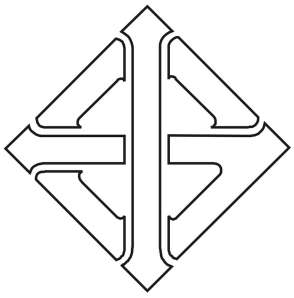


มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 399–2565

เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดสั้น

REINFORCED CONCRETE SHORT PILES

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 91.100.30

ISBN 978-616-580-924-5

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดสั้น

มอก. 399–2565

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2430 6815

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 139 ตอนพิเศษ 282 ง
วันที่ 1 ธันวาคม พุทธศักราช 2565

คณะอนุกรรมการวิชาการคณะที่ 7/6
เสาเข็มคอนกรีต

อนุกรรมการวิชาการรายสาขา คณะที่ 7/6 เสาเข็มคอนกรีต ได้รับการแต่งตั้งจากกรรมการวิชาการรายสาขา คณะที่ 7 ผลิตภัณฑ์คอนกรีต ให้จัดทำร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดสั้น ดังรายชื่อต่อไปนี้

ประธานอนุกรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูชัย สุจิวรกุล	สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

อนุกรรมการ

นายกฤษฎา สุทธิพันธ์	กรมวิทยาศาสตร์บริการ
นายสมพงษ์ ธีรานพ	กรมโยธาธิการและผังเมือง
นายทัญพิสิษฐ์ ชินสมพงษ์	กรมทางหลวง
นายกนกเทพ รัตนดิลก ณ ภูเก็ต	กรมทางหลวงชนบท
นายรัฐชนก ชินตระการ	สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร
-	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
นายวันเฉลิม ชโลธร	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
-	สมาคมอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์คอนกรีตไทย
-	บริษัท เจนเนอรัล เอนจิเนียริ่ง จำกัด (มหาชน)
นายภัทริศ คุณกิตติ	บริษัท ปทุมธานีคอนกรีต จำกัด
นายนเรศ ผจงวิริยาทร	
นายอักนิษฐ์ ภัทรสิทธิเดชา	
-	บริษัท ผลิตภัณฑ์คอนกรีตชลบุรี จำกัด (มหาชน)

กรรมการและเลขานุการ

นายสุธิวัฒน์ เปล่งศรีงาม	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดสั้น นี้ ได้ประกาศใช้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จขนาดสั้น มาตรฐานเลขที่ มอก. 399-2524 ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่ม 99 ตอนที่ 12 วันที่ 29 มกราคม พุทธศักราช 2525 ต่อมาได้พิจารณาเห็นสมควรแก้ไขปรับปรุงมาตรฐาน ดังกล่าวเพื่อให้สอดคล้องกับภาวะปัจจุบัน จึงได้แก้ไขปรับปรุงโดยยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเดิมและ กำหนดมาตรฐานนี้ขึ้นใหม่

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ กำหนดขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากผู้ทำ ผู้ใช้ และเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ACI 543R-12	Guide To Design, Manufacture, and Installation of Concrete Piles
ASTM C1602/C1602M-18	Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete
มยผ. 1106-64	มาตรฐานงานเสาเข็ม
มอก. 15-2562	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
มอก. 20-2559	เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม
มอก. 24-2559	เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย
มอก. 194-2535	ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ
มอก. 409-2525	วิธีทดสอบความต้านแรงอัดของแท่งคอนกรีต
มอก. 528-2548	เหล็กกล้าคาร์บอนทรงแบนรีดร้อน สำหรับงานทั่วไปและงานขึ้นรูป
มอก. 566-2562	มวลรวมผสมคอนกรีต
มอก. 733-2530	สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต
มอก. 747-2564	ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต
มอก. 849-2556	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน
มอก. 1479-2558	เหล็กกล้าทรงแบนรีดร้อน สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป
มอก. 1499-2563	เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อน สำหรับงานโครงสร้างเชื่อมประกอบ
มอก. 1736 เล่ม 1-2564	การทดสอบคอนกรีต เล่ม 1 การชักตัวอย่างคอนกรีตสด
มอก. 1736 เล่ม 2-2564	การทดสอบคอนกรีต เล่ม 2 การหล่อและการบ่มชิ้นทดสอบ สำหรับการทดสอบความแข็งแรง
มอก. 2135-2545	เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต
มอก. 2594-2556	ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ฉบับที่ 7) พ.ศ. 2558

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๖๘๐๐ (พ.ศ. ๒๕๖๕)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จขนาดสั้น

และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดสั้น

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จขนาดสั้น มาตรฐานเลขที่ มอก. 399 - 2524

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ฉบับที่ ๗) พ.ศ. ๒๕๕๘ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๕๗๐ (พ.ศ. ๒๕๒๔) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จขนาดสั้น ลงวันที่ ๒๑ ธันวาคม ๒๕๒๔ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดสั้น มาตรฐานเลขที่ มอก. 399 - 2565 ขึ้นใหม่ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๑๒๐ วัน นับตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๙ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๕

สุริยะ จึงรุ่งเรืองกิจ

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดสั้น

1. ขอบข่าย

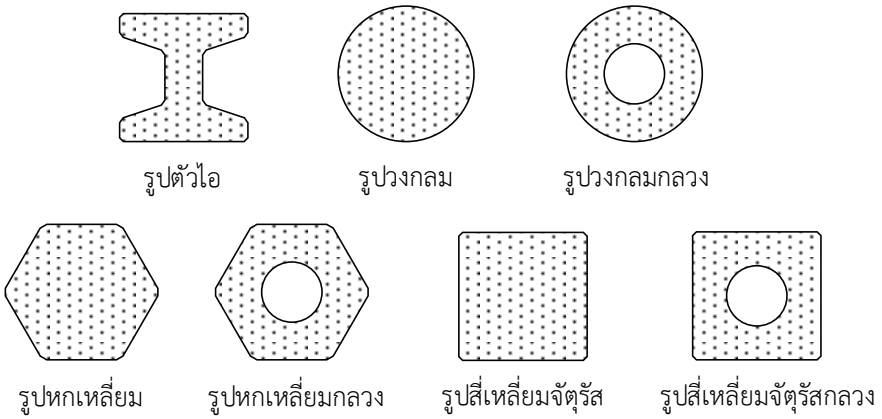
1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ ที่มีความยาวไม่เกิน 8 m ใช้รองรับฐานรากที่เสาเข็มรับแรงอัดเป็นส่วนใหญ่ และใช้เฉพาะในสถานที่ที่อยู่ในบริเวณน้ำจืดเท่านั้น

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ไม่ครอบคลุมเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กที่ได้มีการประกาศกำหนดเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “เสาเข็ม” หมายถึง เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ ที่มีภาคตัดขวางสม่ำเสมอตลอดความยาว ยกเว้นที่ส่วนปลายและส่วนกลวง ตัวอย่างดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างภาคตัดขวางของเสาเข็ม

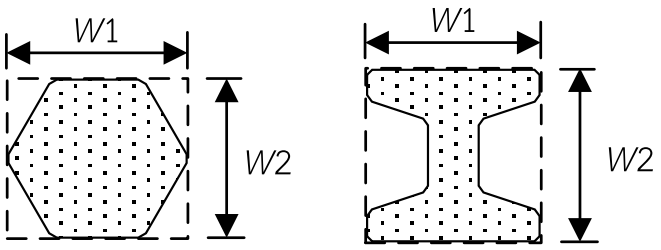
(ข้อ 2.1)

2.2 คอนกรีตหุ้ม (covering) หมายถึง ระยะสั้นที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมกับผิวของคอนกรีต

2.3 ความต้านแรงอัด หมายถึง ความเค้นอัดที่แท่งคอนกรีตสามารถรับได้ โดยอายุของแท่งคอนกรีตที่ใช้ทดสอบให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ทำ กรณีที่ไม่มีข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ทำให้ทดสอบเมื่ออายุ 28 d

2.4 แท่งคอนกรีต หมายถึง แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐาน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm สูง 300 mm

2.5 ความกว้างที่น้อยที่สุด (*W*) หมายถึง ส่วนที่แคบที่สุดของรูปภาคตัดขวางทั้งหมดของเสาเข็ม มีวิธีการหาได้โดยการหมุนภาคตัดขวางของเสาเข็มในระหว่างเส้นคู่ขนานจนได้ระยะแคบที่สุด ตัวอย่างดังรูปที่ 2



คำอธิบาย ความกว้างที่น้อยที่สุด (*W*) หมายถึง ความกว้างที่น้อยกว่าระหว่าง *W*1 กับ *W*2

รูปที่ 2 ตัวอย่างความกว้างที่น้อยที่สุดของรูปภาคตัดขวาง

(ข้อ 2.5)

2.6 อัตราส่วนเหล็กเสริมตามยาว (longitudinal reinforcement ratio) หมายถึง อัตราส่วนของพื้นที่ภาคตัดขวางของเหล็กเสริมตามยาว ต่อพื้นที่ภาคตัดขวางระบุของเสาเข็ม

3. ประเภท

3.1 เสาเข็มแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 มีหัวต่อ

3.1.2 ไม่มีหัวต่อ

4. มิติ และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 มิติ

4.1.1 ความกว้างที่น้อยที่สุดของภาคตัดขวางตลอดความยาว (ยกเว้นที่ส่วนปลาย) ต้องไม่น้อยกว่า 150 mm

4.1.2 มิติของภาคตัดขวางแต่ละด้านวัดที่ใด ๆ ก็ตามตลอดความยาว (ยกเว้นส่วนที่เกิดจากการลบมุม) ให้เป็นไปตามที่ผู้ทำออกแบบ โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\begin{matrix}+5.0\\-2.5\end{matrix}$ mm

หมายเหตุ *1 กรณีส่วนที่บางที่สุดของภาคตัดขวางของเสาเข็มไม่มีเหล็กเสริม ต้องไม่น้อยกว่า 30 mm*

2 กรณีส่วนที่บางที่สุดของภาคตัดขวางของเสาเข็มที่มีเหล็กเสริม ต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความหนาคอนกรีตหุ้มตามข้อ 5.3 บวกด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของเหล็กเสริมตามยาวและเหล็กปลอก

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.1

4.1.2 ความยาว

ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่เครื่องหมายและฉลาก โดยมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 30 mm

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.2

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ปูนซีเมนต์

ต้องเป็นปูนซีเมนต์อย่างใดอย่างหนึ่ง ต่อไปนี้

5.1.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตาม มอก. 15

5.1.1.2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน ตาม มอก. 849

5.1.1.3 ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก ตาม มอก. 2594

5.1.2 มวลรวม

ตาม มอก. 566 ยกเว้นเกณฑ์กำหนดการคัดขนาดมวลผสมคอนกรีต โดยขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบต้องไม่เกิน

1) 30 mm

2) 2/5 เท่าของความหนาที่น้อยที่สุดของเสาเข็ม

5.1.3 สารเคมีผสมเพิ่ม (ถ้ามี)

ตาม มอก. 733

5.1.4 เถ้าลอย (ถ้ามี)

ตาม มอก. 2135

5.1.5 เหล็กเสริมตามยาว

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย ตาม มอก. 24

5.1.6 เหล็กปลอก

5.1.6.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม ตาม มอก. 20

5.1.6.2 ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ตาม มอก. 194

5.1.6.3 ลวดเหล็กกล้าดึงเย็นเสริมคอนกรีต ตาม มอก. 747

5.1.7 เหล็กเสริมพิเศษที่ใช้กับหัวต่อ (ถ้ามี)

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย ตาม มอก. 24

5.1.8 แผ่นเหล็กที่ใช้ทำหัวต่อ (ถ้ามี)

5.1.8.1 เหล็กกล้าคาร์บอนทรงแบนรีดร้อน สำหรับงานทั่วไปและงานขึ้นรูป ตาม มอก. 528

5.1.8.2 เหล็กกล้าทรงแบนรีดร้อน สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป ตาม มอก. 1479

5.1.8.3 เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อน สำหรับงานโครงสร้างเชื่อมประกอบ ตาม มอก. 1499

5.1.9 น้ำ

ต้องสะอาด ปราศจากน้ำมัน และสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของคอนกรีต

5.1.9.1 น้ำประปา ให้นำมาผสมคอนกรีตได้โดยไม่ต้องทดสอบ

5.1.9.2 น้ำที่ไม่ใช่น้ำประปา ให้ทดสอบปริมาณสารที่ยอมให้มีได้ในน้ำผสมคอนกรีต ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณสารที่ยอมให้มีได้ในน้ำผสมคอนกรีต

(ข้อ 5.1.9.2)

สารที่ยอมให้มีได้ในน้ำผสมคอนกรีต	ปริมาณที่ยอมให้ mg/L	วิธีทดสอบ
คลอไรด์ในรูปของ Cl^- ไม่เกิน	500	ASTM C114
ซัลเฟตในรูปของ SO_4^{2-} ไม่เกิน	3 000	ASTM C114
ด่างในรูปของ $Na_2O + 0.658K_2O$ ไม่เกิน	600	ASTM C114
ปริมาณของแข็งทั้งหมด ไม่เกิน	50 000	ASTM C1603

5.2 การทำ

5.2.1 คอนกรีต

5.2.1.1 ให้ชั่งมวลของวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตทุกครั้ง ส่วนน้ำและสารเคมีผสมเพิ่มอาจวัดเป็นปริมาตรได้

5.2.1.2 ต้องผสมคอนกรีตด้วยเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อให้เนื้อคอนกรีตมีส่วนผสมสม่ำเสมอ และการหล่อเสาเข็มแต่ละต้นต้องกระทำต่อเนื่องกันโดยตลอด

5.2.2 เหล็กเสริมตามยาว

(1) เหล็กเสริมตามยาวต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุไม่น้อยกว่า 6 mm หรือพื้นที่ภาคตัดขวางระบุไม่น้อยกว่า 28.3 mm^2 และมีอัตราส่วนเหล็กเสริมตามยาวไม่น้อยกว่า 1.0%

(2) ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมต้องห่างกันสม่ำเสมอ โดยระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมต้องไม่น้อยกว่าหนึ่งเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริมและต้องมากกว่า 4/3 เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ

(3) เหล็กเสริมตามยาว จะต้องออกแบบให้รับแรงที่เกิดขึ้นจากการยกและแรงกระแทก เนื่องจากการขนส่งและการตอกเป็นอย่างน้อย

5.2.3 เหล็กปลอก

5.2.3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องมีตำแหน่งอยู่นอกเหล็กเสริมตามยาว และต้องยึดติดกับเหล็กเสริมตามยาวโดยวิธีการที่เหมาะสม

5.2.3.2 ปริมาณเหล็กปลอก

ต้องจัดให้เหล็กปลอกแต่ละช่วงการวาง มีปริมาตรเหล็กปลอกต่อปริมาตรของคอนกรีตไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 หรือตารางที่ 3 แล้วแต่กรณี

5.2.3.3 ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอก (กรณีความยาวของเสาเข็มตั้งแต่ 12 เท่าของความกว้างที่น้อยที่สุด)

ต้องจัดให้ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกแต่ละช่วงการวางตามตารางที่ 2 เป็นดังนี้

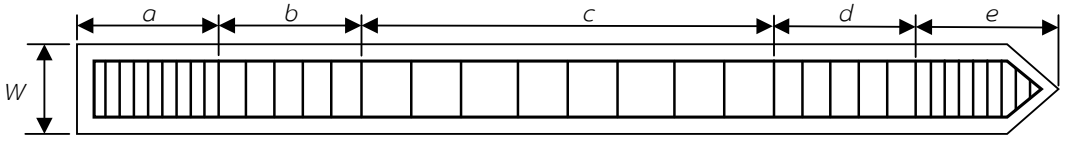
(1) ช่วงการวาง *a* *b* *d* และ *e* มีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกไม่น้อยกว่า 4/3 เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ

(2) ช่วงการวาง *c* มีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกไม่น้อยกว่า *W*—50 mm แต่ไม่เกิน 300 mm

ตารางที่ 2 ปริมาณเหล็กปลอก (กรณีความยาวของเสาเข็มตั้งแต่ 12 เท่าของความกว้างที่น้อยที่สุด)

(ข้อ 5.2.3.2 และข้อ 5.2.3.3)

ช่วงการวาง	ระยะกำหนด	ปริมาณเหล็กปลอก % ไม่น้อยกว่า
a	3*W*	0.60
b	3*W*	0.30
c	ไม่กำหนด	0.15
d	3*W*	0.30
e	3*W*	0.60



คำอธิบาย

W หมายถึง ความกว้างที่น้อยที่สุด

5.2.3.4 ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอก (กรณีความยาวของเสาเข็มน้อยกว่า 12 เท่าของความกว้างที่น้อยที่สุด) ต้องจัดให้ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกแต่ละช่วงการวางตามตารางที่ 3 เป็นดังนี้

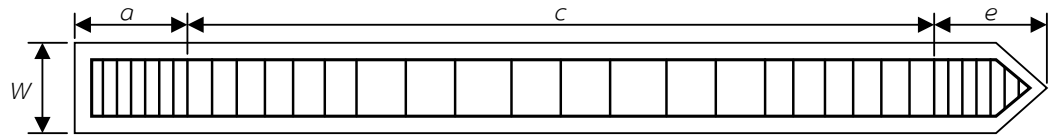
(1) ช่วงการวาง *a* และ *e* มีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกไม่น้อยกว่า 4/3 เท่าของขนาดใหญ่สุดของมวลรวมหยาบ

(2) ช่วงการวาง c มีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกไม่น้อยกว่า *W*—50 mm แต่ไม่เกิน 300 mm

ตารางที่ 3 ปริมาณเหล็กปลอก (กรณีความยาวของเสาเข็มน้อยกว่า 12 เท่าของความกว้างที่น้อยที่สุด)

(ข้อ 5.2.3.2 และข้อ 5.2.3.4)

ช่วงการวาง	ระยะกำหนด	ปริมาณเหล็กปลอก % ไม่น้อยกว่า
a	3*W*	0.60
c	ไม่กำหนด	0.30
e	3*W*	0.60



คำอธิบาย

W หมายถึง ความกว้างที่น้อยที่สุด

5.2.4 หัวต่อ (ถ้ามี)

5.2.4.1 หัวต่อต้องยึดแน่นติดกับตัวเสาเข็มจนมีสมบัติทางกลไม่ด้อยกว่าส่วนอื่นของเสาเข็ม

5.2.4.2 ศูนย์กลางภาคตัดขวางของหัวต่อต้องอยู่ในแนวแกนของเสาเข็ม

5.2.4.3 ขนาดของหัวต่อเมื่อหล่อติดกับตัวเสาเข็มแล้ว จะคลาดเคลื่อนจากผิวของด้านข้างส่วนที่อยู่ติดกับหัวต่อนั้นได้ไม่เกิน ± 2.5 mm

5.3 ความหนาคอนกรีตหุ้ม

5.3.1 ต้องไม่น้อยกว่า 25 mm สำหรับเสาเข็มที่มีความกว้างที่น้อยที่สุดน้อยกว่า 200 mm

5.3.2 ต้องไม่น้อยกว่า 30 mm สำหรับเสาเข็มที่มีความกว้างที่น้อยที่สุดตั้งแต่ 200 mm ขึ้นไป

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

6.1.1 เนื้อคอนกรีตต้องแน่นสม่ำเสมอ ปราศจากรอยตำหนิ รอยแตกร้าว รอยบิ่น การโก่งตัว และข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่มีผลเสียต่อการใช้งาน

6.1.2 เนื้อคอนกรีตต้องไม่มีรอยร้าวต่อเนื่องกันเกินครึ่งหนึ่งของเส้นรอบรูปทำมุมระหว่าง 80° ถึง 90° กับแนวแกน รอยร้าวที่เกิดขึ้นต้องกว้างไม่เกิน 0.2 mm และแต่ละรอยร้าวต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 500 mm

6.1.3 กรณีเสาเข็มที่มีความยาวเกิน 5 m ต้องแสดงตำแหน่งจุดยกไว้ให้ชัดเจนตามลักษณะการใช้งานที่ออกแบบไว้ ถ้าออกแบบให้ยกเป็นจุดให้ทำเครื่องหมายไว้หรือทำเป็นรูร้อย หรือที่จับยึดสำหรับยกไว้ ถ้าออกแบบให้ยกโดยวิธีอื่นต้องแสดงวิธีการยกไว้ด้วย

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

6.2 ปลายเสาเข็ม (ยกเว้นส่วนที่เป็นปลายแหลม)

ต้องมีผิวหน้าเรียบจะนูนขึ้นหรือเว้าลงได้ไม่เกิน 3 mm และต้องตั้งฉากกับแนวแกนของเสาเข็มโดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2°

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจและการวัด

6.3 ความโก่ง

ระยะโก่งตัวขึ้น ระยะแอ่นตัวลงที่ส่วนใด ๆ ของเสาเข็มต้องไม่เกิน $l/200$

การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 9.3

6.4 ความต้านแรงอัด

ต้องไม่น้อยกว่า 28 MPa

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก. 409 โดยการชักตัวอย่างให้เป็นไปตาม มอก. 1736 เล่ม 1 การหล่อและการบ่มให้เป็นไปตาม มอก. 1736 เล่ม 2

6.5 ความทนแรงยกและแรงกระแทก (เฉพาะกรณีความยาวของเสาเข็มตั้งแต่ 2 m)

เมื่อทดสอบตาม ข้อ 9.4 แล้ว ต้องไม่ปรากฏรอยร้าวกว้างเกิน 0.2 mm ณ ตำแหน่งใด ๆ ของเสาเข็ม

6.6 หัวต่อ (ถ้ามี)

เมื่อทดสอบตามข้อ 9.5 แล้ว ต้องไม่ปรากฏรอยร้าวกว้างเกิน 0.2 mm ณ ตำแหน่งใด ๆ ของเสาเข็ม (ยกเว้นรอยต่อระหว่างแผ่นเหล็กที่ใช้ทำหัวต่อกับเสาเข็ม)

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่เสาเข็มทุกต้น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจนและไม่ลบเลือนง่าย ที่ระยะประมาณ 500 mm จากปลายที่ตอก

(1) ชื่อรูปร่างของภาคตัดขวาง

(2) มิติ เป็นมิลลิเมตร

(3) ความยาว เป็นมิลลิเมตร

(4) ตำแหน่งของจุดยก

(5) วัน เดือน ปีที่ทำ

(6) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน แนะนำให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

9. การทดสอบ

9.1 มิติของภาคตัดขวาง

9.1.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่วัดได้ละเอียด 0.5 mm

9.1.2 วิธีทดสอบ

วัดมิติเสาเข็มที่ปลายทั้งสองด้านและกึ่งกลางเสาเข็ม

9.1.3 การรายงานผล

รายงานทุกค่าที่วัดได้ของตัวอย่างแต่ละต้น เป็นมิลลิเมตร

9.2 ความยาว

9.2.1 เครื่องมือ

สายวัดโลหะที่วัดได้ละเอียด 1 mm และยาวพอที่จะวัดความยาวของเสาเข็มได้ตลอดในครั้งเดียว

9.2.2 วิธีทดสอบ

วัดความยาว 2 ตำแหน่งที่ด้านตรงข้ามกัน

9.2.3 การรายงานผล

รายงานความยาวทุกค่าที่วัดได้ของตัวอย่างแต่ละต้น เป็นมิลลิเมตร

9.3 ความโก่ง

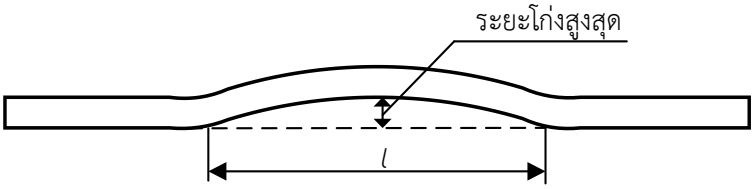
9.3.1 เครื่องมือ

(1) สายเอ็น

(2) เครื่องมือที่วัดได้ละเอียด 1 mm

9.3.2 วิธีทดสอบ

วางเสาเข็มตามข้อ 9.4.1 แล้วขึงสายเอ็นให้ตึงกับผิวด้านนั้น ๆ ที่ส่วนของเสาเข็มที่มีการโก่งตัวขึ้นหรือแอ่นตัวลง แล้ววัดระยะห่างที่มากที่สุดของสายเอ็นกับผิวด้านนั้น ๆ ดังรูปที่ 3



เมื่อ l หมายถึง ความยาวของส่วนที่โก่งตัวขึ้น หรือแอ่นตัวลง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 3 ตัวอย่างการวัดความโก่ง

(ข้อ 9.3.2)

9.3.3 การรายงานผล

รายงานระยะความโก่งสูงสุดที่วัดได้ของตัวอย่างแต่ละต้น เป็นมิลลิเมตร

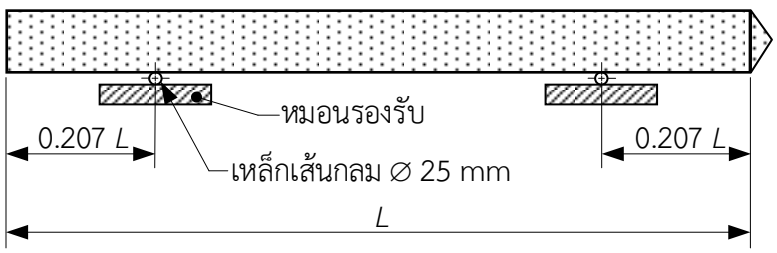
9.4 ความทนแรงยกและแรงกระแทก

9.4.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

9.4.1.1 เสาเข็มที่มีจุดยก 2 จุด ให้วางเสาเข็มตัวอย่างดังรูปที่ 4

9.4.1.2 เสาเข็มที่มีจุดยกจุดเดียวอยู่ตรงกึ่งกลางเสาเข็ม ให้วางเสาเข็มตัวอย่างดังรูปที่ 5

9.4.1.3 เสาเข็มมีจุดยกจุดเดียวอยู่ข้างใดข้างหนึ่ง ให้วางเสาเข็มตัวอย่างตามรูปที่ 6

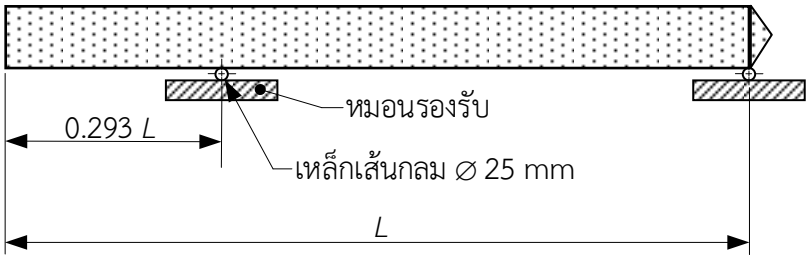


รูปที่ 4 การวางเสาเข็มตัวอย่างที่มีจุดยก 2 จุด

(ข้อ 9.4.1.1)

รูปที่ 5 การวางเสาเข็มตัวอย่างที่มีจุดยกจุดเดียวอยู่ตรงกลาง

(ข้อ 9.4.1.2)



รูปที่ 6 การวางเสาเข็มตัวอย่างที่มีจุดยกจุดเดียวอยู่ข้างใดข้างหนึ่ง

(ข้อ 9.4.1.3)

9.4.2 วิธีทดสอบ

ให้มวลแผ่สม่ำเสมอตลอดความยาวบนเสาเข็มตัวอย่างเท่ากับ 30% ของมวลเสาเข็มตัวอย่างแล้วตรวจพินิจถ้าเกิดรอยร้าวให้วัดความกว้างของรอยร้าว

9.4.3 การรายงานผล

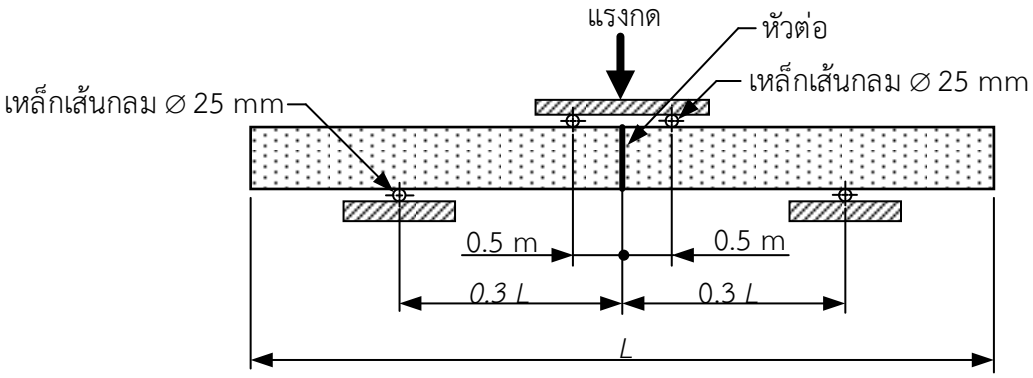
กรณีมีรอยร้าวให้รายงานความกว้างของรอยร้าวสูงสุด

9.5 หัวต่อ

9.5.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

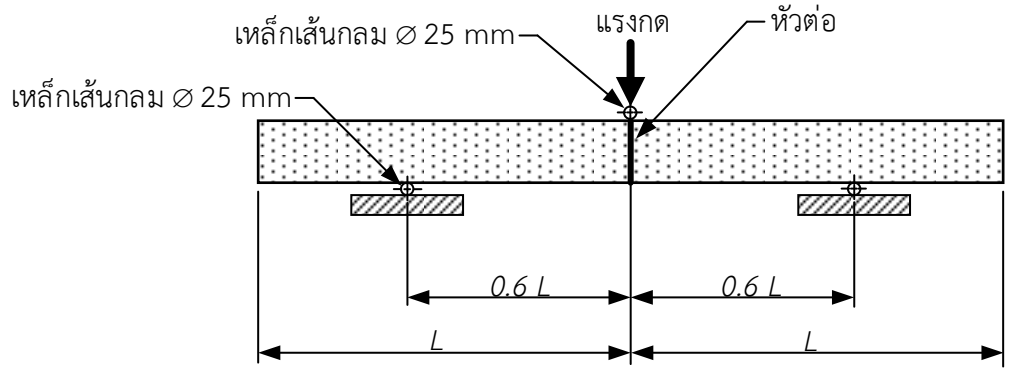
9.5.1.1 กรณีที่เสาเข็มมีความยาวตั้งแต่ 5.0 m ให้เตรียมชิ้นทดสอบจากเสาเข็มที่มีชื่อขนาดเดียวกัน แต่มีความยาวครึ่งเดียวของความยาวที่ระบุไว้ที่เครื่องหมายและฉลาก จำนวน 2 ต้น มาต่อเชื่อมกัน โดยให้หัวต่ออยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง และมีตำแหน่งของจุดรองรับและแรงกดที่ใช้ในการทดสอบเป็นไปตามรูปที่ 7

9.5.1.2 กรณีที่เสาเข็มมีความยาวน้อยกว่า 5.0 m ให้เตรียมชิ้นทดสอบจากเสาเข็มที่มีชื่อขนาดและความยาวเดียวกัน ตามที่ระบุไว้ที่เครื่องหมายและฉลาก จำนวน 2 ต้น มาต่อเชื่อมกัน โดยให้หัวต่ออยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง และมีตำแหน่งของจุดรองรับและแรงกดที่ใช้ในการทดสอบเป็นไปตามรูปที่ 8



รูปที่ 7 การทดสอบหัวต่อของเสาเข็มที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 m

(ข้อ 9.5.1.1)



รูปที่ 8 การทดสอบหัวต่อของเสาเข็มที่มีความยาวน้อยกว่า 5.0 m

(ข้อ 9.5.1.2)

9.5.2 การคำนวณ

9.5.2.1 แรงกดระหว่างหัวต่อเสาเข็ม สำหรับชิ้นทดสอบตามข้อ 9.5.1.1 คำนวณได้จากสูตร

$$P = \frac{1.10M - 0.025wL^2}{0.15L - 0.25}$$

เมื่อ P คือ แรงกดระหว่างหัวต่อเสาเข็ม เป็นนิวตัน

M คือ ค่าที่มากกว่าระหว่างโมเมนต์ดัดที่ได้จากการคำนวณตามข้อ 9.5.2.3 (1) หรือ ข้อ 9.5.2.3 (2) เป็นนิวตัน•เมตร

w คือ น้ำหนักเสาเข็มต่อความยาว 1 m เป็นนิวตันต่อเมตร

L คือ ความยาว เป็นเมตร

9.5.2.2 แรงกดระหว่างหัวต่อเสาเข็ม สำหรับชิ้นทดสอบตามข้อ 9.5.1.2 คำนวณได้จากสูตร

$$P = \frac{1.10M - 0.1wL^2}{0.3L}$$

เมื่อ P คือ แรงกดระหว่างหัวต่อเสาเข็ม เป็นนิวตัน

M คือ ค่าที่มากกว่าระหว่างโมเมนต์ดัดที่ได้จากการคำนวณตามข้อ 9.5.2.3 (1) หรือข้อ 9.5.2.3 (2) เป็นนิวตัน·เมตร

w คือ น้ำหนักเสาเข็มต่อความยาว 1 m เป็นนิวตันต่อเมตร

L คือ ความยาว เป็นเมตร

9.5.2.3 ค่าโมเมนต์ดัด

(1) ค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดจากการแตกร้าวของคอนกรีตภายใต้แรงดัด คำนวณได้จาก

$$M = (0.625\sqrt{f'_c}) \times S \times 10^{-3}$$

เมื่อ M คือ โมเมนต์ดัด เป็นนิวตัน·เมตร

f'_c คือ กำลังอัดของคอนกรีต เป็นเมกะพาสคาล (ตามที่ผู้ทำกำหนดแต่ต้องไม่น้อยกว่า 28 MPa)

S คือ มอดุลัสภาคตัดที่คำนวณได้จากสูตรตามภาคผนวก ข. เป็นลูกบาศก์มิลลิเมตร

(2) ค่าโมเมนต์ที่ได้การทดสอบความทนแรงยกและแรงกระแทกให้เป็นไปตามภาคผนวก ค.

9.5.3 วิธีทดสอบ

ให้แรงกดตามที่คำนวณจากสูตรข้อ 9.5.2.1 หรือ 9.5.2.2 แล้วแต่กรณี แล้วตรวจพินิจรอยต่อ ถ้ารอยต่อมีรอยแยกให้วัดความกว้างของรอยแยก

9.5.4 การรายงานผล

กรณีมีรอยร้าวให้รายงานความกว้างของรอยร้าวสูงสุด

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 8.1)

ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เสาเข็มที่มีรูปร่างของภาคตัดขวาง ประเภท มิติ และความยาวเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบความต้านแรงอัดของคอนกรีต

ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ทำเสาเข็ม จากรุ่นเดียวกันจำนวน 10 แท่ง จากปริมาตรคอนกรีตทุก ๆ 100 m^3

ก.2.1.2 แท่งตัวอย่างทั้งหมดต้องเป็นไปตามข้อ 6.4 จึงจะถือว่าเสาเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด หรือถ้ามีตัวอย่าง 1 แท่ง มีค่าความต้านแรงอัดสูงสุดไม่เป็นไปตามข้อ 6.4 แต่ค่าความต้านแรงอัดของแท่งตัวอย่างนั้นไม่น้อยกว่า 85% ของค่าความต้านแรงอัดที่กำหนด และค่าเฉลี่ยของทุกแท่งตัวอย่างไม่น้อยกว่า 1.05 เท่าของค่าความต้านแรงอัดที่กำหนด ให้ถือว่าเสาเข็มรุ่นนั้นยังเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบมิติ ลักษณะทั่วไป ปลายเสาเข็ม ความโก่ง ความทนแรงยกและแรงกระแทก และเครื่องหมายและฉลาก

ก.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างเสาเข็มโดยวิธีสุ่มตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 ต้น

ก.2.2.2 ตัวอย่างเสาเข็มต้องเป็นไปตามข้อ 4.1 ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 ข้อ 6.3 ข้อ 6.5 และข้อ 7.1 จึงจะถือว่าเสาเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบหัวต่อ

ก.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างเสาเข็มโดยวิธีสุ่มตัวอย่างจากรุ่นเดียวกันจำนวน 2 ต้น กำหนดเป็น 1 ชุดตัวอย่าง

ก.2.3.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5.2.4 และข้อ 6.6 จึงจะถือว่าเสาเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ก.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างเสาเข็มต้องเป็นไปตามที่กำหนดทั้งข้อ ก.2.1.2 ข้อ ก.2.2.2 และข้อ ก.2.3.2 จึงจะถือว่าเสาเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ภาคผนวก ข.

(ให้ไว้เป็นข้อแนะนำ)

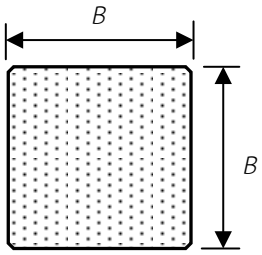
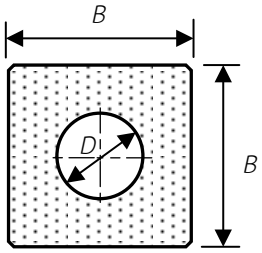
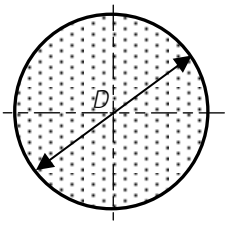
มอดุลัสภาคตัด

(ข้อ 9.5.2.3)

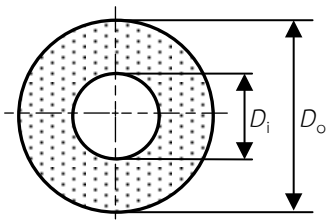
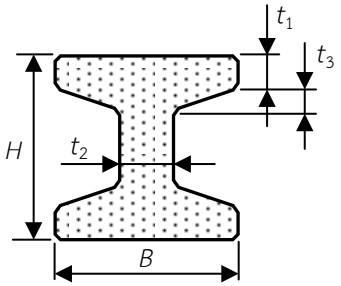
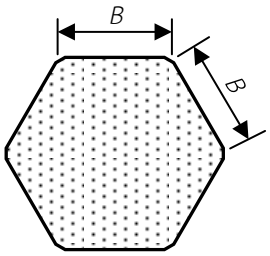
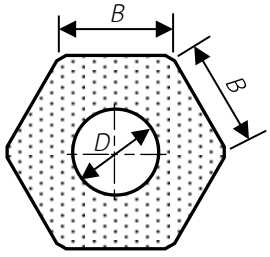
ข.1 มอดุลัสภาคตัด (sectional modulus) คำนวณได้จากสูตรตามตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ภาคตัดขวางเสาเข็ม และมอดุลัสภาคตัด

(ข้อ ข.1)

ภาคตัดขวางเสาเข็ม mm		มอดุลัสภาคตัด mm^3
รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส		$\frac{B^3}{6}$
รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกลวง		$\frac{\left(\frac{B^4}{6}-\frac{\pi D^4}{32}\right)}{B}$
รูปวงกลม		$\frac{\pi D^3}{32}$

ตารางที่ ข.1 ภาคตัดขวางเสาเข็ม และมอดุลัสภาคตัด (ต่อ)

ภาคตัดขวางเสาเข็ม mm		มอดุลัสภาคตัด mm^3
รูปวงกลมกลวง		$\frac{\pi(D_o^4 - D_i^4)}{32D_o}$
รูปตัวไอ		$I_X = \frac{BH^3}{12} - \frac{(B - t_2)\left(H - t_1 - \frac{t_3}{2}\right)^3}{12}$ $I_y = \frac{(H - 2t_1 - 2t_3)(t_2)^3}{12} - \frac{\left(t_1 + \frac{t_3}{2}\right)B^3}{6}$ $S_x = \frac{I_x}{(H/2)} \quad S_y = \frac{I_y}{(B/2)}$
รูปหกเหลี่ยม		$0.678B^3$
รูปหกเหลี่ยมกลวง		$\frac{0.625B^4 - \frac{\pi D^4}{64}}{0.923B}$

ภาคผนวก ค.

(ให้ไว้เป็นข้อแนะนำ)

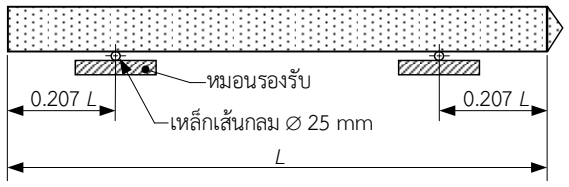
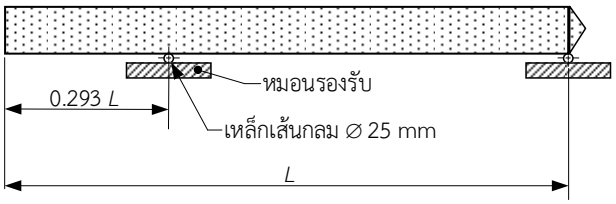
การหาค่าโมเมนต์

(ข้อ 9.5.2.3)

ค.1 โมเมนต์สำหรับการทดสอบความทนแรงยกและแรงกระแทก คำนวณได้จากสูตรตามตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 โมเมนต์การทดสอบความทนแรงยกและแรงกระแทก

(ข้อ ค.1)

ลักษณะการวางเสาเข็มขณะยกหรือขนย้าย	โมเมนต์ดัดสูงสุด (*M*) จากการยกและแรงกระแทก N·m
 การวางเสาเข็มตัวอย่างที่มีจุดยก 2 จุด	$0.028wL^2$ เมื่อ *w* คือ น้ำหนักเสาเข็มต่อความยาว 1 m เป็นนิวตันต่อเมตร *L* คือ ความยาว เป็นเมตร
การวางเสาเข็มตัวอย่างที่มีจุดยกจุดเดียวอยู่ตรงกลาง	$0.1625wL^2$ เมื่อ *w* คือ น้ำหนักเสาเข็มต่อความยาว 1 m เป็นนิวตันต่อเมตร *L* คือ ความยาว เป็นเมตร
 การวางเสาเข็มตัวอย่างที่มีจุดยกจุดเดียวอยู่ข้างใดข้างหนึ่ง	$0.056wL^2$ เมื่อ *w* คือ น้ำหนักเสาเข็มต่อความยาว 1 m เป็นนิวตันต่อเมตร *L* คือ ความยาว เป็นเมตร