

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๓๕๖๘ (พ.ศ. ๒๕๔๕)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ขกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ มาตรฐานเลขที่ มอก.396-2524

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๕๖๗ (พ.ศ. ๒๕๒๔) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ ลงวันที่ ๒๑ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๒๔ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ มาตรฐานเลขที่ มอก.396-2549 ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลเมื่อพ้นกำหนด ๓๖๕ วัน นับแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๖ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๔๕

โฆสิต ปั้นเปี่ยมรัษฎ์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จ

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จที่มีภาคตัดขวางเดียวกันตลอดทั้งต้นยกเว้นปลายส่วนแหลม และมีกรรมวิธีการหล่อคอนกรีตหุ้มลวดเหล็กกล้าหรือลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง ภายหลังจากที่ลวดเหล็กกล้าหรือลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรงนั้นถูกยึดออกตามเกณฑ์กำหนดแล้ว ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “เสาเข็ม”
- 1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีวัตถุประสงค์ใช้รองรับฐานรากที่ตัวเสาเข็มรับแรงอัดเป็นส่วนใหญ่และใช้เฉพาะในสถานที่ที่อยู่ในบริเวณน้ำจืดเท่านั้น
- 1.3 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ ไม่ครอบคลุมถึงเสาเข็มที่รับแรงดัดหรือแรงดึง
- 1.4 ในกรณีที่น่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ไปใช้กับเสาเข็มที่รองรับฐานรากสะพาน ผู้ทำต้องออกแบบเสาเข็มให้เป็นไปตามแบบและข้อกำหนดของหน่วยงานนั้น

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ชื่อขนาด หมายถึง สัญลักษณ์ที่แสดงรูปร่างและมิติของภาคตัดขวางของเสาเข็ม
- 2.2 พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ หมายถึง พื้นที่ภาคตัดขวางทั้งหมดของเสาเข็มที่ไม่มีกรลบลมมุม
- 2.3 คอนกรีตหุ้ม (covering) หมายถึง เนื้อคอนกรีตส่วนที่บางที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมตามยาว หรือเหล็กปลอก หรือเหล็กเสริมพิเศษกับผิวคอนกรีต
- 2.4 รอยพรุน หมายถึง รูหรือโพรงซึ่งเกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีต เนื่องจากความบกพร่องในกระบวนการทำ
- 2.5 มวลผสมหยาบ (coarse aggregate) หมายถึง วัสดุผสมซึ่งส่วนใหญ่จะค้างอยู่บนร่อนขนาด 4.75 มิลลิเมตร
- 2.6 เหล็กเสริมตามยาว หมายถึง ลวดเหล็กกล้าหรือลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรงที่เสริมเพื่อให้เสาเข็มสามารถขนส่ง ยกขึ้นตอก และใช้งานได้ตามต้องการ
- 2.7 เหล็กปลอกเดี่ยว (single stirrup) หมายถึง ลวดเหล็กหรือเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่ล้อมรอบเหล็กเสริมตามยาว 1 รอบ เพื่อต้านแรงเฉือนและแรงบิดในเสาเข็ม
- 2.8 เหล็กปลอกเกลียว (spiral stirrup) หมายถึง ลวดเหล็กหรือเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่ล้อมรอบเหล็กเสริมตามยาวเป็นเกลียวตั้งแต่ 2 รอบขึ้นไป เพื่อต้านแรงเฉือนและแรงบิดในเสาเข็ม
- 2.9 เหล็กเสริมพิเศษ หมายถึง เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่เสริมเพื่อให้หัวตอยึดกับเสาเข็ม หรือเสาเข็มนยึดกับโครงสร้าง เพื่อป้องกันการแตกร้าวระหว่างการตอก

- 2.10 การสูญเสียการอัดแรง (total prestress loss) หมายถึง การที่เหล็กเสริมตามยาวสูญเสียการอัดแรงทั้งหมดตามขั้นตอนต่าง ๆ เนื่องจากการหดตัวยืดหยุ่นของคอนกรีตตามแนวแกน การหดตัวของคอนกรีต การคืบของคอนกรีต และการผ่อนคลาย (relaxation) ของเหล็กเสริมตามยาว
- 2.11 ความต้านแรงอัดสูงสุด หมายถึง ความเค้นอัดสูงสุด ที่แท่งคอนกรีตสามารถรับได้ โดยปกติกำหนดให้ทดสอบเมื่ออายุ 28 วัน
- 2.12 ความต้านแรงอัดก่อนตัดลวด หมายถึง ความเค้นอัดสูงสุด ที่แท่งคอนกรีตสามารถรับได้ก่อนตัดหรือปล่อยเหล็กเสริมตามยาว
- 2.13 แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐาน หมายถึง แท่งคอนกรีตที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร
- 2.14 แท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์มาตรฐาน หมายถึง แท่งคอนกรีตที่มีรูปลูกบาศก์ขนาด 150 มิลลิเมตร
- 2.15 ความเค้นดึงเริ่มต้นในเหล็กเสริมตามยาว (initial prestress in prestressed reinforcement) หมายถึง ความเค้นดึงในเหล็กเสริมตามยาวก่อนเกิดการสูญเสียการอัดแรง
- 2.16 ความเค้นดึงยังผลในเหล็กเสริมตามยาว (effective prestress in prestressed reinforcement) หมายถึง ความเค้นดึงในเหล็กเสริมตามยาวหลังเกิดการสูญเสียการอัดแรง
- 2.17 ความเค้นอัดยังผลในเสาเข็ม (effective prestress in prestressed concrete pile) หมายถึง ความเค้นอัดในภาคตัดขวางเสาเข็มที่เกิดจากเหล็กเสริมตามยาวทั้งหมด หลังเกิดการสูญเสียการอัดแรง หาได้จากจำนวนความเค้นดึงยังผลในเหล็กเสริมตามยาวทั้งหมดหารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวางระบุของเสาเข็ม
- 2.18 โมเมนต์ดัดออกแบบ (design bending moment) หมายถึง โมเมนต์ที่คำนวณโดยคติน้ำหนักของตัวเสาเข็มนรวมกับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมออีกร้อยละ 30 ของน้ำหนักของตัวเสาเข็ม
- 2.19 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในมาตรฐานนี้
- 2.19.1 B หมายถึง มิติของภาคตัดขวาง เป็นมิลลิเมตร
- 2.19.2 f'_c หมายถึง ความต้านแรงอัดสูงสุดที่แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานสามารถรับได้ (specified compressive strength of concrete)
- 2.19.3 f_{ca} หมายถึง ความต้านแรงอัดใช้งานที่ยอมให้คอนกรีตรับได้มากที่สุดตลอดเวลาที่รับน้ำหนักอยู่โดยรวมความต้านแรงอัดของเหล็กเสริมตามยาวและน้ำหนักบรรทุก และความต้านแรงอัดใช้งานที่ยอมให้คอนกรีตรับได้มากที่สุด ในสภาพแรงดัดตลอดเวลาที่รับน้ำหนักอยู่ ซึ่งเกิดจากแรงยกและแรงกระแทก โดยรวมความต้านแรงอัดของเหล็กเสริมตามยาว (allowable axial stress in compression of concrete at time of design loads or allowable extreme fiber stress in compression of concrete at time of design loads)
- 2.19.4 f_{ci} หมายถึง ความต้านแรงอัดใช้งานที่ยอมให้คอนกรีตรับได้มากที่สุดในสภาพแรงดัด ขณะตัดหรือปล่อยเหล็กเสริมตามยาว (allowable extreme fiber stress in compression of concrete at time of initial prestress)
- 2.19.5 f'_{ci} หมายถึง ความต้านแรงอัดสูงสุดที่แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานสามารถรับได้ ขณะตัดหรือปล่อยเหล็กเสริมตามยาว (compressive strength of concrete at time of initial prestress)

- 2.19.6 f_{ta} หมายถึง ความต้านแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีต ที่จะรับได้มากที่สุดในสภาพแรงดัด ขณะขนส่ง ยกขึ้นตอก และใช้งาน (allowable extreme fiber stress in tension of concrete at design load)
- 2.19.7 f_{ti} หมายถึง ความต้านแรงดึงที่ยอมให้ของคอนกรีต ที่จะรับได้มากที่สุดในสภาพแรงดัด ขณะตัดหรือ ปล่อยเหล็กเสริมตามยาว (allowable extreme fiber stress in tension of concrete at time initial prestress)
- 2.19.8 f'_s หมายถึง ความต้านแรงดึงสูงสุดที่เหล็กเสริมตามยาวสามารถรับได้ (specified tensile strength of prestressing tendons)
- 2.19.9 l หมายถึง ความยาวของส่วนที่งอ เป็นมิลลิเมตร
- 2.19.10 L หมายถึง ความยาว เป็นเมตร
- 2.19.11 M หมายถึง โมเมนต์ดัดออกแบบ เป็นกิโลกรัม-เมตร
- 2.19.12 P หมายถึง น้ำหนักกดระหว่างหัวต่อของเสาเข็ม เป็นกิโลกรัม
- 2.19.13 w หมายถึง น้ำหนักเสาเข็มต่อความยาว 1 เมตร เป็นกิโลกรัมต่อเมตร

3. แบบและประเภท

3.1 แบบ

เสาเข็มแบ่งเป็น 3 แบบ ตามภาคตัดขวาง คือ

- 3.1.1 แบบภาคตัดขวางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสตัน
- 3.1.2 แบบภาคตัดขวางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกลวง
- 3.1.3 แบบภาคตัดขวางรูปตัวไอ

3.2 ประเภท

เสาเข็มแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน คือ

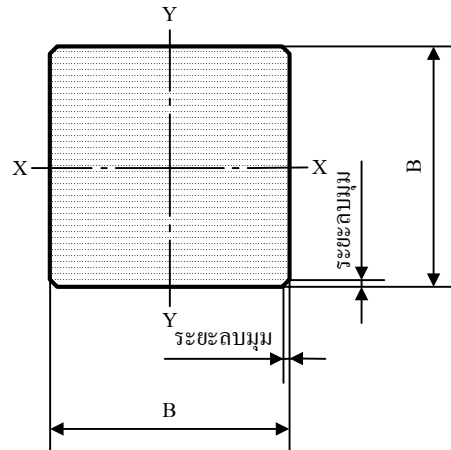
- 3.2.1 ประเภทมีหัวต่อ
- 3.2.2 ประเภทไม่มีหัวต่อ

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ชื่อขนาดและมิติของภาคตัดขวาง

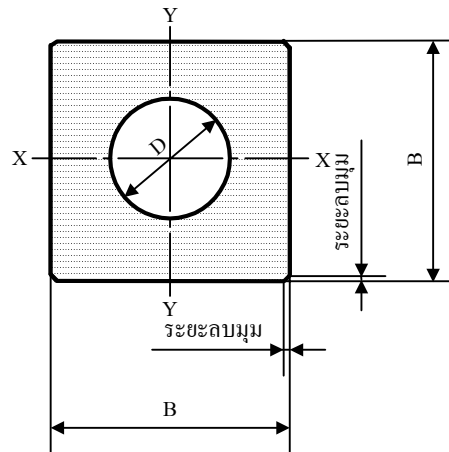
ให้เป็นไปตามตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 โดยจะมีความคลาดเคลื่อนของมิติของภาคตัดขวางไม่เกิน ± 10 มิลลิเมตร และยอมให้มีระยะลบมุมได้ตั้งแต่ 15 มิลลิเมตร ถึง 25 มิลลิเมตร การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ข้อ 9.1

ตารางที่ 1 ชื่อขนาดและมิติของภาคตัดขวางแบบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสตัน
(ข้อ 4.1)



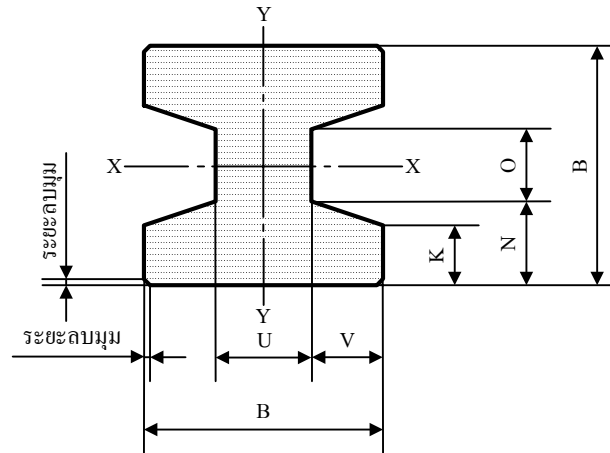
ชื่อขนาด	มิติ mm	พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ mm ²
S-B x B	B	A _c
S-150 x 150	150	22 500
S-180 x 180	180	32 400
S-220 x 220	220	48 400
S-260 x 260	260	67 600
S-300 x 300	300	90 000
S-350 x 350	350	122 500
S-400 x 400	400	160 000
S-450 x 450	450	202 500
S-525 x 525	525	275 625

ตารางที่ 2 ชื่อขนาดและมิติของภาคตัดขวางแบบรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสกลวง
(ข้อ 4.1)



ชื่อขนาด	มิติ		พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ mm ²
	mm		
SH-B x B	B	D	A _c
SH-525 x 525	525	300	204 940
SH-650 x 650	650	400	296 835

ตารางที่ 3 ชื่อขนาดและมิติของภาคตัดขวางแบบรูปตัวไอ
(ข้อ 4.1)



ชื่อขนาด	มิติ						พื้นที่ภาคตัดขวางระบุ mm ²
	mm						
I-B x B	B	K	N	O	U	V	A _c
I-180 x 180	180	60	75	30	70	55	27 450
I-220 x 220	220	65	85	50	80	70	38 600
I-260 x 260	260	65	85	90	90	85	48 900
I-300 x 300	300	75	105	90	100	100	66 000
I-350 x 350	350	85	115	120	120	115	88 000
I-400 x 400	400	110	140	120	160	120	124 000
I-450 x 450	450	120	160	130	170	140	154 900

4.2 ความยาว

ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ที่แบบ และจะคลาดเคลื่อนจากที่ระบุไว้ในแบบได้ไม่เกิน ± 50 มิลลิเมตร
การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ข้อ 9.2

5. ส่วนประกอบและการทำ

5.1 ส่วนประกอบ

5.1.1 ปูนซีเมนต์

ต้องเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ตาม มอก.15 เล่ม 1

5.1.2 มวลผสม

ต้องเป็นมวลผสมตาม มอก.566 โดยขนาดใหญ่สุดของมวลผสมหยาบต้องไม่เกิน

5.1.2.1 1/3 ของความกว้างและความหนาของเสาเข็ม หรือ

5.1.2.2 3/4 ของระยะช่องว่างระหว่างผิวเหล็กเสริม หรือ

5.1.2.3 3/4 ของระยะคอนกรีตหุ้ม

5.1.3 เหล็กเสริมตามยาว

5.1.3.1 ลวดเหล็กกล้าสำหรับคอนกรีตอัดแรง ให้เป็นไปตาม มอก.95

5.1.3.2 ลวดเหล็กกล้าตีเกลียวสำหรับคอนกรีตอัดแรง ให้เป็นไปตาม มอก.420

5.1.4 เหล็กปลอก

5.1.4.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม ให้เป็นไปตาม มอก.20

5.1.4.2 ลวดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ให้เป็นไปตาม มอก.194

5.1.4.3 ลวดเหล็กกล้าดิ่งเย็นเสริมคอนกรีต ให้เป็นไปตาม มอก.747

5.1.5 เหล็กเสริมพิเศษ (ถ้ามี)

5.1.5.1 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กเส้นกลม ให้เป็นไปตาม มอก.20

5.1.5.2 เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย ให้เป็นไปตาม มอก.24

5.1.6 ลูกปูนสำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก (ถ้ามี)

ต้องเป็นลูกปูนสำหรับคอนกรีตเสริมเหล็กตาม มอก.1366

5.1.7 แผ่นเหล็กที่ใช้ทำหัวต่อ (ถ้ามี)

5.1.7.1 เหล็กกล้าคาร์บอนทรงแบนรีร้อนสำหรับงานทั่วไปและงานขึ้นรูป ให้เป็นไปตาม มอก.528

5.1.7.2 เหล็กกล้าคาร์บอนรีร้อนแผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบางสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป ให้เป็นไปตาม มอก.1479

5.1.7.3 เหล็กกล้าคาร์บอนรีร้อนแผ่นม้วน แผ่นแถบ แผ่นหนา และแผ่นบางสำหรับงานโครงสร้างเชื่อมประกอบ ให้เป็นไปตาม มอก.1499

5.1.8 น้ำ

ต้องสะอาด ปราศจากกรด ต่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่น ๆ ในปริมาณที่จะก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของเสาเข็ม

5.1.9 สารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีต (ถ้ามี)

ต้องเป็นสารเคมีผสมเพิ่มสำหรับคอนกรีตตาม มอก.733

5.1.10 สารเหลวบ่มคอนกรีต (ถ้ามี)

ต้องเป็นสารเหลวบ่มคอนกรีตตาม มอก.841

5.2 การทำ

5.2.1 คอนกรีต

- 5.2.1.1 ต้องผสมคอนกรีตด้วยเครื่องผสมคอนกรีต เพื่อให้เนื้อคอนกรีตมีส่วนผสมสม่ำเสมอ และต้องหล่อต่อเนื่องกันตลอดทั้งต้น
- 5.2.1.2 ให้ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมของคอนกรีตทุกครั้ง ส่วนน้ำอาจวัดเป็นปริมาตรได้
- 5.2.1.3 ต้องใช้เครื่องเขย่า (vibrator) หรือเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นสม่ำเสมอ
- 5.2.1.4 การออกแบบความต้านแรงอัดและแรงดึงในคอนกรีต ให้เป็นไปตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความต้านแรงอัดและแรงดึงในคอนกรีต
(ข้อ 5.2.1.4)

ความต้านแรงอัดและแรงดึงในคอนกรีต		เกณฑ์ที่กำหนด	
		Mpa	kg/cm ² (ประมาณ)
f'_c	ไม่น้อยกว่า	35	350
f'_{ci}	ไม่น้อยกว่า	25	250
f_{ci}	ไม่มากกว่า	$0.60 f'_{ci}$	$0.60 f'_{ci}$
f_{ti}	ในการยกต้องไม่มากกว่า	$0.251 \sqrt{f'_{ci}}$	$0.795 \sqrt{f'_{ci}}$
f_{ca}	ก. ในสภาพใช้งานต้องไม่มากกว่า	$0.33 f'_c$	$0.33 f'_c$
	ข. ในสภาพแรงดัดต้องไม่มากกว่า	$0.45 f'_c$	$0.45 f'_c$
f_{ta}	ก. ในการขนส่งหรือการยกขึ้นตอกต้องไม่มากกว่า	$0.502 \sqrt{f'_c}$	$1.59 \sqrt{f'_c}$
	ข. ในการใช้งานต้องไม่มากกว่า	$0.372 \sqrt{f'_c}$	$1.19 \sqrt{f'_c}$

5.2.2 เหล็กเสริมตามยาว

5.2.2.1 ต้องมีขนาด และจำนวนตามที่ระบุในแบบ
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2.2.2 วิธีคำนวณปริมาณเหล็กเสริมตามยาว

ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดการออกแบบคอนกรีตอัดแรงซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป เช่น
ว.ส.ท.1009 ACI 318 BS 8110 : Part 1 AASHTO HB-17 และมีข้อกำหนดในการทำดังนี้

(1) ความเค้นดึงเริ่มต้น

(1.1) เหล็กเสริมตามยาวประเภทการผ่อนคลายธรรมดา ต้องมีความเค้นดึงเริ่มต้น
ไม่เกิน $0.70 f'_s$

(1.2) เหล็กเสริมตามยาวประเภทการผ่อนคลายต่ำ ต้องมีความเค้นดึงเริ่มต้นไม่เกิน
 $0.74 f'_s$

(2) ความเค้นอัดยังผลในเสาชี้มต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะพาสคัล

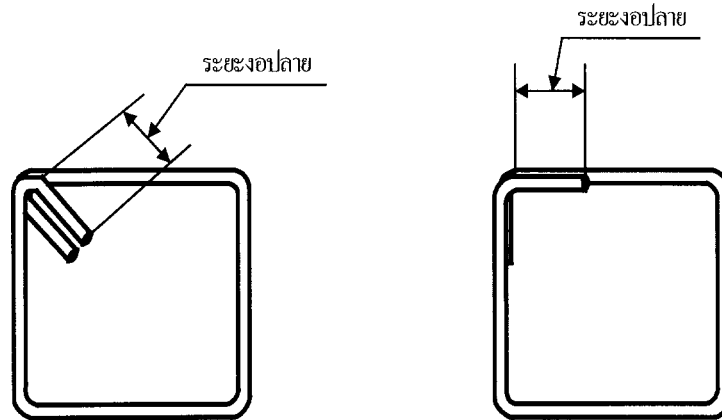
(3) ระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมตามยาว ต้องไม่น้อยกว่า 3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็ก
เสริมตามยาว และต้องไม่น้อยกว่า $1 \frac{1}{3}$ เท่าของขนาดใหญ่ที่สุดของมวลผสมหยาบ
การทดสอบให้ทำโดยการวัด

5.2.3 เหล็กปลอก

5.2.3.1 ลักษณะทั่วไป

(1) เหล็กปลอกเดี่ยว (ถ้ามี)

ต้องมีระยะงอปลายไม่น้อยกว่า 6 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กปลอก และต้อง
ไม่น้อยกว่า 60 มิลลิเมตร ทาบทับที่มุมเดียวกัน ดังตัวอย่างรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างการงอปลายเหล็กปลอกเดี่ยว

(ข้อ 5.2.3.1(1))

(2) เหล็กปลอกเกลียว (ถ้ามี)

ต้องจัดให้ปลายแต่ละด้านยึดไว้ด้วยการล้อมรอบเหล็กเสริมตามยาวไม่น้อยกว่า $1\frac{1}{2}$ รอบ ก่อนที่จะพันเป็นเกลียว และถ้าจำเป็นต้องต่อตามให้มีระยะทับกันไม่น้อยกว่า $1\frac{1}{2}$ ของ รอบวงเหล็กปลอก

(3) ต้องยึดแน่นกับเหล็กเสริมตามยาว และต้องจัดให้มุมของเหล็กปลอกยึดแน่นกับเหล็กเสริม ตามยาวตามลักษณะการใช้งานที่ออกแบบไว้

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2.3.2 ปริมาณเหล็กปลอก

ต้องจัดให้เหล็กปลอกแต่ละช่วงการวางตามรูปที่ 2 มีปริมาณปลอกเหล็กคิดเป็นปริมาตรเหล็กปลอก ต่อปริมาตรคอนกรีตไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5

การทดสอบให้ทำโดยการวัด

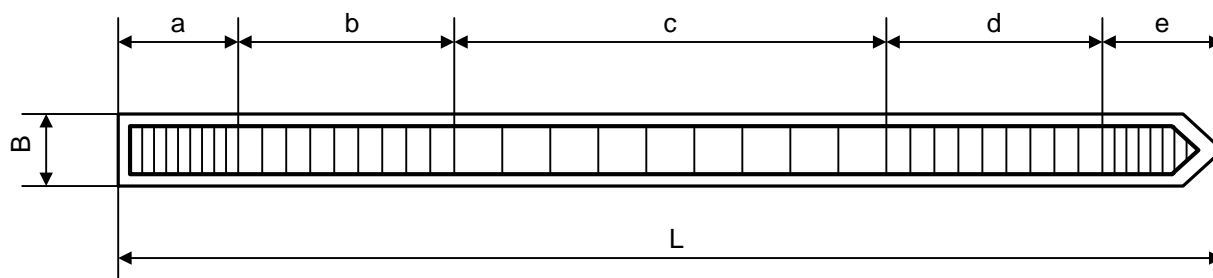
5.2.3.3 ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอก

ต้องจัดให้ระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกแต่ละช่วงการวางตามรูปที่ 2 เป็นดังนี้

(1) ช่วงการวาง a b d และ e มีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกไม่น้อยกว่า $1\frac{1}{3}$ เท่าของขนาด ใหญ่ที่สุดของมวลผสมหยาบ

(2) ช่วงการวาง c มีระยะห่างระหว่างเหล็กปลอกไม่มากกว่า B - 50 มิลลิเมตร และไม่เกิน 300 มิลลิเมตร

การทดสอบให้ทำโดยการวัด



รูปที่ 2 ช่วงการวางเหล็กปลอก
(ข้อ 5.2.3.2 และ 5.2.3.3)

ตารางที่ 5 ปริมาณเหล็กปลอก
(ข้อ 5.2.3.2)

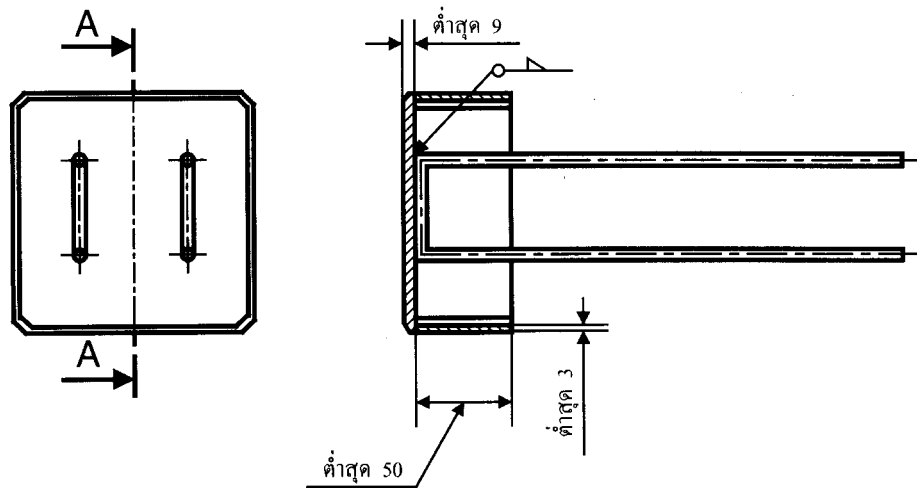
ช่วงการวาง	ระยะกำหนด mm	ปริมาณเหล็กปลอก %
a	1.5B	0.50
b	3.0B	0.20
c	ไม่ระบุ	0.08
d	3.0B	0.20
e	1.5B	0.50

5.2.4 เหล็กเสริมพิเศษ (ถ้ามี)

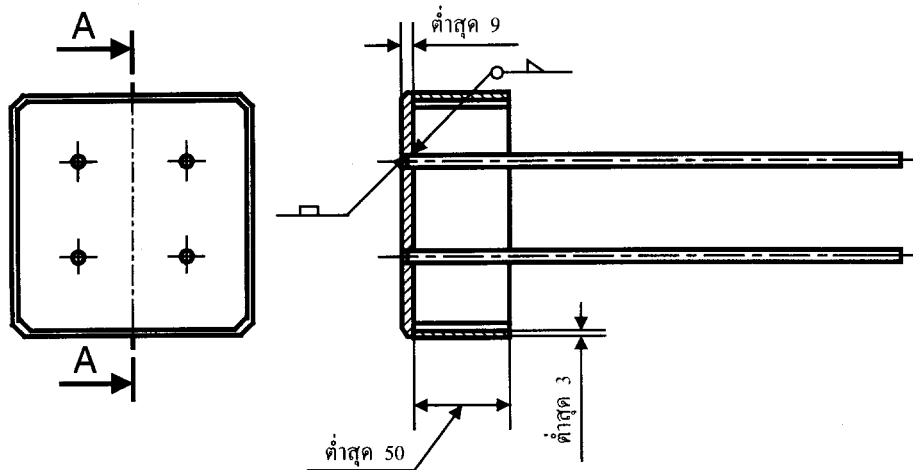
ต้องยึดแน่นมั่นคงตามลักษณะการใช้งานที่ออกแบบไว้
การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2.5 หัวต่อ (ถ้ามี)

5.2.5.1 ขอบ (collar) ต้องทำจากแผ่นเหล็กความหนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร กว้างไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร
เชื่อมติดกับแผ่นเหล็กต่อเชื่อมที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันคอนกรีตแตกร้าว
ขณะตอก ดังตัวอย่างรูปที่ 3



(ก) ตัวอย่างหัวต่อที่ใช้เหล็กเสริมพิเศษรูปตัวยูเชื่อมติดกับแผ่นเหล็กต่อเชื่อม



(ข) ตัวอย่างหัวต่อที่ใช้เหล็กเสริมพิเศษเชื่อมติดอยู่ภายในรูเจาะของแผ่นเหล็กต่อเชื่อม

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 3 ตัวอย่างหัวต่อเสาเข็มแบบภาคตัดขวางรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสตัน

(ข้อ 5.2.5.1)

- 5.2.5.2 ปริมาณเหล็กเสริมพิเศษที่ทำหน้าที่ถ่ายแรงเสาเข็มไปสู่แผ่นเหล็กต่อเชื่อม ต้องรับแรงดึงได้ไม่น้อยกว่าความเค้นอัดขังผลในเสาเข็ม
- 5.2.5.3 รอยต่อเชื่อมระหว่างเหล็กเสริมพิเศษกับแผ่นเหล็กต่อเชื่อมต้องรับแรงดึงได้ไม่น้อยกว่าแรงดึงของเหล็กเสริมพิเศษ
- 5.2.5.4 หัวต่อต้องยึดแน่นติดกับตัวเสาเข็มจนมีสมบัติทางกลไม่ด้อยกว่าส่วนอื่นของเสาเข็ม

- 5.2.5.5 ศูนย์กลางภาคตัดขวางของหัวต่อต้องอยู่ในแนวแกนกลาง (neutral axis) ของเสาเข็ม
- 5.2.5.6 หัวต่อเมื่อหล่อติดกับตัวเสาเข็มแล้ว จะคลาดเคลื่อนจากผิวของด้านใด ๆ ส่วนที่อยู่ติดกับหัวต่อนั้น ได้ไม่เกิน ± 2.5 มิลลิเมตร
- การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ
- 5.2.6 การตัดหรือปล่อยเหล็กเสริมตามยาว จะกระทำได้เมื่อคอนกรีตมีความต้านแรงอัดไม่น้อยกว่า 25 เมกะพาสคัล สำหรับแท่งคอนกรีต รูปทรงกระบอกมาตรฐาน หรือไม่น้อยกว่า 30 เมกะพาสคัล สำหรับแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์มาตรฐาน
- 5.2.7 ต้องบ่มเสาเข็มทุกต้นโดยวิธีใดก็ตามจนกว่าคอนกรีตจะมีความต้านแรงอัดตามที่กำหนดไว้ในข้อ 6.5

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ลักษณะทั่วไป

- 6.1.1 เนื้อคอนกรีตต้องแน่นสม่ำเสมอ ความไม่เรียบที่ตำแหน่งใด ๆ บนพื้นผิวด้านข้างของเสาเข็มจะนูนขึ้นหรือเว้าลงได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร จากแนวตรง 3 เมตร และไม่มีส่วนบกพร่องที่จะก่อให้เกิดผลเสียหายต่อการนำไปใช้งาน เช่น รอยพรุน การเสีรูปร่าง แตกถึงเหล็ก หรืออื่น ๆ
- 6.1.2 ต้องไม่มีรอยร้าวต่อเนื่องกันเกินครึ่งหนึ่งของเส้นรอบรูปทำมุมระหว่าง 80 องศา ถึง 90 องศา กับแนวแกนกลาง รอยร้าวที่เกิดขึ้นแต่ละรอยต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร
- 6.1.3 ต้องแสดงตำแหน่งจุดยกไว้ให้ชัดเจนตามลักษณะการใช้งานที่ออกแบบไว้ ถ้าออกแบบให้ยกเป็นจุดให้ทำเครื่องหมายไว้หรือทำเป็นรูร้อย หรือที่จับยึดสำหรับยกไว้ ถ้าออกแบบให้ยกโดยวิธีอื่นต้องแสดงวิธีการยกไว้ด้วย

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

6.2 ปลายเสาเข็ม

6.2.1 ปลายด้านตัด

- 6.2.1.1 ต้องมีผิวหน้าเรียบจะนูนขึ้นหรือเว้าลงได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตร
- 6.2.1.2 ต้องตั้งฉากกับแนวแกนกลางของเสาเข็มโดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 องศา

6.2.2 ปลายด้านแหลม (ถ้ามี)

ต้องมีส่วนลึกจากปลายแหลมสุดถึงฐานไม่เกิน 1.5 B

การทดสอบให้ทำโดยตรวจพินิจ และการวัด

6.3 ความหนาของคอนกรีตหุ้ม

ต้องไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม ข้อ 9.3

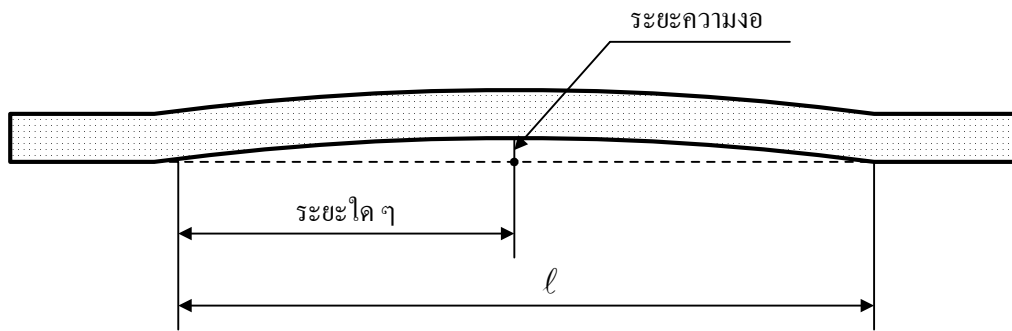
6.4 ความตรง

เมื่อวางเสาเข็มตาม ข้อ 9.4.1 แล้ว ระยะโก่งตัวขึ้น ระยะแอ่นตัวลง หรือระยะความงอที่ส่วนใด ๆ ของเสาเข็มนี้ ถ้าวัดระหว่างเส้นตรงที่ต่อปลายทั้งสองของส่วนที่โก่งตัวขึ้น แอ่นตัวลง หรืองอ กับผิวด้านบนนั้น ๆ ต้องไม่เกิน

$$\frac{l}{360}$$

ตั้งตัวอย่างรูปที่ 4

การทดสอบให้ทำโดยการวัด



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ 4 ตัวอย่างการวัดระยะความงอ
(ข้อ 6.4)

6.5 ความต้านแรงอัดสูงสุด

ความต้านแรงอัดสูงสุดของแท่งคอนกรีตที่เก็บจากตัวอย่างที่ใช้หล่อเป็นเสาเข็มต้องไม่น้อยกว่า 35 เมกะพาสคัล สำหรับแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐาน หรือไม่น้อยกว่า 40 เมกะพาสคัล สำหรับแท่งคอนกรีตรูปลูกบาศก์มาตรฐาน

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม มอก.409 โดยการชักตัวอย่างให้เป็นไปตาม มอก.1736 เล่ม 1 การหล่อและการบ่มให้เป็นไปตาม มอก.1736 เล่ม 2 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของแท่งคอนกรีตให้เป็นไปตาม มอก.1840

6.6 ความทนแรงยกและแรงกระแทก

เมื่อทดสอบตาม ข้อ 9.4 แล้ว ต้องไม่ปรากฏรอยร้าวกว้างเกิน 0.2 มิลลิเมตร ณ ตำแหน่งใด ๆ ของเสาเข็ม

6.7 หัวต่อ (ถ้ามี)

รอยต่อเชื่อมของเสาเข็มต้องสามารถรับโมเมนต์ดัดได้ไม่น้อยกว่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในการออกแบบเสาเข็มและเมื่อทดสอบตาม ข้อ 9.5 แล้ว ต้องไม่ปรากฏรอยร้าวกว้างเกิน 0.2 มิลลิเมตร ณ ตำแหน่งใด ๆ ของเสาเข็ม

7. เครื่องหมายและฉลาก

- 7.1 ที่เสาะเข็มทุกต้น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และถาวร ที่ระยะประมาณ 500 มิลลิเมตร จากปลายที่ตอก
- (1) ชื่อขนาด และความยาว
 - (2) วัน เดือน ปีที่ทำ
 - (3) ตำแหน่งของจุดตอก
 - (4) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 8.1 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามภาคผนวก ก.

9. การทดสอบ

9.1 มิติ

9.1.1 เครื่องมือ

สายวัดโลหะและบรรทัดเหล็กที่สามารถวัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

9.1.2 วิธีทดสอบ

วัดมิติเสาะเข็มที่ปลายทั้งสองด้านและกึ่งกลางเสาะเข็ม

9.1.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดที่วัดได้ของปลายทั้งสองด้านและกึ่งกลางเสาะเข็ม

9.2 ความยาว

9.2.1 เครื่องมือ

สายวัดโลหะที่สามารถวัดได้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร

9.2.2 วิธีทดสอบ

วัดความยาวสูงสุดของเสาะเข็ม

9.2.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าสูงสุด

9.3 ความหนาของคอนกรีตหุ้ม

9.3.1 เครื่องมือ

เครื่องวัดที่สามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตร

9.3.2 วิธีทดสอบ

วัดความหนาของคอนกรีตหุ้มที่ปลายทั้งสองด้าน และกึ่งกลางเสาะเข็ม

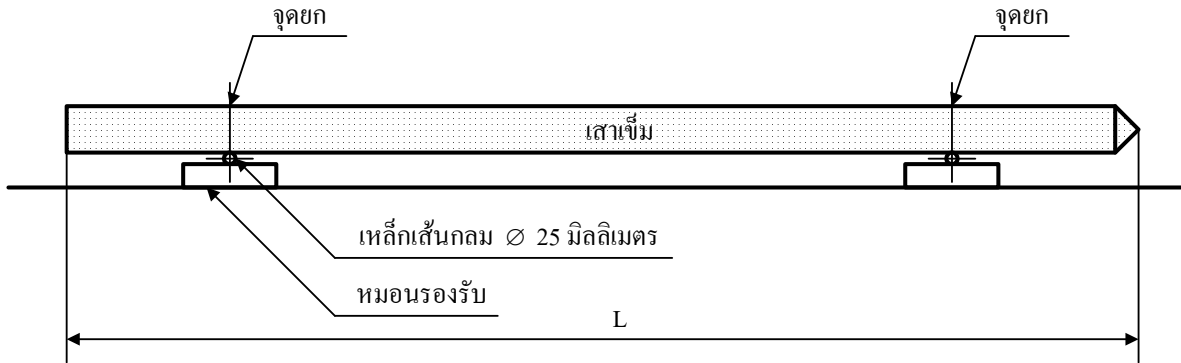
9.3.3 การรายงานผล

ให้รายงานค่าต่ำสุดที่วัดได้ของปลายทั้งสองด้าน และกึ่งกลางเสาะเข็ม

9.4 ความทนแรงยกและแรงกระแทก

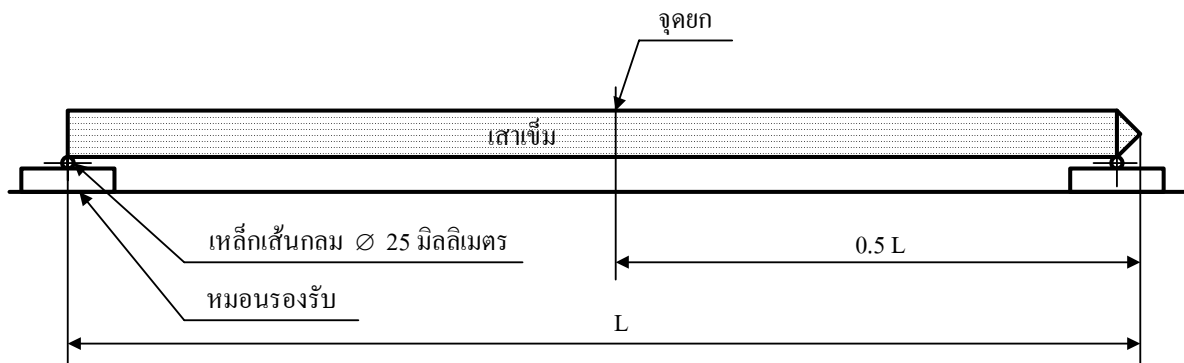
9.4.1 การเตรียมตัวอย่าง

9.4.1.1 เสาค้ำที่มีจุดยก 2 จุด ให้วางเสาค้ำตัวอย่างดังรูปที่ 5



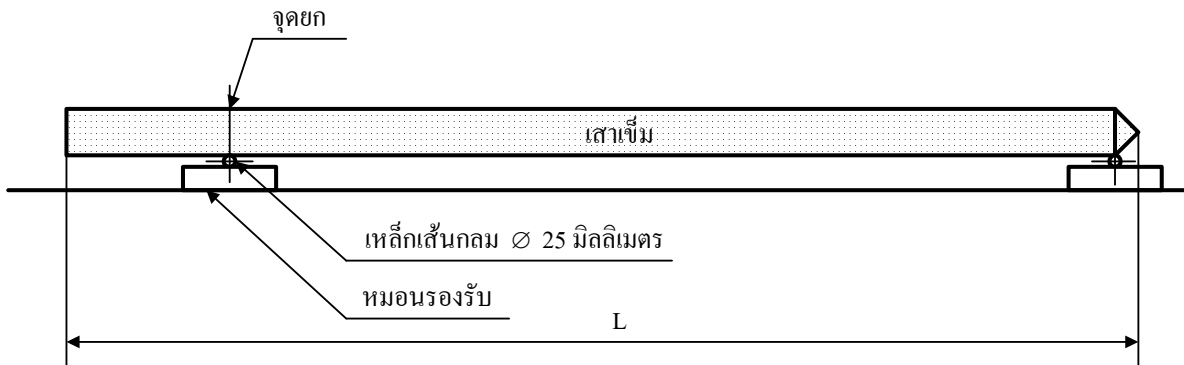
รูปที่ 5 การวางเสาค้ำตัวอย่างที่มีจุดยก 2 จุด
(ข้อ 9.4.1.1)

9.4.1.2 เสาค้ำที่มีจุดยกจุดเดียวอยู่ตรงกึ่งกลางเสาค้ำ ให้วางเสาค้ำตัวอย่างดังรูปที่ 6



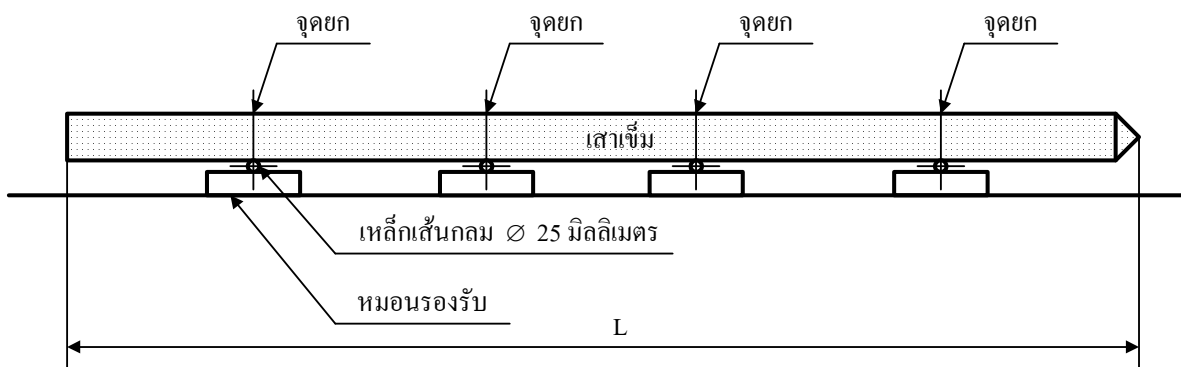
รูปที่ 6 การวางเสาค้ำตัวอย่างที่มีจุดยกจุดเดียวอยู่ตรงกลาง
(ข้อ 9.4.1.2)

9.4.1.3 เสาเชื่อมมีจุดยกจุดเดียวอยู่ข้างใดข้างหนึ่ง ให้วางเสาเชื่อมตัวอย่างตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 การวางเสาเชื่อมตัวอย่างที่มีจุดยกจุดเดียวอยู่ข้างใดข้างหนึ่ง
(ข้อ 9.4.1.3)

9.4.1.4 เสาเชื่อมมีจุดยกตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป ให้วางเสาเชื่อมตัวอย่างตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 การวางเสาเชื่อมตัวอย่างที่มีจุดยกตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป
(ข้อ 9.4.1.4)

9.4.2 วิธีทดสอบ

ให้นำหนักแผ่นสม่ำเสมอตลอดความยาวบนเสาเชื่อมตัวอย่างเท่ากับร้อยละ 30 ของน้ำหนักเสาเชื่อมตัวอย่าง แล้วตรวจพินิจ ถ้าเกิดรอยร้าวให้วัดความกว้างของรอยร้าว

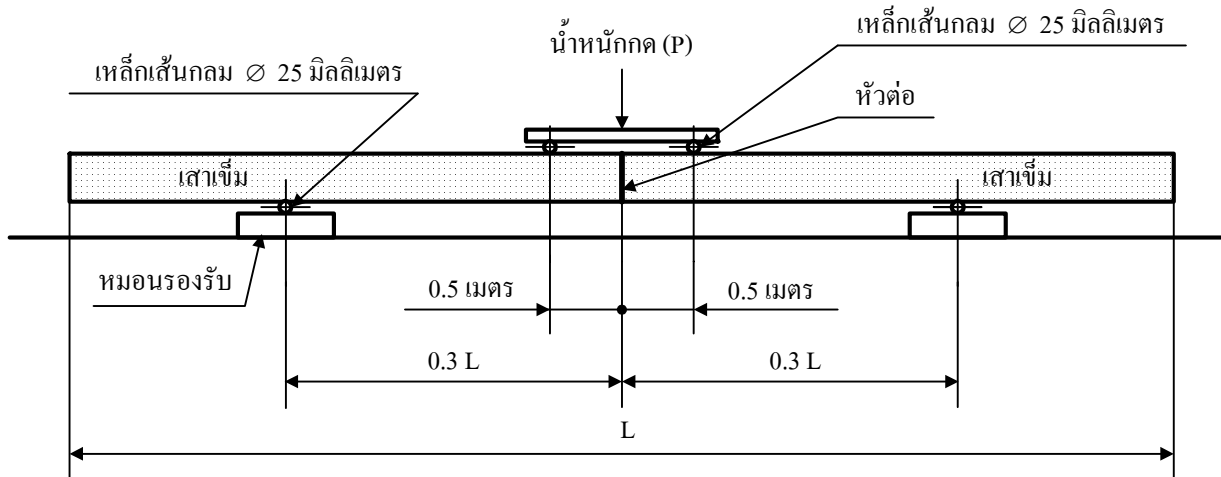
9.4.3 การรายงานผล

ให้รายงานลักษณะและความกว้างของรอยร้าว

9.5 หัวต่อ

9.5.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

นำเสาเข็มประเภทมีหัวต่อ จำนวน 2 ต้น ที่มีแบบและขนาดเดียวกันมาต่อเชื่อมกันให้ได้ความยาวประมาณ เสาเข็มต้นเดียวตามลักษณะใช้งานที่ออกแบบไว้ โดยให้หัวต่ออยู่กึ่งกลาง ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การทดสอบหัวต่อ
(ข้อ 9.5)

9.5.2 การคำนวณ

น้ำหนักกดระหว่างหัวต่อเสาเข็ม คำนวณได้จากสูตร

$$P = \frac{1.1M - 0.025wL^2}{(0.15L - 0.25)}$$

9.5.3 วิธีทดสอบ

ให้น้ำหนักกดตามที่คำนวณจากสูตร ข้อ 9.5.2 ระหว่างหัวต่อเสาเข็ม ดังรูปที่ 9 แล้วตรวจพินิจ ถ้าเกิดรอยร้าวให้วัดความกว้างของรอยร้าว

9.5.4 การรายงานผล

ให้รายงานลักษณะ ตำแหน่ง และความกว้างของรอยร้าว

ภาคผนวก ก.

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

(ข้อ 8.1)

- ก.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เส้าเข็มที่มีแบบ ประเภท และมิติเดียวกันมีอายุเกิน 28 วัน แต่ไม่เกิน 90 วัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน
- ก.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้
- ก.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบความต้านแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ทำเส้าเข็ม
- ก.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ทำเส้าเข็ม จากรุ่นเดียวกันจำนวน 10 แท่ง จากปริมาณคอนกรีตทุก ๆ 100 ลูกบาศก์เมตร
- ก.2.1.2 ผลการทดสอบตัวอย่างแท่งคอนกรีต ให้ตัดสินดังนี้
- (1) ถ้าตัวอย่างทั้ง 10 แท่ง มีค่าความต้านแรงอัดสูงสุดเป็นไปตามข้อ 6.5 ให้ถือว่าเส้าเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
 - (2) ถ้ามีตัวอย่าง 1 แท่ง มีค่าความต้านแรงอัดสูงสุดไม่เป็นไปตามข้อ 6.5 แต่ยังมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 และค่าเฉลี่ยของทั้ง 10 แท่ง ไม่น้อยกว่า 1.05 เท่าของความต้านแรงอัดที่กำหนด ให้ถือว่าเส้าเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
 - (3) ถ้าตัวอย่าง 1 แท่ง ไม่เป็นไปตามข้อ 6.5 และมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 85 หรือมีตัวอย่าง 1 แท่ง ไม่เป็นไปตามข้อ 6.5 และมีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 แต่ค่าเฉลี่ยของทั้ง 10 แท่ง ไม่ถึง 1.05 เท่าของความต้านแรงอัดที่กำหนด หรือมีตัวอย่างไม่เป็นไปตามข้อ 6.5 ตั้งแต่ 2 แท่ง ขึ้นไป ให้ถือว่าเส้าเข็มรุ่นนั้นไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ก.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบขนาด เหล็กเสริมตามยาว เหล็กปลอก เหล็กเสริมพิเศษ ลักษณะทั่วไป ปลายเส้าเข็ม ความหนาของคอนกรีตหุ้ม ความตรง และความทนแรงยกและแรงกระแทก
- ก.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างเส้าเข็มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 ต้น
- ก.2.2.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 4. ข้อ 5.2.2 ข้อ 5.2.3 ข้อ 5.2.4 ข้อ 6.1 ข้อ 6.2 ข้อ 6.3 ข้อ 6.4 และข้อ 6.6 ทุกข้อ จึงจะถือว่าเส้าเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ก.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบหัวต่อ
- ก.2.3.1 ให้ชักตัวอย่างเส้าเข็มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 2 ต้น กำหนดเป็น 1 ชุดตัวอย่าง
- ก.2.3.2 ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 5.2.5 และข้อ 6.7 ทุกข้อ จึงจะถือว่าเส้าเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ก.3 เกณฑ์ตัดสิน
- ตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ก.2.1.2 ข้อ ก.2.2.2 และข้อ ก.2.3.2 ทุกข้อจึงจะถือว่าเส้าเข็มรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้