สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา
ฝ่ายบริหารทั่วไป งานธุรการ
ที่ สบอ. 5657
วันที่ 27 ก.ค. 59 (14.57)

ต้นฉบับ

เลขที่เอกสารในระบบ E พิเศษ/นายชัยเฉลิม/2559

ฝ่ายบริหารทั่วไป (สลก. รับเอกสารจากภายนอก) รับที่ ชป 10337 วันที่ 26 ก.ค. 2559 ผชอ 4061/59

เรื่อง ขอชี้แจงและรับรองคุณภาพสินค้าเหล็กเส้นข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD40T และ SD50T

เรียน ผู้บริหารกรม	วันที่กำหนด
☐ เพื่อโปรดพิจารณา ☐ เพื่อโปรดดำเนินการ ☑ เพื่อโปรดทราบ	
ทั้งนี้ สลก. ได้ส่งหนังสือดังกล่าวให้ ผส.วพ.แล้ว	
	หมายเหตุ

โสระยา

(นางสาวอรุณี พงษ์พรประเสริฐ)
ผ้บท.สลก. ปฏิบัติราชการแทน อนก.
๒๖ ก.ค. ๒๕๕๙

แจ้งฟังฯ 1 ชุด.

เรียน ผอ.สวน, ผอ.ภาค, ทน.1-9 มอ. และ ผบท.มอ.
เพื่อทราบและแจ้งเวียนให้ทราบต่อไป

(นายสัญญา แสงพุ่มพงษ์)
ผชช.จษ.1 รักษาราชการแทน ผส.บอ. 2559
27 ก.ค.

ทราบ

(นางธิดาภา ทุมวงษา)
ผบท.บอ.

กรมชลประทาน
เลขรับ ที่ 10337/59
วันที่
เวลา

18 กรกฎาคม 2559

เรียน อธิบดีกรมชลประทาน

เรื่อง ขอชี้แจงและรับรองคุณภาพสินค้าเหล็กเส้นข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD40 T และ SD50 T

สิ่งที่ส่งมาด้วย บทความเรื่องเหล็ก T โดย รศ.เอนก ศิริพานิชกร ประธานสาขาวิศวกรรมโยธา วสท.

เนื่องด้วยที่ผ่านมามีข้อสงสัยสอบถามมาจากหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการใช้เหล็กเส้นก่อสร้าง เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กลุ่มเหล็กเส้นก่อสร้างของบมจ. ทาทา สตีล(ประเทศไทย) มาเป็นระยะ ในโอกาสนี้ทางบริษัทฯ จึงขอชี้แจงรายละเอียด ดังนี้

บริษัท ทาทา สตีล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีชื่อย่อว่า "TSTH" ทำหน้าที่ควบคุมดูแลการผลิต และการจัดจำหน่ายสินค้าเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต โดยมีบริษัทในเครือที่เป็นโรงงานผลิต ได้แก่

1. บริษัท เหล็กก่อสร้างสยาม จำกัด ซึ่งมีชื่อย่อว่า "บกส" หรือ "SCSC"
2. บริษัท เอ็น.ที.เอส สตีลกรุ๊ป จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีชื่อย่อว่า "เอ็นทีเอส" หรือ "NTS"

ด้านการผลิต ทั้งสองบริษัทผลิตภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) สังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม กำหนดไว้ทุกประการ ดังนี้

เหล็กเส้นข้ออ้อย	มาตรฐานบังคับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 24-2548
เหล็กเส้นกลม	มาตรฐานบังคับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 20-2543

สำหรับเหล็กเส้นข้ออ้อยที่บริษัทผลิตในปัจจุบัน บริษัทดำเนินการผลิตด้วยกรรมวิธี Temp Core Process หรือ Thermal Mechanical Treatment (T.M.T) โดยเริ่มผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ.2528 เป็นต้นมา ซึ่งใน มอก. 24-2548 ในหัวข้อเครื่องหมายและฉลากได้กำหนดไว้ ให้ใส่สัญลักษณ์ "T" ประทับเป็นตัวนูนถาวรบนเนื้อเหล็กและในป้ายสินค้าสำหรับเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีดังกล่าว ซึ่งกล่าวได้ว่าสินค้าทั้งที่มีและไม่มีสัญลักษณ์ดังกล่าวอยู่ในชั้นคุณภาพเดียวกันในแต่ละชั้นคุณภาพนั้นๆ ส่วนของคุณสมบัติวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเหล็กเส้นข้ออ้อยที่ไม่ผ่านกระบวนการและผ่านกระบวนการดังกล่าวถือว่าไม่มีความแตกต่างกันในการใช้งาน โดยท่านสามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้จากบทความเรื่อง "สมบัติของเหล็กข้ออ้อยที่ผลิตผ่านกรรมวิธีทางความร้อน SD40T และ SD50T" (ตามเอกสารแนบ) เขียนโดย รศ.เอนก ศิริพานิชกร ประธานสาขาวิศวกรรมโยธา วสท. และ ประธานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (กว.9) สมอ. รายละเอียดประกอบด้วยส่วนของการผลิต,การต่อเหล็กเส้น,การดัดโค้ง,ความทนทานต่อไฟ,และข้อเสนอแนะในการใช้เหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน

หนังสือฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจถูกต้องตรงกันระหว่างท่าน และบริษัทฯ รวมถึงบริษัทในเครือ พร้อมด้วยรับรองผลิตภัณฑ์และบริการของบริษัทในเครือ ว่าท่านจะได้รับผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ

ท้ายนี้ทางบริษัทฯ และบริษัทในเครือหวังเป็นอย่างยิ่งว่า จะได้รับการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ และบริการด้วยดีจากท่าน เฉกเช่นที่ผ่านมา และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
บริษัท ทาทา สตีล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)

(นายชัยเฉลิม บุญญานุวัตร)
ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ – การตลาดและการขาย

TATA STEEL (THAILAND)
บริษัท ทาทา สตีล (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) Tata Steel (Thailand) Public Company Limited
สำนักงานใหญ่ : 555 อาคารรสาทาวเวอร์ 2 ชั้น 20 ถนนพหลโยธิน แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทรศัพท์ 0-2937-1000 โทรสาร 0-2937-1223 www.tatasteelthailand.com เลขทะเบียน 0107545000136
Headquarters : 555 Rasa Tower 2,20th Floor, Phaholyothin Road, Chatuchak Bangkok 10900,Thailand Tel 66-2937-1000 Fax 66-2937-1223 Website : www.tatasteelthailand.com Registration No. 0107545000136

สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา
ฝ่ายบริหารทั่วไป งานธุรการ
ที่ สบอ. 5657
วันที่ 27 ก.ค. 59 (14.57)

ต้นฉบับ

เลขที่เอกสารในระบบ E พิเศษ/นายชัยเฉลิม/2559

ายบริหารทั่วไป (สลก. รับเอกสารจากภายนอก) รับที่ ชป 10337 วันที่ 26 ก.ค. 2559 ผชง 4051/59

ื่อง ขอชี้แจงและรับรองคุณภาพสินค้าเหล็กเส้นข้ออ้อยชั้นคุณภาพ SD40T และ SD50T

เรียน ผู้บริหารกรม	วันที่กำหนด
☐ เพื่อโปรดพิจารณา ☐ เพื่อโปรดดำเนินการ ☑ เพื่อโปรดทราบ	
ทั้งนี้ สลก. ได้ส่งหนังสือดังกล่าวให้ ผส.วพ.แล้ว	
	หมายเหตุ

โสระยา

01.5

างสาวอรณี พงษ์พรประเสริฐ
ท.ลก. ปฏิบัติราชการแทน ลนก.
๒๖ ก.ค. ๒๕๕๙

แจ้งฟัสจ 1 ชุด.

เรียน ผอ.สจน, ผอ.ชก, ทน.1-9 มอ. และ ผบท.มอ.
เพื่อทราบและแจ้งเวียนให้ทราบต่อไป

(นายสัญญา แสงพุ่มพงษ์)
ผชช.จษ.1 รักษาราชการแทน ผส.บอ. 2559
27 ก.ค.

ทราบ

(นางฐิตาภา ทุมวงษา)
ผบท.บอ.

สมบัติของเหล็กข้ออ้อยที่ผลิตผ่านกรรมวิธีทางความร้อน SD40T และ SD50T

เอนก ศิริพานิชกร
รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มจธ.
กรรมการจรรยาบรรณ และอนุกรรมการมาตรฐานการประกอบวิชาชีพ สภาวิศวกร
ประธานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต (กว.9) สมอ.
ประธานสาขาวิศวกรรมโยธา วสท.

เหล็กข้ออ้อยในปัจจุบันเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานบังคับ มอก. 24-2548 ซึ่งได้รับการปรับปรุงจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต : เหล็กข้ออ้อย ที่ มอก.24-2536 สาระสำคัญประการหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงมาตรฐานของเหล็กข้ออ้อยในครั้งนี้ ได้แก่การอนุญาตให้มีการผลิตเหล็กข้ออ้อยโดยผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (heat treatment rebar หรือ tempcored rebar) โดยกำหนดให้ผู้ผลิตต้องจัดทำเครื่องหมายที่เหล็กข้ออ้อยโดยใช้สัญลักษณ์ "T" ประทับเป็นตัวนูนถาวรบนเนื้อเหล็กตามหลังชั้นคุณภาพที่ผลิตขึ้น ดังนั้นเหล็กข้ออ้อยที่ผลิตด้วยกรรมวิธีนี้ในชั้นคุณภาพ SD40 และ SD50 จึงปรากฏสัญลักษณ์ตัวนูนเป็น SD40T และ SD50T ตามลำดับ ดังที่กำหนดไว้ตามข้อ 7.1 ในหมวดของเครื่องหมายและฉลากของมาตรฐานบังคับฉบับดังกล่าว

ภายหลังจากอนุญาตให้ผลิตเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐานนี้เมื่อปี พ.ศ. 2548 จนถึงปัจจุบัน ผู้ผลิตส่วนใหญ่ได้ปรับมาใช้วิธีการผลิตเหล็กข้ออ้อยด้วยกรรมวิธีความร้อนทั้งสิ้น ทำให้เหล็กข้ออ้อยการผลิตในชั้นคุณภาพ SD40 และ SD50 ที่ปราศจากตัวนูนอักษร "T" มีปริมาณน้อย การพิจารณาถึงข้อกำหนดในรายการประกอบแบบ (specification) ที่ระบุชั้นคุณภาพไว้เป็นเพียง SD40 และ SD50 จึงเป็นปัญหาด้านการยอมรับจากเจ้าของโครงการ ทั้งส่วนราชการและเอกชนที่เกี่ยวข้อง ทั้ง ๆ ที่การระบุอักษร "T" เป็นเพียงทำให้ผู้ใช้ทราบถึงกรรมวิธีการผลิตเท่านั้น ไม่ได้เป็นชั้นคุณภาพของเหล็กข้ออ้อยแต่อย่างใด ทั้งนี้มีประเด็นในข้อสงสัยประกอบไปด้วย การต่อเหล็กเส้น (bar splices) โดยการเชื่อมไฟฟ้า (welding) หรือ การทำเกลียวเพื่อทำข้อต่อทางกล (mechanical coupler) การดัดโค้ง (bending) และความทนทานต่อไฟ (fire resistance)

1. การผลิตเหล็กเส้นโดยกรรมวิธีความร้อน

หลักการผลิตและขั้นตอนการผลิตเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนนั้น จะเริ่มต้นด้วยกระบวนการรีดร้อนเช่นเดียวกับเหล็กข้ออ้อยปกติ โดยภายหลังจากการรีดร้อนแท่นสุดท้ายที่ทำให้เหล็กข้ออ้อยมีขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว เหล็กเส้นดังกล่าวจะผ่านกระบวนการทำให้เย็นโดยการฉีดสเปรย์น้ำ เหล็กเส้นจะเกิดการเย็นตัวเร็วกว่าการเย็นในอากาศปกติ จนได้การเย็นตัวที่เหมาะสมพอแล้วจึงหยุดการฉีดสเปรย์น้ำ โครงสร้างของเหล็กเส้นบริเวณขอบด้านนอกที่โดนน้ำจึงเกิดเปลี่ยนแปลงเป็นเฟสที่มีความแข็งสูง ในขณะที่โครงสร้างบริเวณใจกลางของเหล็กเส้นจะยังคงมีความร้อนอยู่และยังไม่เกิดการเปลี่ยนเฟส บริเวณแกนกลางของเหล็กเส้นก็จะเริ่มเย็นตัวในบรรยากาศ และแผ่ความร้อนจากด้านในออกมาบริเวณผิวของเหล็กข้ออ้อย ด้วยความร้อนดังกล่าวจึงทำให้เกิดกระบวนการอบคลายความเครียดของโครงสร้างบริเวณขอบของเหล็กเส้นที่มีความแข็ง ในขณะที่โครงสร้างบริเวณแกนกลางของเหล็กเส้นก็จะ

เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง และท้ายที่สุดจึงได้เหล็กเส้นที่มีสมบัติทางกลตามที่ต้องการ และเรียกเหล็กเส้นที่ผลิตชนิดนี้ว่าเป็น "TEMP-CORE" ซึ่งแสดงถึงกรรมวิธีที่ทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วบริเวณขอบ และอบคลายความเครียดตกค้างการแผ่ความร้อนจากแกนกลางออกมาด้านนอก จัดเป็นกรรมวิธีทางความร้อน (Heat Treatment) ประเภทหนึ่ง ด้วยกระบวนการผลิตดังที่กล่าวมานี้ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเหล็กเส้นที่มีการเติมธาตุ C และ Mn ที่น้อยกว่าการผลิตเหล็กข้ออ้อยด้วยการปรุงแต่งทางเคมีปรกติ โดยที่เหล็กข้ออ้อยยังมีสมบัติทางกลทั้งในด้านความแข็งแรง และความเหนียวที่เท่าเทียมกัน อย่างไรก็ตามเหล็กเส้นที่ผลิตจากกรรมวิธีทางความร้อนจะมีความแข็งแรงมากที่ขอบมากกว่าแกนใน จึงควรหลีกเลี่ยงการกลึงหรือลดขนาดเหล็กอย่างมากก่อนนำไปใช้งาน

2. การต่อเหล็กเส้น

ตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง วสท.1008-38 [3] ข้อ 4513 อนุญาตให้ทำการทาบเหล็ก (lapped splice) ได้เฉพาะเหล็กเส้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่โตกว่า 36 มม. ซึ่งหากเหล็กเส้นมีขนาดโตกว่าที่กำหนดไว้ ต้องทำการต่อเหล็กเส้นด้วยการต่อเชื่อม (welding) หรือการใช้ข้อต่อทางกล (mechanical coupler) ซึ่งอาจมีผลกระทบโดยตรงหากใช้เหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน

2.1 <u>การต่อเชื่อมของเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (SD40Tและ SD50T)</u>

เหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน SD40 T และ SD50T จะใช้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคของเหล็กภายหลังการรีดร้อนเพื่อเพิ่มความแข็งแรงในเหล็กเส้นแทนการเพิ่มธาตุผสมลงในเนื้อเหล็ก จึงทำให้มีส่วนประกอบทางเคมี ที่ได้แก่ Carbon และ Manganese ต่ำกว่าเหล็กข้ออ้อย SD40 และ SD50 ซึ่งในการเชื่อมเหล็กที่มีค่าคาร์บอนเทียบเท่า (carbon equivalent (CE) ได้แก่ %C+% Mn/6) สูง จะทำการเชื่อมได้ยากกว่าเหล็กที่มีค่า CE ต่ำ จึงทำให้เหล็กข้ออ้อย SD40T และ SD50T สามารถนำไปใช้ในงานเชื่อมได้ดีกว่าเหล็กข้ออ้อย SD40 และ SD50 อย่างไรก็ตามเพื่อหลีกเลี่ยงการแตกร้าวของรอยเชื่อมในเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนซึ่งรอยเชื่อมเย็นตัวเร็วกว่าการอบอ่อนจึงมีความเสี่ยงต่อการเกอดร้อยร้าวขนาดเหล็ก จึงควรพิจารณาดำเนินการป้องกันโดยการบ่มทั้งในช่วงก่อนให้ความร้อน (pre-heat) และหลังจากเสร็จสิ้นการเชื่อม (post-heat)

นอกจากนี้ ในการเชื่อมเหล็กนั้นกำลังของรอยเชื่อมจะขึ้นอยู่กับชนิดลวดเชื่อม วิธีการเชื่อม ความเร็วในการเชื่อม ความสามารถของผู้เชื่อม โดยปกติความแข็งแรงของจุดที่เชื่อมจะสูงกว่าความแข็งแรงของเหล็กเดิมมาก อันเนื่องมาจากเลือกใช้ลวดเชื่อม และสารเติม ที่เมื่อเชื่อมแล้วจะให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมสูงกว่าเหล็กเดิม โดยเมื่อทำการเชื่อม ลวดเชื่อมจะหลอมละลายรวมกับเนื้อเหล็กเดิม ทำให้ได้รอยเชื่อมที่แข็งแรงกว่าเนื้อเหล็กทั้งสองข้าง ซึ่งตรงกับข้อกำหนดของ วสท.1008-38 ข้อ 4513 (ค) 3 ที่ระบุว่าการต่อเชื่อมอย่างสมบูรณ์ต้องต่อชน (butt joint) ดังแสดงในรูปที่ 1 และเชื่อมเพื่อให้สามารถรับแรงดึงอย่างน้อยร้อยละ 125 ของกำลังครากระบุของเหล็กเส้นนั้น ซึ่งจำเป็นที่ต้องทำการทดสอบกำลังรับแรงดึงของรอยเชื่อมให้ได้ตามที่ระบุไว้ดังกล่าวข้างต้นด้วย

รูปที่ 1 การเชื่อมชนของเหล็กข้ออ้อย [2] แบบร่องรูปอักษร V

2.2 <u>การใช้ข้อต่อทางกลเพื่อต่อเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (SD40Tและ SD50T)</u>

จากความเข้าใจของผู้ใช้งานเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่ พบว่าความแข็งแรงของเหล็กข้ออ้อยตามชั้นคุณภาพต้องใช้งานเต็มหน้าตัดของเหล็กเส้น เหล็กเส้นที่ผ่านการลดขนาดโดยการกลึงจะมีผลทำให้ได้กำลังเท่ากับกำลังของเหล็กด้านกลางภายในที่อาจมีกำลังที่ต่ำกว่า แต่จากเทคโนโลยีและการคำนวณเพื่อหาระยะเกลียวสั้นที่สุดที่ทำให้ระบบเกลียวมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะใช้งานโดยไม่เกิดความเสียหายจากแรงต่าง ๆ โดยจะพิจารณาจากกำลังหรือความแข็งแรงของจุดต่อ ค่าความแข็งแรงและค่ากำลังดึงของจุดต่อที่ใช้ข้อต่อจะขึ้นอยู่กับขนาดของเกลียว ความแข็งแรงของเหล็กข้ออ้อย พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเส้นในการรับแรงดึงและแรงเฉือนต่อหน่วยความยาวของเกลียวเหล็กเส้น

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการต่อเหล็กเสริมโดยข้อต่อทางกลที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ระบบ soft cold forging ซึ่งเป็นการขึ้นรูปเย็นที่ปลายชิ้นงานทำให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าเดิม ก่อนจะนำไปทำเกลียว เพื่อชดเชยพื้นที่ในการรับแรงที่สูญเสียไปจากการทำเกลียว ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นเหล็ก SD40 SD50 หรือ SD40T SD50T จึงสามารถใช้การเชื่อมต่อโดยข้อต่อทางกลได้โดยไม่มีผลกระทบกับองค์อาคารหรือโครงสร้างอาคาร ทั้งนี้การต่อเหล็กเสริมนี้ต้องปฏิบัติตามข้อ กำหนดของ วสท.1008-38 ข้อ 4513 (ค) 4 ที่ระบุว่าการต่อโดยใช้ข้อต่อทางกลอย่างสมบูรณ์ต้องสามารถรับแรงดึงหรือแรงอัดอย่างน้อยร้อยละ 125 ของกำลังครากระบุของเหล็กเส้นนั้นซึ่งจำเป็นที่ต้องทำการทดสอบกำลังรับแรงดึงของรอยต่อให้ได้ตามที่ระบุไว้ดังกล่าวข้างต้นด้วยเช่นกัน

3. การดัดโค้ง

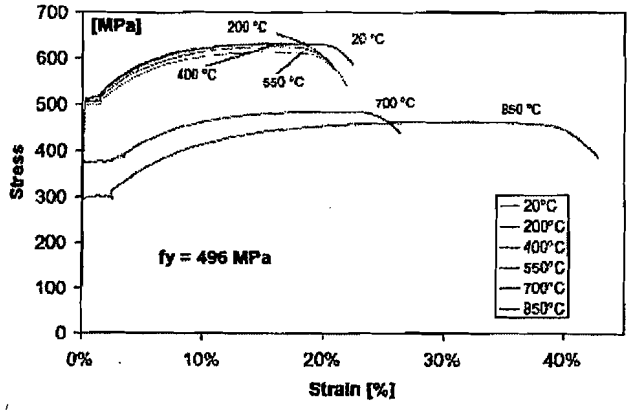
การดัดเหล็กเส้นเพื่อทำเป็นของอมาตรฐานในส่วนปลายของเหล็กเสริมเพื่อใช้ฝังยึดในคอนกรีตสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก วสท.1008-38 ข้อ 3403 (ก) กำหนดว่าต้องใช้วิธีดัดเย็น (cold bend) เท่านั้น และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กสุดของวงโค้งที่ดัดตาม วสท.1008-38 ข้อ 3402 ได้กำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดของการดัดเป็น 6 เท่า 8 เท่า และ 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กเส้นที่มีขนาด 6-25 มม. 28-36 มม. และ 44-57 มม. ตามลำดับ และมีขนาดโตกว่าที่กำหนดไว้สำหรับการทดสอบการดัดโค้ง (cold bend test) ที่ระบุใน ตารางที่ 9 ข้อ 9.6 ใน มอก.24-2548 ซึ่งหากการทดสอบการดัดโค้งตามข้อกำหนดของ มอก.24-2548 แล้ว สามารถใช้เป็นงานเหล็กเสริมคอนกรีตได้อย่างปลอดภัย

รูปที่ 2 การดัดโค้งของเหล็กข้ออ้อย

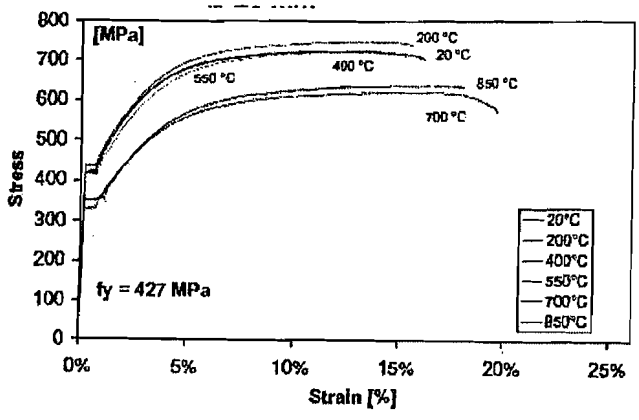
นอกจากนั้นสำหรับการกำหนดรอยต่อก่อสร้างขององค์อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก วสท. 1008-38 ข้อ 3403 (ข) ยังห้ามไม่ให้มีการดัดปลายเหล็กเส้นข้างที่โผล่จากคอนกรีตในที่ นอกจากจะแสดงไว้ในแบบหรือวิศวกรอนุญาตเป็นกรณีพิเศษ

4. ความทนทานต่อไฟ (fire resistance)

ผลงานวิจัยของ R.Felicetti [7] ที่ทำการศึกษาเพื่อหากำลังของเหล็กเส้นที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (temped core rebar) เปรียบเทียบกับเหล็กเส้นที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอน (carbon steel rebar) โดยนำไปอบ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ และปล่อยให้เย็นตัว จากนั้นจึงมาทำการทดสอบแรงดึง ได้ผลทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3



(ก) เหล็กเส้นที่ผลิตโดยกรรมวิธีความร้อน

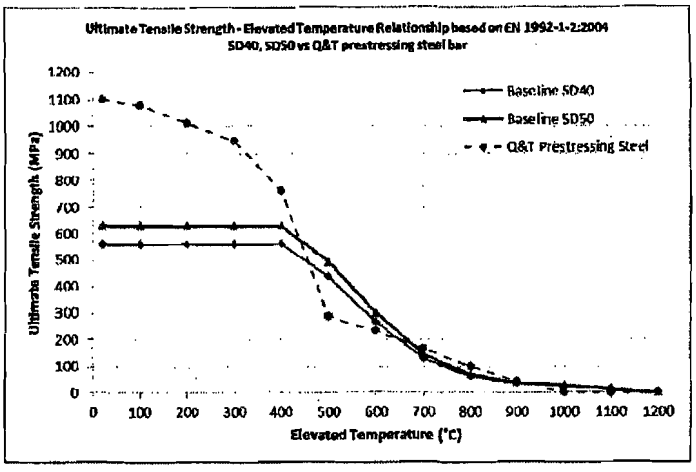


(ข) เหล็กเส้นที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอน

รูปที่ 3 หน่วยแรงและความเครียดของเหล็กเส้นที่ถูกอบ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ

ผลการศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิ 700°C และ 850°C กำลังดึงของเหล็กเส้นทั้ง 2 ประเภท จะลดลงมากเมื่อเทียบกับกำลังที่อุณหภูมิ 20°C โดยกำลังครากของเหล็กเส้นที่ผ่านกรรมวิธีความร้อน จะลดลงจาก 496 MPa เหลือประมาณ 300 MPa ที่อุณหภูมิ 850°C ส่วนกำลังครากของเหล็กเส้นผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนจะลดลงจาก 427 MPa เหลือ

ประมาณ 320 MPa ที่อุณหภูมิ 850°C ซึ่งจากงานวิจัยนี้จะพบว่ากำลังของเหล็กเส้นทั้งสองประเภท หลังถูกอบที่ 850°C จะมีกำลังคราก็ลดลงเหลือประมาณ 300-350 MPa จึงมีความแตกต่างด้านสมบัติการรับแรงดึงไม่มากอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4 กำลังดึงของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตกับลวดอัดแรง [6]

จากรูปที่ 4 เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงของเหล็กข้ออ้อยและลวดอัดแรง (prestressing wire) กำลังสูงมากที่ผลิตจากกระบวนการลดขนาดดึงเย็น (cold drawn) ณ อุณหภูมิต่าง ๆ จะพบว่า ค่ากำลังดึงของเหล็กข้ออ้อยจะลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น และจะเริ่มลดลงอย่างมากที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C ในขณะที่กำลังของลวดอัดแรง จะลดลงตั้งแต่อุณหภูมิ 200 -300 °C ดังนั้นเหล็กเสริมคอนกรีตจึงมีสมบัติความทนทานต่อไฟได้ดีกว่าลวดอัดแรง

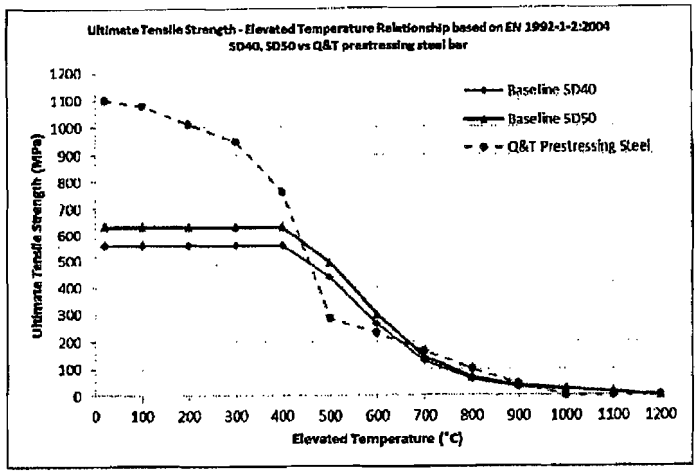
เมื่อนำเหล็กเส้นมาใช้เสริมกำลังของคอนกรีต และมีระยะหุ้ม **(concrete covering)** อย่างเพียงพอตามประเภทขององค์อาคารดังปรากฏอยู่ใน วสท. **1008-38** ข้อ **3407** แล้ว จะมีอัตราการทนทานต่อสภาพแวดล้อมเพียงพอและหากมีความจำเป็นที่ต้องการสมรรถนะต่อการทนไฟ วสท. **1008-38** ข้อ **3407** (จ) ได้กำหนดให้มีระยะหุ้มไม่ต่ำว่าค่าที่กำหนดโดยบทบัญญัติเกี่ยวกับอาคาร ซึ่งสอดคล้องกับกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549) [4] ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ที่กำหนดความหนาน้อยสุดของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมสำหรับแต่ละชนิดของโครงสร้างเอาไว้ เช่น เสาหรือคานต้องมีระยะหุ้ม 40 มม. เพื่อทำให้โครงสร้างหลักดังกล่าวมีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่า สามชั่วโมง หรือแผ่นพื้นที่ต้องมีระยะหุ้มอย่างน้อย 20 มม. เพื่อให้มีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง

5. ข้อเสนอแนะในการใช้เหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน

1. เหล็กข้ออ้อยที่มีสัญลักษณ์ตัวนูน "T" เป็นเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนเท่านั้นโดยยังคงมีชั้นคุณภาพตามที่กำหนดไว้ใน มอก. 24-2548 ทุกประการ

2. สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนซึ่งประกอบไปด้วยกำลังดึง ความยืด และการดัดโค้งไม่แตกต่างกับเหล็กข้ออ้อยที่ผลิตจากการปรุงแต่งด้วยธาตุ

ประมาณ 320 MPa ที่อุณหภูมิ 850°C ซึ่งจากงานวิจัยนี้จะพบว่ากำลังของเหล็กเส้นทั้งสองประเภท หลังถูกอบที่ 850°C จะมีกำลังคราก็ลดลงเหลือประมาณ 300-350 MPa จึงมีความแตกต่างด้านสมบัติการรับแรงดึงไม่มากอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4 กำลังดึงของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตกับลวดอัดแรง [6]

จากรูปที่ 4 เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงของเหล็กข้ออ้อยและลวดอัดแรง (prestressing wire) กำลังสูงมากที่ผลิตจากกระบวนการลดขนาดดึงเย็น (cold drawn) ณ อุณหภูมิต่าง ๆ จะพบว่า ค่ากำลังดึงของเหล็กข้ออ้อยจะลดลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น และจะเริ่มลดลงอย่างมากที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C ในขณะที่กำลังของลวดอัดแรง จะลดลงตั้งแต่อุณหภูมิ 200 -300 °C ดังนั้นเหล็กเสริมคอนกรีตจึงมีสมบัติความทนทานต่อไฟได้ดีกว่าลวดอัดแรง

เมื่อนำเหล็กเส้นมาใช้เสริมกำลังของคอนกรีต และมีระยะหุ้ม **(concrete covering)** อย่างเพียงพอตามประเภทขององค์อาคารดังปรากฏอยู่ใน วสท. **1008-38** ข้อ **3407** แล้ว จะมีอัตราการทนทานต่อสภาพแวดล้อมเพียงพอและหากมีความจำเป็นที่ต้องการสมรรถนะต่อการทนไฟ วสท. **1008-38** ข้อ **3407** (จ) ได้กำหนดให้มีระยะหุ้มไม่ต่ำว่าค่าที่กำหนดโดยบทบัญญัติเกี่ยวกับอาคาร ซึ่งสอดคล้องกับกฎกระทรวงฉบับที่ 60 (พ.ศ. 2549) [4] ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ที่กำหนดความหนาน้อยสุดของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมสำหรับแต่ละชนิดของโครงสร้างเอาไว้ เช่น เสาหรือคานต้องมีระยะหุ้ม 40 มม. เพื่อทำให้โครงสร้างหลักดังกล่าวมีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่า สามชั่วโมง หรือแผ่นพื้นที่ต้องมีระยะหุ้มอย่างน้อย 20 มม. เพื่อให้มีอัตราการทนไฟได้ไม่น้อยกว่าสองชั่วโมง

5. ข้อเสนอแนะในการใช้เหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน

1. เหล็กข้ออ้อยที่มีสัญลักษณ์ตัวนูน "T" เป็นเหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนเท่านั้นโดยยังคงมีชั้นคุณภาพตามที่กำหนดไว้ใน มอก. 24-2548 ทุกประการ

2. สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนซึ่งประกอบไปด้วยกำลังดึง ความยืด และการดัดโค้งไม่แตกต่างกับเหล็กข้ออ้อยที่ผลิตจากการปรุงแต่งด้วยธาตุ

3. สมรรถนะในการต่อเหล็กเส้นที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนไม่มีความแตกต่างกับเหล็กข้ออ้อยที่ผลิตจากการปรุงแต่งด้วยธาตุ ทั้งนี้ต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ และต้องจัดให้มีการทดสอบกำลังดึงของจุดต่อให้เป็นไปตามมาตรฐานและหลักปฏิบัติที่ดี

4. ความทนทานต่อไฟไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและหากนำไปใช้เสริมคอนกรีตและกำหนดระยะหุ้มให้เป็นไปตามมาตรฐานและกฎหมายจะมีสมรรถนะในการต้านทานไฟที่ดี ไม่แตกต่างกัน

5. ในคราวการปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตครั้งต่อไป คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 9 จะพิจารณาขอบข่ายและการกำหนดสำหรับเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อนให้ชัดเจนขึ้นเพื่อให้ผู้ใช้มีความมั่นใจและเข้าใจผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ให้มากยิ่งขึ้น

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

(1) มอก. 24-2548, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต :เหล็กข้ออ้อย", สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, พ.ศ.2548

(2) มยผ.1103-52, " มาตรฐานงานเหล็กเสริมคอนกรีต", กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย, พ.ศ. 2522

(3) วสท. 1008-38, "มาตรฐานอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีกำลัง", วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, พ.ศ.2538

(4) กฎกระทรวง ฉบับที่ 60 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 123 ตอนที่ 70 ก, กรกฎาคม 2549

(5) IFI Technical Bulletin, "Calculating Thread Strength" , The Industrial Fasteners Institute of Independence USA, March 2009.

(6) European Standard EN 1992-1-2:2004 (E) : Eurocode 2," Design of Concrete Structures – Part 1-2, General rules – Structural Fire Design, 2004.

(7) R. Felicetti [2] et al., "Construction and Building Materials 23" page 3548, 2009.