นไปตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1

“ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผสมอย่างสม่ำเสมอระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลานละเอียด โดยการบดปูนเม็ดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลาน หรือการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปอซโซลานที่บดละเอียด หรือทั้งการบดและการผสม

“ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก” หมายถึง ปูนซีเมนต์ที่ก่อตัวและแข็งตัวเนื่องจากทำปฏิกิริยากับน้ำ และมีความสามารถทำนองเดียวกันนี้เมื่ออยู่ในน้ำ และมีคุณลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2594

“ระยะหุ้ม” หมายถึง ความหนาที่น้อยที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมหรือเหล็กโครงสร้างกับผิว ของคอนกรีต

“แร่ผสมเพิ่ม (Mineral Admixtures)” หมายถึง แร่ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดที่เติมลงไปในส่วนผสมคอนกรีต เพื่อปรับปรุงความสามารถในการใช้งาน เช่น เพิ่มกำลัง เพิ่มความทนทาน หรือทดแทนปริมาณปูนซีเมนต์ได้บางส่วน เป็นต้น

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

“สารผสมเพิ่ม (Admixtures)” หมายถึง สารใดๆ นอกเหนือไปจากวัสดุประสาน น้ำและมวลรวม อันใช้เติมลงไปในส่วนผสมของคอนกรีตไม่ว่าก่อนหรือกำลังผสม เพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตให้ได้สมบัติตามที่ต้องการ

“กำลังอัดปลายของคอนกรีต” หมายถึง กำลังอัดสูงสุดตามแกนยาวที่แท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร สามารถรับได้ หากไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่นกำลังอัดดังกล่าวในมาตรฐานนี้ ให้ใช้กำลังอัดปลายที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

“เหล็กเสริม” หมายความว่า เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

### 3. มาตรฐานอ้างอิง

#### 3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

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

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1103: มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

3.1.3 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1201: มาตรฐานการทดสอบหาขนาดผลของมวลรวม

3.1.4 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1202: มาตรฐานการทดสอบหาความต้านทานต่อการสึกกร่อนของมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่องทดสอบลอตองเจลิส

- 3.1.5 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1203: มาตรฐานการทดสอบหาสารอินทรีย์เจือปนในมวลรวมละเอียด
- 3.1.6 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1204: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ความถ่วงจำเพาะ) และค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบ
- 3.1.7 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1205: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ความถ่วงจำเพาะ) และค่าการดูดซึมน้ำของมวลรวมละเอียด
- 3.1.8 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1206: มาตรฐานการทดสอบหาค่าความชื้นของมวลรวม
- 3.1.9 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1207: มาตรฐานการทดสอบหาดินเหนียวและวัสดุร่วนในมวลรวม
- 3.1.10 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1208: มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างานและการเก็บรักษา
- 3.1.11 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1209: มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต
- 3.1.12 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ.1210: มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต
- 3.1.13 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต
- 3.1.14 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ (มาตรฐานบังคับ)
- 3.1.15 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213: คอนกรีตผสมเสร็จ
- 3.1.16 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 566: มวลรวมสำหรับผสมคอนกรีต
- 3.1.17 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 733: สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต
- 3.1.18 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 849: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน
- 3.1.19 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 850: ปอซโซลาน
- 3.1.20 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2135: เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต
- 3.1.21 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2919: คอนกรีตผสมเสร็จสำหรับสภาพแวดล้อมทางทะเล
- 3.1.22 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2594: ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก
- 3.1.23 ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับ โครงสร้างคอนกรีตของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ศ.ท. 1014)
- 3.1.24 มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลังของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (ว.ศ.ท. 1008)
- 3.1.25 มาตรฐาน American Society of Testing Materials ASTM E 119 : Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials

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

- 3.2 ยกเว้นกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549)ฯ ตามข้อ 3.1.1 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.14 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้ นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร หรือจัดทำโดยส่วนราชการ หรือจัดทำโดยสมาคมวิชาชีพที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคาร
- 3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้ขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามข้อกำหนดในมาตรฐานนี้จะต้องไม่ขัดกับกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549)ฯ ตามข้อ 3.1.1 และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15 เล่ม 1 ตามข้อ 3.1.14 ซึ่งเป็นข้อกำหนดหลัก

#### 4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

4.1 ปูนซีเมนต์ ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้าง แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

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

4.1.1.1 ประเภท 1 (Type I) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา สำหรับใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างทั่วไป

4.1.1.2 ประเภท 2 (Type II) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ให้ความร้อนปานกลางขณะทำปฏิกิริยากับน้ำหรือเมื่อต้องการความทนซัลเฟตปานกลาง

4.1.1.3 ประเภท 3 (Type III) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ให้ค่ากำลังอัดสูงได้เร็ว สำหรับใช้ในงานคอนกรีตที่ต้องการให้รับน้ำหนักเร็ว หรืองานต้องการถอดแบบเร็วในช่วงแรก

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

4.1.1.5 ประเภท 5 (Type V) เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้เมื่อต้องการความทนซัลเฟตสูง เช่น งานคอนกรีตสัมผัสน้ำใต้ดินหรือน้ำเสียที่มีปริมาณซัลเฟตสูง

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างทั้งหมด ถ้าแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้กำหนดว่าเป็นปูนซีเมนต์ประเภทใด ให้ถือว่าเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

4.1.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน ใช้สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างที่ต้องการสมบัติพิเศษ เช่น ต้องการความทนซัลเฟต สมบัติและปริมาณของปอซโซลานเป็นให้ไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 849: มาตรฐานปูนซีเมนต์ปอซโซลาน

4.1.3 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้างทั่วไปเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยคุณลักษณะของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2594

## 4.2 มวลรวมละเอียด

4.2.1 มวลรวมละเอียดที่ใช้ ควรเป็นทรายน้ำจืดหรือทรายบกที่มีเม็ดหยาบ คม แข็งแรง มีความคงตัวเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในส่วนผสมคอนกรีต สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นหรือสารอื่นเจือปนในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม

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

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

4.2.4 ทรายที่ใช้ต้องผ่านการทดสอบสมบัติตาม มยพ.1201 ถึง มยพ.1209

## 4.3 มวลรวมหยาบ

4.3.1 มวลรวมหยาบที่ใช้ต้องเป็นหินหรือกรวดที่แข็งแรง ทนทาน ไม่ผุ มีความคงตัวเฉื่อย ไม่ทำปฏิกิริยากับด่างในคอนกรีต สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นและสารอื่นเจือปนในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อกำลังและความคงทนของคอนกรีตและเหล็กเสริม

4.3.2 มวลรวมจะต้องมีส่วนคละและรูปร่างที่เหมาะสม

4.3.3 ขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบที่ใช้ต้องเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของงานก่อสร้างและขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ

(ข้อ 4.3.3)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

แต่ทั้งนี้จะต้องไม่ใหญ่เกินกว่าร้อยละ 20 ของด้านในที่แคบที่สุดของแบบหล่อ และต้องไม่ใหญ่กว่าร้อยละ 75 ของระยะช่องว่าง (Clear Spacing) ระหว่างเหล็กเสริมแต่ละเส้นหรือแต่ละมัด

4.3.4 มวลรวมหยาบที่ใช้ต้องผ่านการทดสอบสมบัติตาม มยผ.1201 ถึง มยผ.1209

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

#### 4.4 น้ำ

4.4.1 น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตให้ใช้น้ำประปา

4.4.2 ในกรณีที่หาน้ำประปาไม่ได้ น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำจืดปราศจากสารที่เป็นอันตรายต่อคอนกรีตและเหล็กเสริม และต้องผ่านการทดสอบสมบัติตาม มยผ.1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต โดยน้ำที่จะนำมาใช้ในการผสมคอนกรีตนั้นจะต้องมีปริมาณสารเจือปนไม่เกินกว่าที่กำหนดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสารที่ยอมให้ในน้ำสำหรับผสมคอนกรีต

(ข้อที่ 4.4.2)

หน่วยเป็นส่วนต่อล้านส่วน (PPM)

| ชื่อสาร                                                  | ปริมาณที่ยอมให้ |
|----------------------------------------------------------|-----------------|
| 1) คลอไรด์                                               |                 |
| 1.1) สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง หรืองานสะพาน                 | 500             |
| 1.2) สำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป                    | 1,000           |
| 2) ซัลเฟต ( $\text{SO}_4$ )                              | 3,000           |
| 3) ค่า $(\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O})$ | 600             |
| 4) สารแขวนลอย                                            | 50,000          |

#### 4.5 สารผสมเพิ่ม

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

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

#### 4.5.2 สารเคมีผสมเพิ่ม (Chemical Admixtures)

4.5.2.1 สามารถใช้สารเคมีผสมเพิ่มปรับปรุงสมบัติบางประการของคอนกรีตได้ เช่น

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



โดยที่ความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตคงเดิม หรือเพื่อเพิ่มความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตโดยคงปริมาณน้ำต่อหน่วยปริมาตรของคอนกรีตไว้

(2) สารเร่งการแข็งตัว (Accelerators) เพื่อลดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตให้สั้นลง

(3) สารหน่วงการแข็งตัว (Retarders) เพื่อยืดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตให้ยาวนานขึ้น

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

4.5.2.3 สารเคมีผสมเพิ่มจะต้องมีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 733 : สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต

4.5.2.4 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับทำคอนกรีตไหล ต้องมีสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 985

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

4.5.2.6 การใช้สารเคมีผสมเพิ่มมากกว่า 1 ชนิดในส่วนผสมเดียวกันจะต้องคำนึงถึงผลที่มีต่อกันของสารเคมีผสมเพิ่มแต่ละชนิดด้วย ดังนั้นจึงควรปรึกษาผู้ผลิตหรือทำการทดลองผสมก่อนตัดสินใจใช้

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

4.6 คอนกรีต คอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างโครงสร้าง แบ่งเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

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

4.6.2 คอนกรีตผสมเสร็จ (Ready-Mixed Concrete) เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมมาจากโรงงาน หรือโดยรถผสมคอนกรีตและส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งได้รับการรับรองการผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213: มาตรฐานคอนกรีตผสมเสร็จ หรือมีขั้นตอนการผลิตและรายละเอียดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 213: มาตรฐานคอนกรีตผสมเสร็จ โดยมีวิศวกรระดับไม่น้อยกว่าสามวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา เป็นผู้ลงลายมือชื่อรับรองขั้นตอนการผลิตนั้น

4.6.3 คอนกรีตผสมเสร็จสำหรับสภาพแวดล้อมทางทะเล เป็นคอนกรีตที่ได้จากการผสมมาจากโรงงาน หรือโดยรถผสมคอนกรีตและส่งจนถึงสถานที่ก่อสร้างในสภาพแวดล้อมที่จ่ายไปยัง

ที่หล่อ และพร้อมใช้งานได้ทันที ใช้สำหรับ โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องสัมผัสกับคลอไรด์  
 ในขณะใช้งาน เช่น โครงสร้างที่สัมผัสน้ำทะเลหรือน้ำกร่อย โครงสร้างที่สัมผัสกับคลื่นชายฝั่ง  
 โครงสร้างที่อยู่ในบริเวณน้ำขึ้นน้ำลง โครงสร้างที่สัมผัสไอทะเล หรือโครงสร้างที่สัมผัสกับดินเค็ม  
 โดยมีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2919: คอนกรีตผสมเสร็จสำหรับ  
 สภาพแวดล้อมทางทะเล

### ตารางที่ 3 ชนิดของคอนกรีต และค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด

(ข้อ 4.6.1)

หน่วยเป็นเมกะปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

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

#### 4.7 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต คุณลักษณะให้เป็นไปตาม มยผ. 1103 : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

## 5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

ในการก่อสร้างจะต้องมีการควบคุมภาพของคอนกรีตทุกขั้นตอนเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการเตรียมวัสดุ การกำหนดส่วนผสม การผสม การลำเลียง การเท การทำให้แน่น การบ่ม และอื่นๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคอนกรีตที่มีความแข็งแรงและคงทนตามที่ต้องการ

ในกรณีที่แบบและรายละเอียดการก่อสร้างไม่ได้ระบุลักษณะความคงทนไว้ และโครงการก่อสร้างอยู่ในพื้นที่หรือเงื่อนไขที่จะต้องพิจารณาความคงทนของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กให้มีอายุการใช้งานที่ไม่ต้องการซ่อมแซมไม่น้อยกว่า 25 ปี ให้พิจารณาลักษณะของความคงทนตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมเป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมของโครงสร้าง

| ลักษณะของงานก่อสร้าง<br>และสภาพแวดล้อม                                                                                      | ลักษณะของความคงทนที่ต้องพิจารณา                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำจืด<br>ก) ใต้น้ำ<br>ข) เชนิฐวิภูจักร เปียกสลับแห้ง<br>ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัส<br>ละอองน้ำได้   | ไม่มี<br>การเป็นสนิมของเหล็กเสริม<br>การต้านทานคาร์บอนชั้นหรือการเป็นสนิมของ-<br>เหล็กเสริม    |
| 2. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำกร่อย<br>ก) ใต้น้ำ<br>ข) เชนิฐวิภูจักร เปียกสลับแห้ง<br>ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัส<br>ละอองน้ำได้ | การต้านทานซัลเฟตและคลอไรด์<br>การต้านทานคลอไรด์<br>การต้านทานคาร์บอนชั้น หรือการต้านทานคลอไรด์ |
| 3. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำทะเล<br>ก) ใต้น้ำ<br>ข) เชนิฐวิภูจักร เปียกสลับแห้ง<br>ค) บรรยากาศบริเวณที่สัมผัส<br>ละอองน้ำได้  | การต้านทานซัลเฟตและคลอไรด์<br>การต้านทานคลอไรด์<br>การต้านทานคลอไรด์ และการต้านทานคาร์บอนชั้น  |
| 4. งานก่อสร้างที่สัมผัสน้ำเสีย                                                                                              | การต้านทานกรดซัลฟูริก และการต้านทานซัลเฟต                                                      |
| 5. งานก่อสร้างใต้ดิน                                                                                                        | การต้านทานซัลเฟต                                                                               |

ตารางที่ 4 (ต่อ) สมบัติของคอนกรีตที่ต้องคำนึงถึงตามลักษณะงานก่อสร้างและสภาพแวดล้อมของโครงสร้าง

| ลักษณะของงานก่อสร้าง<br>และสภาพแวดล้อม                                                               | ลักษณะของความคงทนที่ต้องพิจารณา                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 6. โครงสร้างที่ติดผิวดิน (เช่น คอม่อ<br>คานคอดิน เป็นต้น)<br>ก) เพลี้ยคลอไรด์<br>ข) ไม่เพลี้ยคลอไรด์ | การเป็นสนิมของเหล็กเสริม และการต้านทานคลอไรด์<br>การเป็นสนิมของเหล็กเสริม |
| 7. โครงสร้างที่สัมผัสบรรยากาศภายนอก<br>(เผชิญกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)                                | การต้านทานคาร์บอนเนชั่น                                                   |
| 8. งานก่อสร้างในบรรยากาศที่ต้อง<br>คำนึงถึงการหดตัวแบบแห้ง (มี<br>ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 100%)      | การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง                                        |
| 9. งานก่อสร้างคอนกรีตหนา เช่น เขื่อน<br>ฐานรากขนาดใหญ่ และโครงสร้าง<br>ที่มีความหนามาก               | การแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิ                                               |
| 10. ชั้นส่วนบางต่อเนื่องที่มีการยึดรั้ง                                                              | การแตกร้าวเนื่องจากการหดตัว                                               |
| 11. ลักษณะของงาน คอนกรีตที่มี<br>อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่ำ<br>หรือมีความตึงน้ำสูง                | การหดตัวแบบออโตจีเนียส                                                    |
| 12. งานก่อสร้างที่สัมผัสสารเคมีอื่น                                                                  | ความสามารถในการต้านสารเคมีที่เกี่ยวข้อง                                   |

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

## 5.1 การเตรียมวัสดุ

### 5.1.1 ปูนซีเมนต์

- 5.1.1.1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ต้องบรรจุถุงเรียบร้อย หรือเป็นปูนซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิต
- 5.1.1.2 ปูนซีเมนต์บรรจุถุง ต้องเก็บไว้บนพื้นที่ยกสูงกว่าพื้นดินอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ในโรงที่มีหลังคาคลุม และมีฝากันฝนได้ดี
- 5.1.1.3 ห้ามใช้ปูนซีเมนต์เสื่อมคุณภาพ เช่น ปูนซีเมนต์ซึ่งแข็งตัวจับกันเป็นก้อน เป็นต้น
- 5.1.1.4 ปูนซีเมนต์ที่ถูกเก็บไว้นานควรจะได้รับ การทดสอบคุณภาพก่อนนำไปใช้
- 5.1.1.5 ในโครงสร้างชิ้นเดียวกัน เช่น เสา คาน พื้น เป็นต้น ไม่ควรใช้ปูนซีเมนต์ต่างประเภทผสมคอนกรีตปนกัน

### 5.1.2 มวลรวม

- 5.1.2.1 ทราย หิน หรือกรวด ต้องกองในลักษณะที่แยกขนาด และป้องกันมิให้ปะปนกัน
- 5.1.2.2 ในการเก็บหรือเคลื่อนย้ายมวลรวมต้องไม่ก่อให้เกิดการแยกตัวของขนาด ไม่ให้สิ่งสกปรกเข้าไปปะปน และไม่ให้เกิดการแตกเป็นชั้นของมวลรวม
- 5.1.2.3 มวลรวมต้องไม่แห้งและมีอุณหภูมิสูงจนทำให้อุณหภูมิของคอนกรีตที่ผลิตโดยใช้มวลรวมดังกล่าวสูงตามไปด้วย และควรเก็บมวลรวมโดยป้องกันไม่ให้มวลรวมเปียกเกินไป

### 5.1.3 น้ำ

- 5.1.3.1 ให้น้ำประปา แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้น้ำที่ขุ่นมาผสมคอนกรีตแล้ว ต้องทำน้ำให้ใสก่อนจึงนำมาใช้ได้ โดยอาจปฏิบัติดังนี้ ให้ใช้ปูนซีเมนต์ 1 ลิตร ค่อน้ำขุ่น 200 ลิตร ผสมทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หรือจนตกตะกอนนอนก้นหมดแล้ว จึงตักเอาน้ำใสมาใช้ได้แต่ทั้งนี้ น้ำต้องผ่านการทดสอบสมบัติตาม มยผ. 1212: มาตรฐานการทดสอบน้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต

### 5.1.4 สารผสมเพิ่ม

- 5.1.4.1 การเก็บสารผสมเพิ่มต้องระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อน
- 5.1.4.2 ไม่ใช้สารผสมเพิ่มที่มีการเสื่อมสภาพหรือมีสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว
- 5.1.4.3 ควรป้องกันสารผสมเพิ่มที่เป็นของเหลวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มากเกินไปอันจะมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสมบัติของสารผสมเพิ่ม

## 5.2 ส่วนผสมคอนกรีต

- 5.2.1 ก่อนการใช้งานคอนกรีตจริง ควรทดลองหาส่วนผสมล่วงหน้า โดยส่วนผสมที่เหมาะสมให้พิจารณาจากคุณภาพของวัสดุเป็นคราวๆ ไป
- 5.2.2 การเลือกส่วนผสมให้ถือหลักดังนี้

- 5.2.2.1 ในกรณีที่ไม่ได้มีการทดลองผสม โดยวิศวกร ปริมาณปูนซีเมนต์สำหรับคอนกรีตชนิด ค1 ค2 และ ค3 ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีต

(ข้อ 5.2.2.1)

หน่วยเป็นกิโลกรัม

| ชนิดของ<br>คอนกรีต | ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้<br>ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. |
|--------------------|----------------------------------------------|
| ค1                 | 290                                          |
| ค2                 | 300                                          |
| ค3                 | 320                                          |

สำหรับกรณีที่มีการทดลองผสมหรือเป็นคอนกรีตชนิดอื่นนอกเหนือจากตารางที่ 5 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมจะต้องกำหนดโดยวิศวกรผู้ออกแบบส่วนผสมซึ่งจะต้องพิจารณาสมบัติของคอนกรีตและการใช้งานที่เหมาะสมด้วย และกำลังอัดประลัยที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้เป็นไปตามข้อที่ 5.2.3

- 5.2.2.2 ปริมาณน้ำไม่ควรใช้มากเกินไปอันจะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงและความคงทนลดลง หรือเกิดการร้าวหรือการแยกตัวของส่วนผสมจนเป็นปัญหาต่อการเท ปริมาณน้ำที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่ายุบตัวของคอนกรีตที่ต้องการตามการใช้งานและขนาดของมวลรวมหยาบในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry) ตามที่แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในส่วนผสมคอนกรีต<sup>1)</sup>

(ข้อ 5.2.2.2)

หน่วยเป็นลิตร

| ค่ายุบตัว (มม.) | ปริมาณน้ำต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร |                                  |
|-----------------|--------------------------------------|----------------------------------|
|                 | มวลรวมหยาบขนาด<br>ใหญ่สุด 20 มม.     | มวลรวมหยาบขนาด<br>ใหญ่สุด 25 มม. |
| 75              | 180                                  | 170                              |
| 100             | 190                                  | 180                              |
| 125             | 200                                  | 190                              |
| 150             | 210                                  | 200                              |

**หมายเหตุ** <sup>1)</sup> เป็นปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่ได้มีการผสมสารลดน้ำหรือสารลดน้ำอย่างมาก หรือมีการผสมแร่ผสมเพิ่ม อาจต้องใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวที่ต้องการ

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

**ตารางที่ 7 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานในสภาวะการใช้งานต่าง ๆ กัน**

(ข้อ 5.2.2.3)

| ประเภทคอนกรีตที่ต้องการ                                                                                                                     | อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ยอมรับ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) คอนกรีตที่ต้องการความทึบน้ำ                                                                                                              | 0.50                                |
| 2) คอนกรีตที่ต้องการความต้านทานซัลเฟต                                                                                                       |                                     |
| 2.1 โซเดียมซัลเฟต                                                                                                                           |                                     |
| 2.1.1 เสี่ยงต่อซัลเฟตปานกลาง (ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ในดินตั้งแต่ร้อยละ 0.1 ถึง 0.2 หรือปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 150 ถึง 1,500 ppm.)     | 0.50                                |
| 2.1.2 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรง (ปริมาณซัลเฟต ที่ละลายน้ำได้ในดินตั้งแต่ร้อยละ 0.2 ถึง 2.0 หรือ ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 1,500 ถึง 10,000 ppm.) | 0.45                                |
| 2.1.3 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรงมาก (ปริมาณซัลเฟต ที่ละลายน้ำได้ในดินมากกว่าร้อยละ 2.0 หรือ ปริมาณซัลเฟตในน้ำมากกว่า 10,000 ppm.)                | 0.40                                |
| 2.2 แมกนีเซียมซัลเฟต                                                                                                                        |                                     |
| 2.2.1 เสี่ยงต่อซัลเฟตปานกลาง (ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 300 ถึง 1,000 ppm.)                                                                  | 0.50                                |
| 2.2.2 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรง (ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 1,000 ถึง 3,000 ppm.)                                                                 | 0.45                                |
| 2.2.3 เสี่ยงต่อซัลเฟตรุนแรงมาก (ปริมาณซัลเฟตในน้ำตั้งแต่ 3,000 ppm. ถึง ค่าอื่นตัว)                                                         | 0.40                                |
| 3) คอนกรีตที่ต้องการความต้านทานการซึมผ่านของ คลอไรด์                                                                                        |                                     |
| 3.1 กรณีที่ระยะหุ้มคอนกรีตได้ตามตารางที่ 13                                                                                                 | 0.45                                |
| 3.2 กรณีที่ไม่สามารถทำตามได้ตามข้อ 3.1                                                                                                      | 0.40                                |

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

**ตารางที่ 8 ชนิดของงานก่อสร้างและปริมาณคลอไรด์ไอออน<sup>2)</sup> ที่ยอมให้**

(ข้อ 5.2.2.4)

หน่วยเป็นร้อยละของน้ำหนักวัสดุประสาน

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

หมายเหตุ <sup>2)</sup> เป็นปริมาณคลอไรด์ที่มาจากส่วนผสมคอนกรีต ไม่ใช่ที่ได้มาจากสภาพแวดล้อม

5.2.3 กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสม ต้องมีการเผื่อจากค่ากำลังอัดประลัยที่กำหนดในแบบก่อสร้างหรือกำลังอัดประลัยที่ต้องการ โดยให้ถือหลักดังนี้

5.2.3.1 กรณีมีข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 9

**ตารางที่ 9 กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กรณีใช้ข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน**

(ข้อ 5.2.3.1)

| ชนิดของคอนกรีต | กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต<br>ไม่ต่ำกว่า                                                                        |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ค1             | กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 1.34s เมกาปาสกาล หรือ<br>กำลังอัดประลัยที่ต้องการ + 2.33s – 3.45 เมกาปาสกาล โดยให้ใช้ค่าที่มากกว่า |
| ค2             |                                                                                                                               |
| ค3             |                                                                                                                               |



ตารางที่ 9 (ต่อ) กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กรณีใช้ข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(ข้อ 5.2.3.1)

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

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

5.2.3.2 กรณีไม่มีข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กรณีไม่มีข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(ข้อ 5.2.3.2)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

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

ตารางที่ 10 (ต่อ) กำลังอัดประลัยที่ใช้ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กรณีไม่มีข้อมูลค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(ข้อ 5.2.3.2)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

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

หมายเหตุ กำลังอัดประลัยที่ต้องการ ให้เป็นไปตามตารางที่ 3 ชนิดของคอนกรีต และค่าแรงอัดประลัยต่ำสุด

### 5.3 การผสมคอนกรีต

5.3.1 การผสมคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้าง ให้ผสมด้วยเครื่องผสม และการผสมแต่ละครั้งให้ผสมต่อปูนซีเมนต์ 1 หรือ 2 ถุง

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

5.3.3 เครื่องผสมต้องหมุนด้วยความเร็วสม่ำเสมอตามที่ผู้ผลิตกำหนด อัตราความเร็วที่ขอบนอกควรประมาณ 1 เมตร ต่อวินาที

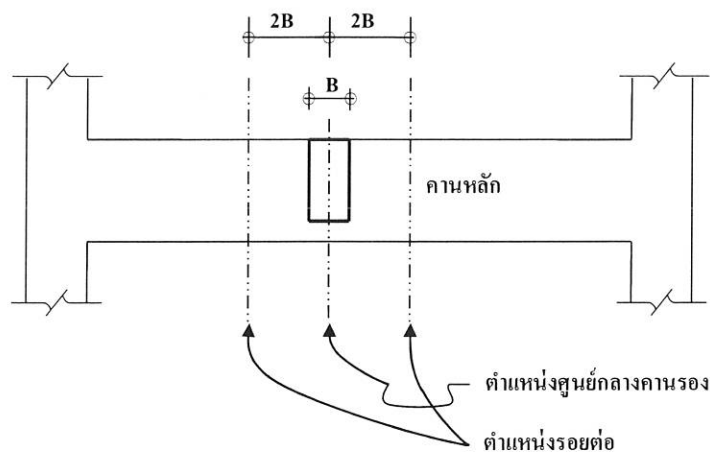
5.3.4 การนับเวลาที่ใช้ผสมให้เริ่มนับเมื่อใส่ส่วนผสมต่าง ๆ ที่ใช้ผสมทั้งหมดลงในเครื่องผสมแล้ว

5.3.5 จะต้องผสมเนื้อคอนกรีตให้มีความสม่ำเสมอ เป็นเนื้อเดียวกัน มีความชื้นเหลวพอเหมาะที่สามารถเทและทำให้แน่นได้

### 5.4 การลำเลียงและการเทคอนกรีต

5.4.1 ต้องตรวจสอบแบบหล่อและการวางเหล็กเสริมว่ามั่นคง และถูกต้องตามแบบรายละเอียดพร้อมทั้งทำความสะอาดให้ปราศจากเศษวัสดุที่อยู่ในแบบที่จะเท และอุดรอยรั่วต่างๆ เพื่อมิให้น้ำปูนหนีออกเรียบร้อยแล้วจึงจะทำการเทคอนกรีตได้

- 5.4.2 การลำเลียงคอนกรีตต้องทำด้วยความระมัดระวัง โดยใช้วิธีการลำเลียงคอนกรีตที่เหมาะสม และไม่ทำให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีต ตามข้อพิจารณาดังต่อไปนี้
- 5.4.2.1 เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับเดียวกับบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยคนงาน รถเข็น รถผสมคอนกรีต สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น
- 5.4.2.2 เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับสูงกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยราง สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น
- 5.4.2.3 เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับต่ำกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยใช้รถ ใช้ลิฟท์ รถเข็น ทาวเวอร์เครน สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น
- 5.4.2.4 เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ห่างจากบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ต้องใช้วิธีการลำเลียงโดยรถโม้ ขนคอนกรีตมาส่งที่หน่วยงาน และลำเลียงต่อไปสู่บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตด้วยวิธีอื่นที่เหมาะสม
- 5.4.3 การเทคอนกรีตต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้เกิดการแยกตัวของคอนกรีต
- 5.4.4 คอนกรีตที่ผสมแล้วต้องรีบนำไปเทลงในแบบ โดยเร็ว ก่อนที่คอนกรีตนั้นจะแข็งตัว (โดยทั่วไปไม่ควรเกิน 30 นาที ยกเว้นจะมีการใช้สารเคมีผสมเพิ่มที่สามารถยืดเวลาการก่อตัวของคอนกรีตออกไปได้) และต้องระมัดระวังมิให้เหล็กเสริมเคลื่อน หรือเปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม
- 5.4.5 ถ้าหากเทคอนกรีตในโครงสร้าง ส่วนหนึ่งส่วนใดไม่เสร็จในรวดเดียวแล้ว ต้องหยุดเทคอนกรีตตามที่คุณควบคุมงานกำหนดหรือตามตำแหน่ง ดังนี้
- 5.4.5.1 สำหรับเสา ที่ระดับไม่เกิน 75 มิลลิเมตร ห่างจากท้องคานหัวเสา
- 5.4.5.2 สำหรับคานและแผ่นพื้นในช่วงกลางเมื่อแบ่งช่วงคานหรือแผ่นพื้นเป็นสามส่วน (Mid – Third) โดยใช้ไม้กันตั้งฉาก
- 5.4.5.3 ในกรณีที่คานรองติดกับคานหลักให้กำหนดรอยต่อให้ห่างจากคานรองออกไปอีกเป็นระยะ 2 เท่าของความกว้างของคานรองตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเลื่อนรอยต่อในการหยุดเทคอนกรีตเมื่อรอยต่อเดิมตรงกับคานรอง

5.4.5.4 ที่ตำแหน่งรอยต่อ ให้ทำผิวคอนกรีตให้หยาบ ตามวิธีที่ได้รับการรับรองแล้ว จนเห็นเม็ดหิน โผล่โดยตลอด ปราศจากฝ้าน้ำปูน หรือเศษหิน ปูนทราย ที่หลุดร่วง ล้างผิวที่ทำหยาบนั้น ด้วยน้ำสะอาดทันที ก่อนเทคอนกรีตใหม่ให้พรมน้ำที่ผิวคอนกรีตให้ชื้นแต่ไม่เปียกโชก

5.4.6 ห้ามเทคอนกรีตในขณะที่มีฝนตกวันแต่จะมีที่ป้องกันฝน

## 5.5 การทำให้คอนกรีตแน่นตัว

เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือนชนิดจุ่ม เพื่อให้คอนกรีตแน่นตัวควรปฏิบัติ ดังนี้

- 5.5.1 ให้จุ่มปลายขึ้นลงตรงๆ ช้าๆ การจุ่มต้องจุ่มจนสุดชั้นคอนกรีตที่ تازه และเลยเข้าไปในชั้นได้เล็กน้อย
- 5.5.2 ให้จุ่มหัวสั่นสะเทือนเป็นจุดๆ ระยะห่างตั้งแต่ 450 ถึง 750 มิลลิเมตร โดยใช้เวลาร้อยละ 5 ถึง 15 วินาที
- 5.5.3 การถอนหัวสั่นสะเทือนขึ้น ให้ถอนช้าๆ ประมาณ 75 มิลลิเมตรต่อวินาที
- 5.5.4 ในการจุ่ม ต้องระวังอย่าให้หัวสั่นสะเทือนถูกแบบหล่อและเหล็กเสริมเพราะจะทำให้แบบหล่อเสียรูป หรือเหล็กเสริมเคลื่อนผิดตำแหน่งได้
- 5.5.5 ห้ามจุ่มหัวสั่นสะเทือนทิ้งไว้นานเกินไป หรือจุ่มซ้ำที่บริเวณเดียวกัน เพราะจะทำให้คอนกรีตแยกตัว ห้ามนำไปในเนื้อคอนกรีตและห้ามใช้เกลี่ยคอนกรีต

## 5.6 การบ่มคอนกรีต

เมื่อเทคอนกรีตเสร็จแล้ว ในระหว่างที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัวต้องปกคลุมมิให้ถูกแสงแดดและกระแสลมร้อน และต้องป้องกันมิให้คอนกรีตได้รับความสะเทือน การกระแทก หรือการรับน้ำหนักมากเกินไป และเมื่อเสร็จสิ้นการแต่งผิวหน้าและคอนกรีตเริ่มแข็งตัวต้องจัดให้มีการบ่มคอนกรีตทันที และควรบ่มต่อไปจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังตามต้องการ

5.6.1 สำหรับผิวคอนกรีตที่ไม่สัมผัสกับไม้แบบ หลังเสร็จสิ้นการแต่งผิวหน้าและคอนกรีตเริ่มแข็งตัวต้องจัดให้มีการบ่มคอนกรีตตามวิธีในข้อ 5.6.3

5.6.2 สำหรับผิวคอนกรีตที่สัมผัสกับไม้แบบ ต้องรักษาไม้แบบให้มีความชื้นอยู่เสมอ จนกระทั่งถึงเวลาที่ถอดไม้แบบ หลังจากนั้นต้องจัดให้มีการบ่มคอนกรีตตามวิธีในข้อ 5.6.3

5.6.3 การบ่มคอนกรีตสามารถกระทำได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีรวมกัน ดังนี้

5.6.3.1 การบ่มแบบเปียก เป็นการทำให้ผิวหน้าของคอนกรีตที่สัมผัสกับบรรยากาศยังคงมีความเปียกชื้นอยู่ กรณีคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 หรือปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกชนิดใช้งานทั่วไป ต้องบ่มตลอดเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 7 วันหลังจากการเทเสร็จสิ้น และไม่น้อยกว่า 3 วัน สำหรับกรณีใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 ส่วนคอนกรีตที่มีวัสดุปอซโซลานผสมจะต้องบ่มเกินกว่า 7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุปอซโซลานที่ใช้วิธีการบ่มแบบเปียก ได้แก่

- (1) การขังน้ำ การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในแนวราบ เช่น แผ่นพื้น คานฟ้า พื้นสะพาน ถนนทางเท้า เป็นต้น
- (2) การใช้วัสดุเปียกชื้นคลุม เป็นการนำผ้าใบ ผ้ากระสอบ ฟาง หรือขี้เลื่อย คลุมให้ทั่วและฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอ กรณีที่ใช้ผ้าใบ สีของผ้าใบควรเป็นสีขาวหรือสีอ่อน เพราะสามารถสะท้อนความร้อนได้ดี หรือกรณีใช้ฟางหรือขี้เลื่อย ความหนาของฟางหรือขี้เลื่อยไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร การบ่มโดยวิธีนี้ใช้ได้ทั้งกับโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบและแนวตั้ง
- (3) การฉีดหรือพรมน้ำ การบ่มโดยวิธีนี้ใช้ได้ทั้งสำหรับโครงสร้างที่อยู่ในแนวราบและแนวตั้ง เช่น ผนัง กำแพง พื้น เป็นต้น

5.6.3.2 การบ่มโดยการป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อคอนกรีต

- (1) การใช้กระดาษกันน้ำซึมได้คลุม กระดาษที่ใช้ควรเป็นกระดาษเหนียวเป็นชั้น ยึดติดกันด้วยกาวประเภทยางมะตอยและเสริมความเหนียวด้วยใยแก้ว การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานคอนกรีตที่อยู่ในแนวราบ
- (2) การใช้แผ่นพลาสติกคลุม แผ่นพลาสติกที่ใช้เป็นแผ่นโพลีเอทิลีน หนาไม่น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับงานโครงสร้างที่ไม่เน้นความสวยงามของผิว เช่น รางน้ำ ถนน เป็นต้น
- (3) การใช้สารเคมี ทำได้โดยฉีดพ่นสารเคมีสำหรับการบ่มลงบนผิวหน้าของคอนกรีตที่ต้องการบ่มและควรฉีดพ่นซ้ำมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อให้แผ่นฟิล์มเคลือบผิวหน้าคอนกรีตมีความหนาเพียงพอ และควรฉีดพ่นทันทีที่ผิวหน้าคอนกรีตเริ่มแห้ง เพื่อไม่ให้ น้ำที่ค้างบนผิวหน้าระเหยจนแห้ง 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 อุณหภูมิที่จะอยู่ในช่วง 160 ถึง 210 องศาเซลเซียส การบ่มโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับงานก่อสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปที่ต้องการกำลังของคอนกรีตที่เวลา 24 ชั่วโมง ให้มีกำลังเท่ากับการบ่มปกติที่อายุ 28 วัน

## 5.7 การแต่งผิวคอนกรีต

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

## 5.8 การหล่อตัวอย่างคอนกรีตและการทดสอบ

- 5.8.1 ในการเทคอนกรีตต้องทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump Test) ทุกครั้งที่เปลี่ยนอัตราส่วนผสมของน้ำกับปูนซีเมนต์หรือผู้ควบคุมงานเห็นว่า คอนกรีตขึ้นหรือเหลวเกินไป วิธีการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตให้เป็นไปตาม มยผ.1209: มาตรฐานการทดสอบหาค่าการยุบตัวของคอนกรีต ค่าการยุบตัวของคอนกรีตควรเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 11 ข้อนี้นำสำหรับค่าการยุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือน

ตารางที่ 11 ข้อนี้นำสำหรับค่าการยุบตัวสำหรับงานก่อสร้างชนิดต่าง 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) ครีป ค.ส.ล. และผนังบาง ๆ   | 150          | 50     |

- 5.8.2 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพให้ดำเนินการต่อหน้าผู้ควบคุมงานและปฏิบัติ ตาม มยผ.1208: มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างานและการเก็บรักษา
- 5.8.3 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตที่จะทดสอบ ให้เก็บทุกวันเมื่อมีการเทคอนกรีต และอย่างน้อยต้องเก็บ 3 ก้อน เพื่อทดสอบกำลังคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วันหรือตามที่ผู้ออกแบบกำหนด โดยใช้วิธีการเก็บ ดังนี้
- 5.8.3.1 เก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง ในแต่ละวันที่มีการเทคอนกรีต แต่ถ้าคอนกรีตที่เท ในวันนั้นมีปริมาณน้อยกว่า 5 ลูกบาศก์เมตร และไม่ปฏิบัติตามข้อ 5.8.3.2 ข้อ 5.8.3.3 หรือ ข้อ 5.8.3.4 จะ ไม่เก็บตัวอย่างคอนกรีตก็ได้ แต่ทั้งนี้จำนวนตัวอย่างคอนกรีตทั้งหมดจะต้อง ไม่น้อยกว่าจำนวนที่เก็บตามข้อ 5.8.3.5
- 5.8.3.2 เก็บตัวอย่างคอนกรีตเมื่อมีการเทคอนกรีตในแต่ละส่วนของโครงสร้าง
- 5.8.3.3 เก็บตัวอย่างคอนกรีตเมื่อมีการเทคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัยต่างกัน
- 5.8.3.4 เก็บตัวอย่างคอนกรีตทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งทราย หรือหิน-กรวด
- 5.8.3.5 ถ้าไม่ได้มีการกำหนดเป็นอย่างอื่น ให้เก็บทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุกๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษของ 50 ลูกบาศก์เมตร กรณีเทพื้นและผนังให้เก็บทุก ๆ 250 ตารางเมตร
- 5.8.4 การเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากลักษณะการผสมต่างๆ ให้กระทำ ดังนี้
- 5.8.4.1 การเก็บจากเครื่องผสม (โม) ที่ประจำอยู่ในที่ก่อสร้างให้เก็บตัวอย่างจากช่วงกลางๆ ของ ปริมาณคอนกรีตที่เทลงในภาชนะรองรับ (กระบะหรือรถเข็นปูน)
- 5.8.4.2 การเก็บจากเครื่องผสมสำหรับเทพื้นถนน ให้เก็บหลังจากเทคอนกรีตจากเครื่องผสมลงบน พื้นที่เตรียมไว้ โดยเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากหลายๆ บริเวณ โดยให้มีปริมาณมากพอที่จะใช้ เป็นตัวแทนเพื่อทดสอบได้ ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้มีการปนเปื้อนของวัสดุอย่างอื่นด้วย
- 5.8.4.3 การเก็บจากเครื่องผสมแบบถังหมุนตั้งบนรถบรรทุก (Ready Mixed Concrete) ให้เก็บ ตัวอย่างคอนกรีตอย่างน้อย 3 ช่วง เป็นระยะๆ อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลาที่ปล่อยคอนกรีต จากรถผสมลงสู่ภาชนะที่รองรับ โดยมีเวลาห่างกันระหว่างครั้งแรกและครั้งสุดท้ายไม่เกิน 15 นาที

## 5.9 การพิจารณาผลการทดสอบ

- 5.9.1 คอนกรีตที่หล่อแล้วจะยอมรับได้ต่อเมื่อผลการทดสอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตทดลองมาตรฐาน ที่เก็บ มาเมื่ออายุครบ 28 วันหรือตามที่ผู้ออกแบบกำหนด นั้น เป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้
- 5.9.1.1 กำลังอัดประลัยเฉลี่ยของแท่งคอนกรีตทั้งสามก้อนต่อเนื่องกันให้ค่าเท่ากับหรือสูงกว่ากำลังอัดประลัยตามชนิดของคอนกรีตที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 หรือกำลังอัดประลัย ที่กำหนด โดยผู้ออกแบบ
- 5.9.1.2 กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตแต่ละก้อน จะต่ำกว่ากำลังอัดประลัยตามชนิดของ คอนกรีตที่ต้องการ ได้ไม่เกิน 3.5 เมกาปาสกาล (35 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) สำหรับคอนกรีตชนิดที่มีค่ากำลังอัดประลัยไม่เกิน 35 เมกาปาสกาล (350 กิโลกรัมแรงต่อ

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

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

**5.9.2** หากปรากฏว่าค่ากำลังอัดประลัยของผลการทดสอบดังที่ได้กล่าวมาแล้วไม่เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ในข้อ 5.9.1 จะต้องทำการสกัดหรือรื้อส่วนที่ทดสอบไปแล้วนั้นออกเสียแล้วจัดการหล่อใหม่โดยใช้คอนกรีตซึ่งมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่าที่ต้องการดังที่กำหนดไว้ในข้อ 4.6.1 หรือกำลังอัดประลัยที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ หรือดำเนินการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงขององค์อาคารดังต่อไปนี้

**5.9.2.1** ดำเนินการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโครงสร้างหรือการทดสอบเพิ่มเติม หรือใช้ทั้งสองส่วนควบคู่กันไป แล้วแต่กรณี

**5.9.2.2** การทดสอบตัวอย่างที่ได้จากการเจาะโครงสร้างที่ต้องการตรวจสอบ (Core Test) โดยให้ดำเนินการตาม มยผ. 1210 : มาตรฐานการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต ว่าด้วยการทดสอบตัวอย่างที่ได้จากการเจาะ 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 ทั้งนี้การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกให้ใช้ได้เฉพาะกับองค์อาคารที่รับแรงคด ส่วนการตรวจสอบองค์อาคารที่รับแรงประเภทอื่น เช่น แรงอัด ควรเลือกวิธีการตรวจสอบโดยใช้การวิเคราะห์ทางวิศวกรรมโครงสร้างที่เหมาะสม

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



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

5.9.4 การทดสอบหาค่ากำลังอัดประลัยของตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐานนั้น จะต้องดำเนินการโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง หรือส่วนราชการอื่นใด หรือนิติบุคคลซึ่งมีวิศวกรระดับสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา ตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร รับรองผลการทดสอบ

#### 5.10 ระยะหุ้ม

การกำหนดระยะหุ้มเหล็กเสริมจะต้องกำหนดให้คอนกรีตสามารถป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมได้ตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีต ซึ่งจะต้องพิจารณาจากความคงทนของคอนกรีตและสภาพแวดล้อมที่เผชิญ โดยระยะหุ้มเหล็กเสริมน้อยที่สุดสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

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

โดยที่  $C_{min}$  คือ ระยะหุ้มเหล็กเสริมที่น้อยที่สุด

$\alpha$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม ตามตารางที่ 12

$C_0$  คือ ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไป ตามตารางที่ 13 และตารางที่ 14

ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม

(ข้อ 5.10)

| ค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน                        | ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริม |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| มากกว่า 0.65 หรือคอนกรีตที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพที่ดี | 1.2                               |
| 0.45 – 0.65                                          | 1.0                               |
| ต่ำกว่า 0.45                                         | 0.8 <sup>3)</sup>                 |

**หมายเหตุ** <sup>3)</sup> ยกเว้นกรณีที่ระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไปต่ำกว่า 20 มม. และกรณีที่ต้องเผชิญกับสภาวะซัลเฟตตั้งแต่ระดับปานกลางขึ้นไป ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ระยะหุ้มเหล็กเสริมเท่ากับ 1.0

โดยระยะหุ้มเหล็กเสริมทั่วไปตามงานก่อสร้างประเภทต่างๆ ในกรณีที่ไม่ได้มีการกำหนดรายละเอียดไว้ ให้ใช้ตามตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อในที่

(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

| ประเภทของงานก่อสร้าง                                                                  | ระยะหุ้มต่ำสุด |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1) คอนกรีตที่หล่อติดกับดิน โดยใช้ดินเป็นแบบและผิวคอนกรีตสัมผัสกับดินตลอดเวลาที่ใช้งาน | 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 เหล็กถูกตั้ง                                                         | 30             |
| ในเสา                                                                                 |                |
| - เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว                                                       | 35             |
| คอนกรีตเปลือกบางและพื้นแผ่นพับ                                                        |                |
| - สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 16 มม. ขึ้นไป                         | 20             |
| - สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า                            | 15             |
| 4) คอนกรีตที่หล่อในน้ำ                                                                | 100            |

ตารางที่ 14 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ

(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

ตารางที่ 14 (ต่อ) ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับการก่อสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จ

(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

| ประเภทของงานก่อสร้าง                                             | ระยะหุ้มต่ำสุด |
|------------------------------------------------------------------|----------------|
| 2) คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน<br>ในแผ่นพื้นผนัง และตง |                |
| - สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 40 มม. ขึ้นไป     | 35             |
| - สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 มม. และเล็กกว่า       | 15             |
| ในคานและเสา                                                      |                |
| - เหล็กเสริมหลัก เหล็กดัดในเสา                                   | 25             |
| - เหล็กดัด เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว                         | 30             |
| คอนกรีตเปลือกบางและพื้นแผ่นพับ                                   |                |
| - สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ขึ้นไป            | 15             |
| - สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และเล็กกว่า       | 10             |

ตารางที่ 15 ระยะหุ้มเหล็กเสริมธรรมดา เหล็กเสริมอัดแรง ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง  
และอุปกรณ์ยึดเหล็กเสริมในงานคอนกรีตอัดแรง

(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

| ประเภทของงานก่อสร้าง                                                                      | ระยะหุ้มต่ำสุด |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1) คอนกรีตที่หล่อติดกับดิน โดยใช้ดินเป็นแบบและผิว<br>คอนกรีตสัมผัสกับดินตลอดเวลาที่ใช้งาน | 75             |
| 2) คอนกรีตที่สัมผัสดิน หรือถูกแดดฝน<br>ในแผ่นพื้นผนัง และตง                               | 25             |
| ในองค์อาคารชนิดอื่น                                                                       | 38             |
| 3) คอนกรีตที่ไม่สัมผัสดินหรือไม่ถูกแดดฝน<br>ในแผ่นพื้นผนัง และตง                          | 20             |
| ในคานและเสา                                                                               |                |
| - เหล็กเสริมหลัก เหล็กดัดในเสา                                                            | 38             |
| - เหล็กปลอกเดี่ยวหรือปลอกเกลียว                                                           | 25             |

ตารางที่ 15 (ต่อ) ระยะหุ้มเหล็กเสริมธรรมดา เหล็กเสริมอัดแรง ท่อร้อยเหล็กเสริมอัดแรง  
และอุปกรณ์ยึดเหล็กเสริมในงานคอนกรีตอัดแรง  
(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

| ประเภทของงานก่อสร้าง                                                                                                                                        | ระยะหุ้มต่ำสุด                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| คอนกรีตเปลือกบางและพื้นแผ่นพับ<br>-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ขึ้นไป<br><br>-สำหรับเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. และ<br>เล็กกว่า | เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลาง<br>ระบุ แต่ไม่น้อยกว่า 20 มม.<br><br>10 |

สำหรับชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงซึ่งสัมผัสกับดิน บรรยากาศภายนอก หรือสภาพแวดล้อมที่รุนแรง  
และใช้หน่วยแรงดึงที่ยอมให้มากกว่า  $1.59\sqrt{F_c}$  แล้วระยะคอนกรีตหุ้มที่น้อยที่สุดจะต้องเพิ่มขึ้น  
จากข้อกำหนดอีกร้อยละ 50

ในกรณีที่เป็น โครงสร้างหลักของอาคารตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ.2549) ออกตามความใน  
พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ระยะหุ้มเหล็กเสริมของโครงสร้างหลักของอาคารดังกล่าวเมื่อพิจารณา  
ตามสมการที่ 1 ตารางที่ 13 ตารางที่ 14 และตารางที่ 15 แล้วจะต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 15 และใน  
กรณี โครงสร้างหลักมีขนาดระหว่างขนาดที่กำหนดในตารางที่ 15 ให้คำนวณหาความหนาแน่นที่สุดของ  
คอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมโดยวิธีเทียบอัตราส่วน และหากต้องการให้โครงสร้างหลักมีความหนาของคอนกรีตที่  
หุ้มเหล็กเสริมน้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 16 จะต้องใช้วัสดุอื่นหุ้มเพิ่มเติมหรือต้องป้องกันโดยวิธีอื่นเพื่อ  
ช่วยให้เสาหรือคานามีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสามชั่วโมง และดงหรือพื้นต้องมีอัตราการทนไฟได้ไม่  
น้อยกว่าสองชั่วโมง โดยจะต้องมีเอกสารรับรองอัตราการทนไฟจากสถาบันที่เชื่อถือได้ประกอบการขออนุญาต  
โดยวิธีการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM E 119 หรือ ISO 834

ตารางที่ 16 ระยะหุ้มเหล็กเสริมสำหรับโครงสร้างหลักให้สามารถทนไฟได้ตามกฎหมาย  
ว่าด้วยการควบคุมอาคาร  
(ข้อ 5.10)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

| ชนิดของโครงสร้างหลัก                                                                                                   | ระยะหุ้มต่ำสุด |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 1) คอนกรีตเสริมเหล็ก                                                                                                   |                |
| 1.1) เสาสี่เหลี่ยมที่มีด้านแคบขนาด 300 มิลลิเมตรขึ้นไป                                                                 | 40             |
| 1.2) เสากลมหรือเสาคี่งแต่ห้าเหลี่ยมขึ้นไปที่มีรูปทรงใกล้เคียงเสากลม ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไป | 40             |
| 1.3) คานหรือโครงข้อหมุนคอนกรีตขนาดกว้างตั้งแต่ 300 มิลลิเมตรขึ้นไป                                                     | 40             |
| 1.4) พื้นหนาไม่น้อยกว่า 115 มิลลิเมตร                                                                                  | 20             |
| 2) คอนกรีตอัดแรง                                                                                                       |                |
| 2.1) คานชนิดค้ำจุน                                                                                                     | 75             |
| 2.2) คานชนิดค้ำจุนภายหลัง                                                                                              |                |
| 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) พื้นชนิดค้ำจุนที่มีความหนาตั้งแต่ 115 มิลลิเมตรขึ้นไป                                                             | 40             |
| 2.4) พื้นชนิดค้ำจุนภายหลังที่มีความหนาตั้งแต่ 115 มิลลิเมตรขึ้นไป                                                      |                |
| จ) ขอบไม่เหนี่ยวรั้ง (Unrestrained)                                                                                    | 40             |
| ฉ) ขอบเหนี่ยวรั้ง (Restrained)                                                                                         | 20             |

#### 5.11 แบบหล่อ

- 5.11.1 แบบหล่อต้องทำจากวัสดุที่แข็งแรง ไม่ผุ ไม่คดงอ เช่น เหล็ก ไม้ เป็นต้น
- 5.11.2 ห้ามใช้ดินชุดแทนแบบหล่อในแนวตั้ง เว้นแต่เป็นงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ ใต้อะพรมวอลท์ หรือได้รับการอนุมัติจากผู้จ้าง
- 5.11.3 แบบหล่อต้องเข้าแบบให้สนิทเพื่อกันน้ำปูนรั่ว ผิวด้านในของแบบที่ติดกับคอนกรีตต้องเรียบ ต้องล้างให้สะอาดก่อนลงมือเทคอนกรีตเสมอ และลบมุมชิ้นส่วนคอนกรีตชิ้นส่วนคอนกรีตที่เป็นมุมแหลม นอกจากจะมีข้อกำหนดห้ามไว้

- 5.11.4 จัดให้มีช่องว่างเปิดชั่วคราวที่ด้านล่างของแบบหล่อคอนกรีตเสาหรือผนังเพื่อให้สามารถทำความสะอาด หรือตรวจสอบก่อนการเทคอนกรีต
- 5.11.5 ต้องยึดลิ้มสำหรับปรับแต่งระดับหรือระยะของแบบหล่อให้แน่นอยู่กับที่ได้ ภายหลังจากการตรวจสอบขั้นสุดท้ายก่อนการเทคอนกรีต
- 5.11.6 แบบหล่อและนั่งร้านรองรับคอนกรีตเหลวต้องมั่นคงแข็งแรงพอรับน้ำหนัก และทนแรงสั่นสะเทือนเมื่อใช้เครื่องสั่นสะเทือนคอนกรีตได้ โดยไม่ทรุดตัวหรือแอ่นตัวจนเสียระดับหรือแนว สำหรับการคำนวณความมั่นคงของแบบหล่อและค้ำยันให้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับ โครงสร้างคอนกรีต ว.ส.ท. 1014 ว่าด้วยแบบหล่อคอนกรีตและค้ำยัน
- 5.11.7 หากคอนกรีตที่หล่อเสร็จแล้วเกิดการเสียระดับหรือแนวหรือผิวด้านบนจะเกิดผลเสียหาย อาจต้องทุบทำลายขึ้นส่วนนั้นทิ้งขึ้นแล้วหล่อใหม่ให้ถูกต้อง แต่ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของวิศวกรผู้ควบคุมงาน
- 5.11.8 แบบหล่อจะถอดออกไม่ได้จนกว่าจะได้กำหนดเวลา การถอดแบบต้องไม่ให้คอนกรีตได้รับความกระเทือนและให้ถือกำหนดเวลาการถอดแบบตามตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ประเภทอาคารและระยะเวลาในการถอดแบบหล่อ

(ข้อ 5.11.8)

| หน่วยเป็นวัน               |                        |
|----------------------------|------------------------|
| ประเภทของอาคาร             | ระยะเวลา <sup>4)</sup> |
| 1) แบบข้างคาน กำแพง ฐานราก | 2                      |
| 2) แบบข้างเสา              | 2                      |
| 3) แบบล่างรองรับพื้น-คาน   | 14                     |

หมายเหตุ <sup>4)</sup> เมื่อถอดแล้วให้ค้ำตามจุดต่างๆ ที่เหมาะสมไว้อีก 14 วัน

ทั้งนี้ให้ยกเว้นในกรณีที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดแข็งตัวเร็ว ซึ่งให้ถือกำหนดถอดแบบได้ทั้งหมดเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 7 วัน

- 5.11.9 กรณีไม่ถอดแบบหล่อตามกำหนดเวลาในข้อ 5.11.8 สามารถถอดแบบหล่อตามค่ากำลังอัดประลัยขั้นต่ำของคอนกรีตตามตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ประเภทอาคารและกำลังอัดประลัยขั้นต่ำในการถอดแบบหล่อ

(ข้อ 5.11.9)

หน่วยเป็นเมกะปาสกาล (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

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

5.11.10 การค้ายันกลับ จะต้องดำเนินการให้เร็วที่สุดภายหลังจากถอดแบบหล่อและค้ายันแล้ว ค้ายันที่ใช้ต้องขันให้แน่นเพื่อรับน้ำหนัก โครงสร้างตามที่กำหนดไว้ ค้ายันนี้ต้องคงค้างไว้จนกระทั่งผลการทดสอบคอนกรีตถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5.11.11 แบบหล่อจะต้องมีขนาดที่แน่นอนและมีพื้นผิวที่เรียบพอสมควร ซึ่งเมื่อนำมาหล่อชิ้นส่วนโครงสร้างใดๆ แล้ว ชิ้นส่วนโครงสร้างดังกล่าวต้องมีขนาดคลาดเคลื่อนจากที่กำหนดในแบบก่อสร้างไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ประเภทของการก่อสร้างและความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้  
(ข้อ 5.11.11)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

| ประเภทของการก่อสร้าง                                                                                                                                     | ความคลาดเคลื่อนสูงสุด |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1) ความคลาดเคลื่อนจากแนวดิ่ง                                                                                                                             |                       |
| 1.1) แนวหรือผิวของเสา ค่อม่อ กำแพง<br>ทุกๆ ระยะ 3.0 เมตร<br>ค่าสูงสุดตลอดความสูง                                                                         | 6<br>25               |
| 1.2) มุมของเสาที่มองเห็นได้ ร่อง รอยต่อ และเส้นที่มองเห็นชัด<br>ทุกๆ ระยะ 3 เมตร<br>ค่าสูงสุดตลอดความสูง                                                 | 6<br>12               |
| 2) ความคลาดเคลื่อนจากค่าระดับหรือจากค่าความลาดเอียงที่ระบุในแบบ                                                                                          |                       |
| 2.1) ท้องพื้น ฝ้าเพดาน ท้องคาน (วัดก่อนถอดค้ายัน)<br>ทุกๆ ระยะ 3.0 เมตร<br>ทุกๆ ระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร<br>ค่าสูงสุดตลอดความยาว                     | 6<br>10<br>20         |
| 2.2) ขอบบนของประตูหน้าต่าง ธรณีประตู แผงคอนกรีต ร่องในแนวนราบ<br>และเส้นที่มองเห็นได้ชัดเจน<br>ทุกๆ ระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร<br>ค่าสูงสุดตลอดความสูง | 6<br>12               |
| 3) ความคลาดเคลื่อนของแนวอาคาร และตำแหน่งของเสา กำแพงและแผงกันต่างๆ<br>ทุกๆ ระยะช่วงคานหรือระยะ 6.0 เมตร<br>ค่าสูงสุดตลอดความยาว                          | 12<br>25              |

ตารางที่ 19 (ต่อ) ประเภทของการก่อสร้างและความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้

(ข้อ 5.11.11)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

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

5.11.12 ห้ามมิให้ขึ้นไปทำการก่อสร้างบนองค์อาคารที่เทคอนกรีตเสร็จแล้วจนกว่าจะพ้น 24 ชั่วโมง  
หลังจากเทคอนกรีตครั้งสุดท้ายในแบบหล่อส่วนนั้น

5.11.13 แบบหล่อที่รื้อออกแล้ว ก่อนที่จะนำมาใช้ใหม่จะต้องทำความสะอาดและตกแต่งให้เรียบร้อย  
เสียก่อนจึงจะนำไปใช้อีกได้



## 6. เอกสารอ้างอิง

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

## 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมงานคอนกรีตอัดแรงสำหรับ โครงสร้างของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น อาคารสูง ไชโล คลังสินค้า กำแพงกันดิน และสะพาน เป็นต้น ทั้งประเภทคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงล่วงหน้า (Pre-Tensioning) และคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง (Post-Tensioning)
- 1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารคอนกรีตอัดแรงเป็นไปตามหลักวิชาการ ประหยัด ปลอดภัย มีความมั่นคงแข็งแรงและคงทน
- 1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วยสากล SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 10 นิวตัน

## 2. นิยาม

“คอนกรีต” หมายถึง วัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยส่วนผสมของวัสดุประสานเช่นปูนซีเมนต์ หรือปูนซีเมนต์ผสมวัสดุป่อขุไชลาน มวลรวมละเอียดเช่นทราย มวลรวมหยาบเช่นหินหรือกรวด และน้ำ โดยมีหรือไม่มีสารเคมีหรือแร่ผสมเพิ่ม

“คอนกรีตอัดแรง” หมายถึง คอนกรีตที่มีการเสริมเหล็กเสริมรับแรงดึงสูงหรือวัสดุเสริมแรงอื่นๆ ที่ทำให้เกิดหน่วยแรง โดยมีขนาดและการกระจายของหน่วยแรงตามต้องการเพื่อที่จะหักล้างหรือลด หน่วยแรงดึงในคอนกรีตอันเกิดจากน้ำหนักบรรทุก

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

“เหล็กเสริม” หมายถึง เหล็กที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

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

“การสูญเสียของการอัดแรง (Prestressing Losses)” หมายถึง การที่ลวดเหล็กหรือเหล็กเสริมที่ใช้อัดแรงชนิดอื่น ๆ สูญเสียหน่วยแรงดึงตามขั้นตอนต่าง ๆ เนื่องจากความโค้งงอของเหล็กเสริมอัดแรง การเข้าที่ของลิ่มสมอยึด การหดตัวอีลาสติก การคืบและหดตัวของคอนกรีต และการคลายแรงดึงของเหล็กเสริมอัดแรง

“การคลายแรงดึง (Relaxation)” หมายความว่า การสูญเสียแรงดึงตามระยะเวลาของเหล็กเสริมอัดแรงที่ถูกดึงให้มีระยะยืดคงที่ โดยคิดเป็นร้อยละของแรงดึงเริ่มแรกให้กับเหล็กเสริมอัดแรง

“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. มาตรฐานอ้างอิง

#### 3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

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 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้ นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร

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

### 4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

#### 4.1 คอนกรีต

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

4.1.1 ปูนซีเมนต์ ให้ใช้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยพ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1.2 มวลรวมละเอียด ให้ใช้มวลรวมละเอียดที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยพ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1.3 มวลรวมหยาบ ให้ใช้มวลรวมหยาบที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยพ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1.4 น้ำ ให้ใช้น้ำสำหรับผสมคอนกรีตที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยพ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.1.5 สารผสมเพิ่ม ให้ใช้สารผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตที่มีคุณลักษณะเป็นไปตามมยพ.1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

## 4.2 ลวดเหล็กกล้า

ลวดเหล็กกล้าที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีความสะอาด ไม่เป็นสนิมขุม และมีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.95: ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ลวดเหล็กกล้าชนิดไม่คลายหน่วยแรง ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตร และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมวลต่อเมตรเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะ

ของลวดเหล็กกล้าชนิดไม่คลายหน่วยแรง

(ข้อ 4.2.1)

| เส้นผ่านศูนย์กลาง<br>ระบุ<br>(มิลลิเมตร) | กำลังดึง<br>ประลัยระบุ <sup>1)</sup><br>(นิวตันต่อตาราง<br>มิลลิเมตร) | พื้นที่หน้าตัดระบุ<br>(ตาราง<br>มิลลิเมตร) | มวลต่อเมตร                      |                                        | ค่าลักษณะเฉพาะ <sup>2)</sup> ต่ำสุด            |                                             |                                    |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
|                                          |                                                                       |                                            | การระบุ <sup>3)</sup><br>(กรัม) | เกณฑ์<br>ความคลาด<br>เคลื่อน<br>(กรัม) | แรงดึง<br>สูงสุด <sup>4)</sup><br>(กิโลนิวตัน) | แรงดึงพิสูจน์<br>ร้อยละ 0.1<br>(กิโลนิวตัน) | รัศมีการดัด<br>โค้ง<br>(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 มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะ  
ของลวดเหล็กกล้าชนิดไม่เคลือบหน่วยแรง  
(ข้อ 4.2.1)

| เส้นผ่าน<br>ศูนย์กลาง<br>ระบุ<br>(มิลลิเมตร) | กำลังดึง<br>ประลัยระบุ <sup>1)</sup><br>(นิวตันต่อ<br>ตาราง<br>มิลลิเมตร) | พื้นที่หน้า<br>ตัดระบุ<br>(ตาราง<br>มิลลิเมตร) | มวลต่อเมตร                      |                                        | ค่าลักษณะเฉพาะ <sup>2)</sup> ต่ำสุด            |                                             |                                    |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|
|                                              |                                                                           |                                                | ค่าระบุ <sup>3)</sup><br>(กรัม) | เกณฑ์<br>ความคลาด<br>เคลื่อน<br>(กรัม) | แรงดึง<br>สูงสุด <sup>4)</sup><br>(กิโลนิวตัน) | แรงดึงพิสูจน์<br>ร้อยละ 0.1<br>(กิโลนิวตัน) | รัศมีการดัด<br>โค้ง<br>(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 ไม้หมอนรถไฟ เสาเข็ม หรือถังกักน้ำ) กำหนดให้แรงที่ร้อยละ 1 ของความยืดรวมต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด

**4.2.2** ลวดเหล็กกล้าชนิดเคลือบหน่วยแรง ต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมวลต่อเมตรเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะ  
ของลวดเหล็กกล้าชนิดคลายหน่วยแรง  
(ข้อ 4.2.2)

| เส้นผ่าน<br>ศูนย์กลาง<br>ระบุ<br>(มิลลิเมตร) | กำลังดึง<br>ประลัยระบุ <sup>1)</sup><br>(นิวตันต่อ<br>ตาราง<br>มิลลิเมตร) | พื้นที่หน้า<br>ตัดระบุ<br>(ตาราง<br>มิลลิเมตร) | มวลต่อเมตร                      |                                        | ค่าลักษณะเฉพาะ <sup>2)</sup> ต่ำสุด                |                                              |                                              |                                    |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|
|                                              |                                                                           |                                                | ค่าระบุ <sup>3)</sup><br>(กรัม) | เกณฑ์<br>ความกลาด<br>เคลื่อน<br>(กรัม) | แรงดึง<br>สูงสุด <sup>4)</sup><br>(กิโลนิว<br>ตัน) | แรงดึงพิสูจน์ <sup>5)</sup>                  |                                              | รัศมีการตัด<br>โค้ง<br>(มิลลิเมตร) |
|                                              |                                                                           |                                                |                                 |                                        |                                                    | ร้อยละ <sup>6)</sup> 0.1<br>(กิโลนิว<br>ตัน) | ร้อยละ <sup>6)</sup> 0.2<br>(กิโลนิว<br>ตัน) |                                    |
| 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 โดยปกติเพียงถึง 10 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตรที่ใกล้เคียงที่สุด
  - 2) กำหนดให้ใช้ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงแทนกำลังดึงประลัยระบุ เนื่องจากเกณฑ์ความกลาดเคลื่อนของมวลต่อความยาวมีค่าน้อย
  - 3) ค่ามวลต่อความยาวคำนวณจากความหนาแน่นของเหล็กซึ่งยอมรับกันเท่ากับ 7.85 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

- 4) สำหรับลวดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 8 มิลลิเมตร ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงที่ร้อยละ 0.1 และร้อยละ 0.2 จะมีค่าโดยประมาณเท่ากับร้อยละ 80 และร้อยละ 82 ของค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุดตามลำดับ
- 5) โมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) อาจใช้ค่า  $205 \pm 10$  กิโลนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร
- 6) แรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.1 เป็นค่าที่ใช้ทดสอบ ส่วนแรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.2 เป็นเพียงข้อเสนอแนะ (ตาม ISO 6934-1) เว้นแต่แบบหรือรายการประกอบแบบจะระบุเป็นอย่างอื่น

#### 4.3 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียว

ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงจะต้องมีความสะอาด ไม่เป็นสนิมขุม และมีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.420: ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรงโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนมวลต่อเมตรเป็นไปตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ พื้นที่หน้าตัดระบุ มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะ  
ของลวดเหล็กกล้าตีเกลียว

(ข้อ 4.3)

| ชนิด <sup>1)</sup> | เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ <sup>1)</sup><br>(มิลลิเมตร) | กำลังดึง<br>ประลัย<br>ระบุ <sup>1)</sup><br>(นิวตันต่อ<br>ตาราง<br>มิลลิเมตร) | พื้นที่หน้า<br>ตัดระบุ <sup>2)</sup><br>(ตาราง<br>มิลลิเมตร) | มวลต่อเมตร        |                                          | ค่าลักษณะเฉพาะ <sup>2)</sup> ต่ำสุด                      |                                              |                                                    |
|--------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                    |                                                    |                                                                               |                                                              | ค่าระบุ<br>(กรัม) | เกณฑ์<br>ความคลาด<br>เคลื่อน<br>(ร้อยละ) | แรงดึง<br>สูงสุด <sup>2) 3) 4)</sup><br>(กิโลนิว<br>ตัน) | แรงดึงพิสูจน์ <sup>3) 4)</sup>               |                                                    |
|                    |                                                    |                                                                               |                                                              |                   |                                          |                                                          | ร้อยละ <sup>5) 0.1</sup><br>(กิโลนิว<br>ตัน) | ร้อยละ <sup>4) 5)</sup><br>0.2<br>(กิโลนิว<br>ตัน) |
| 2 เส้น<br>2x2.90   | 5.8                                                | 1,910                                                                         | 13.2                                                         | 104               | +4<br><br>-2                             | 25.2                                                     | 21.4                                         | 22.3                                               |
| 3 เส้น<br>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               |                                          | 37.8                                                     | 32.1                                         | 33.2                                               |
| 3x3.50             | 7.5                                                | 1,770                                                                         | 29.0                                                         | 228               |                                          | 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 มวลต่อเมตรและค่าลักษณะเฉพาะ  
ของลวดเหล็กกล้าตีเกลียว  
(ข้อ 4.3)

| ชนิด <sup>1)</sup>    | เส้นผ่าน<br>ศูนย์กลาง<br>ระบุ <sup>1)</sup><br>(มิลลิเมตร) | กำลังดึง<br>ประลัย<br>ระบุ <sup>1)</sup><br>(นิวตันต่อ<br>ตาราง<br>มิลลิเมตร) | พื้นที่หน้า<br>ตัดระบุ <sup>2)</sup><br>(ตาราง<br>มิลลิเมตร) | มวลต่อเมตร        |                                          | ค่าลักษณะเฉพาะ <sup>3)</sup> ต่ำสุด                      |                                                                  |                                                    |
|-----------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                       |                                                            |                                                                               |                                                              | ค่าระบุ<br>(กรัม) | เกณฑ์<br>ความคลาด<br>เคลื่อน<br>(ร้อยละ) | แรงดึง<br>สูงสุด <sup>2) 3) 4)</sup><br>(กิโลนิว<br>ตัน) | แรงดึงพิสูจน์ <sup>4) 5)</sup>                                   |                                                    |
|                       |                                                            |                                                                               |                                                              |                   |                                          |                                                          | ร้อยละ <sup>3) 4)</sup><br><sup>5)</sup> 0.1<br>(กิโลนิว<br>ตัน) | ร้อยละ <sup>4) 5)</sup><br>0.2<br>(กิโลนิว<br>ตัน) |
|                       | 11.1                                                       | 1,860                                                                         | 74.2                                                         | 580               | +4<br>-2                                 | 138                                                      | 113                                                              | 117                                                |
|                       | 12.4                                                       | 1,720                                                                         | 92.9                                                         | 729               |                                          | 160                                                      | 131                                                              | 136                                                |
|                       | 12.7                                                       | 1,860                                                                         | 98.7                                                         | 774               |                                          | 184                                                      | 151                                                              | 156                                                |
|                       | 15.2                                                       | 1,720                                                                         | 139                                                          | 1,101             |                                          | 239                                                      | 196                                                              | 203                                                |
|                       | 15.2                                                       | 1,860                                                                         | 139                                                          | 1,101             |                                          | 259                                                      | 212                                                              | 220                                                |
| 7 เส้น<br>อัด<br>แน่น | 12.7                                                       | 1,860                                                                         | 112                                                          | 890               |                                          | 209                                                      | 178                                                              | 184                                                |
|                       | 15.2                                                       | 1,820                                                                         | 165                                                          | 1,295             |                                          | 300                                                      | 255                                                              | 264                                                |
|                       | 18.0                                                       | 1,700                                                                         | 223                                                          | 1,750             |                                          | 380                                                      | 323                                                              | 334                                                |
| 19 เส้น               | 17.8                                                       | 1,860                                                                         | 208                                                          | 1,652             |                                          | 387                                                      | 317                                                              | 329                                                |
|                       | 19.3                                                       | 1,860                                                                         | 244                                                          | 1,931             |                                          | 454                                                      | 372                                                              | 386                                                |
|                       | 20.3                                                       | 1,810                                                                         | 271                                                          | 2,149             |                                          | 491                                                      | 403                                                              | 417                                                |
|                       | 21.8                                                       | 1,810                                                                         | 313                                                          | 2,482             |                                          | 567                                                      | 465                                                              | 482                                                |

ที่มา มอก. 420: ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง

- หมายเหตุ**
- 1) ชนิด เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ และกำลังดึงประลัยระบุใช้สำหรับเรียกชื่อเท่านั้น
  - 2) กำลังดึงประลัยระบุได้จากการคำนวณค่าพื้นที่หน้าตัดระบุกับค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงสูงสุด (ดูหมายเหตุ 5)
  - 3) ผลทดสอบแต่ละค่าต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของค่าลักษณะเฉพาะ
  - 4) กำหนดให้ใช้ค่าลักษณะเฉพาะแรงดึงแทนกำลังดึงประลัยระบุ เนื่องจากเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของมวลต่อความยาวมีค่าน้อย
  - 5) แรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.1 เป็นค่าที่กำหนดให้ใช้ทดสอบ ส่วนแรงดึงพิสูจน์ร้อยละ 0.2 เป็นเพียงข้อเสนอแนะ (ตาม ISO 6934-1) เว้นแต่แบบหรือรายการประกอบแบบจะระบุเป็นอย่างอื่น



#### 4.4 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (Reinforcing Steel)

คุณลักษณะของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงนอกจากเหล็กเสริมอัดแรงให้เป็นไปตาม มยผ. 1103: มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

#### 4.5 ท่อร้อยลวด (Sheathing)

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

#### 4.6 น้ำปูน (Grouting)

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

### 5. ข้อกำหนดสำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือในการก่อสร้าง

#### 5.1 สมอยึด (Anchorage)

สมอยึดและอุปกรณ์ประกอบต้องสามารถถ่ายแรงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของแรงดึงประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรง และต้องสามารถยึดเหล็กเสริมอัดแรงไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุการใช้งาน

#### 5.2 หัวต่อ (Couple)

หัวต่อต้องสามารถถ่ายแรงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของแรงดึงประลัยระบุของเหล็กเสริมอัดแรง และต้องสามารถยึดเหล็กเสริมอัดแรงไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุการใช้งาน

#### 5.3 อุปกรณ์ดึงเหล็กเสริมอัดแรง

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

5.3.1 ต้องจับยึดเหล็กเสริมอัดแรงได้อย่างปลอดภัยและมั่นคง

5.3.2 ในกรณีที่มีการดึงเหล็กเสริมอัดแรงพร้อมกันตั้งแต่ 2 เส้นขึ้นไป ต้องสามารถทำให้เกิดหน่วยแรงดึงในลวดเหล็กแต่ละเส้นเท่ากัน

5.3.3 ต้องสามารถให้แรงดึงตามที่ออกแบบไว้ได้และคงแรงดึงนั้นได้ตลอดระยะเวลาที่ต้องการ

5.3.4 ต้องสามารถควบคุมการเพิ่มแรงดึงอย่างช้าๆ โดยไม่ทำให้เกิดหน่วยแรงทุติยภูมิ (Secondary Stresses) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อเหล็กเสริมอัดแรง สมอียึด หรือคอนกรีต

#### 5.4 เครื่องปัมน้ำปูน

เครื่องปัมน้ำปูนจะต้องสามารถอัดน้ำปูนเข้าสู่ท่อร้อยลวดได้อย่างสม่ำเสมอและสามารถคงแรงดันของเครื่องปัมน้ำปูนไว้ได้ตลอดระยะเวลาที่ต้องการ

### 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)

หน่วยเป็นเมกะปาสกาล (กก./ตร.ซม.)

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

โดย  $U_t$  คือ ค่ากำลังอัดประลัยระบุของคอนกรีตเมื่อเริ่มถ่ายแรง

6.2.2 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีตเนื่องจากการคดภายใต้น้ำหนักบรรทุกสูงสุดจะต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5 ค่าหน่วยแรงดึงเหล่านี้ใช้ได้สำหรับชิ้นส่วนหรือโครงสร้างที่หล่อเป็นเนื้อเดียวกัน (Monolithic) แต่ต้องไม่เกิดหน่วยแรงดึงที่รอยต่อของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

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

- 6.2.2.1 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงล่วงหน้า ต้องมีค่าหน่วยแรงอัดของคอนกรีตที่เกิดจากการดึงเหล็กเสริมอัดแรงไม่น้อยกว่า 10 เมกาปาสกาล (100 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)
- 6.2.2.2 เหล็กเสริมอัดแรงจะต้องกระจายแรงเป็นอย่างดี ตลอดภาคตัดบริเวณที่รับแรงดึง
- 6.2.2.3 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงล่วงหน้าภายหลัง ในกรณีที่มีความจำเป็นส่วนคอนกรีตที่รับแรงดึงจะต้องเสริมเหล็กเพิ่มเติม

**ตารางที่ 5 ค่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ในคอนกรีตเนื่องมาจากแรงดัด**  
(ข้อ 6.2.2)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กก./ตร.ซม.)

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

โดยที่  $U_w$  คือ ค่ากำลังอัดประลัยระบุของคอนกรีต

- 6.2.3 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จให้เป็นไปตาม มยผ.1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม

### 6.3 หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมอัดแรง

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ให้ใช้ค่าหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมอัดแรงดังต่อไปนี้

- 6.3.1 หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงขณะดึงต้องไม่เกินร้อยละ 80 ของกำลังดึงประลัยของเหล็กเสริมอัดแรง หรือร้อยละ 90 ของกำลังคราก แล้วแต่ค่าใดจะน้อยกว่า
- 6.3.2 หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงทันทีที่ถ่ายแรงไปให้คอนกรีตต้องไม่เกินร้อยละ 70 ของกำลังดึงประลัยของเหล็กเสริมอัดแรง หรือร้อยละ 80 ของกำลังคราก แล้วแต่ค่าใดจะน้อยกว่า
- 6.3.3 หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงชนิดดึงที่หลังที่สมอียึดและหัวต่อทันทีที่ถ่ายแรงจะต้องไม่เกินร้อยละ 70 ของกำลังดึงประลัยของเหล็กเสริมอัดแรง

#### 6.4 การสูญเสียของการอัดแรง (Prestressing Losses)

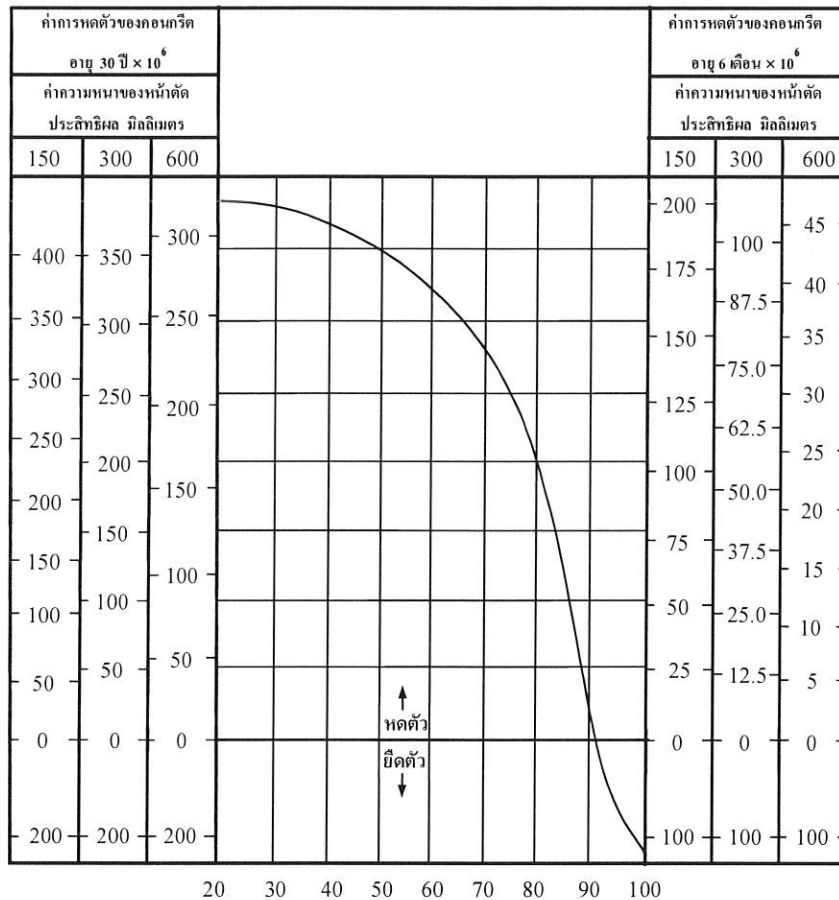
6.4.1 การเสื่อมแรงดึงในลวดเหล็กเนื่องจากการคลายแรงดึง (Relaxation) ในการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรง ให้ใช้ค่าการเสื่อมแรงระยะยาวในการดึงเหล็กเสริมอัดแรง โดยคำนวณจากผลคูณของค่าการคลายแรงดึงที่ได้จากการทดสอบของลวดเหล็กที่ 1,000 ชั่วโมงกับตัวประกอบคงที่ของการคลายแรงที่กำหนดในตารางที่ 6 วิธีทดสอบหาค่าการคลายแรงให้เป็นไปตามภาคผนวก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

ตารางที่ 6 ตัวประกอบค่าคงที่ของการคลายแรง

(ข้อ 6.4.1)

| ชนิดของงานคอนกรีตอัดแรง | ตัวประกอบค่าคงที่ของการคลายแรง |
|-------------------------|--------------------------------|
| ชนิดดึงลวดก่อน          | 1.5                            |
| ชนิดดึงลวดภายหลัง       | 2.0                            |

6.4.2 การเสื่อมแรงดึงในลวดเหล็กเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต ให้คำนวณค่าดังกล่าวจากค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของเหล็ก ในกรณีที่ผู้ผลิตลวดเหล็กไม่ได้กำหนดค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ให้ใช้ค่านี้เท่ากับ  $205 \pm 10$  จิกะปาสกาล โดยใช้ค่าการหดตัวของคอนกรีตตามรูปที่ 1 ค่าการหดตัวของคอนกรีตขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและระยะเวลาการหดตัว โดยสมาคมฯ ข้ามมือเป็นค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ระยะเวลาการหดตัว 6 เดือน ส่วนสมาคมฯ ข้ามมือเป็นค่าการหดตัวของคอนกรีตที่ระยะเวลาการหดตัว 30 ปี รูปนี้สามารถใช้กับความหนาของหน้าตัดประสิทธิผลตั้งแต่ 150 ถึง 600 มิลลิเมตร



ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยรอบ เป็นร้อยละ

รูปที่ 1 ค่าการหดตัวของคอนกรีต

(ข้อ 6.4.2)

#### 6.4.3 การเสื่อมแรงดึงเนื่องจากการคืบ (Creep) ของคอนกรีต ความเครียดของคอนกรีตที่อายุ 30 ปี ( $\epsilon_{cc}$ )

หาได้จากสมการดังนี้

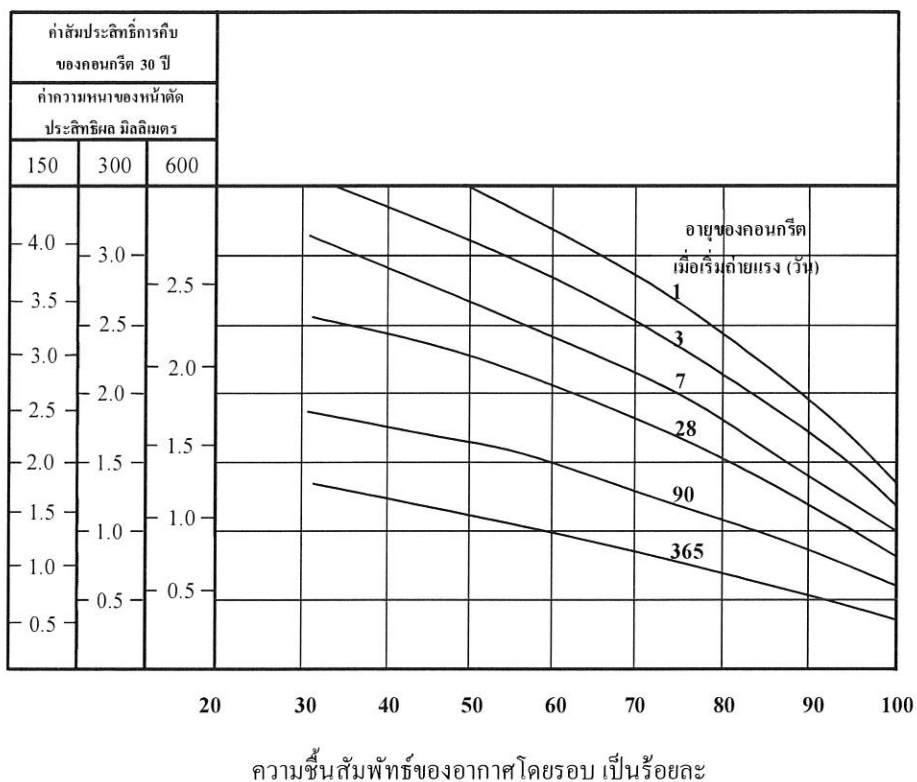
$$\epsilon_{cc} = \frac{\text{หน่วยแรงอัดของคอนกรีต} \times \alpha}{E_t} \quad (1)$$

เมื่อ  $E_t$  คือ ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเมื่อเริ่มถ่ายแรง โดยนับอายุเป็นวัน

$\alpha$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การคืบของคอนกรีตที่อายุ 30 ปี หาได้จากรูปที่ 2

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

ของค่าการคืบของคอนกรีตอายุ 30 ปีในช่วงเวลา 1 เดือน 6 เดือน และ 30 เดือนหลังจากเริ่มถ่ายแรงตามลำดับ ทั้งนี้คอนกรีตต้องอยู่ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ที่คงที่



รูปที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การคืบของคอนกรีต  
(ข้อ 6.4.3)

#### 6.4.4 การสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงเนื่องจากแรงเสียดทาน

สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายใน การเคลื่อนตัวของเหล็กเสริมอัดแรงทำให้เกิดความเสียดทานระหว่างเหล็กเสริมอัดแรงและท่อร้อย หรือตัวคั่นต่างๆ ในขณะที่เหล็กเสริมอัดแรง 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  $33 \times 10^{-4}$  แต่ถ้าเป็นท่อหรือปลอกหุ้มที่แข็งแรงและยึดอย่างแน่นหนาและสามารถป้องกันการเคลื่อนตัวในระหว่างเทคอนกรีต ให้ใช้ค่า  $K$  เท่ากับ  $17 \times 10^{-4}$  สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงเคลือบจารบีร้อยในท่อพลาสติกอาจจะใช้ค่า  $K$  เท่ากับ  $25 \times 10^{-4}$  ได้ ส่วนค่าอื่นๆ นอกจากที่ได้กล่าวมานี้ อาจจะใช้ได้โดยมีผลการทดสอบที่เหมาะสมประกอบ

#### 6.4.5 การสูญเสียแรงดึงเนื่องจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากความโค้งของเหล็กเสริมอัดแรง

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

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

เมื่อ  $P_c$  คือ แรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่จุดสัมผัสเริ่มต้น โค้งด้านใกล้เครื่องดึง

$e$  คือ ฐานของลอการิทึมแบบเนเปียร์ (Napierian Logarithms) มีค่าเท่ากับ 2.718

$R$  คือ รัศมีความโค้งของเหล็กเสริมอัดแรง เป็นเมตร

$\mu$  คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน โดย  $\mu$  มีค่าดังต่อไปนี้

= 0.55 สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงในท่อร้อยที่เป็นคอนกรีต

= 0.30 สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงในท่อร้อยที่เป็นเหล็กกล้า

= 0.25 สำหรับเหล็กเสริมอัดแรงในท่อร้อยที่เป็นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี

= 0.20 สำหรับลวดเหล็กไร้สนิมในท่อร้อยที่เป็นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี

= 0.12 สำหรับลวดเหล็กไร้สนิมในท่อร้อยพลาสติก

#### 6.4.6 การสูญเสียแรงดึงในลวดเหล็กเนื่องจากการเสียรูปแบบยืดหยุ่น (Elastic Deformation) ของคอนกรีต

ให้คำนวณหาค่าคงที่ค่าเมื่อเริ่มถ่ายแรง ค่านี้ขึ้นอยู่กับค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ในกรณีที่ไม่ได้ทำการทดสอบหาค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ให้ใช้ค่าที่กำหนดในตารางที่ 7 แทน ในกรณี

ที่ผู้ผลิตเหล็กเสริมอัดแรงไม่ได้กำหนดค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ให้ใช้ค่านี้เท่ากับ  $205,000 \pm 10,000$  เมกาปาสกาล

ตารางที่ 7 ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต  
(ข้อ 6.4.6)

หน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กก./ตร.ซม.)

| ชนิดของคอนกรีต | กำลังอัดประลัยต่ำสุดของแท่งคอนกรีต<br>ทรงกระบอก $\varnothing 150 \times 300$ มม. | ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต <sup>1)</sup> |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| ค4             | 24 (240)                                                                         | $23,000^{1)}$ (230,000)                    |
| ค4-5           | 25 (250)                                                                         | $23,500^{1)}$ (235,000)                    |
| ค5             | 28 (280)                                                                         | $24,900^{1)}$ (249,000)                    |
| ค6             | 30 (300)                                                                         | $25,800^{1)}$ (258,000)                    |
| ค7             | 32 (320)                                                                         | $26,600^{1)}$ (266,000)                    |
| ค8             | 35 (350)                                                                         | $27,800^{1)}$ (278,000)                    |
| ค9             | 38 (380)                                                                         | $29,000^{1)}$ (290,000)                    |
| ค10            | 40 (400)                                                                         | $29,100^{3)}$ (291,000)                    |
| ค11            | 45 (450)                                                                         | $29,200^{2)}$ (292,000)                    |
| ค12            | 50 (500)                                                                         | $30,400^{2)}$ (304,000)                    |

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

$$E_c = 4,700 \sqrt{f'_c} \quad (\text{หน่วยเป็นเมกาปาสกาล})$$

2) คำนวณจากสูตรของ Carrasquillo, Nilson และ Slate

$$E_c = 3,320 \sqrt{f'_c} + 6,900 \quad (\text{หน่วยเป็นเมกาปาสกาล})$$

3) ค่าเฉลี่ยระหว่างช่วง (Interpolation) ของค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ค9 และ ค11

6.4.6.1 สำหรับงานคอนกรีตชนิดดั้งเดิมก่อน ค่าการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงเมื่อเริ่มถ่ายแรงให้คำนวณจากผลคูณของอัตราส่วนมอดูลาร์ (Modular Ratio) และค่ากำลังอัดของคอนกรีต

6.4.6.2 สำหรับงานคอนกรีตชนิดดั้งเดิมภายหลัง ถ้ามีการดึงเหล็กเสริมอัดแรงไม่พร้อมกัน จะทำให้เกิดการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงในอัตราส่วนระหว่างการถ่ายแรงเนื่องจากแรงดึงที่เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ให้คำนวณค่านี้จากกึ่งหนึ่งของผลคูณของอัตราส่วนมอดูลาร์และค่ากำลังอัดของคอนกรีตหรือคำนวณจากการสูญเสียแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงโดยพิจารณาถึงลำดับการดึงลวดเหล็กเป็นสำคัญ



#### 6.4.7 การสูญเสียแรงดึงที่เกิดจากสมอยึดเหล็กเสริมอัดแรง (Anchorage Take-Up)

สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง ควรเผื่อค่าการสูญเสียแรงดึงที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของเหล็กเสริมอัดแรงในสมอยึดเมื่อเกิดการถ่ายแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับชิ้นส่วนสั้นๆ ค่าที่เผื่อควรมีการตรวจสอบในขณะที่ก่อสร้างด้วย

#### 6.5 ระยะส่งถ่ายแรง (Transmission Length) ในงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดก่อน

องค์ประกอบที่มีผลต่อระยะส่งถ่ายแรงมีดังต่อไปนี้

- (1) การอัดแน่นของคอนกรีต
- (2) ขนาดและประเภทของเหล็กเสริมอัดแรง
- (3) กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีต
- (4) การผิดรูปและสภาพผิวของเหล็กเสริมอัดแรง

6.5.1 ระยะส่งถ่ายแรงอาจจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสภาพของหน้างานหรือโรงงานที่ผลิต ถ้าเป็นไปได้ ระยะส่งถ่ายแรงควรได้จากการทดสอบสำหรับสภาพหน้างาน หรือ โรงงานที่ผลิตนั้นๆ

6.5.2 ในกรณีที่ไม้ต้องการให้เหล็กเสริมอัดแรงเกิดการยึดหน่วงหรือยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตที่ปลายทั้งสองข้าง อาจทำได้โดยใช้ท่อร้อยหรือพันเทป โดยระยะส่งถ่ายแรงให้คิดจากปลายของส่วนที่ไม่มีการยึดหน่วงหรือยึดเหนี่ยว

6.5.3 ในกรณีที่ไม่มีหลักฐานการทดสอบสำหรับคำนวณระยะส่งถ่ายแรง ระยะส่งถ่ายแรงสำหรับแรงดึงเริ่มแรกของเหล็กเสริมอัดแรงไม่เกินร้อยละ 75 ของความต้านทานแรงดึงของเหล็กเสริมอัดแรงที่จุดคราก เมื่อคอนกรีตที่ปลายทั้งสองของชิ้นส่วนอัดแน่นดี สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

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

เมื่อ  $l_t$  คือ ระยะส่งถ่ายแรง เป็นมิลลิเมตร

$f_{ci}$  คือ กำลังต้านทานแรงอัดของคอนกรีตเมื่อเริ่มถ่ายแรง เป็นเมกะปาสกาล

$\phi$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางระนาบของเหล็กเสริมอัดแรง เป็นมิลลิเมตร

$K_t$  คือ สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายแรง ขึ้นอยู่กับประเภทของเหล็กเสริมอัดแรงดังนี้

- (1) ลวดเหล็กแบบธรรมดา แบบมีรอยย้า 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.ศ.ท. 1001 – 34 ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงระยะส่งถ่ายแรงให้เพียงพอตามที่กล่าวในข้อ 6.5 ด้วย

6.6.2 สำหรับงานคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงลวดภายหลัง

6.6.2.1 กรณีวางเหล็กเสริมอัดแรงในแนวตรง ระยะห่างระหว่างท่อน้อยกว่าค่ามากที่สุดของค่าดังต่อไปนี้

(1) ขนาดโตสุดของมวลรวมหยาบ + 5 มิลลิเมตร

(2) ขนาดภายในตามแนวตั้งของท่อน้อยกว่า เมื่อพิจารณาระยะห่างในแนวตั้ง

(3) ขนาดภายในตามแนวราบของท่อน้อยกว่า เมื่อพิจารณาระยะห่างในแนวราบ

ในกรณีที่มีการใช้เครื่องสั่นคอนกรีตชนิดหัวจี ควรเผื่อระยะห่างระหว่างท่อน้อยกว่าให้เพียงพอเพื่อให้หัวจีของเครื่องสั่นคอนกรีตสอดผ่านเข้าไปได้ กรณีมีท่อน้อยกว่า 2 ชั้นขึ้นไป ควรจัดท่อน้อยกว่าให้อยู่ในแนวตั้งเดียวกันเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อความสะดวกในการทำงาน

6.6.2.2 กรณีวางเหล็กเสริมอัดแรงในแนวโค้ง ให้ใช้ระยะห่างระหว่างท่อน้อยกว่าค่าดังต่อไปนี้ในการป้องกันคอนกรีตระหว่างท่อน้อยกว่าไม่ให้แตกร้าว

(1) ในระนาบของท่อน้อยกว่า ให้ใช้ระยะที่มากกว่าระหว่างค่าที่กำหนดตามตารางที่ 8 หรือค่าที่กำหนดไว้ในข้อ 6.6.2.1

(2) ในแนวตั้งฉากกับระนาบของท่อน้อยกว่า ให้ใช้ค่าที่กำหนดไว้ในข้อ 6.6.2.1

## 6.6 ระยะหุ้มเหล็กเสริมอัดแรง

ระยะหุ้มเหล็กเสริมอัดแรงของงานคอนกรีตอัดแรงทั้งชนิดดึงลวดก่อนและดึงลวดภายหลัง ให้เป็นไปตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

## 7. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

### 7.1 คอนกรีต

การทำงานคอนกรีต ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1101: มาตรฐานงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

### 7.2 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

การทำงานเหล็กเสริมคอนกรีต ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1103: มาตรฐานงานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

### 7.3 เหล็กเสริมอัดแรง

7.3.1 การติดตั้งเหล็กเสริมอัดแรงและท่อน้อยกว่า ให้ติดตั้งตามแบบก่อสร้างโดยให้คลาดเคลื่อนได้ดังนี้

7.3.1.1 ให้ความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดในแนวราบไม่เกิน 20 มิลลิเมตร และในแนวตั้งไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

- 7.3.1.1 พื้นที่แบกทานระหว่างสมอชิดกับคอนกรีตต้องตั้งฉากกับเหล็กเสริมอัดแรง คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน  $\pm 1$  องศา

#### 7.3.2 การดึงเหล็กเสริมอัดแรง (Stressing)

- 7.3.2.1 การดึงลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียว ในกรณีที่เป็นแบบดึงเหล็กภายหลัง ถ้าความยาวของลวดเหล็กและลวดเหล็กตีเกลียวยาวเกิน 30 เมตร ให้ดึงทั้งสองปลายและให้ดึงพร้อมๆ กัน หากไม่ได้มีการระบุในแบบรายละเอียดให้ทำการดึงด้วยแรงดึงร้อยละ 75 ของแรงดึงประลัย และระยะยึดจากการดึงที่วัดได้กับที่คำนวณไว้จะผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ  $\pm 7$  หากระยะยึดที่วัดได้น้อยกว่าร้อยละ 7 ให้ดึงเหล็กเสริมเพื่อเพิ่มระยะยึดได้ แต่ทั้งนี้แรงดึงจะต้องไม่เกินร้อยละ 80 ของแรงดึงประลัย ในกรณีที่ต้องการดึงเหล็กปลายเดียวยาวเกินกว่า 30 เมตรต้องได้รับความเห็นชอบจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน ถ้าเป็นแบบดึงเหล็กก่อนให้ดึงเหล็กปลายเดียวได้

- 7.3.2.2 ส่วนยึดของเหล็กเสริมอัดแรงที่ดึงจะต้องได้ความยาวตามที่ได้ระบุไว้ในแบบรายละเอียด ในระหว่างการดึงเหล็กเสริมอัดแรงนั้นให้ตรวจสอบความยาวของเหล็กเสริมอัดแรงที่ดึงยึดออกมากับมาตรวัดแรงอัด (Pressure Gauge) ของเครื่องมือที่ใช้สำหรับดึงเหล็กเสริมอัดแรงนั้นด้วย

- 7.3.2.3 กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง การดึงเหล็กเสริมอัดแรง จะทำได้ต่อเมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดประลัยไม่ต่ำกว่า 24 เมกะปาสกาล (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 การตัดปลายเหล็กเสริมอัดแรงให้ตัดด้วยเครื่องตัดไฟฟ้าเบอร์ โดยให้เหลือปลายไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ห้ามใช้เปลวไฟ หรือความร้อนตัดเหล็กเสริมอัดแรง โดยเด็ดขาด หลังจากตัดปลายเหล็กเสริมแล้วให้ปิดสมอชิดด้วยปูนทรายอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่งทันที ในกรณีที่ยังปิดด้วยปูนทรายไม่ได้ ให้ทาลายเหล็กเสริมส่วนที่สัมผัสอากาศด้วยสีกันสนิมหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม

#### 7.3.4 การดัดโค้งเหล็กเสริมอัดแรง

- 7.3.4.1 กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กก่อน รัศมีการดัดโค้งจะต้องไม่น้อยกว่า 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กกล้า หรือไม่น้อยกว่า 10 เท่าของลวดเหล็กกล้าตีเกลียว และมุมดัดต้องไม่เกิน 15 องศา

7.3.4.2 กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง รัศมีการตัดโค้งจะต้องไม่น้อยกว่า 50 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อร้อยลวด หรือมุมตัดต้องไม่เกิน 15 องศา ถ้ารัศมีการตัดโค้งมีค่าน้อยกว่าหรือมุมตัดโค้งมากกว่าค่าที่กำหนด จะต้องมีการหาการสูญเสียของการอัดแรงจากการตัดโค้งด้วย

#### 7.4 การอัดน้ำปูน

กรณีเป็นการอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลังระบบยึดเหนี่ยว (Bonded System) ให้อัดน้ำปูนตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

7.4.1 ก่อนการอัดน้ำปูนจะต้องปิดสมอยึดด้วยปูนทราย และทำความสะอาดภายในท่อร้อยลวด รวมทั้งตรวจสอบการรั่วซึมโดยใช้น้ำอัดฉีดเข้าไปในท่อ

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

#### 7.5 การเก็บตัวอย่างเหล็กเสริมอัดแรงเพื่อการทดสอบ

7.5.1 การเก็บตัวอย่างลวดเหล็กกล้า ให้เก็บ 3 ตัวอย่าง ทุก ๆ 3.0 ตัน

7.5.2 การเก็บตัวอย่างลวดเหล็กกล้าตีเกลียว ให้เก็บ 3 ตัวอย่าง ทุก ๆ 3.0 ตัน

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

### 8. เอกสารอ้างอิง

- (1) มาตรฐาน มยธ. 102-2533 มาตรฐานงานคอนกรีตอัดแรง กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533
- (2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 95: ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
- (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 420: ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

**1. ขอบข่าย**

- 1.1 มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีตนี้ ครอบคลุมถึงงานคอนกรีตทั่วไปทั้งหมด ยกเว้นงานเหล็กแรงดึงสูงที่ใช้ในการก่อสร้างคอนกรีตอัดแรง
- 1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้เหล็กเสริมคอนกรีตเป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความประหยัดและปลอดภัย
- 1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 10 นิวตัน

**2. นิยาม**

“กำลังดึงประลัย (Ultimate Tensile Strength)” หมายถึง หน่วยแรงดึงสูงสุดที่วัสดุสามารถรับได้

“กำลังคราก (Yield Strength)” หมายถึง หน่วยแรงดึงที่วัสดุเริ่มยืดยังโดยไม่ต้องเพิ่มแรงดึงขึ้นอีก

“ความยืด (Elongation)” หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความยาวพิคัดที่เปลี่ยนแปลงจากการยืดตัวต่อความยาวพิคัดเดิม (เป็นร้อยละ)

“การทดสอบโดยการดัดโค้งเย็น (Cold Bend Test)” หมายถึง การทดสอบโดยการกดขึ้นทดสอบด้วยหัวกดที่กึ่งกลางชิ้นทดสอบโดยใช้ความเร็วสม่ำเสมอและต่อเนื่องกันตลอดเวลา จนได้มุมดัดโค้ง (Bending Angle) ตามที่กำหนด

“ตะแกรง” หมายถึง ตะแกรงลักษณะเป็นผืนหรือเป็นม้วน ทำขึ้นโดยนำลวดเหล็กกล้าดัดเย็นหรือเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตมาเชื่อมแบบความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistance Welding) ติดกันเป็นตะแกรง โดยตะแกรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้

“ลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดัดเย็นเสริมคอนกรีต” หมายถึง ลวดเหล็กกล้าที่มีบั้งและ/หรือครีบริบที่ผิว เพื่อเสริมกำลังยึดระหว่างลวดเหล็กกล้ากับเนื้อคอนกรีต ทำขึ้นโดยการแปรรูปเย็น (Cold Working) เหล็กลวดที่ได้จากการรีดร้อน เหล็กแท่งที่ได้จากกรรมวิธีแบบโอเพนฮาร์ท (Open-Hearth) หรืออิเล็กทริกเฟอร์เนส (Electric Furnace) หรือเบสิกออกซิเจน (Basic Oxygen)

“ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ” หมายถึง เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่นำมาลวดขนาดโดยการดัดเย็น มีภาคตัดขวางกลมสม่ำเสมอตลอดความยาวของเส้น

“ลวดเหล็กกล้าดัดเย็นเสริมคอนกรีต” หมายถึง ลวดเหล็กที่ทำขึ้นโดยการรีดเย็นเหล็กลวดที่ได้จากการรีดร้อน เหล็กแท่งที่ได้จากเตาหลอมแบบโอเพนฮาร์ท (Open-Hearth) หรืออิเล็กทริกเฟอร์เนส (Electric Furnace) หรือเบสิกออกซิเจน (Basic Oxygen)

“เหล็กข้ออ้อย” หมายถึง เหล็กเสริมที่มีบั้งและ/หรือครีบริบที่ผิว เพื่อเสริมกำลังยึดระหว่างเหล็กเส้นกับเนื้อคอนกรีต

“เหล็กเสริม” หมายถึง เหล็กเส้นที่ใช้ฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อเสริมกำลังขึ้น

### 3. มาตรฐานอ้างอิง

#### 3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

- 3.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20: เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม)
- 3.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24: เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย)
- 3.1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 737: ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต
- 3.1.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 49: มาตรฐานลวดเชื่อมมีสารฟอสฟอรั่มใช้เชื่อมเหล็กกล้า  
ตะนูนด้วยอาร์ก
- 3.1.5 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 747: ลวดเหล็กกล้าดัดเย็นเสริมคอนกรีต
- 3.1.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 943: ลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดัดเย็นเสริมคอนกรีต
- 3.1.7 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1301/1302-61: มาตรฐานประกอบการออกแบบ  
อาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

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

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

### 4. ข้อกำหนดสำหรับเหล็กเสริมคอนกรีต

#### 4.1 เหล็กเส้นกลม (Round Bar)

4.1.1 สมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลม

(ข้อ 4.1.1)

| ชั้นคุณภาพ | กำลังคราก<br>เมกาปาสกาล<br>(กก./ตร.ซม.) | กำลังดึงประลัย<br>เมกาปาสกาล<br>(กก./ตร.ซม.) | ความยืดในช่วง<br>ความยาว 5 เท่า<br>ของเส้นผ่าน<br>ศูนย์กลาง<br>(ร้อยละ) | การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น |                                      |
|------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
|            |                                         |                                              |                                                                         | มุมการดัด<br>(องศา)        | เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด               |
| SR 24      | 235 (2,350)                             | 385 (3,850)                                  | 21                                                                      | 180                        | 3 เท่าของเส้นผ่าน -<br>ศูนย์กลางระบุ |

สมบัติอื่นและกรรมวิธีในการทดสอบสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลมต้องเป็นไปตามมาตรฐาน  
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20: มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม)

#### 4.1.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กเส้นกลมต้องเป็นไปตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรสำหรับเหล็กเส้นกลม

(ข้อ 4.1.2)

| ชื่อขนาด | มวลต่อเมตร<br>กิโลกรัม | เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร |               |
|----------|------------------------|--------------------------------------|---------------|
|          |                        | แต่ละเส้น ร้อยละ                     | เฉลี่ย ร้อยละ |
| RB 6     | 0.222                  | $\pm 10.0$                           | $\pm 5.0$     |
| RB 8     | 0.395                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 9     | 0.499                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 10    | 0.616                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 12    | 0.888                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 15    | 1.387                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 19    | 2.226                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 22    | 2.984                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 25    | 3.853                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 28    | 4.834                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |
| RB 34    | 7.127                  | $\pm 6.0$                            | $\pm 3.5$     |

#### 4.2 เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bar)

4.2.1 สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อย

(ข้อ 4.2.1)

| ชั้น<br>คุณภาพ | กำลังคราก<br>เมกาปาสกาล<br>(กก./ตร.ซม.) | กำลังดึงประลัย<br>เมกาปาสกาล<br>(กก./ตร.ซม.) | ความยืดในช่วง<br>ความยาว 5 เท่า<br>ของเส้นผ่านศูนย์กลาง<br>(ร้อยละ) | การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น |                     |                             |
|----------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
|                |                                         |                                              |                                                                     | เส้นผ่าน<br>ศูนย์กลาง      | มุมการดัด<br>(องศา) | เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด      |
| SD 30          | 295 (2,950)                             | 480 (4,800)                                  | 17                                                                  | ไม่เกิน 16 มม              | 180                 | 3 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ |
|                |                                         |                                              |                                                                     | เกิน 16 มม.                | 180                 | 4 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ |
| SD 40          | 390 (3,900)                             | 560 (5,600)                                  | 15                                                                  | ทุกขนาด                    | 180                 | 5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ |
| SD 50          | 490 (4,900)                             | 620 (6,200)                                  | 13                                                                  | ไม่เกิน 25 มม.             | 90                  | 5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ |
|                |                                         |                                              |                                                                     | เกิน 25 มม.                | 90                  | 6 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ |

สมบัติอื่น และกรรมวิธีในการทดสอบสมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยต้องเป็นไปตามมาตรฐาน  
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24 : มาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย)

#### 4.2.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้

ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กข้ออ้อย ต้องเป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กข้ออ้อย

(ข้อ 4.2.2)

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

#### 4.3 ลวดเหล็กกล้าดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต

4.3.1 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นไปตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต

(ข้อ 4.3.1)

| ความต้านแรงดึงต่ำสุด<br>เมกาปาสกาล (กก./ตร.ซม) | หน่วยแรงพิสูจน์ต่ำสุด ที่ความยืดร้อยละ 0.5<br>เมกาปาสกาล (กก./ตร.ซม) | การลดทอนพื้นที่ต่ำสุด<br>(ร้อยละ) |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 550 (5,500)                                    | 485 (4,850)                                                          | 30                                |

กรณีความต้านทานแรงดึงของลวดเหล็กเกิน 690 เมกาปาสกาล (6,900 กิโลกรัมแรงต่อตาราง  
เซนติเมตร) การลดทอนพื้นที่ต่ำสุด ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 25



4.3.2 ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง และมวลต่อเมตรของลวดเหล็กกล้าดิ่งยื่นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นไปตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง และมวลต่อเมตร  
ของลวดเหล็กกล้าดิ่งยื่นเสริมคอนกรีต

(ข้อ 4.3.2)

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

สมบัติอื่น และกรรมวิธีในการทดสอบสมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าดิ่งยื่นเสริมคอนกรีตต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 747 : มาตรฐานลวดเหล็กกล้าดิ่งยื่นเสริมคอนกรีต

#### 4.4 ลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดิ่งยื่นเสริมคอนกรีต

4.4.1 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดิ่งยื่นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นไปตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดิ่งยื่นเสริมคอนกรีต

(ข้อ 4.4.1)

| ความต้านแรงดึงต่ำสุด<br>เมกะปาสคาล (กก./ตร.ซม) | หน่วยแรงพิสูจน์ต่ำสุด ที่ความยืดร้อยละ 0.5<br>เมกะปาสคาล (กก./ตร.ซม) |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 585 (5,850)                                    | 515 (5,150)                                                          |

#### 4.4.2 สัญลักษณ์ ขนาด มวล และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนกำหนดในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง และมวลต่อเมตร

ของลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต

(ข้อ 4.4.2)

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

สมบัติอื่น และกรรมวิธีในการทดสอบสมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 943 : มาตรฐานลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต

#### 4.5 ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต (Welded Steel Wire Fabric)

4.5.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ และสมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลม เหล็กข้ออ้อย ลวดเหล็กกล้าดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต และลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต ที่ประกอบเป็นตะแกรง ต้องมีสมบัติตามข้อที่ 4.1 4.2 4.3 และ 4.4 แล้วแต่กรณี และความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของตะแกรงเหล็กกล้าต้องเป็นไปตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของตะแกรง

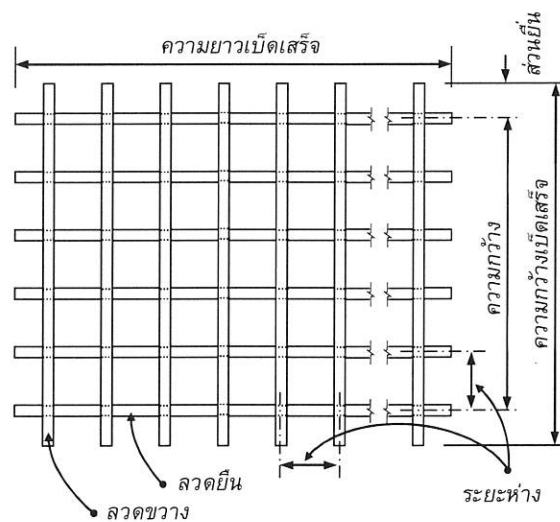
(ข้อ 4.3.2)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

| มิติ                   | เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน                                |
|------------------------|-----------------------------------------------------|
| ความกว้าง              | $\pm 13$                                            |
| ความกว้างเบ็ดเสร็จ     | $\pm 25$                                            |
| ความยาวเบ็ดเสร็จ       | $\pm 4.0$ หรือ $\pm$ ร้อยละ 1 แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า |
| ระยะห่าง <sup>1)</sup> | $\pm 6$                                             |
| ส่วนยื่น <sup>2)</sup> | $\pm 13$                                            |

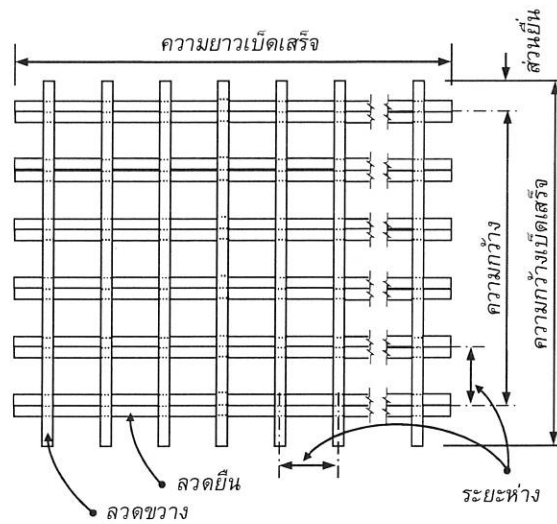
**หมายเหตุ** <sup>1)</sup> จำนวนลวดที่ปรากฏในตะแกรงทั้งผืนหรือทั้งม้วนซึ่งคำนวณโดยใช้ค่าระยะห่างเฉลี่ย ต้องไม่น้อยกว่าจำนวนลวดที่คำนวณโดยใช้ค่าระยะห่างระบุ

<sup>2)</sup> ในกรณีที่ ไม่กำหนดส่วนยื่นไว้ ขนาดของส่วนยื่นต้องไม่เกิน 25 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ส่วนต่างๆ ของตะแกรงเหล็กกล้าลวดเดี่ยว

(ข้อ 4.5)



รูปที่ 2 ส่วนต่างๆ ของตะแกรงเหล็กกล้าลวดคู่  
(ข้อ 4.5)

4.5.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะของลวดยืนและลวดขวาง ต้องเป็นดังนี้

4.5.2.1 แบบลวดเดี่ยว

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

เมื่อ  $d_{\max}$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะของลวดเส้นใหญ่

$d_{\min}$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะของลวดเส้นเล็ก

4.5.2.2 แบบลวดคู่

$$0.7d_T \leq d_L \leq 1.25d_T$$

เมื่อ  $d_T$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะของลวดขวาง

$d_L$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระยะของลวดยืน

4.5.3 แรงเฉือนของจุดเชื่อมเป็นนิวตัน ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของหน่วยแรงพิชุนที่จุดครากหน่วยเป็น

เมกะปาสกาล คูณพื้นที่หน้าตัดระยะของลวดเส้นใหญ่หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร

#### 4.6 ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

4.6.1 สมบัติทางกลของลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ต้องเป็นไปตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลาง มวลต่อมด มวลต่อชด  
และสมบัติทางกล ของลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

(ข้อ 4.6.1)

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

หมายเหตุ <sup>1)</sup> มด หมายถึง หน่วยแสดงปริมาณของลวดที่ใช้ในการซื้อขาย ซึ่งอาจจะเป็นลวดชดเดียว  
หรือ 2 ชดมัดรวมกันก็ได้

<sup>2)</sup> ชด หมายถึง ลวดเส้นเดียวที่นำมาม้วนเป็นวง ๆ

## 5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

### 5.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

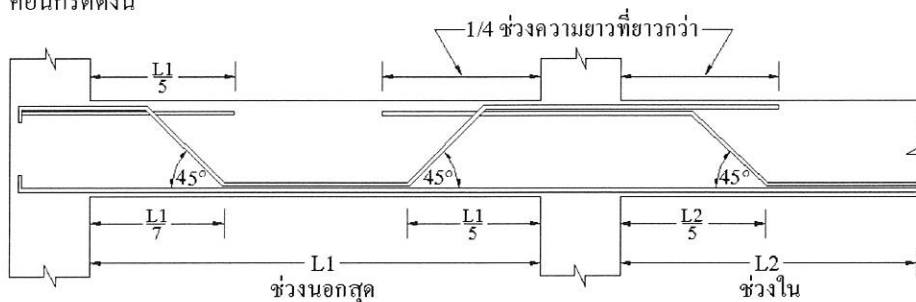
- 5.1.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องเป็นเหล็กเส้นใหม่ที่ไม่เคยใช้งานมาก่อน และไม่มีรอยแตกร้าว
- 5.1.2 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตต้องมีผิวสะอาดปราศจากน้ำมัน ดิน โคลน สนิมกร่อน หรือวัสดุใดๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อแรงยึดเหนี่ยวหรือยึดเหนี่ยว (Bonding) ระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต
- 5.1.3 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตจะต้องมีขนาดและรูปร่างตามที่กำหนดในแบบรายละเอียด

### 5.2 การเก็บวัสดุ

- 5.2.1 เหล็กเส้นที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง ควรเก็บไว้ในที่ที่มีหลังคาคลุมหรือมีที่กำบังฝน และต้องเก็บไว้เหนือพื้นดิน ไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร
- 5.2.2 เหล็กเส้นที่นำมาใช้งาน ควรแยกกองเก็บตามชนิด ขนาด และกำลังของเหล็กเส้น โดยมีป้ายบอกชนิด และขนาดไว้อย่างชัดเจน

### 5.3 การตัดเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

- 5.3.1 การตัดเหล็กเสริมทุกเส้นให้ใช้วิธีตัดโค้งเย็น ห้ามตัดเหล็กเส้นโดยวิธีเผาให้ร้อน เว้นแต่จะมีการระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบ ทั้งนี้การตัดจะต้องไม่ทำให้เหล็กเส้นชำรุดเสียหาย
- 5.3.2 การตัดเหล็กคอกม้า ความลาดเอียงของเหล็กคอกม้า นอกจากจะระบุไว้ในแบบรายละเอียดต้องตัดเอียงเป็นมุม 45 องศาทั้งหมด
- 5.3.3 รายละเอียดการตัดและการต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตขององค์อาคารต่างๆ หากไม่ได้มีการระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงานแล้ว ให้เป็นไปตามรูปรายละเอียดการต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตดังนี้

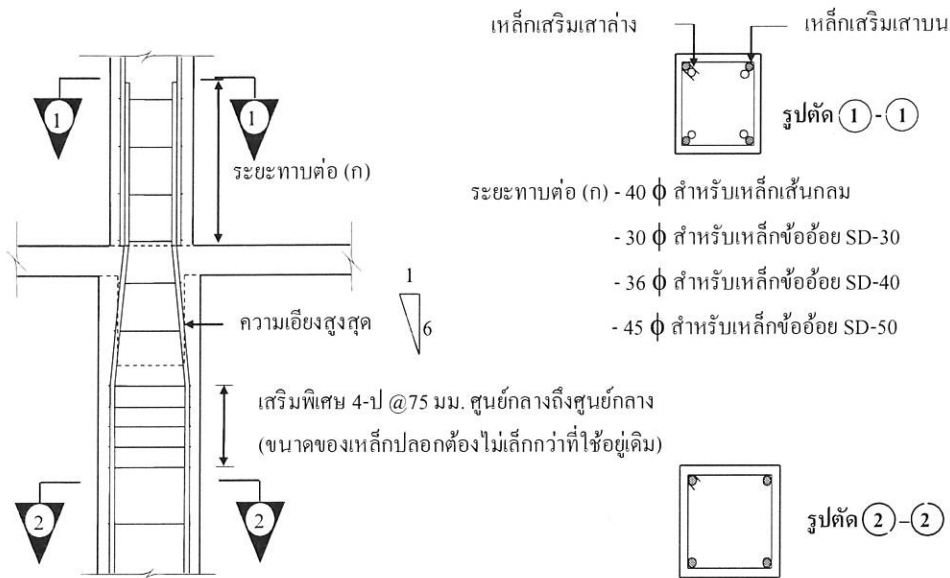


หมายเหตุ ก. รูปที่แสดงเป็นการแสดงการเสริมด้วยเหล็กข้ออ้อย ถ้าเป็นเหล็กเส้นกลมธรรมดา ปลายเหล็กต้องงอขอ ตามข้อ 5.3.4

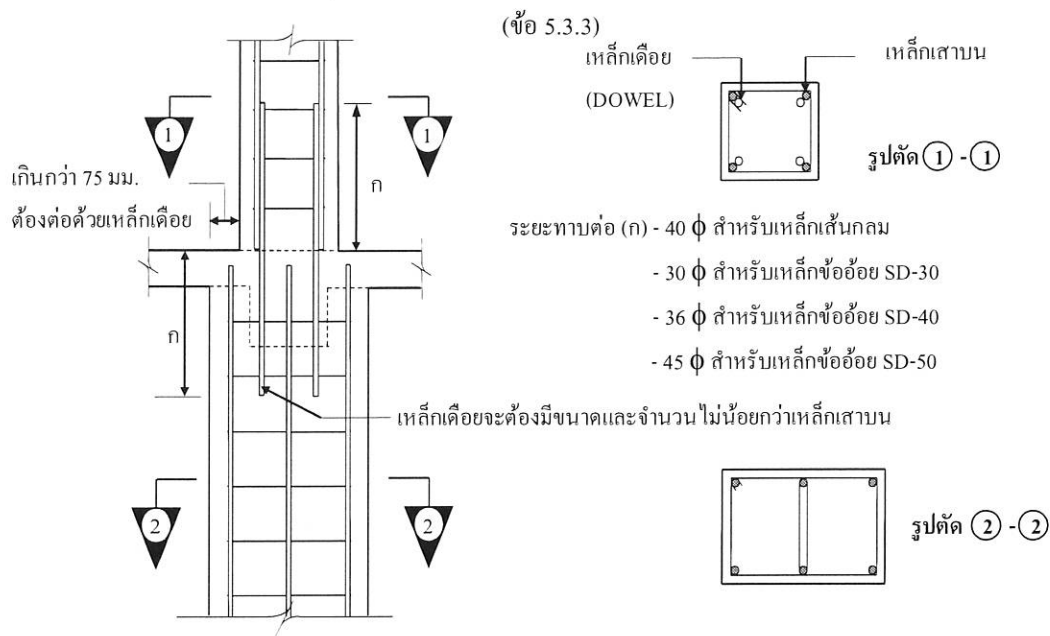
ข. ในกรณีที่คานมีความลึกมากกว่า 1/10 ของความยาวช่วงตำแหน่งต่างๆ ของเหล็กคอกม้าจะใช้ตามรูปข้างบนนี้ไม่ได้

### รูปที่ 3 การตัดเหล็กคอกม้าในคาน

(ข้อ 5.3.3)

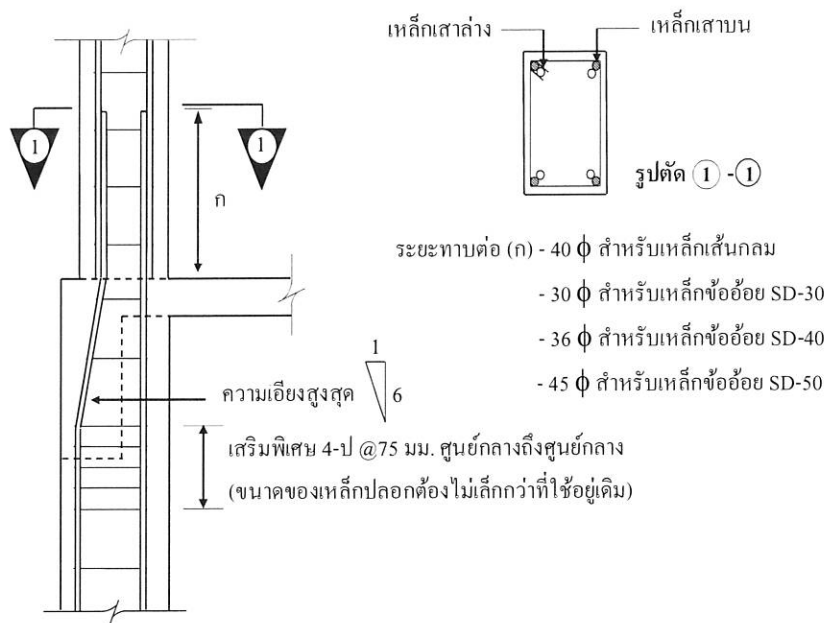


รูปที่ 4 การต่อเหล็กเสาในกรณีเสามีหน้าตัดไม่เท่ากัน



รูปที่ 5 กรณีเสามีหน้าตัดไม่เท่ากันศูนย์ตรงกัน

(ข้อ 5.3.3)



รูปที่ 6 กรณีเสามีหน้าตัดไม่เท่ากันศูนย์เอียงกัน  
 (ข้อ 5.3.3)

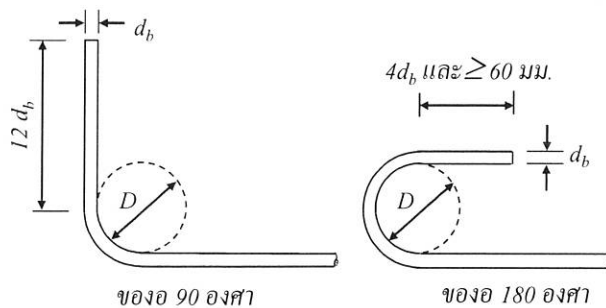
#### 5.3.4 การงอปลายเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

หากแบบรายละเอียดและรายการประกอบแบบเฉพาะงานไม่ได้ระบุการงอปลายเหล็กเสริมให้งอ  
 ขอบโดยวิธีัดเข็น และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 5.3.4.1 ของอของเหล็กเสริมตามยาวให้ปฏิบัติดังนี้

- (1) ของอเป็นมุมฉากหรือของอ 90 องศา ให้ใช้กับเหล็กข้ออ้อยทุกขนาดและเหล็กเส้น  
 กลมขนาดตั้งแต่ 15 มิลลิเมตรขึ้นไป การงอขอให้ปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อย  
 กว่า 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น
- (2) ของอเป็นครึ่งวงกลมหรือของอ 180 องศา ให้ใช้กับเหล็กเส้นกลมที่มีขนาดเล็กกว่า 15  
 มิลลิเมตร การงอขอให้ปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่าน  
 ศูนย์กลางของเหล็กนั้น แต่ทั้งนี้ระยะดังกล่าวจะต้องไม่น้อยกว่า 60 มิลลิเมตร



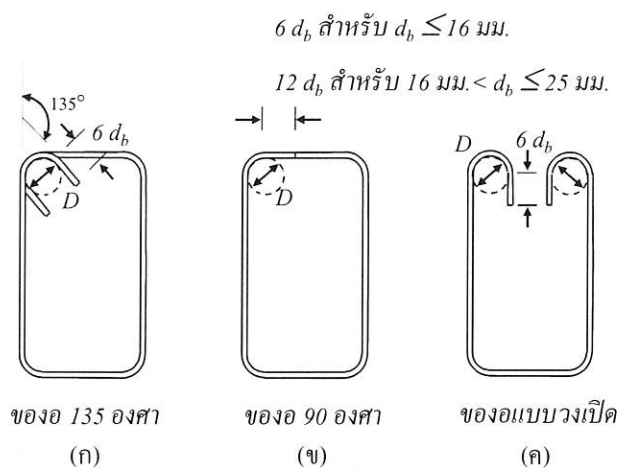


รูปที่ 7 ของอสำหรับเหล็กเสริมตามยาว

(ข้อ 5.3.4.1)

5.3.4.2 ของอของเหล็กผูกตั้ง (Stirrup) และเหล็กปลอกเดี่ยว (Tie) ให้ปฏิบัติดังนี้

- (1) เหล็กเสริมที่มีขนาดตั้งแต่ 25 มิลลิเมตร ลงมา ให้ใช้ของอ 135 องศาหรือของอแบบวงเปิด โดยส่วนปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น (รูปที่ 8 (ก) และ (ค))
- (2) เหล็กเสริมที่มีขนาดไม่มากกว่า 16 มิลลิเมตร หากไม่ใช่ของอตาม (1) สามารถใช้ของอเป็นมุมฉากหรือของอ 90 องศาได้ โดยส่วนปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น (รูปที่ 8 (ข))
- (3) เหล็กเสริมที่มีขนาดตั้งแต่ 19 มิลลิเมตร ถึง 25 มิลลิเมตร หากไม่ใช่ของอตาม (1) สามารถใช้ของอเป็นมุมฉากหรือของอ 90 องศาได้ โดยส่วนปลายยื่นจะต้องต่อออกไปอีกไม่น้อยกว่า 12 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น (รูปที่ 8 (ข))



รูปที่ 8 ของอสำหรับเหล็กผูกตั้งและเหล็กปลอกเดี่ยว

(ข้อ 5.3.4.2)

(4) ของของเหล็กดัด (Stirrup) และเหล็กปลอกเดี่ยว (Tie) สำหรับการก่อสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคารและพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว พ.ศ. 2550 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ให้เป็นไปตามมาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1301/1302-61: มาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

5.3.4.3 เส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กสุดของโคงการดัดของ (D) ให้วัดด้านในของเหล็กเส้นที่ดัด และจะต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 11 ทั้งนี้ยกเว้นเหล็กดัดและเหล็กปลอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่มากกว่า 16 มิลลิเมตร ให้ใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของการดัดของไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กนั้น

ตารางที่ 11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคงการดัดของตามขนาดของเหล็กเสริม  
(ข้อ 5.3.4.3)

| ขนาดของเหล็กเสริม | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กสุดของโคงการดัดของ (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 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความลึกประสิทธิภาพและระยะหุ้มเหล็กเสริมขององค์อาคารรับแรงดัด ผนัง และองค์อาคารรับแรงอัดให้เป็นไปตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความลึกประสิทธิภาพ และระยะหุ้มเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก  
(ข้อ 5.4.1.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

| ความลึกประสิทธิภาพ (d) | เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของความลึกประสิทธิภาพ | เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของระยะหุ้มเหล็กเสริม |
|------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| $d \leq 200$           | $\pm 10$                                  | -10                                       |
| $d > 200$              | $\pm 15$                                  | -15                                       |

**หมายเหตุ** (1) ระยะจากผิวของเหล็กเสริมล่างถึงผิวล่างของชั้นส่วนโครงสร้าง ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน -5 มม.

(2) ระยะหุ้มเหล็กเสริมยอมให้คลาดเคลื่อนได้ตามตารางที่ 12 แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน  $-1/3$  ของระยะหุ้มเหล็กเสริมที่กำหนดไว้ในแบบรายละเอียด

**5.4.1.2** ตำแหน่งของอและปลายของเหล็กเสริมให้คลาดเคลื่อนตามยาวได้ไม่เกิน  $\pm 50$  มิลลิเมตร ยกเว้นของอและปลายเหล็กเสริมที่อยู่บริเวณปลายชั้นส่วนโครงสร้างที่ไม่ต่อเนื่อง ให้คลาดเคลื่อนตามยาวได้ไม่เกิน  $\pm 15$  มิลลิเมตร

**5.4.2** ไม่ยินยอมให้เชื่อมเหล็กเสริมที่ตัดกัน ยกเว้นได้รับความเห็นชอบจากวิศวกร

## **5.5 การต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต**

**5.5.1** ห้ามต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 36 มิลลิเมตร

**5.5.2** เหล็กเสริมในคาน-แผ่นพื้น นอกจากที่เป็นคานยื่นหรือแผ่นพื้นยื่นหรือที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียด ต้องต่อในตำแหน่งต่อไปนี้

(1) เหล็กเสริมล่างของคาน-แผ่นพื้น: ให้ต่อตรงบริเวณหัวเสาหรือคานจนถึงระยะ  $1/5$  ของความยาวช่วงคานหรือช่วงพื้น โดยวัดจากศูนย์กลางจตุรรองรับ

(2) เหล็กเสริมบนของคาน-แผ่นพื้น: ให้ต่อตรงบริเวณกลางคาน-แผ่นพื้น

สำหรับเหล็กเสริมในเสา หากไม่ระบุในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน ให้ต่อตรงจุดหลังพื้น โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 3 ถึงรูปที่ 6 ในกรณีเหล็กเสริมของอาคารที่รับแรงแผ่นดินไหวให้เป็นไปตามมาตรฐานมยผ.1301/1302: มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว

**5.5.3** รอยต่อของเหล็กเสริมแต่ละเส้นที่อยู่ข้างเคียง ต้องไม่อยู่ในแนวเดียวกัน และควรเหลื่อมกันประมาณ 1.00 เมตร หากไม่จำเป็นจริงๆ แล้วไม่ควรต่อเหล็กเสริม

**5.5.4** การต่อเหล็กเสริมอาจทำได้หลายวิธี คือ

**5.5.4.1** ในการต่อเหล็กเสริมแบบวางทับเหลื่อมกัน สำหรับเหล็กเส้นกลมให้วางทับโดยให้เหลื่อมกันมีระยะยาวไม่น้อยกว่า 40 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้นและปลายของเหล็กที่ต่อต้องค้ำงอได้ตามข้อ 5.3.4 ส่วนเหล็กข้ออ้อยให้วางทับกันโดยมีต้องงอขอและมีระยะยาวไม่น้อยกว่า 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางสำหรับเหล็กข้ออ้อย SD 30 ไม่น้อยกว่า 36 เท่าสำหรับเหล็กข้ออ้อย SD 40 และไม่น้อยกว่า 45 เท่าสำหรับเหล็กข้ออ้อย SD 50

**5.5.4.2** การต่อโดยวิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้าให้เป็นไปตามข้อ 5.6

**5.5.4.3** ในการต่อเหล็กเสริมโดยอุปกรณ์ทางกล กำลังของรอยต่อจะต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 125 ของกำลังครากของเหล็กเสริมที่ได้รับการต่อนั้น

## 5.6 การเชื่อมต่อเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตด้วยไฟฟ้า

### 5.6.1 ลวดเชื่อมและกระแสไฟฟ้าที่ใช้

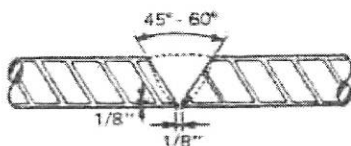
5.6.1.1 ไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมต้องมีกำลังเพียงพอ การต่อให้เชื่อมแบบต่อชน (Butt Weld) และต้องเป็นไปตามมาตรฐานของการเชื่อมต่อ รอยต่อต้องมีแรงต้านแรงดึงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 125 ของกำลังครากของเหล็กเส้นที่คำนวณได้ตามตารางที่ 1 สำหรับเหล็กเส้นกลม และตารางที่ 3 สำหรับเหล็กข้ออ้อย

5.6.1.2 ลวดเชื่อมที่นำมาใช้เชื่อม ให้ใช้ลวดเชื่อมที่มีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 49: มาตรฐานลวดเชื่อมมีสารพอกหุ้มใช้เชื่อมเหล็กกล้าอะลูมิเนียมด้วยอาร์ก

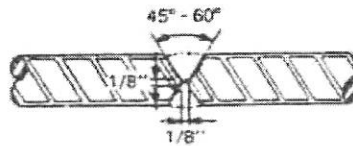
5.6.1.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวดเชื่อม และกระแสไฟฟ้าที่ใช้เชื่อมจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของบริษัทผู้ผลิตลวดเชื่อมนั้น ๆ กำหนดไว้

### 5.6.2 การต่อเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อย

5.6.2.1 การเชื่อมต่อจะต้องเป็นไปตามรูปแบบของการต่อในรูปที่ 9 แบบใดแบบหนึ่ง



(ก) Single – V – Groove Weld



(ข) Double – V – Groove Weld

Full Penetration Welds

### รูปที่ 9 รูปแบบของการต่อเหล็กเสริม

(ข้อ 5.6.2.1)

5.6.2.2 ตำแหน่งการต่อเหล็กจะต้องไม่ต่อเนื่อง จุดที่เหล็กจอย รอยต่อจะอยู่ห่างจากจุดที่เหล็กงออย่างน้อย 50 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น

5.6.2.3 การต่อเหล็กให้ต่อเนื่อง ตำแหน่งที่เหล็กรับแรงน้อยที่สุด ในกรณีที่ไม่สามารถต่อเหล็ก ณ จุดที่กำหนดดังกล่าวได้ ให้เสริมเหล็กปลอกมากขึ้นจากเดิมเป็นสองเท่า ในระยะห่างจากปลายของเหล็กที่เชื่อมแต่ละปลายออกไปอย่างน้อย 15 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้น

### 5.6.3 รายละเอียดการปฏิบัติ

การเชื่อมต่อเหล็กให้ปฏิบัติ ดังนี้

5.6.3.1 เหล็กที่จะนำมาเชื่อมจะต้องตัดปลายให้เอียงลาดตามรูปแบบการต่อในรูปที่ 9

5.6.3.2 บริเวณปลายเหล็กที่ตัดก่อนที่จะนำมาเชื่อมจะต้องขัดให้เรียบและสะอาดปราศจากฝุ่น ี น้ำมัน

5.6.3.3 เหล็กเส้นที่จะนำมาเชื่อมต่อกันจะต้องวางให้ได้แนวเส้นผ่านศูนย์กลางของกันและกัน ขณะที่ทำการเชื่อมควรวางอยู่บนที่รองรับยาวประมาณข้างละ 1 เมตร ห่างจากจุดที่จะเชื่อมต่อ

5.6.3.4 การเชื่อมจะต้องเชื่อมเป็นชั้นๆ หรือเป็นแนวๆ ตามลำดับดังตัวอย่างที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 10 เมื่อเชื่อมเสร็จแต่ละชั้นหรือแต่ละแนว การเชื่อมชั้นต่อไปจะต้องเคาะขี้เหล็กออกให้หมดทุกครั้ง แล้วแปรงให้สะอาดเสียก่อน



รูปที่ 10 ลำดับการเชื่อม

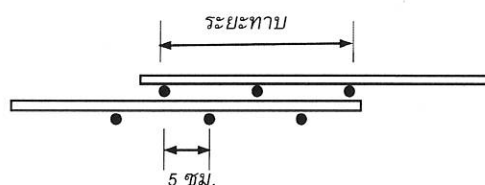
(ข้อ 5.6.3.4)

5.6.3.5 ระหว่างการเชื่อมแต่ละชั้นให้ปล่อยทิ้งไว้ในอากาศจนอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียส โดยการวัดที่ผิวตรงจุดกึ่งกลางความยาวของแนวเชื่อม ห้ามกระทำการใด ๆ เพื่อที่จะเร่งให้อุณหภูมิลดลง

### 5.7 การต่อทาบตะแกรงเหล็ก

ตะแกรงเหล็กที่ใช้เป็นเหล็กเสริมในแผ่นพื้น จะต้องมีการต่อทาบ ดังนี้

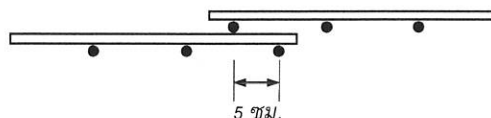
5.7.1 ควรหลีกเลี่ยงการต่อทาบโดยใช้วิธีทาบ ณ บริเวณที่มีหน่วยแรงสูงสุด (ตำแหน่งที่ลวดพื้นรับแรงเกินกว่าครึ่งของหน่วยแรงที่ยอมให้) แต่ถ้าจำเป็นจะต้องใช้การต่อวิธีนี้ ต้องมีระยะทาบของตะแกรงไม่น้อยกว่าระยะเรียงของเส้นลวดบวกเพิ่มอีก 5 เซนติเมตร



รูปที่ 11 ระยะต่อทาบตะแกรงเหล็ก

(ข้อ 5.7.1)

- 5.7.2 การต่อลวดตะแกรงที่รับแรงไม่เกินครึ่งหนึ่งของหน่วยแรงที่ยอมให้จะต้องมีระยะทับไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร



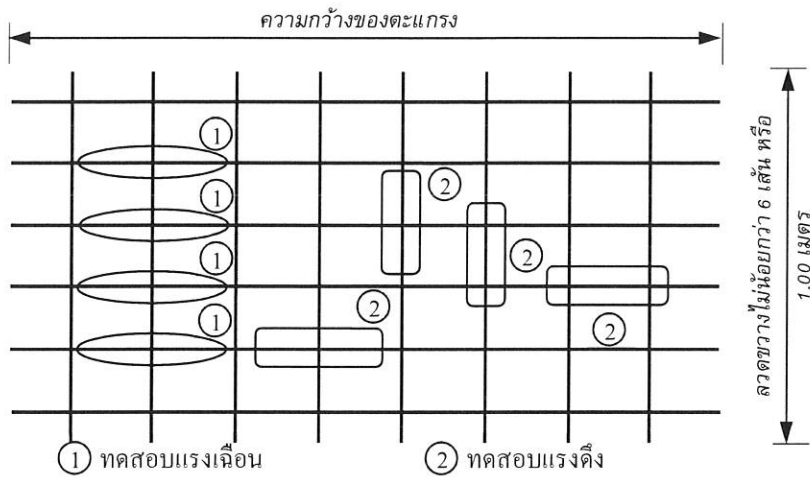
รูปที่ 12 ระยะต่อทับตะแกรงเหล็ก  
(ข้อ 5.7.2)

#### 5.8 การเก็บตัวอย่างเหล็กเส้นเพื่อการทดสอบ

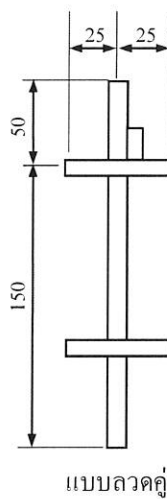
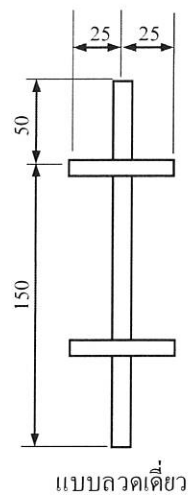
- 5.8.1 การเก็บตัวอย่างให้ตัดเหล็กเส้นทุก ๆ ขนาด แต่ละขนาดให้ตัดตัวอย่างยาวไม่น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร จากเหล็กเส้น 1 เส้น เพื่อทำการทดสอบสมบัติทางกลตามข้อ 4.1.1 ข้อ 4.2.1 หรือ ข้อ 4.3.1 แล้วแต่กรณี
- 5.8.2 การเก็บตัวอย่าง หากเหล็กเส้นในกองเหล็กเส้นมีจำนวนน้อยกว่า 300 เส้น ให้เก็บอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง โดย 1 ตัวอย่าง เก็บจากเหล็กเส้น 1 เส้นเท่านั้น หากจำนวนเหล็กเส้นในกองเหล็กเส้นเกินกว่า 300 เส้น ให้เก็บเพิ่มเติม 1 ตัวอย่างต่อจำนวนเหล็กเส้นทุกๆ 100 เส้น หรือเศษของ 100 เส้น ที่เกิน 300 เส้นขึ้นไป
- 5.8.3 การเก็บตัวอย่างต้องเก็บจากกองเหล็กเส้นแต่ละผู้ผลิตที่นำเข้ามาใหม่ในสถานที่ก่อสร้าง

#### 5.9 การเก็บตัวอย่างตะแกรงเหล็กกล้าเพื่อการทดสอบ

- 5.9.1 เก็บตัวอย่างตะแกรง 1 ผืน ต่อตะแกรง 25,000 ตารางเมตรหรือเศษของ 25,000 ตารางเมตร แล้วตัดตัวอย่างตามแนวความกว้างของตะแกรง ลึกเข้าไป 1 เมตร หรือมีลวดขวางไม่น้อยกว่า 6 เส้น จากนั้นนำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบ (ตามรูปที่ 13) สำหรับทดสอบแรงเฉือนของจุดเชื่อม และทดสอบแรงดึง
- 5.9.2 สำหรับการทดสอบแรงเฉือนของจุดเชื่อม ให้สุ่มจุดเชื่อมมา 4 จุด ดังตัวอย่างในรูปที่ 13 แต่ละจุดตัดให้ลวดขวางยื่นออกจากลวดยืนทั้งสองข้างประมาณ 25 มิลลิเมตร ส่วนลวดยืนต้องยาวพอที่หัวจับจะยึดไว้ได้โดยสะดวก และกรณีเป็นตะแกรงลวดคู่จะทดสอบโดยการดึงลวดยืนเพียงเส้นเดียว ส่วนอีกเส้นให้ตัดออกจากลวดขวางโดยไม่ให้มีผลต่อการทดสอบแรงเฉือนที่จุดเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 14
- 5.9.3 สำหรับการทดสอบแรงดึง ให้ตัดลวดเส้นที่จะทดสอบทั้งลวดยืนและลวดขวาง ให้มีจุดเชื่อมและอยู่ระหว่างจุดเชื่อมอย่างละ 1 ชิ้น รวม 4 ชิ้น ให้มีความยาวเพียงพอที่จะนำไปทดสอบ ดังตัวอย่างในรูป 13 กรณีชิ้นทดสอบที่มีจุดเชื่อม ให้จุดเชื่อมอยู่ประมาณกึ่งกลางของชิ้นทดสอบ และตัดลวดอีกทางหนึ่งให้ยื่นออกไปจากลวดเส้นทดสอบทั้งสองข้างประมาณ 25 มิลลิเมตร



รูปที่ 13 ตำแหน่งในการตัดชิ้นส่วนทดสอบ  
(ข้อ 5.8)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร  
รูปที่ 14 การเก็บตัวอย่างตะแกรงเหล็กกล้าเพื่อการทดสอบแรงเฉือนของจุดเชื่อม  
(ข้อ 5.9.2)

## 5.10 การเก็บตัวอย่างลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเพื่อการทดสอบ

5.10.1 เก็บตัวอย่างลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ 3 มัด กรณีไม่เกิน 500 มัด และ 5 มัด กรณีเกิน 500 มัด โดย 1 มัดจะทดสอบ 3 ตัวอย่าง โดยแต่ละมัดจะนำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบความต้านแรงดึง 3 ชิ้น เพื่อใช้ทดสอบ 1 ชิ้น และสำรองไว้ 2 ชิ้น

#### 5.11 การพิจารณาผลการทดสอบ

ถ้าปรากฏว่าเหล็กเส้นตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้นไม่เป็นไปตามข้อกำหนดให้ถือว่าเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ครั้งและขนาดที่จะนำไปใช้งานนั้นใช้ไม่ได้

### 6. เอกสารอ้างอิง

- (1) มาตรฐาน มขช. 103-2533 มาตรฐานงานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533
- (2) มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1301/1302-61 มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว กรมโยธาธิการและผังเมือง พ.ศ. 2561
- (3) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20-2559 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กเส้นกลม) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2559
- (4) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24-2559 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (เหล็กข้ออ้อย) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2559
- (5) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 194-2535 ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2535
- (6) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 737-2549 ตะแกรงเหล็กกล้าเชื่อมติดเสริมคอนกรีต สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2549
- (7) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 747-2531 ลวดเหล็กกล้าดัดเย็นเสริมคอนกรีต สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2531
- (8) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 943-2533 ลวดเหล็กกล้าข้ออ้อยดัดเย็นเสริมคอนกรีต สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2533



## 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้ครอบคลุมเฉพาะไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างหลัก ได้แก่ เสา คาน ดง จันทัน แป๊ะ และอื่นๆ ที่นำไปใช้ในลักษณะเดียวกัน โดยยกเว้น ไม้แบบ ไม้บานประตู ไม้ประสานทากาว (Glue-Laminated Timber) และไม้อัดประเภทต่างๆ
- 1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างอาคารและส่วนต่างๆ ของอาคารไม้เป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความประหยัด ปลอดภัย และคงทน
- 1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 10 นิวตัน

## 2. นิยาม

- “**กระพี้ (Sapwood)**” หมายถึง ส่วนของเนื้อไม้ซึ่งอยู่ระหว่างเปลือกชั้นในกับแกน ปกติมีสีจางกว่าแก่นซึ่งลึกเข้าไป และมักมีขอบเขตแบ่งกันเห็นได้ชัด แต่ไม้บางชนิดอาจมีกระพี้กับแก่นแบ่งขอบเขตกันเห็นไม่ชัดเจนก็ได้
- “**ความต้านแรงดัดโค้งสูงสุด (Modulus of Rupture)**” หมายถึง กำลังต้านทานการดัดที่ได้จากการคำนวณสูตรแรงดัดของคานภายใต้น้ำหนักบรรทุกที่ทำให้คานเกิดการวิบัติในลักษณะการดัด
- “**ความต้านแรงอัดขนานเส้นสูงสุด**” หมายถึง กำลังต้านทานของไม้ต่อแรงอัดที่ขนานกับแนวแกน หรือความยาวของไม้
- “**ความทนทานตามธรรมชาติ**” หมายถึง ความทนทานของไม้ที่มีต่อสภาวะธรรมชาติของดินฟ้าอากาศ ซึ่งได้มาจากการทดสอบตามกรรมวิธีของกรมป่าไม้
- “**ตา (Knot)**” หมายถึง ส่วนของกิ่งที่ติดอยู่ในไม้แปรรูป
- “**ตาหนาม (Spike Knot)**” หมายถึง ตาซึ่งซึ่งมีลักษณะปลายแหลมเสียบเข้าไปสู่ใจของไม้ มักพบในไม้ที่ขอยตามแนวรัศมี ทำให้กิ่งถูกผ่าไปตามแนวยาว
- “**บ่า (Wane)**” หมายถึง พื้นผิวส่วนกลมเดิมของต้นไม้ที่ยังคงอยู่บนชิ้นไม้แปรรูป ปรากฏว่าอยู่ตรงส่วนที่ควรเป็นเหลี่ยมของไม้
- “**ปริมาณความชื้น**” หมายถึง ปริมาณความชื้นที่มีในไม้ คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักไม้ที่อบแห้งจนน้ำหนักคงที่
- “**ไม้เนื้อแข็ง**” หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงดัดโค้งสูงสุดมากกว่า 100 เมกาปาสกาล (1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 6 ปี
- “**ไม้เนื้อแข็งปานกลาง**” หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงดัดโค้งสูงสุดระหว่าง 60 ถึง 100 เมกาปาสกาล (600 ถึง 1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 2 ปี

“ไม้เนื้ออ่อน” หมายถึง ไม้ที่มีความต้านแรงดัดโค้งสูงสุดต่ำกว่า 60 เมกาปาสกาล (600 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ในสภาพที่เป็นไม้แห้ง และมีความทนทานตามธรรมชาติต่ำกว่า 2 ปี

“รอยปริ (Check)” หมายถึง รอยแยกเล็กๆ ตามแนวเส้นและตามแนวรัศมีของไม้แปรรูป แต่ไม่ลึกจนถึงด้านตรงกันข้ามหรือด้านข้างเคียง

“เสี้ยนลาด (Sloping Grain)” หมายถึง เส้นที่ไม้ทอดไปตามแนวยาวของไม้แปรรูป

### 3. มาตรฐานอ้างอิง

#### 3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ. 1221 ถึง มยพ. 1227 มาตรฐานการทดสอบงานไม้ของกรมโยธาธิการและผังเมือง

3.1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 421: ไม้แปรรูป-ข้อกำหนดทั่วไป

3.1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมอก. 424: ไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป

3.1.4 มาตรฐานการอาบน้ำยาของกรมป่าไม้

3.1.5 มาตรฐานสมาคมวิศวกรรมาสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท. 1002: มาตรฐานสำหรับอาคารไม้

3.2 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้ นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร

3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้มีความขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างอิงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ

### 4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

#### 4.1 ชนิดและชั้นคุณภาพของไม้

4.1.1 ไม้ที่ใช้เป็น โครงสร้างหลักของอาคารต้องเป็น ไม้เนื้อแข็งที่มีความต้านแรงดัดสูงสุดไม่น้อยกว่า 100 เมกาปาสกาล (1,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ความต้านแรงอัดขนานเส้นสูงสุดไม่น้อยกว่า 52 เมกาปาสกาล (520 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ปริมาณความชื้นร้อยละ 10 ถึง 14 และมีความทนทานตามธรรมชาติมากกว่า 6 ปี ตามผนวก ก

4.1.2 หากจำเป็นต้องใช้ ไม้ นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในผนวก 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 ตัวอย่างของไม้ที่เลื่อนขึ้นเป็นไม้เนื้อแข็งได้โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้แสดงไว้ในผนวก 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) ใช้ที่และขึ้น | 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 ไม้ที่ใช้เป็นส่วนประกอบอื่นที่มีใช้โครงสร้างหลัก เช่น ไม้สำหรับทำ คร่าวฝา คร่าวเพดาน เป็นต้น ให้ใช้ไม้เนื้อแข็งปานกลาง หรือ ไม้เนื้ออ่อนได้

## 4.2 ขนาดของไม้

4.2.1 ขนาดของ โครงสร้างไม้ที่กำหนดในแบบรายละเอียดหรือในรายการเป็นขนาดระบุที่ยังมิได้แต่งไส ให้เรียบตามที่ใช้เรียกกันอยู่ในท้องตลาด

4.2.2 ไม้ต่างๆ ที่นำมาใช้ทั้งโดยไสเรียบหรือไม่ไสเรียบ จะต้องมีความหนาหรือความลึกน้อยกว่าขนาดระบุได้ไม่เกินค่าในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความแฉกหรือความกว้างที่ยอมให้น้อยกว่าขนาดระบุ

(ข้อ 4.2.2)

| ความแฉกหรือความกว้างของขนาดระบุ                     | ไม้ที่ไสเรียบก่อนนำไปใช้<br>มิลลิเมตร | ไม้ที่ไม่ไสเรียบก่อนนำไปใช้<br>มิลลิเมตร |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|
| ตั้งแต่ 152 มม. (6 นิ้ว) ขึ้นไป                     | 12.0                                  | 6.0                                      |
| ตั้งแต่ 76 มม. (3 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 152 มม. (6 นิ้ว) | 9.0                                   | 6.0                                      |
| ตั้งแต่ 25 มม. (1 นิ้ว) แต่ไม่เกิน 76 มม. (3 นิ้ว)  | 7.5                                   | 4.0                                      |
| น้อยกว่า 25 มม. (1 นิ้ว)                            | 6.0                                   | —                                        |

## 4.3 ชั้นคุณภาพของไม้ ชั้นคุณภาพของไม้สำหรับงาน โครงสร้าง 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 จะต้องมีความเป็นไปตามเกณฑ์กำหนด ดังต่อไปนี้

##### 4.4.1 ตารางขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้เป็นไปตามตารางที่ 3

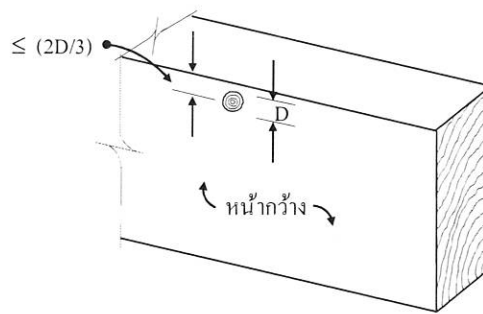
ตารางที่ 3 ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้

(ข้อ 4.4.1)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร (นิ้ว)

| หน้าไม้  | องค์การรับแรงดัด        |                          |                          |                         |                          |                          |                          |                          |                           | องค์การรับแรงอัด         |                          |                           |
|----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
|          | 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<br>( $\frac{3}{8}$ )  | 22<br>( $\frac{7}{8}$ )  | 32<br>( $1\frac{1}{4}$ ) | 6<br>( $\frac{1}{4}$ )  | 13<br>( $\frac{1}{2}$ )  | 18<br>( $\frac{5}{8}$ )  | 9<br>( $\frac{3}{8}$ )   | 22<br>( $\frac{7}{8}$ )  | 32<br>( $1\frac{1}{4}$ )  | 9<br>( $\frac{3}{8}$ )   | 22<br>( $\frac{7}{8}$ )  | 32<br>( $1\frac{1}{4}$ )  |
| 102 (4)  | 13<br>( $\frac{1}{2}$ ) | 28<br>( $1\frac{1}{8}$ ) | 41<br>( $1\frac{5}{8}$ ) | 6<br>( $\frac{1}{4}$ )  | 16<br>( $\frac{5}{8}$ )  | 22<br>( $\frac{7}{8}$ )  | 13<br>( $\frac{1}{2}$ )  | 28<br>( $1\frac{1}{8}$ ) | 41<br>( $1\frac{5}{8}$ )  | 13<br>( $\frac{1}{2}$ )  | 28<br>( $1\frac{1}{8}$ ) | 41<br>( $1\frac{5}{8}$ )  |
| 127 (5)  | 16<br>( $\frac{5}{8}$ ) | 35<br>( $1\frac{3}{8}$ ) | 50<br>(2)                | 9<br>( $\frac{3}{8}$ )  | 19<br>( $\frac{3}{4}$ )  | 28<br>( $1\frac{1}{8}$ ) | 13<br>( $\frac{1}{2}$ )  | 35<br>( $1\frac{3}{8}$ ) | 50<br>(2)                 | 13<br>( $\frac{1}{2}$ )  | 35<br>( $1\frac{3}{8}$ ) | 50<br>(2)                 |
| 152 (6)  | 19<br>( $\frac{3}{4}$ ) | 41<br>( $1\frac{5}{8}$ ) | 57<br>( $2\frac{1}{4}$ ) | 9<br>( $\frac{3}{8}$ )  | 22<br>( $\frac{7}{8}$ )  | 32<br>( $1\frac{1}{4}$ ) | 19<br>( $\frac{3}{4}$ )  | 44<br>( $1\frac{3}{4}$ ) | 57<br>( $2\frac{1}{4}$ )  | 19<br>( $\frac{3}{4}$ )  | 44<br>( $1\frac{3}{4}$ ) | 57<br>( $2\frac{1}{4}$ )  |
| 203 (8)  | 19<br>( $\frac{3}{4}$ ) | 48<br>( $1\frac{7}{8}$ ) | 64<br>( $2\frac{1}{2}$ ) | 13<br>( $\frac{1}{2}$ ) | 32<br>( $1\frac{1}{4}$ ) | 44<br>( $1\frac{3}{4}$ ) | 25<br>(1)                | 54<br>( $2\frac{1}{8}$ ) | 76<br>(3)                 | 25<br>(1)                | 54<br>( $2\frac{1}{8}$ ) | 76<br>(3)                 |
| 254 (10) | 22<br>( $\frac{7}{8}$ ) | 51<br>(2)                | 73<br>( $2\frac{7}{8}$ ) | 13<br>( $\frac{1}{2}$ ) | 38<br>( $1\frac{1}{2}$ ) | 50<br>(2)                | 28<br>( $1\frac{1}{8}$ ) | 70<br>( $2\frac{3}{4}$ ) | 95<br>( $3\frac{3}{4}$ )  | 28<br>( $1\frac{1}{8}$ ) | 70<br>( $2\frac{3}{4}$ ) | 95<br>( $3\frac{3}{4}$ )  |
| 305 (12) | 25<br>(1)               | 57<br>( $2\frac{1}{4}$ ) | 76<br>(3)                | 19<br>( $\frac{3}{4}$ ) | 44<br>( $1\frac{3}{4}$ ) | 64<br>( $2\frac{1}{2}$ ) | 32<br>( $1\frac{1}{4}$ ) | 79<br>( $3\frac{1}{8}$ ) | 111<br>( $4\frac{3}{8}$ ) | 32<br>( $1\frac{1}{4}$ ) | 79<br>( $3\frac{1}{8}$ ) | 111<br>( $4\frac{3}{8}$ ) |
| 356 (14) | 25<br>(1)               | 60<br>( $2\frac{3}{8}$ ) | 83<br>( $3\frac{1}{4}$ ) | 19<br>( $\frac{3}{4}$ ) | 44<br>( $1\frac{3}{4}$ ) | 66<br>( $2\frac{5}{8}$ ) | 34<br>( $1\frac{3}{8}$ ) | 86<br>( $3\frac{3}{8}$ ) | 117<br>( $4\frac{5}{8}$ ) | 34<br>( $1\frac{3}{8}$ ) | 86<br>( $3\frac{3}{8}$ ) | 117<br>( $4\frac{5}{8}$ ) |
| 406 (16) | 25<br>(1)               | 64<br>( $2\frac{1}{2}$ ) | 89<br>( $3\frac{1}{2}$ ) | 19<br>( $\frac{3}{4}$ ) | 50<br>(2)                | 70<br>( $2\frac{3}{4}$ ) | 38<br>( $1\frac{1}{2}$ ) | 89<br>( $3\frac{1}{2}$ ) | 127<br>(5)                | 38<br>( $1\frac{1}{2}$ ) | 89<br>( $3\frac{1}{2}$ ) | 127<br>(5)                |

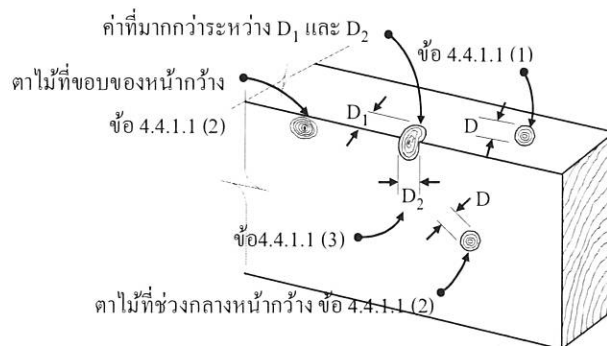
**หมายเหตุ** ตาไม้ที่อยู่บนหน้ากว้างขององค์อาคารรับแรงดัดจะถือว่าเป็นตาไม้ที่ขอบของหน้ากว้าง ต่อเมื่อจุดศูนย์กลางของตาดังกล่าวอยู่ภายในสองในสามของเส้นผ่านศูนย์กลางตาไม้เมื่อ วัดจากขอบ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 เกณฑ์การจำแนกตาไม้ที่ขอบของหน้ากว้างขององค์อาคารรับแรงดัด  
(ข้อ 4.4.1)

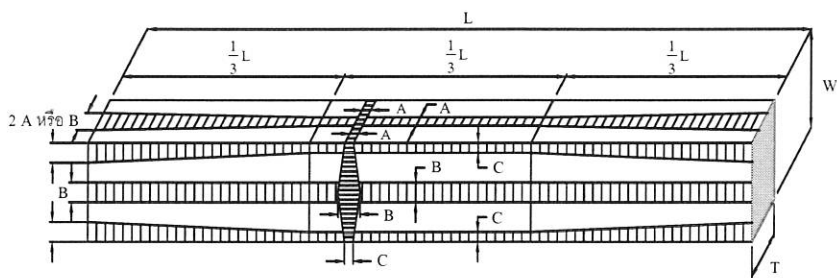
#### 4.4.1.1 ขนาดของตาสำหรับองค์อาคารรับแรงดัด

- (1) ขนาดของตาบนหน้าแคบในแต่ละแห่งให้วัดจากความกว้างระหว่างเส้นตรงที่สัมผัสกับตาและขนานกับขอบของชิ้นไม้นั้น (รูปที่ 2)
- (2) ขนาดของตาบนหน้ากว้างในแต่ละแห่งให้วัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของตานั้น สำหรับขนาดของตาที่ขอบของหน้ากว้างให้ใช้การกำหนดขนาดเหมือนกับตาบนหน้าแคบ (รูปที่ 2)
- (3) ขนาดของตาไม้ที่มุมตัด (Comer Knot) ให้วัดจากความกว้างบนหน้าแคบระหว่างเส้นตรงที่สัมผัสกับตาและขนานกับขอบของชิ้นไม้นั้น หรือวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของตาบนหน้ากว้าง แล้วแต่ค่าใดจะให้ค่าที่สูงกว่า (รูปที่ 2)
- (4) เมื่อแบ่งคานช่วงเดี่ยวยออกเป็นสามส่วนเท่าๆ กัน ขนาดสูงสุดของตาไม้ที่ยอมให้มีสำหรับช่วงกลางคานนั้นให้เป็นไปตามค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 3 ส่วนช่วงหัวท้ายของคานที่เหลืออีกสองส่วนนั้น ขนาดสูงสุดของตาไม้ที่ยอมให้มีบนหน้าแคบและที่ขอบของหน้ากว้างจะแปรผันเป็นเชิงเส้นกับระยะห่างจากปลายคาน โดยขนาดที่ยอมให้ดังกล่าวเมื่อวัดระยะจากปลายคานทั้งส่วนหัวและส่วนท้ายเป็นระยะหนึ่งในสามของความยาวช่วงคานให้ใช้ค่าที่ระบุไว้ในตารางที่ 3 และจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าที่ปลายคานตามรายละเอียดแสดงในรูปที่ 3 แต่ทั้งนี้ขนาดสูงสุดที่เพิ่มขึ้นที่ตำแหน่งใดๆ ในบริเวณดังกล่าวจะต้องมีค่าไม่มากกว่าขนาดสูงสุดที่ยอมให้ของตาที่กึ่งกลางบนหน้ากว้าง



รูปที่ 2 การวัดขนาดตาในองค์อาคารรับแรงดัด

[ข้อ 4.4.1.1 (1) ถึง (3)]



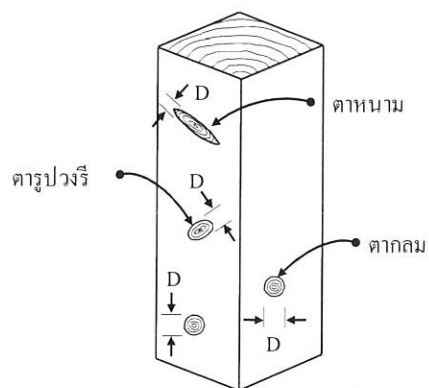
- หมายเหตุ**
- A = ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้ของหน้าแคบตามตารางที่ 3
  - B = ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้ที่ช่วงกลางของหน้ากว้างตามตารางที่ 3
  - C = ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้ที่ขอบของหน้ากว้างตามตารางที่ 3
  - L = ความยาวช่วงของคาน
  - T = ความแคบของหน้าตัด
  - W = ความกว้างของหน้าตัด

รูปที่ 3 ขนาดสูงสุดของตาที่ยอมให้ในองค์อาคารรับแรงดัด

[ข้อ 4.4.1.1 (4)]

#### 4.4.1.2 ขนาดของตาสำหรับองค์อาคารรับแรงอัด

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

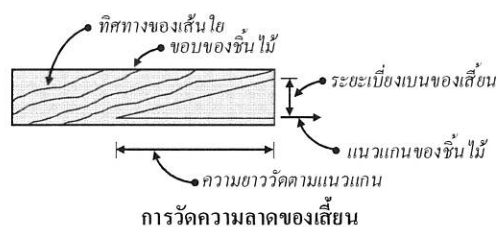


รูปที่ 4 การวัดขนาดตาในองค์อาคารรับแรงอัด  
(ข้อ 4.4.1.2)

#### 4.4.2 เส้นลาด ความลาดของเส้นต้องไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความลาดของเส้นที่ยอมให้  
(ข้อ 4.4.2)

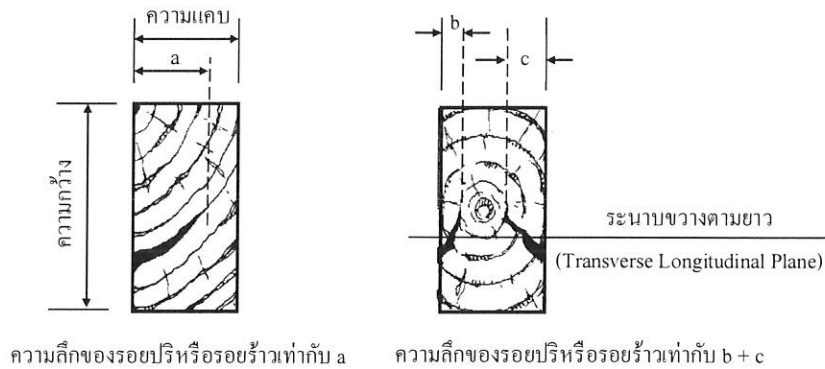
| ชั้นคุณภาพของไม้ | รับแรงดัด<br>หรือแรงดึงขนาน<br>เส้น | รับแรงอัดขนาน<br>เส้น |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| ชั้นหนึ่ง        | 1 ต่อ 20                            | 1 ต่อ 15              |
| ชั้นสอง          | 1 ต่อ 15                            | 1 ต่อ 11              |
| ชั้นสาม          | 1 ต่อ 11                            | 1 ต่อ 8               |



#### 4.4.3 รอยปริหรือรอยร้าว รอยปริหรือรอยร้าวที่ปลายไม้จะลึกได้ไม่เกินกว่าค่าดังนี้

- (1) 1 ใน 5 ของความแคบไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง
- (2) 1 ใน 3 ของความแคบไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง
- (3) 1 ใน 2 ของความแคบไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม

หากต้องการใช้ไม้ที่มีรอยปริหรือรอยร้าวเกินกว่าค่าที่กำหนด จะต้องดำเนินการทดสอบหรือ  
ประเมินทางวิศวกรรมที่สามารถแสดงได้ว่า รอยร้าวดังกล่าวไม่มีผลต่อกำลังของโครงสร้าง

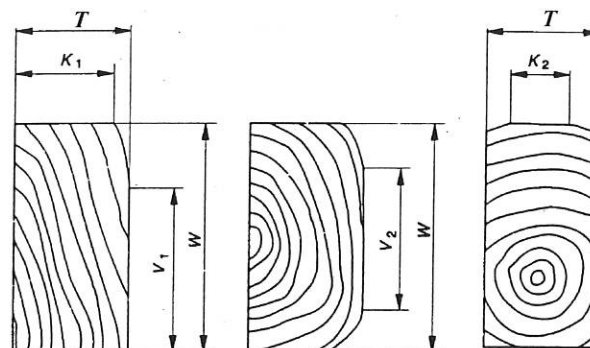


รูปที่ 5 การวัดความลึกของรอยปริหรือรอยร้าว

(ข้อ 4.4.3)

#### 4.4.4 บ่า ต้องมีขนาดกว้างไม่เกินกว่าค่าดังต่อไปนี้

- (1) 1 ใน 8 ของความแคบหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง
- (2) 1 ใน 5 ของความแคบหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง
- (3) 1 ใน 4 ของความแคบหรือความกว้างไม้ สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม



$K_1$  และ  $K_2 \geq 7/8$  ของความแคบ T สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง

$\geq 4/5$  ของความแคบ T สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง

$\geq 3/4$  ของความแคบ T สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม

$V_1$  และ  $V_2 \geq 7/8$  ของความกว้าง W สำหรับไม้แปรรูปชั้นหนึ่ง

$\geq 4/5$  ของความกว้าง W สำหรับไม้แปรรูปชั้นสอง

$\geq 3/4$  ของความกว้าง W สำหรับไม้แปรรูปชั้นสาม

รูปที่ 6 การวัดบ่า

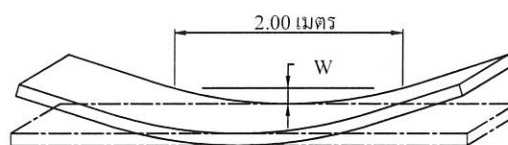
(ข้อ 4.4.4)



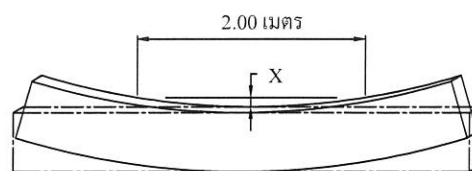
4.4.5 กระพี้ กระพี้ยอมให้มีได้สำหรับงานก่อสร้างชั่วคราว ถ้าเป็นงานก่อสร้างถาวร หน้าทั้งสี่ของไม้แต่ละหน้าต้องมีส่วนที่เป็นแก่นให้เห็นได้อย่างน้อยร้อยละ 85 และต้องทำการอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้เสียก่อน

4.4.6 การเสียรูป ข้อจำกัดของการเสียรูปให้เป็นไปตามรูปที่ 7

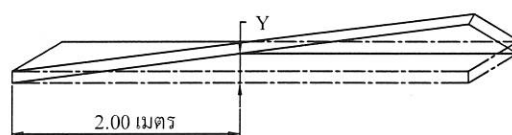
| ชนิด              | ความเสียรูปสูงสุดที่ยอมให้           |
|-------------------|--------------------------------------|
| แอ่น<br>(แนวนอน)  | 10 มิลลิเมตร                         |
| แอ่น<br>(แนวตั้ง) | 8 มิลลิเมตร                          |
| บิด               | 1 มิลลิเมตรต่อความกว้าง 25 มิลลิเมตร |



W = ระยะแอ่นแนวนอน  $\leq 10$  มิลลิเมตร



X = ระยะแอ่นแนวตั้ง  $\leq 8$  มิลลิเมตร



Y = ระยะบิด  $\leq 1$  มิลลิเมตรต่อความกว้าง 25 มิลลิเมตร

รูปที่ 7 การเสียรูปสูงสุดที่ยอมให้ในช่วงความยาว 2 เมตร

(ข้อ 4.4.6)

## 5. การเก็บและส่งตัวอย่างไม้เพื่อทดสอบ

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

## 6. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

- 6.1 ไม้ที่นำมาใช้จะต้องมีขนาดและประเภทเป็นไปตามที่กำหนดในแบบและรายการประกอบแบบเฉพาะงาน
- 6.2 ไม้ท่อนใดที่มีน้ำหนักรวมผิดปกติ มีรูมอด หรือมีเนื้อผุด้วยเหตุใดก็ตามให้คัดออก ห้ามนำมาใช้
- 6.3 รอยต่อของโครงสร้างไม้สามารถใช้ได้ทั้ง ตะปู สลักเกลียว แหวนยึดหรืออุปกรณ์ยึดอื่นใด โดยที่รอยต่อของโครงสร้างหลักจะต้องมีความแข็งแรงสามารถส่งผ่านแรงได้อย่างปลอดภัย

6.4 จุดต่อที่ใช้สลักเกลียว รูจะนำในไม้จะต้องให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เพียงพอที่จะสามารถสอดสลักเกลียวเข้าไปในรูได้โดยง่าย ขนาดของรูจะนำจะต้องใหญ่กว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียวตั้งแต่ 0.8 มิลลิเมตร ถึง 1.6 มิลลิเมตร โดยขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของสลักเกลียวที่ใช้

6.5 สำหรับรอยต่อของโครงสร้างที่ใช้สลักเกลียว ระยะเรียง ระยะเคียง และระยะปลายให้เป็นไปตามมาตรฐานสำหรับอาคารไม้ของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ว่าด้วยการต่อองค์อาคาร โดยด้วยยึดเรียงแบบสลักเกลียว

6.6 ดงและคานที่มีอัตราส่วนความลึกต่อความหนาเท่ากับหรือเกินกว่า 6 จะต้องค้ำยันด้านข้างเป็นระยะๆ ไม่เกินกว่า 2.50 เมตร

6.7 การก่อสร้างในที่กลางแจ้ง ที่และชั้น 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 ส่วนพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2547
- (4) มาตรฐาน มยธ. 104-2533 งานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2533
- (5) มาตรฐาน วสท. 1002-16: มาตรฐานสำหรับอาคารไม้ สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2517
- (6) ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย ฝ่ายวิจัยไม้ชั้นพื้นฐาน กองวิจัยผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2528

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน

| ลำดับ | ชนิดไม้           | ชื่อพฤกษศาสตร์                         | ความแข็งแรงในการตัด (MPa) | ความแข็งแรงอัดสูงสุด ขนานเส้น (MPa) | ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี) |
|-------|-------------------|----------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1     | กะโดน             | Careya arborea Roxb.                   | 108                       | 51                                  | 7                         |
| 2     | กะพี้เขาควาย      | Dalbergia cultrata Graham              | 175                       | 60                                  | 6.8                       |
| 3     | กระตังหัน         | Calophyllum floribundum<br>Hk.f.       | 118                       | 64                                  | 7.1                       |
| 4     | ก้นเกรรา          | Fagraea fragrans Roxb.                 | 142                       | 64                                  | 7.6                       |
| 5     | ขานาง             | Homalium tomentosum<br>Benth.          | 134                       | 66                                  | 6.2                       |
| 6     | เขลง              | Dialium cochinchinense<br>Pierre       | 166                       | 90                                  | 13.5                      |
| 7     | เคี่ยม            | Cotylelobium lanceolatum<br>Craib      | 146                       | 69                                  | 15                        |
| 8     | เคี่ยมคะนอง       | Shorea sericeiflora Fisch. &<br>Hutch. | 141                       | 59                                  | 14.4                      |
| 9     | แคทราย            | Stereospermum neuranthum<br>Kurz       | 128                       | 64                                  | 22.9                      |
| 10    | ชัน หรือ เต็งตานี | Shorea thorelii Pierre ex<br>Laness.   | 131                       | 61                                  | 15                        |
| 11    | ชิงชัน            | Dalbergia oliveri Gamble               | 174                       | 126                                 | 15                        |
| 12    | ชาก               | Erythrophleum teysmannii<br>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<br>& Hutch. | 176                       | 70                                  | 8.8                       |
| 19    | ตะแบกใหญ่         | Lagerstroemia caliculata<br>Kurz       | 119                       | 52                                  | 9.4                       |
| 20    | ตีนนก             | Vitex spp.                             | 159                       | 69                                  | 10.6                      |

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน (ต่อ)

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

ผนวก ก: บัญชีรายชื่อไม้เนื้อแข็งมาตรฐาน (ต่อ)

| ลำดับ | ชนิดไม้             | ชื่อพฤกษศาสตร์                                | ความแข็งแรงในการตัด (MPa) | ความแข็งแรงอัดสูงสุด ขนานเส้น (MPa) | ความทนทานตามธรรมชาติ (ปี) |
|-------|---------------------|-----------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 44    | หลุมพอ              | Intsia bakeri Prain                           | 159                       | 70                                  | 17.8                      |
| 45    | ยางเหียง หรือ เหียง | Dipterocarpus obtusifolius<br>Tejasm. Ex Miq. | 117                       | 56                                  | 8.8                       |
| 46    | แอ็ก                | Shorea glauca King                            | 146                       | 52                                  | 7                         |

หมายเหตุ <sup>1)</sup> เป็นค่าของไม้ในสภาพสด ไม้แห้งจะมีความแข็งแรงในการตัดประมาณ 1.5 เท่าของไม้เปียก

ที่มา : ส่วนพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ “คุณลักษณะของไม้ไทย”

ผนวก ข: บัญชีรายชื่อไม้ที่เลื่อนชั้นเป็นไม้เนื้อแข็งได้โดยการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้

| ลำดับ | ชนิดไม้        | ชื่อพฤกษศาสตร์                              | ความต้านแรงดัดสูงสุด<br>(MPa) | ความต้านแรงอัดขนาน<br>เฉื่อยสูงสุด (MPa) | ความทนทานตาม<br>ธรรมชาติ (ปี) |
|-------|----------------|---------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| 1     | กระถินณรงค์    | Acacia auriculaefomis Cunn..<br>exBenth.    | 109                           | 67                                       | ยังไม่แล้วเสร็จ <sup>1)</sup> |
| 2     | กระถินเทพา     | Acacia mangium Willd.                       | 107                           | 57                                       | ยังไม่แล้วเสร็จ <sup>1)</sup> |
| 3     | กระบกกรัง      | Hopea helferi (Dyer) Brandis                | 114                           | 51                                       | ยังไม่แล้วเสร็จ <sup>1)</sup> |
| 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 grattissima (Wall. Ex<br>Kurz) Dyer  | 121                           | 55                                       | 3.2                           |
| 8     | ตะบูนดำ        | Xylocarpus moluccensis<br>(Lam.) M. Roem.   | 128                           | 56                                       | 5.5                           |
| 9     | ดั่งหน         | Calophyllum pulcherrimum<br>Wall.           | 144                           | 67                                       | 3                             |
| 10    | ตานดำ หรือดำดง | Diospyros transitoria Bakh.                 | 158                           | 69                                       | ยังไม่แล้วเสร็จ <sup>1)</sup> |
| 11    | ทองบั้ง        | Koompassia malaccensis<br>Maingay ex Benth. | 189                           | 99                                       | ยังไม่แล้วเสร็จ <sup>1)</sup> |
| 12    | พูกัญ          | Albizia 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 <sup>1)</sup> |
| 16    | ยูง            | Dipterocarpus grandifloru<br>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.)<br>Roxb.     | 113                           | 53                                       | 4.9                           |
| 20    | โอป            | Homalium grandiflorum<br>Benth.             | 167                           | 66                                       | 5.6                           |
| 21    | ฮากเหลือง      | Kokoona reflexa Ding Hou                    | 196                           | 103                                      | ยังไม่แล้วเสร็จ <sup>1)</sup> |

หมายเหตุ <sup>1)</sup> อยู่ในขั้นตอนการดำเนินการของกรมป่าไม้ หากกรมป่าไม้ระบุว่า ไม่มีความทนทานตาม  
ธรรมชาติมากกว่า 6 ปีให้จัดไม้ดังกล่าวอยู่ในผนวก ก

ที่มา: ส่วนพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้ “คุณลักษณะของ  
ไม้ไทย”

## 1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานนี้ใช้กับงานก่อสร้างฐานรากสำหรับการก่อสร้างอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้าน โรงเรือน คลังสินค้า กำแพงกันดิน และอาคารชลประทาน เป็นต้น นอกจากรายการประกอบแบบเฉพาะงานที่ระบุเป็นอย่างอื่นให้ถือในส่วนที่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเฉพาะงานนั้นเป็นหลัก ส่วนข้อความอื่นใดที่ไม่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเฉพาะงาน ให้ถือปฏิบัติตามมาตรฐานฉบับนี้

## 2. นิยาม

“ดินฐานราก” หมายความว่า วัสดุธรรมชาติที่ประกอบเป็นเปลือกโลก เช่น หิน กรวด ทราย ดินเหนียว เป็นต้น ซึ่งใช้รองรับฐานรากของอาคาร

“ฐานราก” หมายถึง ส่วนของอาคารที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนลงสู่ดินฐานราก

“ฐานรากแผ่” หมายความว่า ฐานรากที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนสู่ดินฐานรากโดยตรง

“ฐานรากเสาเข็ม” หมายความว่า ฐานรากที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนผ่านเสาเข็มลงสู่ดินฐานราก

“เสาเข็ม” หมายถึง เสาที่ฝังอยู่ในดินฐานรากเพื่อถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคารสู่ดินฐานราก

## 3. มาตรฐานอ้างอิง

3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

3.1.1 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ. 1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม

3.1.2 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ. 1251: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์

3.1.3 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ. 1252: มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์

3.1.4 มาตรฐานกรมโยธาธิการและผังเมือง มยพ. 1253: มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นดิน

3.2 มาตรฐานอื่นใดที่จะนำมาใช้นอกเหนือจากมาตรฐานที่ระบุในข้อ 3.1 จะต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร หรือจัดทำโดยส่วนราชการ หรือจัดทำโดยสมาคมวิชาชีพที่ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคาร

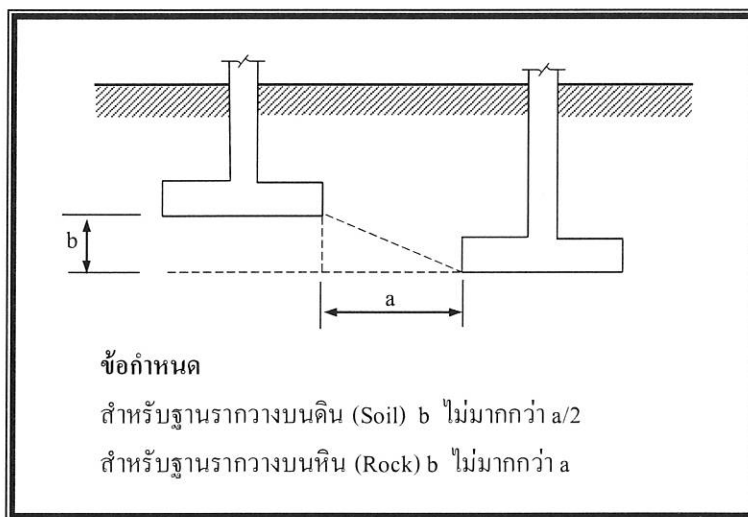
3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้มีความขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างอิงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ



#### 4. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

##### 4.1 ฐานรากแผ่ที่ไม่ต้องใช้เสาเข็ม

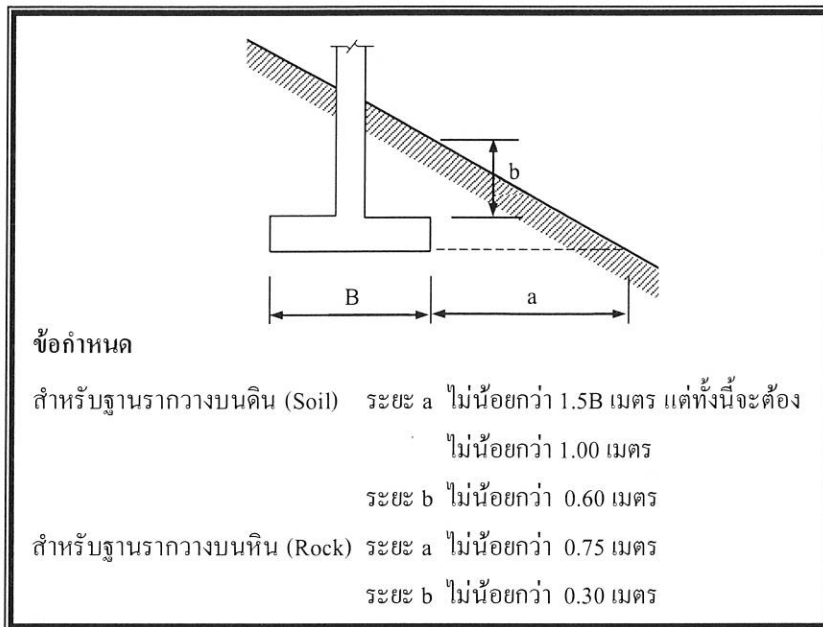
- 4.1.1 ฐานรากต้องวางอยู่บนดินเดิมเสมอ นอกจากรายการประกอบแบบเฉพาะงานที่ระบุเป็นอย่างอื่น ความลึกของฐานราก ขนาดและรายละเอียดการเสริมเหล็กต้องเป็นไปตามแบบรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้
- 4.1.2 การก่อสร้างฐานรากที่มีระดับลึกต่างกัน ต้องทำการก่อสร้างฐานรากที่มีระดับลึกมากที่สุดก่อนเสมอไป ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันฐานรากที่มีระดับตื้นกว่าพัง ขณะทำฐานรากตัวที่อยู่ลึกกว่า
- 4.1.3 ฐานรากที่มีระดับลึกต่างกันนั้นต้องมีระดับลึกต่างกัน ไม่เกินข้อกำหนดในรูปที่ 1 หากแบบรายละเอียดกำหนดระดับต่างกันของฐานรากเกินข้อกำหนดแล้ว ต้องสอบถามวิศวกรผู้ออกแบบและคำนวณ เพื่อวินิจฉัยความถูกต้องอีกครั้งหนึ่งเสียก่อน จึงจะดำเนินการต่อไปได้



รูปที่ 1 ข้อกำหนดสำหรับการก่อสร้างฐานรากที่มีความลึกต่างกัน

(ข้อ 4.1.3)

- 4.1.4 ในการก่อสร้างฐานรากบนพื้นที่ลาดเอียงนั้น ฐานรากตัวริมที่ติดกับพื้นที่ลาดเอียงนั้น ต้องมีระยะจากขอบนอกสุดส่วนบนของฐานถึงพื้นที่ลาดเอียงนั้น (Edge Distance) เป็นไปตามข้อกำหนดในรูปที่ 2 ทั้งนี้เพื่อเป็นการป้องกันการสึกกร่อนของผิวดินอันจะเป็นอันตรายแก่ฐานรากภายหลัง



**รูปที่ 2 ข้อกำหนดสำหรับการก่อสร้างฐานรากบนพื้นที่ลาดเอียง**

(ข้อ 4.1.4)

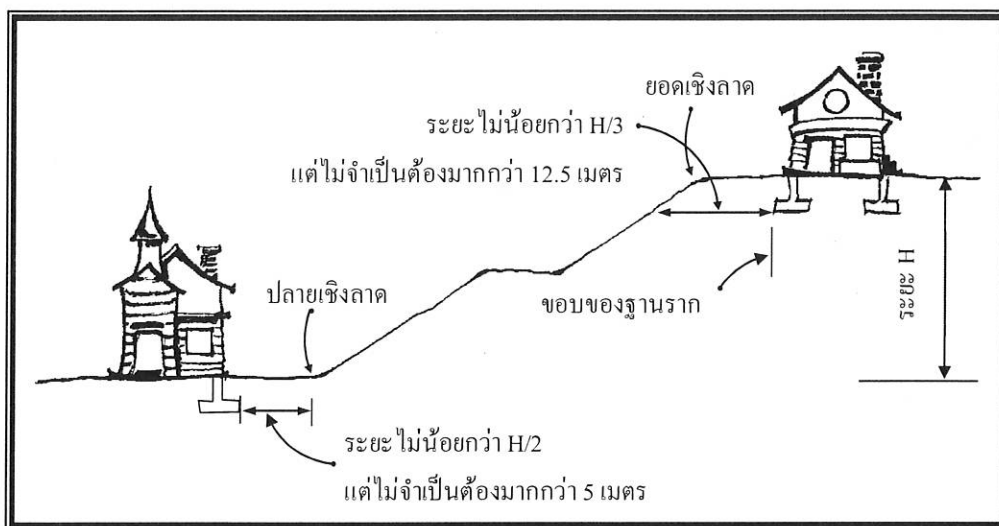
หากแบบและรายการละเอียดได้กำหนดระยะของขอบฐานรากดังกล่าวไว้เป็นอื่นแล้วให้ถือปฏิบัติ  
 ตามแบบและรายการละเอียดที่ได้กำหนดไว้แต่ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ในรูปที่ 2

**4.1.5** ฐานรากของอาคารที่ก่อสร้างใกล้เชิงลาดทั้งที่อยู่บริเวณส่วนฐานและส่วนบนของเชิงลาดที่มีความ  
 ลาดเอียง (ระยะในแนวดิ่งต่อระยะในแนวราบ) มากกว่า 1 ต่อ 3 ให้เป็นไปตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

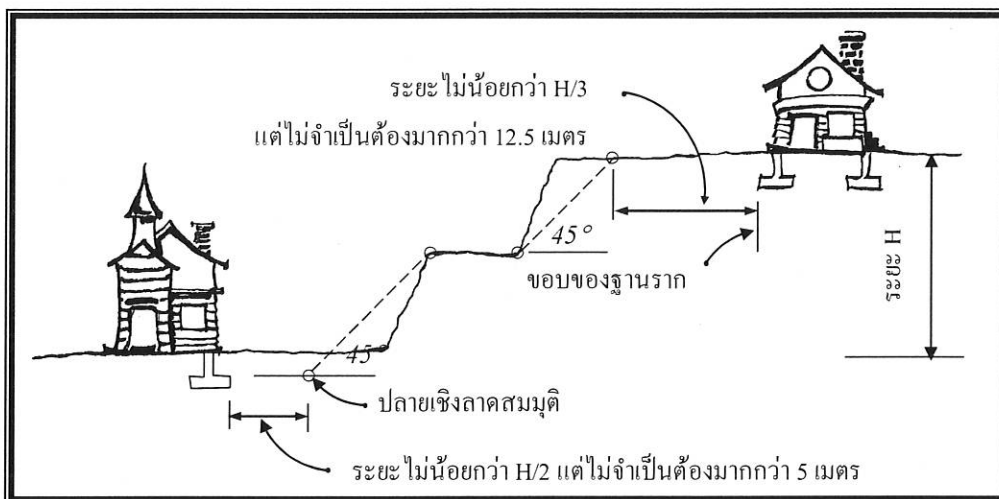
**4.1.5.1** อาคารที่ก่อสร้างบริเวณส่วนฐานของเชิงลาดจะต้องมีระยะห่างจากปลายเชิงลาดที่เพียงพอ  
 สำหรับการป้องกันอาคารจากปัญหาการระบายน้ำจากเชิงลาด การกัดเซาะ และการวิบัติ  
 บริเวณผิวลาด (Shallow Failure) หากไม่ได้มีการกำหนดระยะห่างของอาคารในแบบ  
 รายละเอียดหรือไม่มีวิศวกรรับรองความปลอดภัยตามข้อ 4.1.5.3 แล้ว ระยะห่างจากปลาย  
 เชิงลาดให้เป็นไปตามรูปที่ 3 (ก) สำหรับกรณีเชิงลาดมีความลาดเอียงมากกว่า 1 ต่อ 1  
 ตำแหน่งของปลายเชิงลาดให้สมมติว่าเป็นจุดตัดระหว่างระนาบในแนวราบที่ระดับหลัง  
 ฐานรากและระนาบที่ลากสัมผัสกับเชิงลาดทำมุม 45 องศากับแนวราบ ตามรูปที่ 3 (ข) และ  
 สำหรับกรณีที่มีการก่อสร้างกำแพงกันดินที่ปลายเชิงลาด ความสูงของเชิงลาดให้วัดจาก  
 ส่วนบนของกำแพงกันดินถึงยอดเชิงลาด

**4.1.5.2** ฐานรากของอาคารที่ก่อสร้างอยู่บริเวณส่วนบนของเชิงลาดจะต้องวางอยู่บนชั้นดินที่มีความ  
 มั่นคงแข็งแรง โดยมีระยะฝังลึกและระยะห่างจากยอดเชิงลาดที่มากเพียงพอที่จะรองรับฐาน  
 รากทั้งในแนวดิ่งและด้านข้างโดยไม่เกิดการทรุดตัวที่เป็นอันตรายได้ หากไม่ได้มีการ  
 กำหนดระยะห่างของฐานรากในแบบรายละเอียดหรือไม่มีวิศวกรรับรองความปลอดภัยตาม

ข้อ 4.1.5.3 แล้ว ระยะห่างจากยอดเชิงลาดให้เป็นไปตามรูปที่ 3 สำหรับกรณีที่ดินเชิงลาดมีความลาดเอียงมากกว่า 1 ต่อ 1 ระยะห่างให้วัดจากระนาบเชิงลาดสมมุติที่เอียงเป็นมุม 45 องศา กับแนวราบโดยฉายจากปลายเชิงลาดขึ้นมา ตามรูปที่ 3 (ข) โดยในทุกกรณีระยะห่างจากเชิงลาดของฐานรากต้องเพียงพอที่จะไม่ทำให้เส้นการกระจายแรงตามรูปที่ 4 ตัดกับผิวเชิงลาดและฐานรากที่มีอยู่แล้ว



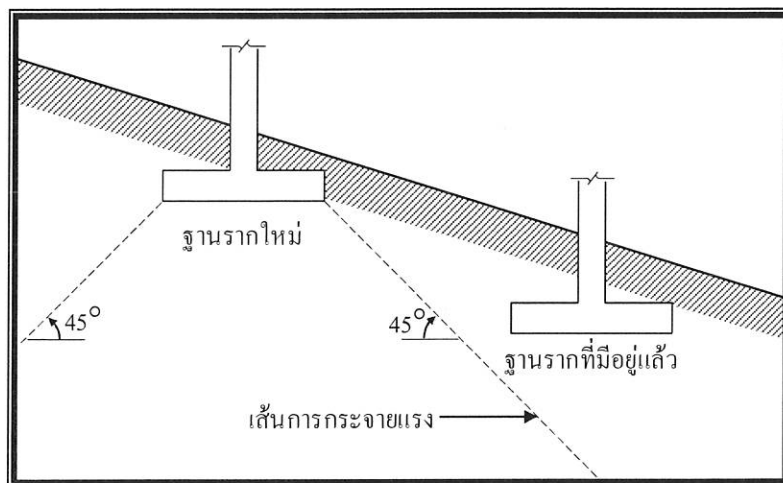
(ก) กรณีเชิงลาดมีความลาดเอียงมากกว่า-1 ต่อ 3 แต่น้อยกว่า 1 ต่อ 1



(ข) กรณีเชิงตลาดมีความลาดเอียงมากกว่า 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 โดยการรับรองจะต้องพิจารณาถึงเสถียรภาพของความลาดที่อาจส่งผลกระทบต่อฐานรากอาคาร เสถียรภาพของความลาดภายใต้แรงกระทำจากฐานราก การระบายน้ำ และการกัดเซาะของวัสดุเชิงลาด

4.1.6 ในกรณีเมื่อขุดดินเพื่อทำฐานรากลึกไม่ได้ระดับตามรายการหรือแบบรายละเอียด เนื่องจากขุดถึงชั้นหินพิศหรือชั้นลูกรังแล้ว ให้ปฏิบัติดังนี้

- (I) หากเป็นชั้นหินพิศ ฐานรากต้องฝังอยู่ในหินพิศลึกไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร (วัดตรงที่คั่นสุด) หรือต้องวางอยู่บนชั้นหินที่มีคุณภาพดี ไม่ผุกร่อนและมีการยึดฐานรากเข้ากับชั้นหินพิศด้วยเหล็กเดือย (Dowel Bars) โดยทั้งสองกรณีดังกล่าวข้างต้น ฐานรากจะต้องวางได้เต็มพื้นที่ ฐานรากบนหินพิศ และต้องปรับหรือสกัดหินที่รองรับให้เรียบเพื่อไม่ให้เกิด แรงกระทำเป็นจุด (Concentrated Load) กระทำต่อฐานราก รวมทั้งพื้นที่รองรับฐานรากจะต้องอยู่ในระนาบราบเพื่อไม่ให้เกิดโมเมนต์คดกระทำต่อเสาตอม่อ และให้ตรวจสอบว่าพื้นที่รองรับเป็นชั้นหินพิศจริงหรือไม่ ซึ่งอาจตรวจสอบได้โดยการเจาะสำรวจชั้นหินหรือการเจาะรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 2.00 เมตร ฐานรากหนึ่งไม่น้อยกว่า 2 รู สำหรับกรณีที่ฐานรากมีความกว้างเกินกว่า 2.00 เมตร การเจาะสำรวจชั้นหินหรือการเจาะรูดังกล่าวจะต้องมีความลึกที่ครอบคลุมถึงระนาบการวิบัติ (Failure Surface) ของฐานรากที่อาจจะเกิดขึ้นได้

- (2) หากเป็นชั้นลูกรัง ให้ถือปฏิบัติเหมือนชั้นหินพิคในข้อ (1) ทุกประการ แต่ทั้งนี้ก่อนดำเนินการก่อสร้างฐานรากให้ทดสอบสมบัติของดินลูกรัง หรือแจ้งวิศวกรผู้คำนวณออกแบบเพื่อพิจารณาแก้ไขปัญหาค่อยไป

ในกรณีเมื่อทำการเจาะชั้นหินพิคหรือชั้นลูกรังแล้ว ปรากฏว่ามีความหนาไม่เพียงพอตามข้อ (1) และ (2) ให้แจ้งวิศวกรผู้คำนวณออกแบบเพื่อพิจารณาแก้ไขปัญหาค่อยไป

- 4.1.7 ในกรณีที่ทำการขุดดินจนถึงระดับท้องฐานรากตามที่รายการหรือแบบละเอียดได้กำหนดไว้แล้ว ปรากฏว่าดินใต้ฐานรากนั้นเป็นดินถมหรือดินธรรมชาติที่มีคุณภาพไม่ดีพอ จะต้องขุดดินให้ลึกลงไปอีกจนถึงชั้นดินที่มีสมบัติในการรับน้ำหนักได้ตามที่แบบหรือรายละเอียดกำหนด 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 เสาเข็มที่ใช้ต้องมีคุณภาพและสมบัติเป็นไปตาม มยผ. 1106 : มาตรฐานงานเสาเข็ม

- 4.2.4 การยก การดัก ให้เป็นไปตาม มยผ. 1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม และการทดสอบความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มให้เป็นไปตาม มยผ. 1251: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ หรือ มยผ. 1252: มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็ม ด้วยวิธีพลศาสตร์

- 4.2.5 เสาเข็มไม้และเสาเข็มเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ จะเป็นเสาเข็มสั้นหรือยาวก็ตาม หัวเสาเข็มต้องจมอยู่ใต้ระดับน้ำได้ตลอดเวลา ดังนั้น หากปรากฏว่าเมื่อขุดดินถึงระดับก้นฐานรากได้ตามแบบ และรายละเอียดที่กำหนดแล้วยังไม่ถึงระดับน้ำได้ดิน จะต้องดักลงไปอีกหรือตัด เพื่อให้หัวเสาเข็มอยู่ใต้ระดับน้ำได้ตลอดเวลา

- 4.2.6 ฐานรากที่ใช้เสาเข็มยาว การดักเสาเข็มต้องดักด้วยความระมัดระวังมิให้เกิดความเสียหายแก่อาคารข้างเคียง การดักเสาเข็มต้องดักให้เป็นระเบียบ โดยดักเสาเข็มเป็นแนวๆ หรือเสร็จเป็นฐานๆ ไป ห้ามดักสลับไปสลับมา หรือให้ดักตามลำดับที่กำหนดใน มยผ. 1106: มาตรฐานงานเสาเข็ม

- 4.2.7 ในกรณีที่เสาเข็มจมลงเร็วผิดปกติในขณะที่ตอกสำหรับอาคารเดียวกัน จะต้องรายงานให้วิศวกรผู้คำนวณออกแบบหรือวิศวกรผู้ควบคุมงานทราบเพื่อพิจารณาแก้ไขปัญหาดังกล่าวต่อไป
- 4.2.8 หากมีความจำเป็นต้องถมดินหรือทรายภายในบริเวณที่ได้ตอกเสาเข็มไว้แล้ว การถมต้องถมด้วยความระมัดระวังมิให้เสาเข็มขยับ 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 ให้สูบน้ำกันบ่อออกให้หมด 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

## 1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานนี้ใช้กับงานเสาเข็มคอนกรีตและเสาเข็มไม้ทุกประเภท สำหรับการก่อสร้างอาคารหรือสิ่งก่อสร้างทั่วไป เช่น บ้าน โรงเรือน คลังสินค้า กำแพงกันดิน และอาคารชลประทาน เป็นต้น นอกจากรายการประกอบแบบเฉพาะงานที่ระบุเป็นอย่างอื่นให้ถือในส่วนที่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเฉพาะงานนั้นเป็นหลัก ส่วนข้อความอื่นใดที่ไม่ได้ระบุไว้ในรายการประกอบแบบเฉพาะงาน ให้ถือปฏิบัติตามมาตรฐานฉบับนี้
- 1.2 มาตรฐานนี้ระบุไว้เพื่อให้การก่อสร้างงานเสาเข็มเป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความประหยัดและปลอดภัย
- 1.3 มาตรฐานนี้ใช้หน่วย SI (International System Units) เป็นหลัก และใช้ค่าการแปลงหน่วยของแรง 1 กิโลกรัมแรงเท่ากับ 10 นิวตัน

## 2. นิยาม

“การสูญเสียของการอัดแรง (Losses)” หมายถึง การที่ลวดเหล็กหรือเหล็กเสริมที่ใช้อัดแรงชนิดอื่นๆ สูญเสียหน่วยแรงดังตามขั้นตอนต่าง ๆ อันเนื่องมาจาก การหดตัวอีลาสติก การคืบและหดตัวของคอนกรีต และการคลายแรงคืบของเหล็กเสริมอัดแรง

“ฐานราก” หมายถึง ส่วนของอาคารที่ใช้ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากโครงสร้างอาคารส่วนบนลงสู่ดินฐานราก

“เสาเข็ม” หมายถึง เสาที่ฝังอยู่ในดินฐานรากเพื่อใช้ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคารสู่ดินฐานราก

“เสาเข็มเจาะ (Bored Pile)” หมายถึง เสาเข็มที่ก่อสร้างโดยการขุดหรือเจาะลงไปในพื้นที่ดินโดยอาจใช้ปลอกเหล็กกันดินพังหรือไม่ก็ตาม แล้วหล่อคอนกรีตในหลุมที่เจาะแล้วเสร็จ

“เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ” หมายถึง เสาเข็มคอนกรีตที่หล่อหรือผลิตในโรงงาน หรือที่สถานที่ก่อสร้างก่อนที่จะนำมาติดตั้งโดยการตอกหรือฝัง

“แรงแบกทานที่ยอมให้ของเสาเข็ม” หมายถึง แรงต้านทานการรับน้ำหนักบรรทุกที่ได้อย่างปลอดภัยของเสาเข็ม

“หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต” หมายถึง หน่วยแรงอัดสูงสุดตามแกนยาวที่แท่งคอนกรีตทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร สามารถรับได้ หากไม่ได้ระบุเป็นอย่างอื่นหน่วยแรงอัดดังกล่าวในมาตรฐานนี้ ให้ใช้หน่วยแรงอัดประลัยที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

## 3. มาตรฐานอ้างอิง

### 3.1 มาตรฐานที่ใช้อ้างอิงประกอบด้วย

- 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: เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กแบบแรงเหวี่ยง
- 3.1.10 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 398: เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงแบบแรงเหวี่ยง
- 3.1.11 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 399: เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จขนาดสั้น
- 3.1.12 มาตรฐานสมาคมวิศวกรรมาสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท. 1019: ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ
- 3.2 หากจะนำมาตรฐานอื่นมาใช้ นอกเหนือจากที่ระบุในข้อ 3.1 มาตรฐานดังกล่าวต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการควบคุมอาคารหรือสภาวิศวกร
- 3.3 หากข้อกำหนดในมาตรฐานนี้มีความขัดแย้งกับมาตรฐานที่อ้างถึงในแต่ละส่วน ให้ถือข้อกำหนดในมาตรฐานนี้เป็นสำคัญ

#### 4. ข้อกำหนดสำหรับวัสดุก่อสร้าง

##### 4.1 เสาเข็มไม้

- 4.1.1 ไม้ที่นำมาใช้เป็นเสาเข็ม ต้องเป็นไม้เบญจพรรณหรือไม้สนที่ได้มาจากต้นที่แข็งแรง และยังคงอยู่ขณะที่จะนำมาใช้ ต้องไม่ผุหรือมีราขึ้น ไม้ที่ผุง่าย เช่น ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น ห้ามนำมาใช้
- 4.1.2 เสาเข็มต้องทาบหรือตากเปลือกออกอย่างน้อยร้อยละ 80 ของพื้นที่ผิวโดยรอบเสาเข็ม ค่าไม้ต่าง ๆ ต้องตัดให้เรียบเสมอผิวของต้นเสาเข็ม ปลายเสาเข็มต้องใช้เลื่อยตัดเรียบได้ฉากกับลำต้น ค่าไม้ในเสาเข็มต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกินกว่า 1 ใน 3 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มตรงตำแหน่งที่มีตานั่น แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน 100 มิลลิเมตร
- 4.1.3 เสาเข็มต้องตรงมากที่สุด เสาเข็มที่คดจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อจึงเชือกจากแนวศูนย์กลางปลายทั้งสองข้างของเสาเข็มแล้วเชือกไม่ถ่างออกจากลำต้น
- 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

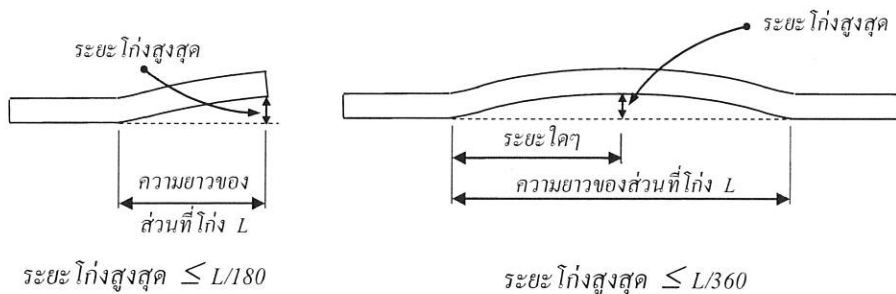
ค่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตต้องเป็นไปตามที่ระบุไว้ในแบบหรือรายการประกอบแบบ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ว่าด้วยเสาเข็มคอนกรีตประเภทนั้นๆ ตามข้อ 3.1.7 ถึง 3.1.11

#### 4.2.1.2 เสาเข็มที่นำมาใช้ต้องมีความยาว พื้นที่หน้าตัดที่กดบนดิน (Projected Area) และความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ตามที่ระบุไว้ในแบบหรือในรายการประกอบแบบ

#### 4.2.1.3 รูปลักษณะภายนอกของเสาเข็มต้องเหมือนกันตลอดความยาวของเสาเข็ม ยกเว้นส่วนหัวเสาเข็มที่รับค้ำเสาเข็ม สำหรับส่วนปลายเสาเข็มในระยะซึ่งยาวไม่เกิน 1.5 เท่าของความกว้างของเสาเข็มยอมให้สอบปลายได้

#### 4.2.1.4 เสาเข็มที่จะนำมาดัดใช้งานจะต้องมีหน่วยแรงอัดตามที่กำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน หากต้องการนำเสาเข็มมาใช้ก่อนกำหนดให้ทดสอบกำลังของคอนกรีต ซึ่งกำลังของคอนกรีตที่เวลานำมาใช้จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

#### 4.2.1.5 เสาเข็มต้องมีลำต้นตรง ระยะโค้งที่ส่วนใดๆ ของเสาเข็ม ถ้าวัดระหว่างเส้นตรงที่ต่อปลายทั้งสองของส่วนโค้งกับผิวด้านใดๆ ก็ตาม ต้องไม่เกินความยาวส่วนที่โค้งหารด้วยค่าที่กำหนดในรูปที่ 1



#### รูปที่ 1 การวัดระยะโก่งของเสาเข็ม

(ข้อ 4.2.1.5)

4.2.1.6 หากเป็นเสาเข็มกลวงหรือเว้าข้าง รุกลงหรือส่วนเว้าข้าง ต้องไม่ทำให้จุดศูนย์กลางของหน้าตัดเบี่ยงเบนไปจากศูนย์กลางของหน้าตัดเสาเข็ม

4.2.1.7 เสาเข็มต้องแข็งแรงทนทานต่อการดกของค้ำคอกเสาเข็ม 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 โดยอาจทำเป็นเครื่องหมายหรือฝักร้อยหรือที่จับยึดสำหรับการยก 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 แรงดัดที่เกิดจากการยกเสาเข็มต้องไม่ก่อให้เกิดหน่วยแรงดัดในเหล็กเสริมเกินกว่า 120 เมกาปาสกาล (1,200 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) เมื่อใช้เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ หรือเกินกว่า 150 เมกาปาสกาล (1,500 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) เมื่อใช้เหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังครากน้อยกว่า 400 เมกาปาสกาล (4,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) หรือเกิน

กว่า 170 เมกาปาสกาล (1,700 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) เมื่อใช้เหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังครากตั้งแต่ 400 เมกาปาสกาล (4,000 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) ขึ้นไป และหน่วยแรงอัดในคอนกรีตที่ขณะใช้งานจะต้องไม่เกินร้อยละ 37.5 ของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

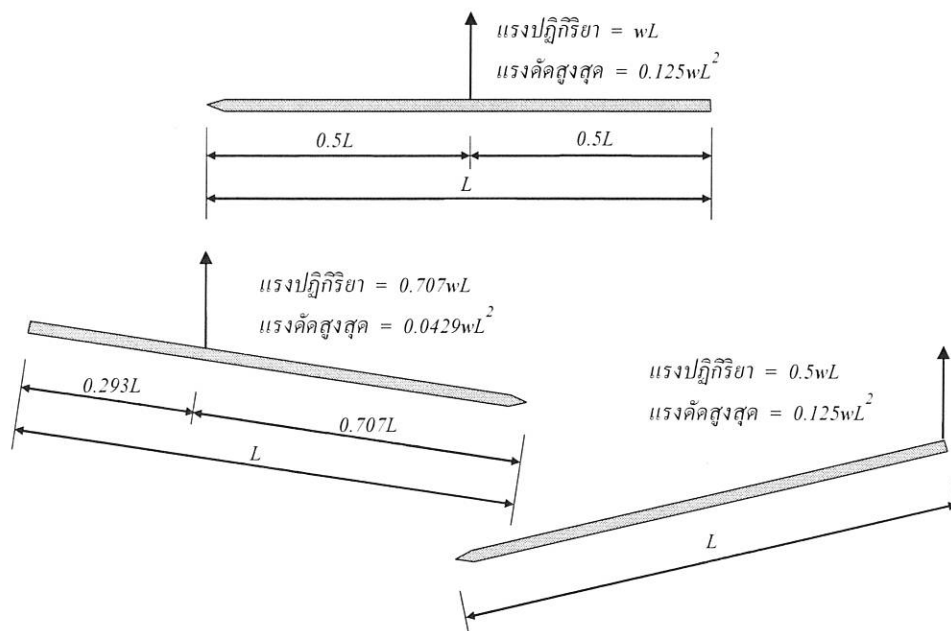
4.2.2.3 เหล็กปลอกจะต้องยึดติดกับเหล็กเสริมตามยาวให้มั่นคง และต้องมีปริมาณเป็นร้อยละของปริมาตรคอนกรีตของเสาเข็มในช่วงนั้นๆ ไม่น้อยกว่าตามที่กำหนดไว้ในรูปที่ 3

4.2.3 คุณลักษณะเฉพาะของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ

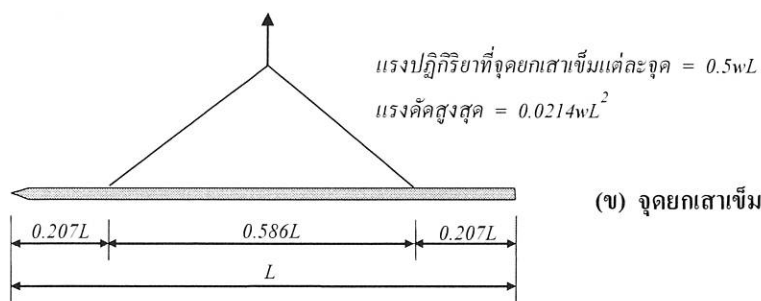
4.2.3.1 คุณลักษณะทั่วไปของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จต้องเป็นไปตามข้อ 4.2.1 ส่วนคุณลักษณะเฉพาะของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงประเภทต่างๆ ที่ไม่ได้ระบุในมาตรฐานนี้ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ว่าด้วย เสาเข็มคอนกรีตประเภทนั้นๆ ตามข้อ 3.1.7 ถึง 3.1.11 แล้วแต่กรณี

4.2.3.2 แรงดัดที่เกิดจากการยกเสาเข็มต้องไม่ก่อให้เกิดหน่วยแรงดัดในคอนกรีตเกินกว่า 0.5 คูณด้วยรากที่สองของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต เมื่อหน่วยแรงมีหน่วยเป็นเมกาปาสกาล (หรือไม่เกินกว่า 1.59 คูณด้วยรากที่สองของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต เมื่อหน่วยแรงมีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

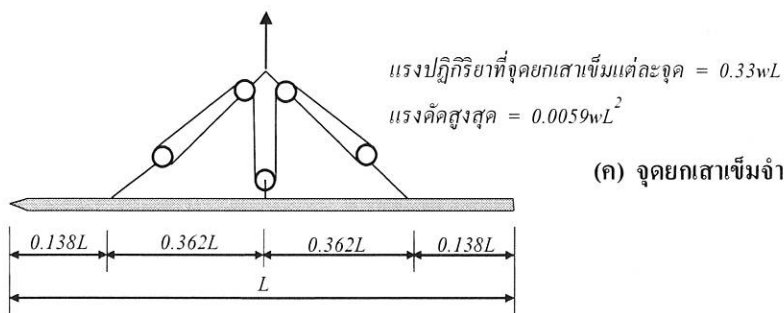
ในกรณีที่หน่วยแรงดัดมีค่าสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ จะต้องขยายพื้นที่หน้าตัดหรือเสริมเหล็กยึดหน้าหรือยึดเหนี่ยวเพิ่มเติมในส่วนของคอนกรีตที่เกิดหน่วยแรงดัด (Tensile Zone) เพื่อสามารถรับแรงดัดที่เกิดขึ้นในคอนกรีตดังกล่าวได้ทั้งหมด (อาจจะเป็นเหล็กเสริมปกติหรือเหล็กเสริมอัดแรง) โดยที่แรงดัดให้คำนวณจากสมมุติฐานของหน้าตัดไม่แตกร้าว



(ก) จุดยกเสาเข็มจำนวน 1 จุด



(ข) จุดยกเสาเข็มจำนวน 2 จุด

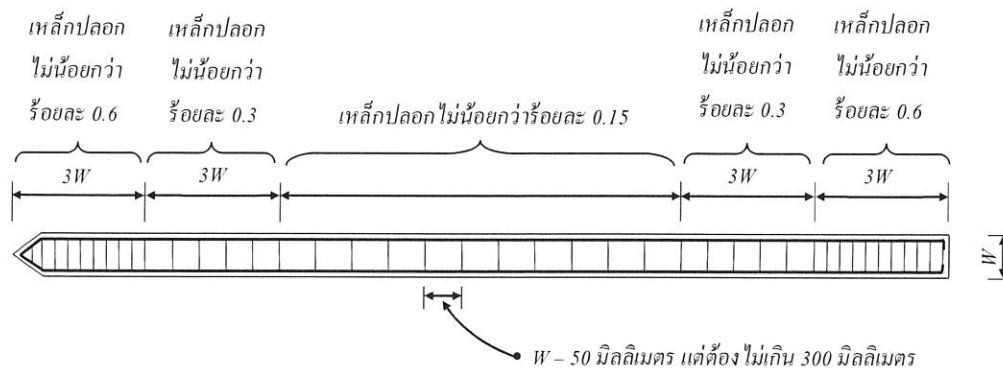


(ค) จุดยกเสาเข็มจำนวน 3 จุด

หมายเหตุ  $w$  = น้ำหนักของเสาเข็มรวมผลของแรงกระแทกจากการขนส่ง

รูปที่ 2 ตำแหน่งจุดยกเสาเข็ม

(ข้อ 4.2.1.8)



หมายเหตุ W = ส่วนที่แคบที่สุดของรูปตัดขวางทั้งหมดของเสาเข็ม  
 รูปที่ 3 ปริมาณเหล็กปลอกต่ำสุดของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ  
 (ข้อ 4.2.2.3)

4.2.3.3 หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จากน้ำหนักบรรทุกใช้งานของเสาเข็มจะต้องไม่เกินกว่าผลต่างระหว่างร้อยละ 33 ของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตและร้อยละ 27 ของหน่วยแรงอัดประสิทธิผลที่กระทำกับคอนกรีตเนื่องจากการอัดแรง หรือ

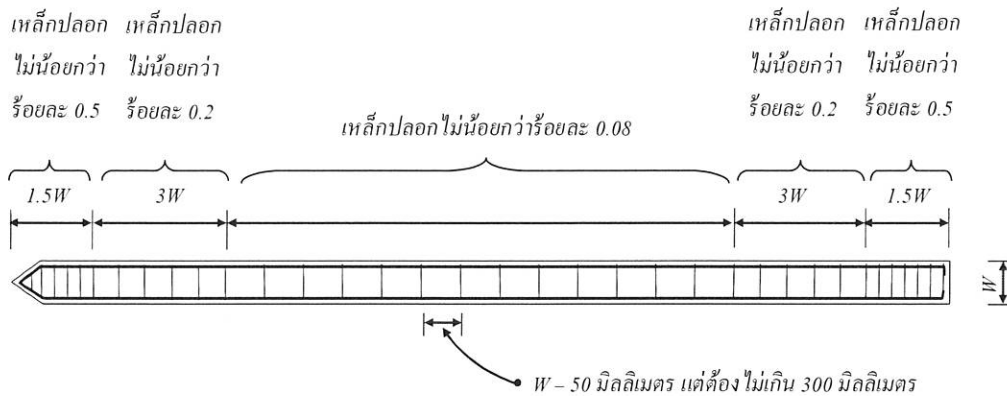
$$\sigma_a \leq 0.33f'_c - 0.27f_{pc} \quad (1)$$

เมื่อ  $\sigma_a$  เป็น หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จากน้ำหนักบรรทุกใช้งานของเสาเข็ม มีหน่วยเป็น เมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

$f'_c$  เป็นหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต มีหน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

$f_{pc}$  เป็นหน่วยแรงอัดประสิทธิผลที่กระทำกับคอนกรีตเนื่องจากการอัดแรง มีหน่วยเป็นเมกาปาสกาล (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

4.2.3.4 เหล็กปลอกจะต้องยึดติดกับเหล็กเสริมตามยาวให้มั่นคง และต้องมีปริมาณเป็นร้อยละของปริมาตรคอนกรีตของเสาเข็มในช่วงนั้นๆ ไม่น้อยกว่าตามที่กำหนดไว้ในรูปที่ 4



หมายเหตุ W = ส่วนที่แคบที่สุดของรูปตัดขวางทั้งหมดของเสาเข็ม  
รูปที่ 4 ปริมาณเปลือกปลอกต่ำสุดของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ  
(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 และความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกทุกพลดภัยได้ตามที่ระบุไว้ในแบบหรือในรายการประกอบแบบ

#### 4.3.2 คุณลักษณะเฉพาะของเสาเข็มเจาะแบบเปียกให้เป็นไปตามมาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ วสท. 1019: ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ ว่าด้วย คุณลักษณะของเสาเข็มเจาะแบบเปียก

## 5. ข้อกำหนดในการก่อสร้าง

### 5.1 เสาเข็มไม้

#### 5.1.1 เสาเข็มต้องคอกโดยให้ปลายแหลมลง และหัวเสาเข็มจมอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินถาวรทุกต้น

#### 5.1.2 เสาเข็มเมื่อนำไปใช้น้ำทะเลต้องอาบยาฆ่าเชื้อไม้ (Creosote Oil) ประมาณ 320 กิโลกรัมต่อเนื้อไม้หนึ่งลูกบาศก์เมตร (20 ปอนด์ต่อเนื้อไม้หนึ่งลูกบาศก์ฟุต) ทั้งนี้เพื่อป้องกันแมลงเจาะไช

## 5.2 เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จ

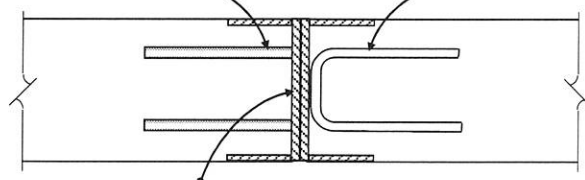
5.2.1 เสาเข็มคอนกรีตหล่อสำเร็จดังต่อไปนี้ไม่อนุญาตให้ใช้เสาเข็มต่อได้

- (1) เสาเข็มที่ระบุให้ต้องรับแรงด้านข้าง
- (2) เสาเข็มที่อยู่ในดินฐานรากที่มีความเสี่ยงต่อการเลื่อนไถลของดิน (Soil Sliding)
- (3) เสาเข็มที่ปลายวางอยู่บนหินที่มีความลาดเอียงที่มีความเสี่ยงต่อการไถลของเข็มได้

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

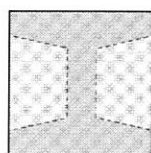
เหล็กยึดข้อต่อ กรณีเป็นเหล็กแผ่น (ข้อ 5.2.2.3)

เหล็กยึดข้อต่อ กรณีเป็นเหล็กเส้น (ข้อ 5.2.2.3)



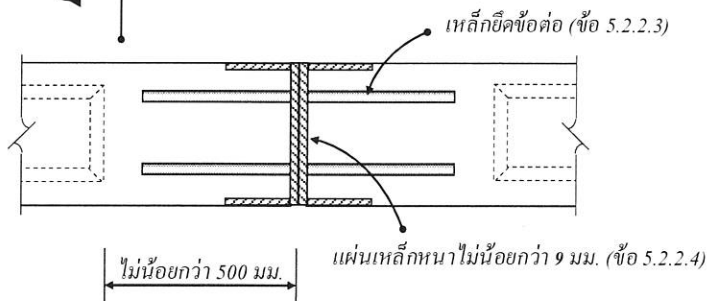
แผ่นเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 9 มม. (ข้อ 5.2.2.4)

(ก) ข้อต่อของเสาเข็มหน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน



รูปตัด ก-ก

ก



แผ่นเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 9 มม. (ข้อ 5.2.2.4)

(ข) ข้อต่อของเสาเข็มรูปตัว I หรือคล้ายตัว I

รูปที่ 5 รายละเอียดข้อต่อของเสาเข็ม

(ข้อ 5.2.2)

5.2.2.1 ข้อต่อต้องเป็นเหล็กเหนียวและหล่อเป็นส่วนเดียวกันกับเสาเข็มแต่ละท่อน

5.2.2.2 ข้อต่อต้องมีลักษณะเป็นหมวกครอบปลายหัวเสาเข็มในส่วนที่จะต่อกันนั้น หรือมีลักษณะคล้ายคลึงกัน และสามารถกันมิให้คอนกรีตเนื้อเสาเข็มที่รองรับข้อต่อนั้นแตกในขณะรับแรงกระแทกจากการตอกเสาเข็ม รวมทั้งต้องมีขนาดและความหนาเพียงพอที่สามารถส่งถ่ายแรงค้ำระหว่างเสาเข็มที่ต่อได้ไม่น้อยกว่าส่วนอื่นของเสาเข็ม ข้อต่อนี้ให้หล่อยึดติดกับ

ตัวเสาเข็ม และต้องมีเนื้อที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าเนื้อที่หน้าตัดของเสาเข็มที่จุดนั้น แต่จะโตเกินขนาดภายนอกของเสาเข็มมิได้

5.2.2.3 ต้องมีเหล็กยึดข้อต่อดังกล่าวให้ติดแน่นกับท่อนคอนกรีตเสาเข็ม จนสามารถรับแรงคดได้ดีไม่น้อยกว่าส่วนอื่นของเสาเข็ม

5.2.2.4 ความหนาของแผ่นเหล็กข้อต่อของแต่ละแผ่น เฉพาะส่วนที่วางประกบกันต้องไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

5.2.2.5 พื้นที่ผิวของข้อต่อส่วนที่ประกบกันต้องไส กลึง หรือ ผาน ให้เรียบทั้งสองชั้นเพื่อให้ประกบกันแนบสนิท

5.2.2.6 เสาเข็มในส่วนที่ชิดกับข้อต่อ ต้องได้รับการป้องกันการแตกด้วยการเสริมเหล็กปลอกเป็นพิเศษ

### 5.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตอกเสาเข็มคอนกรีตและวิธีการตอกเสาเข็มคอนกรีต

5.3.1 บันจั้นที่นำมาใช้ในการตอกเสาเข็มต้องมีความมั่นคงแข็งแรง และมีความกว้างของฐานบันจั้นพอที่จะมีการทรงตัวได้ดีเมื่อยกเสาเข็มขึ้นตั้ง ชั้นส่วนที่ประกบกันขึ้นเป็นตัวบันจั้นต้องไม่คดงอหรือแตกร้าว ตะเกียบคู่หน้าของบันจั้นต้องเป็นเส้นตรงและไม่หลวมคลอน

5.3.2 เครื่องยนต์ที่ใช้กับบันจั้นต้องมีสภาพสมบูรณ์ สามารถให้กำลังได้อย่างสม่ำเสมอ อุปกรณ์ที่ห้ามล้อครัทช์และที่ห้ามการคลายตัวของเชือกถวดต้องอยู่ในสภาพที่ใช้การได้โดยปลอดภัย เชือกถวดต้องมีขนาดพอเหมาะกับขนาดของน้ำหนักเสาเข็มและค้ำที่ยกและไม่สึกหรอนจนก่อให้เกิดว่าจะเกิดอันตรายได้โดยง่าย

5.3.3 พื้นที่ที่รองรับบันจั้นต้องเสริมให้แข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักบันจั้นและอุปกรณ์ต่างๆ ได้ โดยขณะที่ตอกเสาเข็มบันจั้นต้องไม่โยกคลอนหรือทรุดตัวลงจนทำให้เสียแนวตั้งของตะเกียบบังคับเสาเข็มหรือเกิดแรงเบียดเสาเข็ม

5.3.4 ถ้าใช้หมวกเหล็กครอบหัวเสาเข็มในการตอกเสาเข็มหมวกดังกล่าวต้องมีขนาดพอเหมาะกับหัวเสาเข็ม คือไม่โตกว่าหัวเสาเข็มเกิน 10 มิลลิเมตร และภายในหมวกให้ใช้ไม้เนื้ออ่อนรองหัวเสาเข็มได้หนาไม่เกิน 30 มิลลิเมตร และเมื่อไม้รองในหมวกแตกยุบจนทำให้ประสิทธิภาพของการตอกลดลงต้องเปลี่ยนไม้รองใหม่ หมวกเหล็กจะต้องมีที่บังคับกับตะเกียบด้วย

5.3.5 ค้ำที่ใช้ตอกเสาเข็มต้องมีน้ำหนักไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของน้ำหนักเสาเข็ม แต่ต้องหนักไม่น้อยกว่า 3 เมตริกตัน

5.3.6 ก่อนตอกเสาเข็มต้องปักหมุดแสดงตำแหน่งของเสาเข็มที่จะตอกแต่ละต้นให้ชัดเจน และต้องมีเครื่องบังคับเสาเข็มที่แข็งแรงพอ เพื่อว่าเมื่อยกเสาเข็มขึ้นตั้งในที่บังคับเสาเข็ม ปลายเสาเข็มต้องอยู่ตรงศูนย์กลางเสาเข็มที่ทำเครื่องหมายไว้ โดยเครื่องบังคับเสาเข็มต้องไม่เคลื่อนที่หรือหักพังไปจนกว่าปลายเสาเข็มจะจมลงไปดินแล้วไม่น้อยกว่า 6 เมตร



- 5.3.7 การตอกเสาเข็มต้องพยายามจัดให้แรงกระทบของค้อนที่มีต่อหัวเสาเข็ม ถ่ายกำลังไปตามแนวแกนของเสาเข็ม หากอุปกรณ์ในการตอกเสาเข็มหลวมคลอนก่อให้เกิดแรงกระทบเสาเข็มเบนออกนอกแนวแกนจนเสาเข็มสับคละจนไปทางราบแล้วต้องหยุดการตอกเสาเข็มทันที จนกว่าจะมีการแก้ไขสาเหตุที่ทำให้เสาเข็มสับคละเสียก่อน หากแก้ไขไม่ได้ต้องเปลี่ยนปั้นจั่นทั้งชุด
- 5.3.8 เมื่อเสาเข็มจมเสมอรระดับดินแล้วแต่ยังไม่ได้ระดับให้ใช้เสาส่งวางบนหัวเสาเข็มได้ โดยที่เสาส่งต้องยาวไม่เกินกว่าระยะที่หัวเสาเข็มจมดินบวกด้วย 600 มิลลิเมตร ในการใช้เสาส่งปลายเสาส่วนที่วางอยู่บนหัวเสาเข็มต้องมีที่บังคับไม่ให้เคลื่อนหลุดออกนอกแนวหัวเสาเข็ม ในขณะที่ตอกให้ใช้วัสดุรองหัวเสาเข็มด้วยไม้เนื้ออ่อนหนาไม่เกิน 30 มิลลิเมตร ที่บังคับเสาส่งต้องมั่นคงจนไม่โยกคลอนในขณะที่ตอก ในกรณีที่ความลึกในการส่งต่ำกว่าระดับหัวเสาเข็มสามารถต่อเสาเข็มด้วยการหล่อคอนกรีตเสริมเหล็กในที่ แต่ทั้งนี้รายละเอียดรอยต่อระหว่างเสาเข็มหล่อสำเร็จและหล่อในที่จะต้องได้รับการรับรองจากวิศวกร
- 5.3.9 การตอกเสาเข็มต้องตอกด้วยความระมัดระวัง รวมทั้งต้องจัดทำหาวิธีป้องกันมิให้เกิดอันตรายใด ๆ ต่อบุคคลอื่นหรือทรัพย์สินของอาคารข้างเคียงอันเป็นผลกระทบจากการตอกเสาเข็ม เช่น ความสั่นสะเทือน การพังทลายและการเคลื่อนตัวของดิน เป็นต้น
- 5.3.10 ในการตอกเสาเข็มถ้าขณะหนึ่งขณะใดปรากฏว่า จำนวนเสาเข็มที่ตอกมีการแตกหักเสียหายถึงจำนวนร้อยละ 10 ของจำนวนเสาเข็มที่ตอกไปได้ในขณะนั้นแล้วให้ตอกเข็มต่อไปอีก 10 ดัน หากปรากฏว่าใน 10 ดันนั้น มีเข็มหักเพิ่มขึ้นอีกให้ถือว่าเข็มนั้นขาดสมบัติตามมาตรฐานนี้และให้ดำเนินการตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของเสาเข็ม โดยการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมหรือการทดสอบ แล้วแต่กรณี ทั้งนี้ให้ยกเว้นกรณีที่เสาเข็มเหลือจะต้องตอกอีกไม่เกิน 10 ดัน ในงานนั้นให้คงใช้เสาเข็มนั้นต่อไป
- 5.3.11 ขณะตอกเสาเข็มถ้าปรากฏว่าเสาเข็มเกิดรอยแตกร้าวด้วยเหตุประการใดๆ ซึ่งสามารถมองเห็นได้ ให้สกัดส่วนที่แตกร้าวออกแล้วหล่อคอนกรีตใหม่ เมื่อคอนกรีตได้กำลังตามที่รายการกำหนดแล้วจึงจะทำการตอกต่อไปได้ หรืออนุญาตให้ถอนเสาเข็มต้นที่ชำรุดขึ้นแล้วใช้เสาเข็มต้นใหม่ที่ตัดถองลงแทนที่ได้ หรือทำการตอกแซมโดยให้จุดศูนย์กลางของฐานรากไม่เปลี่ยน สำหรับกรณีซ่อมแซมเสาเข็มที่ปรากฏรอยแตกร้าวดังกล่าวข้างต้น เมื่อซ่อมเสร็จและตอกเสร็จแล้วต้องทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็ม (Pile Integrity Test)
- 5.3.12 ในขณะที่ตอกเสาเข็มให้ทำรายงานผลการตอกเสาเข็มแต่ละต้นพร้อมทั้งแบบแปลนแสดงตำแหน่งเสาเข็มต้นที่ทำการตอก เพื่อพิจารณาว่าเสาเข็มต้นนั้นๆ จะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามที่กำหนดหรือไม่ โดยการบันทึกรายงานผลมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้
- 5.3.12.1 สำหรับการตอกเสาเข็มที่จมถึงระดับได้โดยไม่ต้องใช้เสาส่ง ให้ปฏิบัติดังนี้
- (1) ให้ขีดเครื่องหมายทุกระยะ 300 มิลลิเมตร ในช่วงจากโคนเสาเข็มเป็นระยะไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวเสาเข็ม แต่ทั้งนี้จะต้องไม่น้อยกว่า 3 เมตร

- (2) เมื่อยกเสาเข็มตั้งเข้าที่เรียบร้อยแล้ว ให้บันทึกระยะที่เสาเข็มจมลงไปในดินด้วย  
น้ำหนักของตัวเอง
- (3) ให้บันทึกระยะที่เสาเข็มจมลงไปในดินเมื่อวางค้ำน้ำหนักลงบนเสาเข็ม
- (4) เมื่อตอกเสาเข็มจม ถึงระดับที่ทำเครื่องหมายไว้ ให้เริ่มบันทึกจำนวนครั้งที่ตอกต่อการ  
จมตัวของเสาเข็มทุกระยะ 300 มิลลิเมตร โดยให้ระยะยกค้ำน้ำหนักเป็นไปตามที่  
วิศวกรควบคุมงานกำหนด

#### 5.3.12.2 สำหรับการตอกเสาเข็มที่จมถึงระดับโดยต้องใช้เสาส่ง ให้ปฏิบัติดังนี้

- (1) ให้ขีดเครื่องหมายทุกระยะ 300 มิลลิเมตร ในช่วง 1.5 เมตรสุดท้ายของโคนเสาเข็ม  
หรือสุดแท่นแต่ละระยะที่ต้องใช้เสาส่ง
- (2) ให้ขีดเครื่องหมายทุกระยะ 300 มิลลิเมตร ที่เสาส่งเป็นระยะเท่ากับระยะที่ต้องส่ง  
เสาเข็มลงไปในชั้นดินจนถึงระดับที่กำหนด
- (3) ให้บันทึกการจมตัวของเสาเข็มเช่นเดียวกับที่ปฏิบัติในข้อ 5.3.12.1 (2) (3) และ (4)

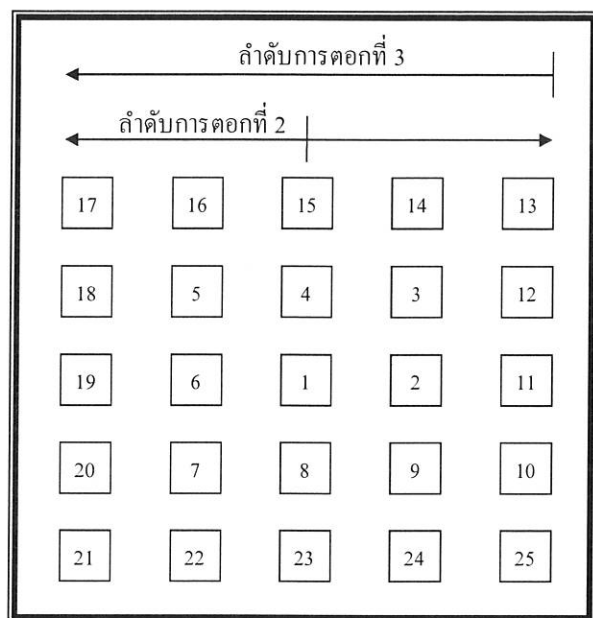
#### 5.3.12.3 การบันทึกรายงานการตอกเสาเข็ม ให้ใช้แบบฟอร์ม บพ. มยผ. 1106-1

5.3.13 ในกรณีเมื่อตอกเสาเข็มไปจนสุดความยาวของเสาเข็มตามที่ได้ระบุไว้ในแบบรายละเอียดแล้ว แต่  
เสาเข็มนั้นคาดว่าจะไม่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกโดยปลอดภัยตามที่กำหนด ต้องดำเนินการแก้ไข  
เพื่อให้ฐานรากมีความมั่นคงแข็งแรงตามที่กำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน

5.3.14 ถ้าปรากฏว่าเสาเข็มตอกจมลงไม่ถึงระดับที่ระบุไว้ในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน จะ  
เนื่องจากชั้นดินแข็งหรือ เหตุอื่นใด ๆ ก็ตาม ให้รีบแจ้งวิศวกรเพื่อดำเนินการตามความเหมาะสม  
ต่อไป

5.3.15 ลำดับการตอกกลุ่มเสาเข็มประเภทมีการแทนที่ดิน (Displacement Piles) ควรเริ่มจากศูนย์กลางกลุ่ม  
ไปด้านนอก หรือเริ่มจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง สำหรับกลุ่มเสาเข็มที่อยู่ใกล้พื้นที่ที่มีช่องหรือทาง  
เปิด 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 ยกเว้นกรณีที่เป็นชั้นดินเหนียวอ่อนที่อาจจำเป็นต้องใช้ระยะห่างมากกว่าดังกล่าว

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

5.4.1.3 การใช้เครื่องเขย่าเพื่อลดหรือถอนปลอกเหล็กกันดินพังจะต้องไม่ทำให้ชั้นดินเสียกำลังจนทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มลดลง

- 5.4.1.4 ห้ามมิให้มีการใช้เครื่องสูบน้ำในหลุมเจาะ นอกเสียจากหลุมเจาะได้มีการป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ดินโดยการใช้ปลอกเหล็กกันดินพัง หรือหลุมเจาะดังกล่าวมีเสถียรภาพมั่นคงในการใช้เครื่องสูบน้ำจะต้องไม่ทำให้เกิดการรบกวนชั้นดินที่อยู่ใต้หรือบริเวณหลุมเจาะ
- 5.4.1.5 หลังจากการเจาะแล้วเสร็จจะต้องมีการทำสะอาดกันหลุมด้วยวิธีที่เหมาะสม เพื่อให้กันหลุมมีความสะอาดและแห้ง
- 5.4.1.6 การเทคอนกรีตเสาเข็มแต่ละต้นให้เทรวดเดียวให้เสร็จ เพื่อไม่ให้เนื้อคอนกรีตของเสาเข็มเกิดความไม่ต่อเนื่อง
- 5.4.1.7 ในการถอนปลอกเหล็กกันดินพังจะต้องกระทำในขณะที่คอนกรีตยังไม่ก่อตัว เพื่อให้มั่นใจได้ว่าคอนกรีตภายในปลอกเหล็กจะไม่ถูกยกตามขึ้นมากับการถอนปลอกเหล็ก และในการถอนปลอกเหล็กนี้จะต้องถอนให้อยู่ในแนวตั้งตามแนวของเสาเข็ม
- 5.4.1.8 ในกรณีที่เสาเข็มเจาะมีรูปทรงหรือขนาดคลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนดในแบบหรือรายการประกอบแบบเฉพาะงาน ให้ทำการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี Seismic Integrity Test หรือวิธีอื่นที่วิศวกรผู้ควบคุมงานเห็นชอบ
- 5.4.1.9 ให้ทำรายงานผลการก่อสร้างเสาเข็มแต่ละต้นพร้อมทั้งแบบแปลนแสดงตำแหน่งเสาเข็มต้นที่ทำการเจาะ โดยการบันทึกรายงานการตอกเสาเข็ม ให้ใช้แบบฟอร์ม บพ. มยผ. 1106-2
- 5.4.2 เสาเข็มเจาะแบบเปียก ข้อกำหนดในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกให้เป็นไปตามมาตรฐานสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 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 ความผิดพลาดในแนวตั้งต้องไม่เกินร้อยละ 1 ของความยาวเสาเข็ม หากค่าความผิดพลาดมีค่าสูงกว่าค่าดังกล่าวจะต้องมีวิศวกรตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของฐานรากและเสาเข็มที่เป็นผลจากความผิดพลาดดังกล่าว

## 6. การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกและความสมบูรณ์ของเสาเข็ม

6.1 การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static Axial Pile Load Test) ให้เป็นไปตาม มยผ 1251: มาตรฐานการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีสถิตยศาสตร์

6.2 การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกตามแนวแกนของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ (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

บพ. มยผ. 1106-I รายงานการทดสอบเสาเข็ม

|                 |              |                   |
|-----------------|--------------|-------------------|
| โครงการ         |              | เลขที่            |
| สถานที่ก่อสร้าง |              | ตำแหน่ง Grid Line |
| เจ้าของโครงการ  | ผู้ออกแบบ    |                   |
| ผู้รับจ้าง      | ผู้ควบคุมงาน | วัน เดือน ปี      |

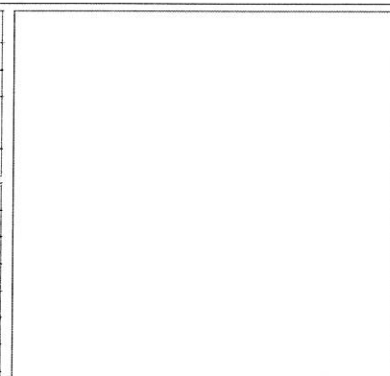
|                                  |                                  |                                     |                                   |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| สภาพภูมิประเทศ                   |                                  | ลักษณะการทดสอบ                      |                                   |
| <input type="checkbox"/> บนดิน   | <input type="checkbox"/> ทรายปน  | <input type="checkbox"/> พื้นผิวน้ำ | <input type="checkbox"/> เสาตอม่อ |
| <input type="checkbox"/> เสาเข็ม | <input type="checkbox"/> เสาเข็ม | <input type="checkbox"/> เสาเข็ม    | <input type="checkbox"/> เสาเข็ม  |

|                                                                                                                                                               |                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------|
| ชนิดเสาเข็ม <input type="checkbox"/> ไม้ <input type="checkbox"/> คอนกรีตเสริมเหล็ก <input type="checkbox"/> คอนกรีตอัดแรง <input type="checkbox"/> เหล็กหล่อ |                                           | ปีงบประมาณ |
| ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง..... ซม. ความยาว..... ม.                                                                                                                 | ความสูง..... ม. ลูกตุ้มหนัก..... กิโลกรัม |            |
| ความยาว..... ม. จำนวนหน่วยที่ต่อ                                                                                                                              | ระยะระหว่าง..... ซม. เสาเข็มยาว..... ม.   |            |
| ผลการทดสอบ..... วันที่ย่อย..... จำนวนเสาเข็มที่รับน้ำหนัก..... กิโลกรัม                                                                                       |                                           |            |
| กำหนดค่าเฉลี่ย..... ม. กำหนดค่าเฉลี่ย..... ซม. เสาเข็มยาว..... ซม. เสาเข็ม..... ซม. เสาเข็ม..... ซม.                                                          |                                           |            |

| ตำแหน่งเสาเข็มต้นที่ |              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|--------------|---|---|---|---|---|
| เวลาทดสอบ            | วันที่       |   |   |   |   |   |
|                      | ชั่วโมง      |   |   |   |   |   |
| ระดับ                | ระดับน้ำทะเล |   |   |   |   |   |
|                      | ระดับดิน     |   |   |   |   |   |

|               |              |  |  |  |  |  |
|---------------|--------------|--|--|--|--|--|
| ลำดับการทดสอบ | ระดับน้ำทะเล |  |  |  |  |  |
|               | 1            |  |  |  |  |  |
|               | 2            |  |  |  |  |  |
|               | 3            |  |  |  |  |  |
|               | 4            |  |  |  |  |  |
|               | 5            |  |  |  |  |  |
|               | 6            |  |  |  |  |  |
|               | 7            |  |  |  |  |  |
|               | 8            |  |  |  |  |  |
|               | 9            |  |  |  |  |  |
|               | 10           |  |  |  |  |  |
|               | 11           |  |  |  |  |  |
|               | 12           |  |  |  |  |  |
|               | 13           |  |  |  |  |  |
|               | 14           |  |  |  |  |  |
|               | 15           |  |  |  |  |  |
|               | 16           |  |  |  |  |  |
|               | 17           |  |  |  |  |  |
|               | 18           |  |  |  |  |  |
|               | 19           |  |  |  |  |  |
|               | 20           |  |  |  |  |  |

|              |            |  |  |  |  |  |
|--------------|------------|--|--|--|--|--|
| ระดับน้ำทะเล | ครั้งที่ 1 |  |  |  |  |  |
|              | ครั้งที่ 2 |  |  |  |  |  |
| ระดับดิน     | ครั้งที่ 1 |  |  |  |  |  |
|              | ครั้งที่ 2 |  |  |  |  |  |
| ระดับน้ำ     | ครั้งที่ 1 |  |  |  |  |  |
|              | ครั้งที่ 2 |  |  |  |  |  |



รูปแสดงฐานราก และ ตำแหน่งเสาเข็ม

ผู้จัดทำ.....ผู้บันทึก

.....

ผู้ตรวจสอบ.....ผู้ควบคุมงาน

.....

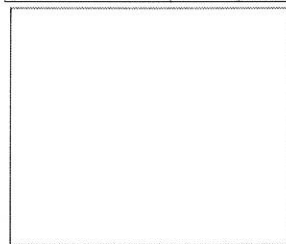
บพ. มยผ. 1106-2 รายงานการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

|                 |              |                              |  |                   |
|-----------------|--------------|------------------------------|--|-------------------|
| โครงการ         |              |                              |  | แผนที่            |
| สถานที่ก่อสร้าง |              |                              |  | ตำแหน่ง Grid Line |
| เจ้าของโครงการ  | ผู้ออกแบบ    |                              |  |                   |
| ผู้รับจ้าง      | ผู้ควบคุมงาน | วันที่.....เดือน.....ปี..... |  |                   |

สภาพภูมิอากาศ ☐ แดดจ้า ☐ ฝนตก ☐ ลมแรง ☐ ลมสงบ ☐ ลมพัดแรง

| ข้อมูลเสาเข็ม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ข้อมูลการปฏิบัติงาน                                                                                                                                                                                                                 | รายละเอียดของชั้นดิน |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| ชนิดเสาเข็มเจาะ <input type="checkbox"/> แบบบด <input type="checkbox"/> แบบบดอัด<br>ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง..... มม.<br>ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฐานปลายเสาเข็ม..... มม.<br>ระยะห่างเสาเข็มที่ก่อสร้างไว้จริง..... มม.<br>ระยะห่างเสาเข็มที่ก่อสร้างจริง..... มม.<br>ระยะเปลี่ยนเสาเข็ม..... มม.<br>ระยะผิวเรียบ..... มม.<br>ระยะผิวเรียบ..... มม.                                                                                               | วันที่เวลาเริ่มจะตอก.....<br>วันที่เวลาได้จะเสร็จ.....<br>วันที่เวลาที่เริ่มตอกจนเสร็จ.....<br>วันที่เวลาที่เสร็จ.....<br>ชนิดของวัสดุที่ใช้จะ.....<br>ความยาวของปลอกเหล็กชั่วคราว..... มม.<br>ความยาวของปลอกเหล็กชั่วคราว..... มม. |                      |
| ข้อมูลวัสดุ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | กัดล้างปลอกเหล็กของคอนกรีต..... กก./ตร.ซม. อัตราส่วนผสม.....<br>ปริมาณของคอนกรีตที่ใช้ตลอดการ..... ลูกบาศก์เมตร<br>ปริมาณของคอนกรีตที่ใช้รวมไปกับ..... ลูกบาศก์เมตร                                                                 |                      |
| กัดล้างปลอกเหล็ก..... <input type="checkbox"/> แบบบด <input type="checkbox"/> แบบบดอัด<br>กัดล้างปลอก..... <input type="checkbox"/> แบบบด <input type="checkbox"/> แบบบดอัด<br>กัดล้างปลอก..... <input type="checkbox"/> แบบบด <input type="checkbox"/> แบบบดอัด<br>กัดล้างปลอก..... <input type="checkbox"/> แบบบด <input type="checkbox"/> แบบบดอัด<br>กัดล้างปลอก..... <input type="checkbox"/> แบบบด <input type="checkbox"/> แบบบดอัด | กัดล้างปลอก..... กก./ตร.ซม.<br>กัดล้างปลอก..... กก./ตร.ซม.<br>กัดล้างปลอก..... กก./ตร.ซม.<br>กัดล้างปลอก..... กก./ตร.ซม.<br>กัดล้างปลอก..... กก./ตร.ซม.<br>กัดล้างปลอก..... กก./ตร.ซม.                                              |                      |
| Drilling Slurry<br><input type="checkbox"/> ไม่ใช้<br><input type="checkbox"/> ใช้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ค่าความหนืด (Viscosity).....<br>ค่า pH.....<br>ค่าความหนาแน่น.....<br>ปริมาณทราย (ร้อยละ)<br>อัตราส่วนผสม (ต่อลูกบาศก์เมตร)<br>Polysar..... กก.<br>Bentonite..... กก.                                                               |                      |

|                   |   |  |  |  |  |  |
|-------------------|---|--|--|--|--|--|
| ระยะต้องสูง (mm.) | X |  |  |  |  |  |
|                   | Y |  |  |  |  |  |



รูปแสดงฐานราก และลำต้นเสาเข็ม

หมายเหตุ.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

.....

ลงชื่อ.....ผู้ควบคุมงาน

.....