บทที่ ๒

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตคืออะไร

เนื่องจากงานก่อสร้างต่าง ๆ รวมทั้งโครงสร้างที่ต้องการรับน้ำหนักมากนั้น จำเป็นต้องอาศัยวัสดุก่อสร้างที่ให้ความมั่นคงและแข็งแรง เพื่อให้เกิดการประหยัดและให้ความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ ซึ่งวัสดุก่อสร้างที่มีคุณสมบัติดังกล่าวได้แก่ คอนกรีตและเหล็กนั่นเอง กล่าวคือ

คอนกรีตมีคุณสมบัติในการรับหรือต้านทานแรงกด
ส่วนเหล็กมีคุณสมบัติในการรับหรือต้านทานแรงดึง

ดังนั้น เมื่อรวมเอาวัสดุทั้งสองอย่างไว้ในโครงสร้างต่าง ๆ ในสัดส่วนและตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว ผลจากงานก่อสร้างนั้นย่อมมีความมั่นคงแข็งแรงและปลอดภัยต่อผู้ใช้

จากการออกแบบของวิศวกรปรากฏว่า ลักษณะของเหล็กที่มีความเหมาะสมในการใช้รวมกับคอนกรีตนั้น ควรมีลักษณะเป็นเส้นกลมยาว จึงทำให้เกิดวัสดุก่อสร้างขึ้นชนิดหนึ่ง เรียกว่า เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

ดังนั้น เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ก็คือวัสดุอย่างหนึ่งที่ใช้ในงานก่อสร้าง เพื่อช่วยเสริมเนื้อคอนกรีตให้รับแรงดึงได้มากขึ้น ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแตกร้าว ซึ่งอาจเกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตได้ และการเสริมเหล็กในเนื้อคอนกรีตนั้น จะเสริมเฉพาะในส่วนที่อาจเกิดแรงดึงขึ้นได้เท่านั้น

สำหรับแรงดึงในเนื้อคอนกรีตนั้น เกิดขึ้นได้ด้วยเหตุหลายประการคือ

๑. เกิดขึ้นในขณะที่มีการยืดหรือหดตัวของเนื้อคอนกรีตที่กำลังแข็งตัว

๒. เกิดขึ้นในขณะที่เนื้อคอนกรีตมีการยืดหรือหดตัว อันเนื่องจากอุณหภูมิแวดล้อมได้เปลี่ยนแปลงไป

๓. เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกบนแผ่นคอนกรีตนั้น ทำให้แผ่นคอนกรีตเกิดการแอ่นตัวลงหรือโก่งตัวขึ้น

ส่วนตำแหน่งที่ต้องรับแรงดึง รวมทั้งปริมาณมากน้อยของเหล็กที่จะเสริมลงไปในเนื้อคอนกรีตนั้น เป็นศิลปของการคำนวณออกแบบโดยวิศวกร

<u>ลักษณะและชนิดของเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต</u>

กระทรวงอุตสาหกรรม โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้กำหนดไว้ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ มอก. ๒๐–๒๕๒๐ มอก.๒๔–๒๕๑๖ และ มอก. ๒๑๑–๒๕๒๐ สรุปความได้ว่า เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป มี ๓ ชนิด ดังนี้คือ

๑. เหล็กเส้นกลม (Round Bars)

๒. เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bars)

๓. เหล็กรีดซ้ำ (Re-rolled Round Bars)

เนื่องจากมาตรฐานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต เป็นมาตรฐานที่ใช้บังคับเป็นกฎหมาย ฉะนั้น ในการศึกษาถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ของเหล็กเส้น จึงยึดถือตามลักษณะที่เป็นมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรมดังนี้

๑. <u>เหล็กเส้นกลม</u> เป็นเหล็กกล้าคาร์บอน [๑] ซึ่งคุณสมบัติทางกลขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเนื้อเหล็กเพียงอย่างเดียว ลักษณะโดยทั่วไปที่เห็นได้ชัดนั้น

---

[๑] ดูลักษณะและการจำแนกประเภทของเหล็กกล้าในภาคผนวก.

มีลักษณะเป็นเส้นกลมยาว มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลม สำหรับคุณสมบัติ ตลอดจนคุณลักษณะอื่น ๆ ของเหล็กเส้นกลมที่ได้มาตรฐานนั้น จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

๑.๑ เหล็กเส้นกลมจะต้องผลิตขึ้นโดยการหลอมเศษเหล็กในเตาหลอมไฟฟ้า เพื่อผลิตเป็นเหล็กแท่งเสียก่อน แล้วจึงนำมารีดเป็นเส้นกลมด้วยการรีดในขณะร้อน [๑]

๑.๒ สัญญลักษณ์ที่ใช้คือ SR ๒๔ ซึ่งค่า ๒๔ เรียกว่าเลขกำกับชั้นคุณภาพ หมายถึงค่าของแรงดึงที่จุดยืดในตารางที่ ๑

๑.๓ มีส่วนประกอบทางเคมีเป็นดังนี้

ต้องมีปริมาณธาตุคาร์บอน (carbon) ไม่เกินร้อยละ ๐.๒๕ โดยน้ำหนัก

ต้องมีปริมาณธาตุกำมะถัน (sulphur) ไม่เกินร้อยละ ๐.๐๕ โดยน้ำหนัก

ต้องมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus) ไม่เกินร้อยละ ๐.๐๕ โดยน้ำหนัก

๑.๔ คุณลักษณะทางกลที่สำคัญและจำเป็นต้องมีคือ

คุณสมบัติในการดึง (tensile property) ซึ่งผลจากการทดสอบโดยการนำเหล็กเส้นมาดึงจนขาดแล้ว การวัดค่าความยาวของเหล็กเส้นที่เพิ่มขึ้นจากความยาวเดิม (เฉพาะช่วงที่ถูกดึง) จะต้องได้ค่าความยาวเพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๑ ของความยาวเดิมก่อนการดึง นอกจากนี้ จำนวนแรงที่ใช้ไปในการดึงยังต้องเป็นไปตามกำหนดในตารางที่ ๑ คือ

---

[๑] สำหรับกรรมวิธีการผลิตจะได้กล่าวถึงโดยละเอียดในบทที่ ๓

ตารางที่ ๑ คุณสมบัติในการดึงที่ต้องการของ เหล็ก เส้นกลม

รายการ	เกณฑ์ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (กิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตร)
๑. แรงเค้นดึงสูงสุด [๑]	ไม่น้อยกว่า ๓๘๕ (ไม่น้อยกว่า ๓๙)
๒. แรงเค้นดึงที่จุดยืด [๒]	ไม่น้อยกว่า ๒๓๕ (ไม่น้อยกว่า ๒๔)

นอกจากคุณสมบัติในการดึงแล้ว ยังต้องมีคุณสมบัติในการดัดโค้งเย็น (**cold bend property**) คือเมื่อนำเหล็กเส้นที่เป็นตัวอย่างในการทดสอบนั้นมากดด้วยหัวกดรูปตัว U ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑.๕ เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ โดยกดลงตรงจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบนั้น จนกระทั่งปลายทั้งสองข้างงอขึ้นมาขนานกัน ชิ้นทดสอบนั้นจะต้องไม่มีรอยแตกหรือปริที่ด้านนอกของส่วนโค้งของชิ้นทดสอบ

๑.๕ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง เส้นรอบวง เนื้อที่หน้าตัดและน้ำหนักของ เหล็ก เส้นกลม ต้อง เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

---

[๑] แรงเค้นดึงสูงสุด (**maximum tensile stress**) หมายความว่าแรงดึงที่มีค่าสูงสุดที่ได้จากการดึงชิ้นทดสอบนั้น ๆ จนขาด หารด้วยเนื้อที่หน้าตัดเดิมก่อนการดึง

[๒] แรงเค้นดึงที่จุดยืด (**yield stress**) หมายความว่า แรงเค้นดึงที่ชิ้นทดสอบเริ่มยืด โดยไม่ต้องใช้แรงเพิ่มขึ้นอีกเลย

ตารางที่ ๒ ขนาดระบุของเหล็กเส้นกลม

หมายเลขขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง มิลลิเมตร	เส้นรอบวง มิลลิเมตร	เนื้อที่หน้าตัด ตารางมิลลิเมตร	น้ำหนัก กิโลกรัมต่อเมตร
RB ๖	๖	๑๘.๘๖	๒๘.๓	๐.๒๒๒
RB ๙	๙	๒๘.๒๙	๖๓.๖	๐.๔๙๙
RB ๑๒	๑๒	๓๗.๗๑	๑๑๓	๐.๘๘๘
RB ๑๕	๑๕	๔๗.๑๔	๑๗๗	๑.๓๙
RB ๑๙	๑๙	๕๙.๗๑	๒๘๔	๒.๒๓
RB ๒๒	๒๒	๖๙.๑๔	๓๘๐	๒.๙๘
RB ๒๕	๒๕	๗๘.๕๗	๔๙๑	๓.๘๕
RB ๒๘	๒๘	๘๘.๐๐	๖๑๖	๔.๘๓
RB ๓๔	๓๔	๑๐๖.๙	๙๐๘	๗.๑๓

ตารางที่ ๓ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลาง

หมายเลขขนาด	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ ไม่เกินกว่ามิลลิเมตร	ผลต่างของเส้นผ่าศูนย์กลาง วัด ณ ตำแหน่งเดียวกัน ไม่เกินกว่ามิลลิเมตร
RB ๖ ถึง RB ๑๕	± ๐.๔	๐.๖๔
RB ๑๙ ถึง RB ๒๕	± ๐.๕	๐.๘๐
RB ๒๘ ถึง RB ๓๔	± ๐.๖	๐.๙๖

หมายเหตุ ผลต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางวัด ณ ตำแหน่งเดียวกัน ที่กำหนดไว้ในช่องสุดท้ายของตารางที่ ๓ นั้น คือร้อยละ ๘๐ ของความคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่ยอมให้สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลาง

ตารางที่ ๔ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับน้ำหนักจากน้ำหนักมาตรฐาน

หมายเลขขนาดของเหล็กเส้น	ความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักของเหล็กเส้นที่ยอมให้	
	เหล็กเส้นจำนวนละไม่เกิน ๑๐ ตัน ไม่เกินร้อยละ	เหล็กเส้นเส้นหนึ่ง ไม่เกินร้อยละ
RB ๖	± ๕	± ๑๐
RB ๙ ถึง RB ๓๙	± ๓.๕	± ๖

๑.๖ สำหรับความยาวของเหล็กเส้นกลมนั้น ถ้ามิได้ตกลงไว้เป็นอย่างอื่น ในการซื้อขายตามมาตรฐาน ให้ถือว่ามีขนาดความยาว ๑๐ และ ๑๒ เมตรเท่านั้น อย่างไรก็ดี ขนาดความยาวของเหล็กเส้นกลมก็มีส่วนคลาดเคลื่อนได้บ้างดังแสดงไว้ในตารางที่ ๕

ตารางที่ ๕ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับความยาว

ความยาว	ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ไม่เกินกว่า
น้อยกว่าหรือเท่ากับ ๑๐ เมตร	ส่วนเกิน ๕๕ มิลลิเมตร ส่วนขาดไม่มี
มากกว่า ๑๐ เมตร	ส่วนเกิน ยอมให้เกินกว่า ๕๕ มิลลิเมตร ได้อีก ๕ มิลลิเมตรทุก ๆ ความยาว ๑ เมตรที่มากกว่า ๑๐ เมตร อย่างไรก็ดี ส่วนเกินทั้งหมดต้องไม่เกินกว่า ๑๒๐ มิลลิเมตร ส่วนขาด ไม่มี

๒. เหล็กข้ออ้อย เป็นเหล็กกล้าผสมจำพวก low alloy steel ซึ่งมีการเติมธาตุอื่น ๆ ลงไป เช่นแมงกานีส นิเกิล โครเมียมฯ ในปริมาณน้อยกว่า ๕ % เพื่อทำให้มีคุณสมบัติดีกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ลักษณะที่เห็นภายนอกนั้น เหมือนเหล็กเส้นกลมที่มีรอยปุ่ม ๆ ปั้ม ๆ ตลอดความยาวของเหล็ก รอยปุ่ม ๆ ปั้ม ๆ นี้เรียกว่าบั้ง และอาจจะมีครีบ ซึ่งทำขึ้นเพื่อให้มีแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตดีขึ้น ที่เรียกว่าเหล็กข้ออ้อยนั้น เข้าใจว่าเดิมทีลักษณะของรอยปุ่ม ๆ ปั้ม ๆ นี้ เป็นขวั้น ๆ แลดูเหมือนกับข้ออ้อย ก็เลยเรียกว่าเหล็กข้ออ้อย แต่ปัจจุบันรอยขวั้นนี้ได้วิวัฒนาการเสียจนไม่ใกล้เคียงหรือไม่เหมือนกับข้ออ้อยเลยก็มีมาก ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ ๑

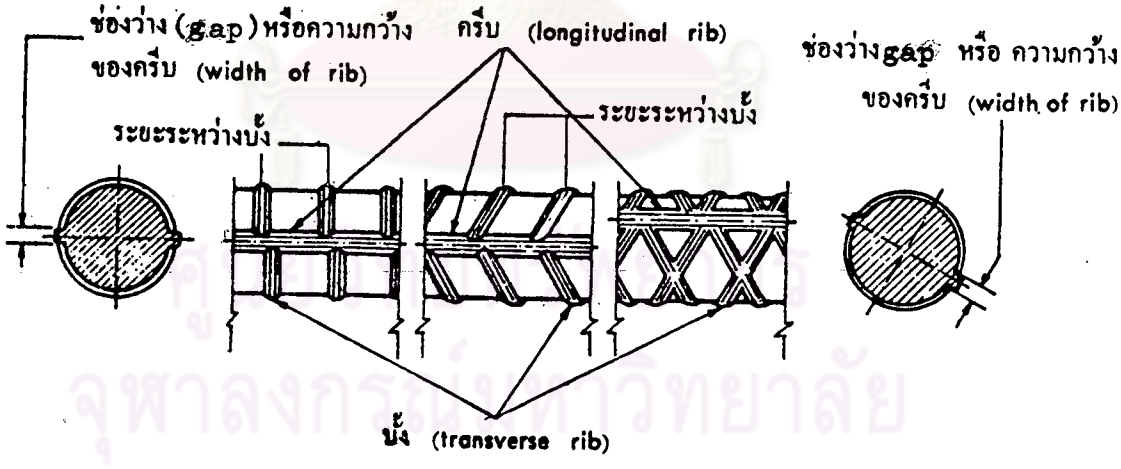
ลักษณะปุ่ม ๆ ปั้ม ๆ ที่ผิวเหล็ก ซึ่งทำให้ผิวของเหล็กไม่เรียบเหมือนเหล็กเส้นกลมนั้น แบ่งได้เป็น ๒ จำพวกคือ

ก. บั้ง (transverse rib) หมายถึงสันนูนเล็ก ๆ บนเหล็กเส้นที่ไม่ขนานกับแนวแกนของเหล็กเส้นนั้น ลักษณะของบั้งนี้อาจทำตั้งฉากกับแกนของเหล็กเส้นหรือทำเอียงมากบ้าง น้อยบ้าง สวนทางกัน หรือจะทำบั้งตัดกันไปมาก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่

มาตรฐานในการออกแบบของแต่ละโรงงาน อย่างไรก็ดี เหล็กข้ออ้อยจะต้องมีบั้งเป็นระยะ ๆ เท่า ๆ กันโดยสม่ำเสมอตลอดความยาวของเหล็ก

ข. ครีบ(longitudinal rib) หมายถึง รอยที่เป็นสันนูนเล็ก ๆ บนเหล็กเส้นที่ยื่นออกมาทั้งสองข้าง ขนานกับแนวแกนของเหล็กเส้นโดยสม่ำเสมอตลอดความยาวของเหล็กเส้น เหล็กข้ออ้อยอาจจะมีครีบหรือไม่มีครีบก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่มาตรฐานของการออกแบบของแต่ละโรงงาน

ภาพที่ ๑ บั้ง



008231

นอกจากบั้งและครีบอันเป็นลักษณะเด่นของเหล็กข้ออ้อยแล้ว เหล็กข้ออ้อยยังมีคุณสมบัติและลักษณะที่สำคัญดังกำหนดไว้ในมาตรฐานที่ มอก. ๒๔–๒๕๑๖ พอสรุปสาระได้ดังต่อไปนี้

๑. เหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐานมีคุณภาพ ๕ ชั้น แต่ละชั้นใช้สัญญลักษณ์ดังนี้

ลำดับชั้นคุณภาพ	สัญญลักษณ์[๑]
ชั้นคุณภาพที่ ๑	SD ๒๔
ชั้นคุณภาพที่ ๒	SD ๓๐
ชั้นคุณภาพที่ ๓	SD ๓๕
ชั้นคุณภาพที่ ๔	SD ๔๐
ชั้นคุณภาพที่ ๕	SD ๕๐

ชั้นคุณภาพแต่ละชั้นแบ่งโดยยึดถือส่วนประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน

๒. ในด้านส่วนประกอบทางเคมีนั้น เหล็กข้ออ้อยต้องมีปริมาณของธาตุต่าง ๆ ประกอบอยู่ตามเกณฑ์ในตารางที่ ๖

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

[๑] SD ย่อมาจาก Steel Deformed Bar ส่วนเลขกำกับชั้นคุณภาพนั้นหมายถึงค่าแรงเค้นดึงที่จุดยืด ในหน่วยกิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตร.

ตารางที่ ๖ ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กข้ออ้อย

ชั้นคุณภาพที่	สัญญลักษณ์	ส่วนประกอบทางเคมีไม่เกินร้อยละ (โดยน้ำหนัก)				
		ถ่าน	มังกานีส	ฟอสฟอรัส	กำมะถัน	ถ่าน + มังกานีส/๖
๑	SD ๒๔	๐.๒๕	—	๐.๐๕	๐.๐๕	๐.๔๕
๒	SD ๓๐	๐.๒๕	—	๐.๐๕	๐.๐๕	๐.๔๕
๓	SD ๓๕	—	๑.๖๐	๐.๐๕	๐.๐๕	๐.๕๐
๔	SD ๔๐	—	๑.๘๐	๐.๐๕	๐.๐๕	๐.๕๕
๕	SD ๕๐	—	๑.๘๐	๐.๐๕	๐.๐๕	๐.๖๐

หมายเหตุ เครื่องหมาย — (ขีด) หมายความว่าไม่กำหนดตายตัว เหล็กข้ออ้อยที่มีสัญญลักษณ์ SD ๒๔ และ SD ๓๐ เป็นเหล็กกล้าชนิดplain carbon steel ส่วนเหล็กข้ออ้อยที่มีสัญญลักษณ์ SD ๓๕ SD ๔๐ และ SD ๕๐ เป็นเหล็กกล้าชนิด low alloy steel

๓. ในด้านคุณสมบัติทางกลที่สำคัญและจำเป็นมี ๒ อย่าง เช่นเดียวกับเหล็กเส้นกลม คือคุณสมบัติในการดึง และคุณสมบัติในการดัดโค้งเย็น แต่ค่าที่ได้จากการทดสอบในแต่ละอย่างนั้น ตามมาตรฐานกำหนดไว้แตกต่างกัน

การทดสอบในการดึงนั้น เหล็กข้ออ้อยจะต้องได้ค่าแรงเค้นดึงสูงสุด แรงเค้นดึงที่จุดยืด และความยืดตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๗

ตารางที่ ๗ คุณสมบัติในการดึงของ เหล็กข้ออ้อย

ชั้นคุณภาพที่	สัญญลักษณ์	แรงเค้นดึงสูงสุด นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (กิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตร) ไม่น้อยกว่า		แรงเค้นดึงที่จุดยืด นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (กิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตร) ไม่น้อยกว่า		ความยืดร้อยละ ไม่น้อยกว่า
๑	SD ๒๔	๓๘๐	(๓๙)	๒๓๕	(๒๔)	๒๑
๒	SD ๓๐	๔๘๐	(๔๙)	๒๙๕	(๓๐)	๑๗
๓	SD ๓๕	๔๙๐	(๕๐)	๓๔๐	(๓๕)	๒๐
๔	SD ๔๐	๕๖๐	(๕๗)	๓๙๐	(๔๐)	๑๘
๕	SD ๕๐	๖๒๐	(๖๓)	๔๙๐	(๕๐)	๑๔

ส่วนการทดสอบการดัดโค้งเย็นนั้น เมื่อนำเหล็กข้ออ้อยที่เป็นชิ้นทดสอบมากดด้วยหัวกดรูปตัว U ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตามในตารางที่ ๘ โดยกดลงตรงจุดกึ่งกลาง จนกระทั่งปลายทั้งสองข้างงอขึ้นมาขนานกันหรือเป็นมุม ๙๐ องศา แล้ว ชิ้นทดสอบนั้นจะต้องไม่มีรอยแตกหรือปริที่ด้านนอกของส่วนโค้งของชิ้นทดสอบนั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๘ ค่าการทดสอบการดัดโค้ง เย็นของ เหล็กข้ออ้อย

ชั้นคุณภาพที่	สัญญลักษณ์	โค้ง เย็นองศา	ภายในของส่วนโค้ง
๑	SD ๒๔	๑๘๐	๓ เท่าของขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง
๒	SD ๓๐	๑๘๐	๔ เท่าของขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง
๓	SD ๓๕	๑๘๐	๔ เท่าของขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง
๔	SD ๔๐	๑๘๐	๕ เท่าของขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง
๕	SD ๕๐	๙๐	๕ เท่าของขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง

๔. ในเรื่องกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับขนาดและน้ำหนักของ เหล็กข้ออ้อยนั้น มีรายละ เอียดดังต่อไปนี้

๔.๑ เหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน แบ่งตามขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางได้ ๘ ขนาดคือ

หมาย เลขขนาด	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง มิลลิ เมตร
DB ๑๐	๑๐
DB ๑๒	๑๒
DB ๑๖	๑๖
DB ๒๐	๒๐
DB ๒๒	๒๒
DB ๒๕	๒๕
DB ๒๘	๒๘
DB ๓๒	๓๒

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตามที่ได้กล่าวแล้วว่า เหล็กข้ออ้อยมีปั้งและอาจจะมีครีบ ซึ่งทำให้ผิวของเหล็กไม่เรียบ เป็นรอยปุ่ม ๆ ปั้ม ๆ ฉะนั้น ในการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อยจึงไม่อาจวัดด้วยวิธีปกติ เช่นเดียวกับเหล็กเส้นกลม ซึ่งใช้วงเวียนเขาควาย (caliper) และเวอร์เนีย (vernier) แต่ในการคิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อยนั้น จะต้องรวมเอาส่วนที่เป็นครีบและปั้ง คิดถัวเฉลี่ยเข้าเป็นส่วนหนึ่งของเส้นผ่าศูนย์กลางด้วย ฉะนั้น การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อย จึงคิดจากวิธีการคำนวณ ซึ่งเรียกว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประสิทธิผล

จากความจริงที่ว่า เหล็กมี ถ.พ.[๑] = ๗.๘๕ นั่นคือเหล็กข้ออ้อยจะหนัก ๗.๘๕ กรัม ถ้ามีปริมาตร ๑ ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือเหล็กมีน้ำหนัก ๐.๗๘๕ กิโลกรัม ต่อความยาว ๑ เมตร เมื่อมีเนื้อที่หน้าตัด ๑ ตารางเซนติเมตร

ถ้าให้ A เป็นเนื้อที่หน้าตัด มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

W เป็นน้ำหนัก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

L เป็นความยาว มีหน่วยเป็นเมตร

จะได้ $\frac{W}{L} = ๐.๗๘๕A$

$\therefore A = \frac{W}{๐.๗๘๕L}$ ———————— (๑)

แต่ $A = \frac{\pi}{๔} D^2$ ———————— (๒)

เมื่อ D เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

จาก (๑) และ (๒)

$\frac{\pi}{๔} D^2 = \frac{W}{๐.๗๘๕L}$

$D^2 = \frac{๑.๖๒W}{L}$

หรือ $D^2 = \frac{๑๖๒\ W}{L}$ เมื่อ D เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

---

[๑] ถ.พ.คือความถ่วงจำเพาะ.

ค่าที่ได้ดังกล่าวนี้ จึงเป็นสูตรในการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประสิทธิผล โดยการชั่งน้ำหนักและวัดความยาวของชิ้นทดสอบ แล้วนำมาแทนค่าลงในสูตร

๔.๒ ในการหาพื้นที่หน้าตัดของเหล็กข้ออ้อย เพื่อใช้ในการคำนวณในการทดสอบหาแรงเค้นดึงสูงสุดนั้น เช่นเดียวกับเหตุผลดังกล่าวในข้อ ๑ คือผิวของเหล็กข้ออ้อยไม่เรียบ เป็นการไม่สะดวกที่จะหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหรือรัศมีของหน้าตัดของเหล็กโดยการวัด จึงยึดหลักที่ว่า น้ำหนักเหล็กข้ออ้อยต่อความยาว ๑ เมตร ในเนื้อที่ ๑ ตารางเซนติเมตร มีค่า = ๐.๗๘๕ กิโลกรัม เพราะฉะนั้น พื้นที่หน้าตัดของเหล็กข้ออ้อยจึงคำนวณได้จากสูตร

$$A = \frac{W}{๐.๗๘๕\ L}$$

เมื่อ A คือ เนื้อที่หน้าตัด เป็นตารางเซนติเมตร

W คือน้ำหนัก เป็นกิโลกรัม

L คือความยาว เป็นเมตร

ค่าของเนื้อที่หน้าตัดที่คำนวณได้นี้เรียกว่า ขนาดเนื้อที่หน้าตัดประสิทธิผล (effective cross-sectional area)

๔.๓ ขนาดของเส้นรอบวงของเหล็กข้ออ้อยก็เช่นกัน คือจะเป็นขนาดประสิทธิผล (effective size) ที่คำนวณได้จากสูตร

$$C = ๐.๓๑๔๒\ D \quad \text{หรือ} \quad \pi D$$

เมื่อ C คือเส้นรอบวง เป็นเซนติเมตร

D คือเส้นผ่าศูนย์กลาง เป็นมิลลิเมตร

๔.๔ น้ำหนักของเหล็กข้ออ้อยขนาดต่าง ๆ นั้น ก็คำนวณตามหลักที่ว่า ถ.พ.ของเหล็ก = ๗.๘๕ ฉะนั้น จึงคำนวณได้จากสูตร

น้ำหนักเหล็กต่อความยาว ๑ เมตร $= ๐.๗๘๕ \frac{\pi}{๔} D^2$

หรือ $= ๐.๖๑๗\ D^2$ กิโลกรัม

เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง มีหน่วยเป็น เซนติเมตร

อย่างไรก็ดี น้ำหนักที่ชั่งได้ต่อความยาว ๑ เมตรของเหล็กข้ออ้อย อาจแตกต่างจากน้ำหนักตามค่าขนาดที่แสดงไว้ในตารางที่ ๙ ได้ ซึ่งความแตกต่างนี้ จะต้องไม่เกินร้อยละ ± ๓.๕ ของเหล็กเส้น จำนวนที่ไม่เกิน ๑๐ ตัน และต้องไม่เกินร้อยละ ± ๖ สำหรับเหล็กเส้น จำนวนหนึ่งเส้น โดยที่เครื่องชั่งและเครื่องวัดความยาวต้องมีความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ ๐.๕

จากขนาดระบุต่าง ๆ ของเหล็กข้ออ้อยในข้อ ๔.๑–๔.๔ แสดงได้ดังในตารางที่ ๙

ตารางที่ ๙ ขนาดระบุของเหล็กข้ออ้อย

หมายเลขขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง มิลลิเมตร	เส้นรอบวง มิลลิเมตร	เนื้อที่หน้าตัดตาราง มิลลิเมตร	น้ำหนักกิโลกรัม ต่อเมตร
DB ๑๐	๑๐	๓๑.๔	๗๘	๐.๖๑๗
DB ๑๒	๑๒	๓๗.๗	๑๑๓	๐.๘๘๘
DB ๑๖	๑๖	๕๐.๓	๒๐๑	๑.๕๘
DB ๒๐	๒๐	๖๒.๘	๓๑๔	๒.๔๗
DB ๒๒	๒๒	๖๙.๑	๓๘๐	๒.๙๘
DB ๒๕	๒๕	๗๘.๖	๔๙๑	๓.๘๕
DB ๒๘	๒๘	๘๘.๐	๖๑๖	๔.๘๓
DB ๓๒	๓๒	๑๐๐.๖	๘๐๔	๖.๓๑

๕. ในด้านลักษณะและขนาดของข้อนั้น ต้องเป็นดังนี้

๕.๑ ช่องระหว่างบั้งหรือระยะระหว่างบั้ง (rib spacing) ตามมาตรฐานกำหนดไว้ว่า ขนาดของช่องระหว่างบั้งของแต่ละข้างของ เหล็กข้ออ้อย จะต้องไม่เกิน ๗ ใน ๑๐ ของ เส้นผ่าศูนย์กลางของ เหล็กข้ออ้อย

๕.๒ ขนาดของบั้ง คือความสูงของบั้งที่นูนขึ้นมาจากผิวของ เหล็ก ส่วนสูงนี้ต้องไม่มาก เกินไปหรือน้อย เกินไป ดังมาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๑๐

๕.๓ ช่องว่าง (gap) คือช่องระหว่างปลายสุดของบั้งที่อยู่ตรงข้ามกันคนละซีก ตามมาตรฐานกำหนดว่า ช่องว่างนี้ เมื่อรวมกันโดยรอบจะต้องไม่เกินร้อยละ ๒๕ ของ เส้นรอบวงของ เหล็ก

จาก เกณฑ์สำหรับข้อของ เหล็กข้ออ้อย ตามที่กำหนดไว้ในข้อ ๕.๑ – ๕.๓ แสดงได้ดังในตารางที่ ๑๐

ตารางที่ ๑๐ เกณฑ์สำหรับข้อของ เหล็กข้ออ้อย

หมายเลขขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลาง มิลลิเมตร	เส้นรอบวง มิลลิเมตร	เกณฑ์สำหรับข้อ			
			ช่องระหว่างบั้งไม่มากกว่า มิลลิเมตร	ส่วนสูงของบั้ง ไม่น้อยกว่า มิลลิเมตร	ส่วนสูงของบั้ง ไม่มากกว่า มิลลิเมตร	ผลรวมของช่องว่าง ไม่มากกว่า มิลลิเมตร
DB ๑๐	๑๐	๓๑.๔	๗.๐	๐.๔	๐.๘	๗.๙
DB ๑๒	๑๒	๓๗.๗	๘.๔	๐.๕	๑.๐	๙.๔
DB ๑๖	๑๖	๕๐.๓	๑๑.๒	๐.๗	๑.๔	๑๒.๖
DB ๒๐	๒๐	๖๒.๙	๑๔.๐	๑.๐	๒.๐	๑๕.๗
DB ๒๒	๒๒	๖๙.๑	๑๕.๔	๑.๑	๒.๒	๑๗.๓
DB ๒๕	๒๕	๗๘.๖	๑๗.๕	๑.๓	๒.๖	๑๙.๗
DB ๒๘	๒๘	๘๘.๐	๑๙.๖	๑.๔	๒.๘	๒๒.๐
DB ๓๒	๓๒	๑๐๐.๖	๒๒.๔	๑.๖	๓.๒	๒๕.๒

๖. ความยาวของ เหล็กข้ออ้อย ตามมาตรฐานกำหนดไว้ว่า หากมิได้มีการตกลงไว้เป็นอย่างอื่นในการซื้อขาย ให้ถือว่า เหล็กข้ออ้อยมีความยาว ๒ ขนาดคือ ๑๐ เมตรและ ๑๒ เมตร อย่างไรก็ดี ความยาวที่กำหนดนี้อาจมีส่วนคลาด เคลื่อนได้บ้างดังในตารางที่ ๑๑

ตารางที่ ๑๑ ความคลาด เคลื่อนที่ยอมให้สำหรับความยาวของ เหล็กข้ออ้อย

ความยาว	ความคลาด เคลื่อนที่ยอมให้ไม่ เกินกว่า
๑๐ เมตรหรือน้อยกว่า	ส่วน เกิน ๕๕ มิลลิ เมตร ส่วนขาด ไม่มี
มากกว่า ๑๐ เมตร	ส่วน เกิน ยอมให้ เกินกว่า ๕๕ มิลลิ เมตร ได้อีก ๕ มิลลิ เมตรทุกความยาว ๑ เมตรที่มากกว่า ๑๐ เมตร อย่างไรก็ดี ส่วน เกินทั้งหมดต้องไม่ เกินกว่า ๑๒๐ มิลลิ เมตร ส่วนขาด ไม่มี

๗. เหล็กรีดซ้ำ คือ เหล็ก เส้น เสริมคอนกรีตที่ทำจาก เศษ เหล็ก หรือ เหล็กใช้แล้วจำพวก เข็มพืด (sheet pile) เหล็กแผ่นต่อ เรือ (ship plate) เศษ เหล็กแผ่น หรือ เหล็กหน้าตัดรูปต่าง ๆ ที่ทำขึ้น เพื่อใช้ในงานก่อสร้าง นำมารีด เป็น เส้นกลมด้วยการรีดขณะร้อน [๑]

---

[๑] สำหรับกรรมวิธีการผลิต จะกล่าวถึงในบทต่อไป.

ด้วยเหตุที่เหล็กรีดซ้ำทำขึ้นจากเศษเหล็กดังกล่าว ผู้ผลิตจึงไม่อาจควบคุมส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กรีดซ้ำได้ดังเช่น Round Bars ซึ่งทำจากเหล็กแท่ง (billet/ ingot) ที่ได้จากการหลอมเหล็กกล้าในเตาหลอม โดยมีการปรุงแต่งหรือควบคุมคุณสมบัติทางเคมีให้ได้ตามต้องการ นั่นคือ คุณสมบัติทางเคมีของเหล็กรีดซ้ำ จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีของเศษเหล็กแต่ละชนิดที่ใช้นั่นเอง

นอกจากความแตกต่างของกรรมวิธีการผลิตและวัตถุดิบที่ใช้แล้ว เหล็กเส้นกลมและเหล็กรีดซ้ำยังแตกต่างกันในเรื่องขนาดที่ผลิตอีกด้วย เนื่องจากเหล็กรีดซ้ำทำจากเศษเหล็ก ฉะนั้น ขนาดที่ทำจึงมีเพียงขนาดเล็ก ซึ่งตามมาตรฐานที่ มอก. ๒๑๑–๒๕๒๐ กำหนดไว้มีเพียง ๓ ขนาด คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๖ ๙ และ ๑๒ มิลลิเมตร [๑] โดยมีคุณภาพหนึ่งชั้น ใช้สัญญลักษณ์ SRR ๒๔ [๒]

ข้อแตกต่างสุดท้ายระหว่างเหล็กเส้นกลมและเหล็กรีดซ้ำที่สามารถมองเห็นได้จากลักษณะภายนอก ซึ่งกำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคือ เหล็กเส้นกลมจะต้องมีเลขแสดงขนาดเป็นตัวนูนถาวรบนผิวเหล็ก ส่วนเหล็กรีดซ้ำจะมีตัวเลขหรืออักษรใด ๆ ที่แสดงถึงขนาดหรือชั้นคุณภาพบนผิวเหล็กไม่ได้

นอกจากข้อแตกต่างต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ข้อกำหนดอื่น ๆ ตามมาตรฐานของเหล็กเส้นกลมและเหล็กรีดซ้ำก็มีรายละเอียดเหมือน ๆ กัน ทั้งในเรื่องคุณสมบัติทางกล ความยาว น้ำหนัก เกณฑ์ในการทดสอบและความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ จึงไม่นำมากล่าวในที่นี้อีก

---

[๑] กำลังแก้ไขเป็น ๔ ขนาด โดยเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๕ มิลลิเมตร.

๒. SRR ย่อมาจาก Steel Re-rolled Round Bar ส่วน ๒๔ คือค่าความเค้นดึงที่จุดยืด ในหน่วยกิโลกรัมแรงต่อตารางมิลลิเมตร