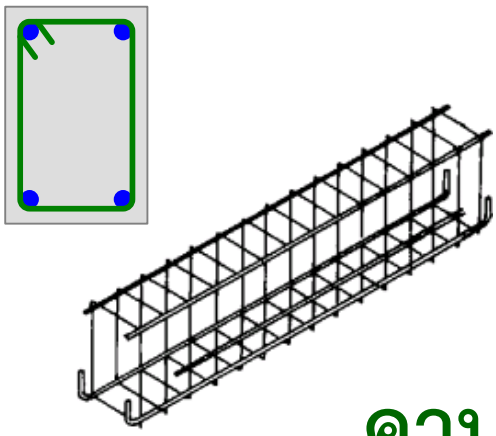
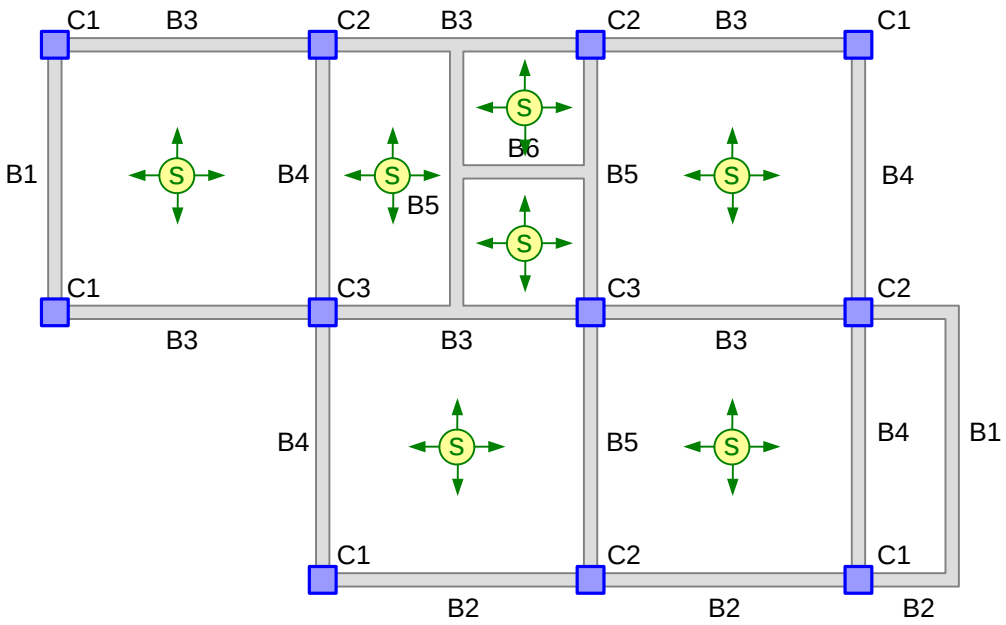


3

คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

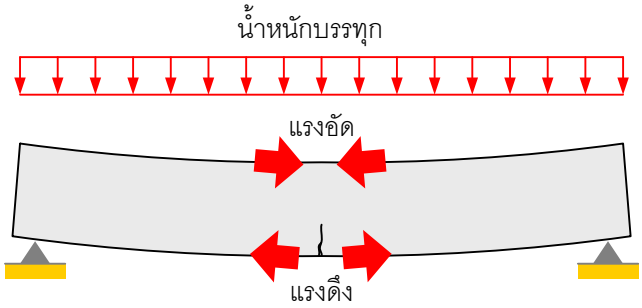
คานคือองค์อาคารในแนวราบมีหน้าที่รับน้ำหนักจากพื้นและผนังแล้วส่งถ่ายลงสู่เสา จากแบบแปลนในแต่ละชั้นจะแสดงคานอยู่ที่ขอบของพื้น หรือรองรับอยู่ใต้ผนัง คานหลักจะวิ่งผ่านหัวเสาที่เป็นจุดรองรับ และคานย่อยจะพาดอยู่ระหว่างคานหลักที่เป็นจุดรองรับ



รูปที่ 3.1 แบบแปลนอาคาร

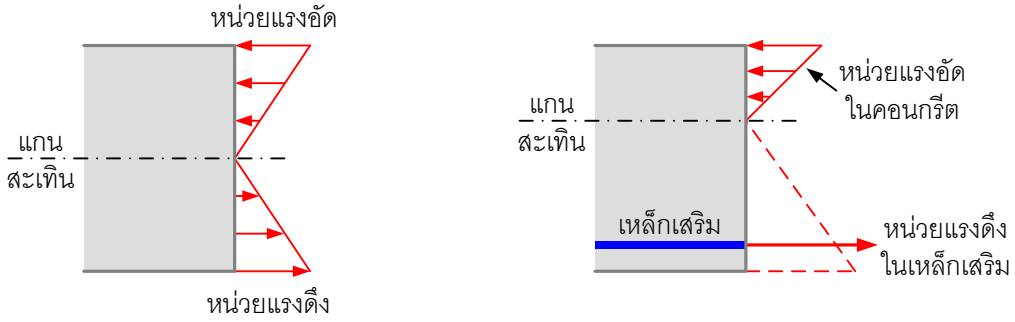
คานช่วงเดี่ยว

คานที่มีหนึ่งช่วงโดยมีรองรับที่ปลายคาน เช่น คาน B1 และ B6 ในรูปที่ 3.1 เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกคานจะเกิดการแอ่นตัว **โมเมนต์ดัด**จะทำให้ด้านบนรับแรงอัดส่วนด้านล่างจะรับแรงดึง ซึ่งถ้าไม่มีการเสริมเหล็กคือเป็นคานคอนกรีตล้วน หน่วยแรงในคานจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการรับน้ำหนักบรรทุก คอนกรีตเป็นวัสดุที่มีกำลังรับแรงดึงต่ำกว่ากำลังรับแรงอัดมากคือประมาณ 10% ดังนั้นเมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเพียงเล็กน้อยก็จะเกิดการแตกร้าวขึ้นดังในรูป



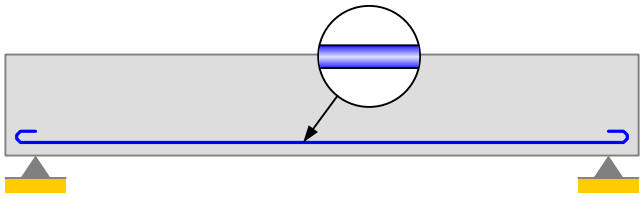
รูปที่ 3.2 คานช่วงเดี่ยวรับน้ำหนักบรรทุก

เพื่อช่วยเสริมกำลังรับแรงดึงของคานคอนกรีต เราจึงใช้เหล็กเสริมในบริเวณที่คอนกรีตรับแรงดึง เช่นในคานช่วงเดี่ยวจะเสริมเหล็กด้านล่างของหน้าตัด

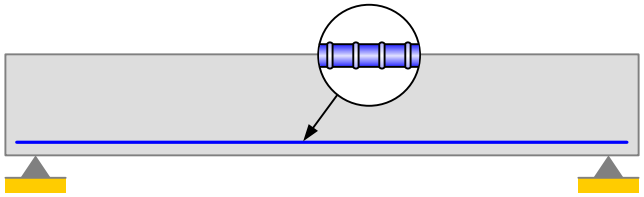


รูปที่ 3.3 คานคอนกรีตล้วน และ คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

แต่เดิมนั้นเหล็กเสริมที่ใช้เป็น เหล็กกลมผิวเรียบ (Round Bar, RB) ที่ปลายเหล็กเสริมจะทำการงอขอ (hook 180°) เพื่อเป็นสมอยึดเพิ่มการยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กและคอนกรีต แต่ในปัจจุบันจะใช้ เหล็กข้ออ้อย (Deformed Bar, DB) ซึ่งมีการยึดเหนี่ยวที่ดีขึ้นจึงไม่ต้องทำงอขอที่ปลายคาน



(ก) คานเสริมเหล็กกลมผิวเรียบ



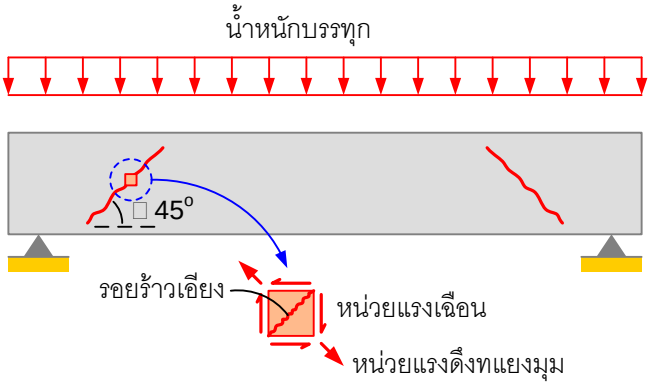
(ข) คานเสริมเหล็กข้ออ้อย

รูปที่ 3.4 การเสริมเหล็กในคานช่วงเดี่ยว

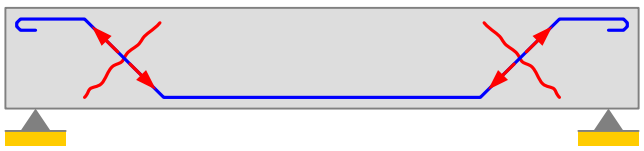
ตารางที่ 3.1 ขนาดเหล็กเสริม (RB=Round Bar, DB=Deformed Bar)

ชื่อหน้าตัด	เส้นผ่าศูนย์กลาง มิลลิเมตร	พื้นที่หน้าตัด ตารางมิลลิเมตร
RB 6	6	28.3
RB 9	9	63.6
DB 10	10	78.5
DB 12	12	113.1
DB 16	16	201.1
DB 20	20	314.2
DB 22	22	380.1
DB 25	25	490.9
DB 28	28	615.8
DB 32	32	804.2
DB 36	36	1 017.9
DB 40	40	1 256.6

นอกจากโมเมนต์ดัดแล้ว **แรงเฉือน**ที่เกิดขึ้นในคานจะทำให้เกิดหน่วยแรงดึงในแนวทแยง (Diagonal Tension) ทำให้เกิดรอยแตกร้าวในแนวเอียง แต่เดิมจะใช้การเสริมเหล็กคอม้า (Bent up bar) ที่บริเวณจุดรองรับ

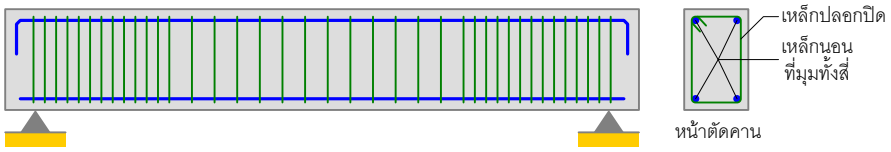


รูปที่ 3.5 แรงเฉือนทำให้เกิดการแตกร้าวแนวเอียง



รูปที่ 3.6 การเสริมเหล็กคอม้ารับแรงเฉือน

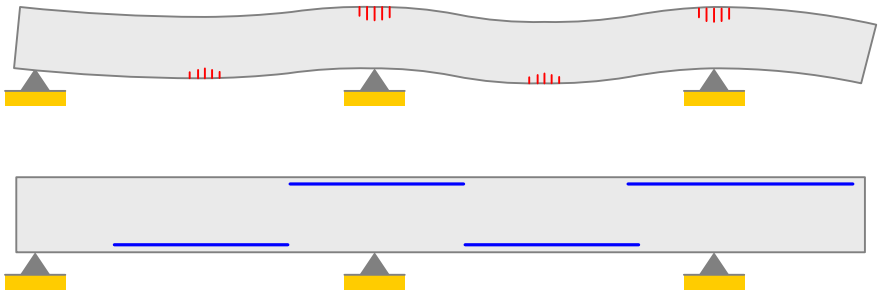
ในปัจจุบันการดัดเหล็กคอม้าในคานมักไม่นิยมทำกัน แต่จะใช้เหล็กปลอกปิด (Closed Loop Stirrup) เป็นเหล็กเสริมขนาดเล็กเช่น RB6, RB9 หรือ DB10 ในคานจึงต้องมีเหล็กนอนอย่างน้อย 4 เส้นที่แต่ละมุม เพื่อช่วยยึดให้เหล็กเสริมอยู่ในตำแหน่งขณะเทคอนกรีต โดยบริเวณที่มีแรงเฉือนมากจะใส่เหล็กปลอกถี่กว่าบริเวณอื่น



รูปที่ 3.7 การเสริมเหล็กปลอกปิดในคาน

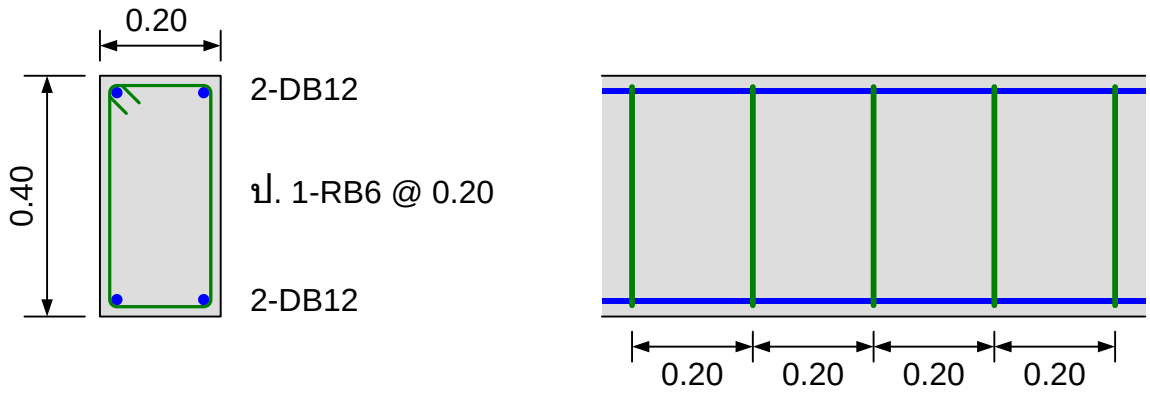
คานต่อเนื่องและปลายยื่น

สำหรับคานหลายช่วงหรือมีปลายยื่นเช่น B2 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นมีทั้งบวกและลบ กลางช่วงคานมีการแอ่นตัวที่ต้องการเหล็กล่าง และบริเวณจุดรองรับคานมีการโก่งตัวจึงต้องการเหล็กบน



รูปที่ 3.8 การเสริมเหล็กในคานต่อเนื่อง

ในอาคารขนาดเล็กเช่นบ้านพักอาศัยซึ่งมีช่วงคานและน้ำหนักบรรทุกไม่มาก อาจใช้เพียงเหล็กเสริมสี่เส้นที่มุมวิ่งยาวตลอด ซึ่งจะเขียนเพียงแบบหน้าตัดคาน โดยระบุจำนวนและหน้าตัดเหล็กเสริมสำหรับเหล็กนอน และระบุจำนวน, หน้าตัดเหล็กเสริม และระยะเรียง สำหรับเหล็กปลอก เช่น ป. 1-RB6 @ 0.20 หมายถึง ใช้หนึ่งปลอกขนาด RB6 ระยะเรียง 0.20 ม.

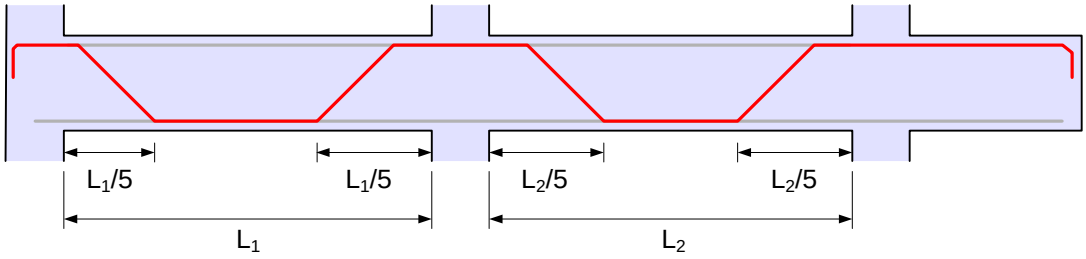


รูปที่ 3.9 การเขียนหน้าตัดคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

เหล็กคอม้าและเหล็กเสริมพิเศษ

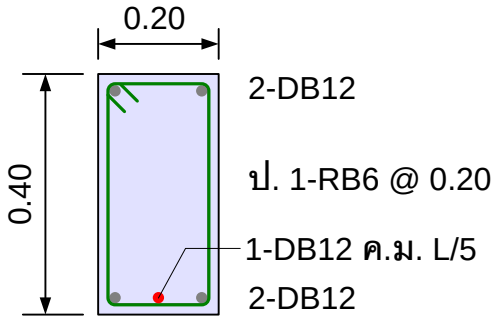
สำหรับคานช่วงยาวรับน้ำหนักมากการใช้เหล็กเสริมเพียง 4 เส้นที่มุมอาจไม่เพียงพอ จึงต้องเสริมเหล็กนอนเพิ่มเติมในบริเวณที่ต้องการกำลังโมเมนต์มากขึ้น บริเวณกลางช่วงคานจะเสริมเหล็กล่างเพื่อรับโมเมนต์บวก และบริเวณจุดรองรับจะเสริมเหล็กบนเพื่อรับโมเมนต์ลบ

แต่เดิมนิยมใช้เหล็กคอม้าเพราะช่วยทั้งรับแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด โดยเหล็กคอม้าจะอยู่ล่างบริเวณกลางช่วง และดัดขึ้นมาอยู่บนบริเวณหัวเสา ระยะดัดจะอยู่ที่ $L_n/5$ เมื่อ L_n คือช่วงความยาวคานช่องว่างระหว่างผิวจุดรองรับ (Clear Span)



รูปที่ 3.10 คานคอนกรีตเสริมเหล็กม้าที่ระยะ L/5

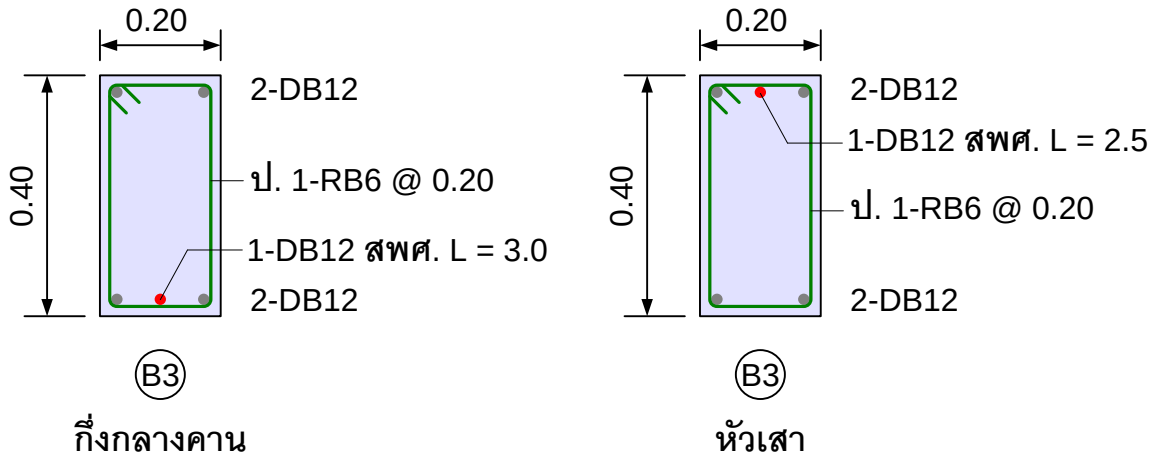
เนื่องจากเหล็กเสริมคอม้ามีรูปแบบการดัดขึ้นลงที่แน่นอนเช่นที่ระยะ L/5 ดังในรูปที่ 3.10 การเขียนแบบรายละเอียดจึงอาจเขียนเพียงหน้าตัดคาน โดยระบุเหล็กเสริมที่ดัดเป็นคอม้าว่า ค.ม. L/5 ดังในรูป



รูปที่ 3.11 การเขียนหน้าตัดคานที่มีเหล็กคอม้า

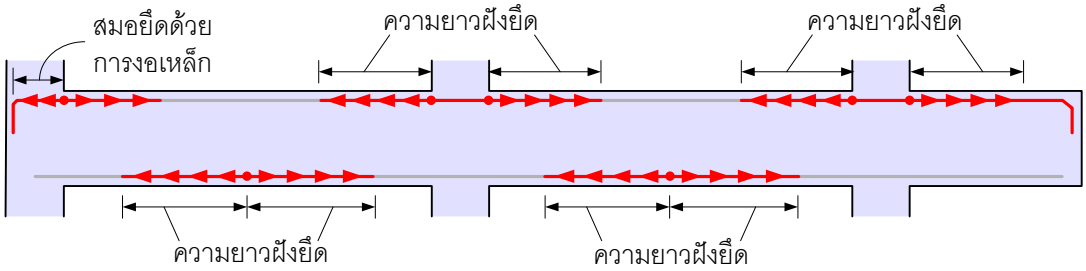
การใช้เหล็กเสริมพิเศษเข้าไปในบริเวณที่ต้องการกำลังโมเมนต์มีทั้งการเสริมเหล็กล่างเพื่อเพิ่มกำลังโมเมนต์บวกที่กลางช่วงคาน และการเสริมเหล็กบนที่บริเวณจุดรองรับหัวเสา การใช้เหล็กเสริมพิเศษจะมีความยืดหยุ่นกว่าเพราะสามารถเสริมเหล็กในปริมาณที่แตกต่างกันได้ ซึ่งโดยทั่วไปเหล็กเสริมพิเศษบนบนจะมีมากกว่าเหล็กเสริมพิเศษล่าง

ในบางแบบรายละเอียดจะเขียนเพียงหน้าตัดคานที่กลางช่วงและบริเวณจุดรองรับ ยกตัวอย่างเช่น คาน B3 ในรูปที่ 3.1 ซึ่งเป็นคานต่อเนื่อง 3 ช่วง อาจเขียนเป็นแบบรายละเอียดหน้าตัดคานเป็นดังในรูปข้างล่าง ตัวย่อ สพศ. หมายถึง เสริมพิเศษ ตามด้วยความยาวเหล็กเสริมพิเศษ



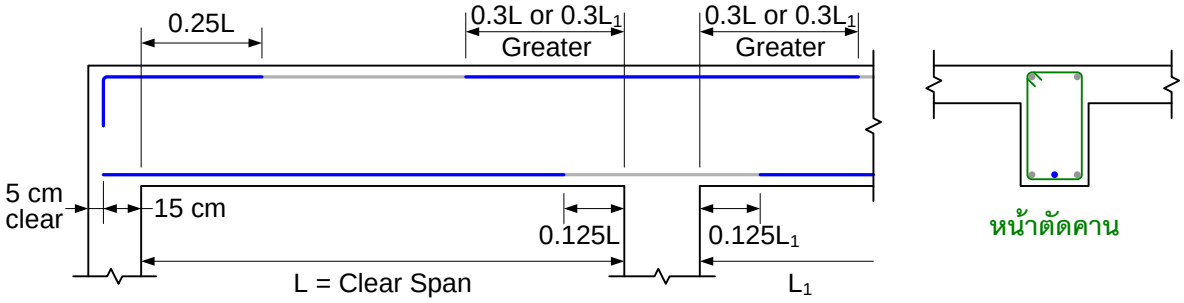
รูปที่ 3.12 การเขียนหน้าตัดคานที่มีเหล็กเสริมพิเศษ

ความยาวของเหล็กเสริมพิเศษจะพิจารณาจาก “ความยาวฝังยึด (Development Length)” ซึ่งเป็นระยะจากจุดที่เหล็กรับแรงดึงสูงสุดไปยังปลายเหล็กที่ไม่มีแรงดึง เป็นระยะซึ่งอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมและคอนกรีตในการส่งผ่านถ่ายเทแรงดึงไปยังคอนกรีต ซึ่งในกรณีที่มีระยะไม่เพียงพอเช่นที่ปลายคาน ก็จะทำการงอเหล็กเพื่อให้เกิดกลไกสมอยึด ดังแสดงในรูปข้างล่าง แรงดึงสูงสุดของเหล็กล่างจะอยู่กึ่งกลางคาน ส่วนเหล็กบนจะเป็นที่ขอบจุดรองรับ

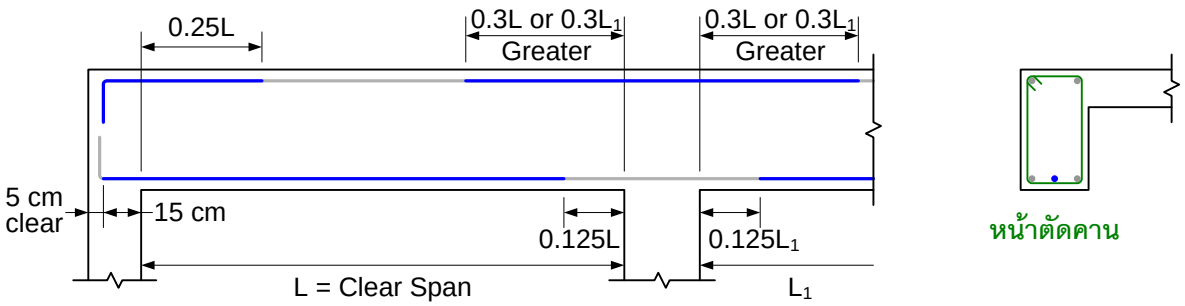


รูปที่ 3.13 ความยาวยึดรั้งและการงอเหล็กเสริมพิเศษ

สำหรับคานรับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอและแต่ละช่วงคานมีความยาวใกล้เคียงกัน อาจใช้ระยะหยุดเหล็กมาตรฐาน (Standard Bar Cut-off) ตามคู่มือ ACI Detailing Manual (2004) โดยจะแบ่งเป็นคานภายใน (Non-perimeter Beam) และคานขอบ (Perimeter Beam)

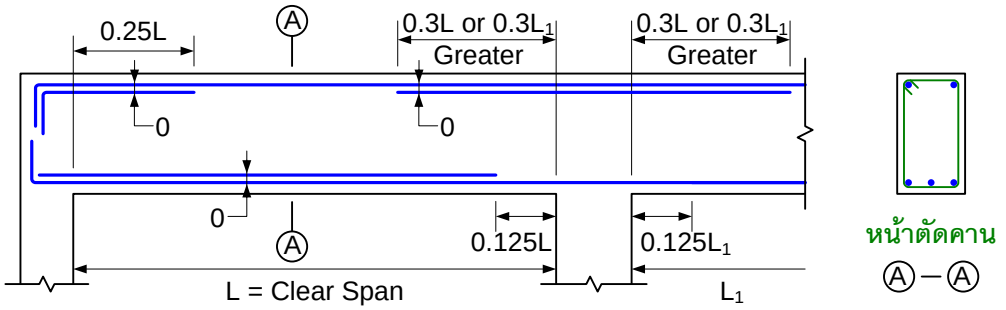


คานภายในใช้เหล็กปลอกปิด



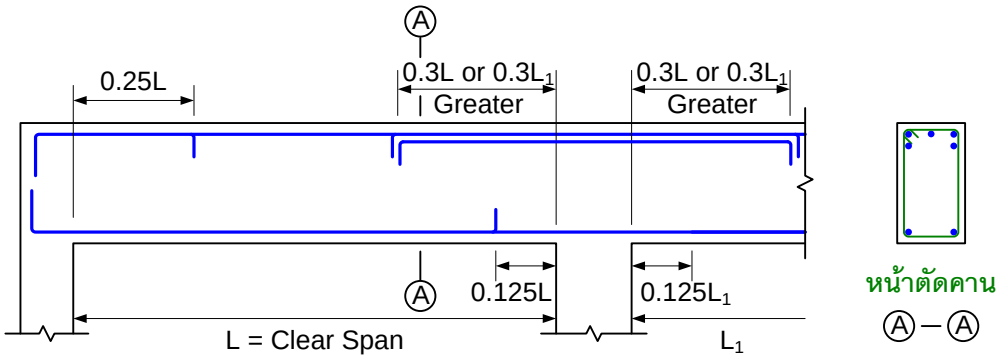
รูปที่ 3.14 ความยาวเหล็กเสริมพิเศษโดยใช้ระยะหยุดเหล็กมาตรฐาน

จะเห็นว่าทั้งสองรูปในรูปที่ 3.14 มีความแตกต่างกันเพียงที่ปลายเหล็กล่างมีการงอฉาก เพื่อป้องกันการสับสนในการทำงานจึงมักงอปลายเหล็กล่างอยู่เสมอ ในแบบที่พล็อตออกมาเหล็กเสริมจะเป็นเส้นสีดำหนาทั้งหมด ทำให้เหล็กเสริมนอนยาวตลอดบังเหล็กเสริมพิเศษ เพื่อแสดงให้เห็นตำแหน่งการหยุดเหล็กที่ชัดเจน ตามมาตรฐาน ACI จะเขียนเหล็กเสริมพิเศษขยับออกมาแล้วใส่ระยะห่าง 0 กำกับดังในรูปข้างล่าง



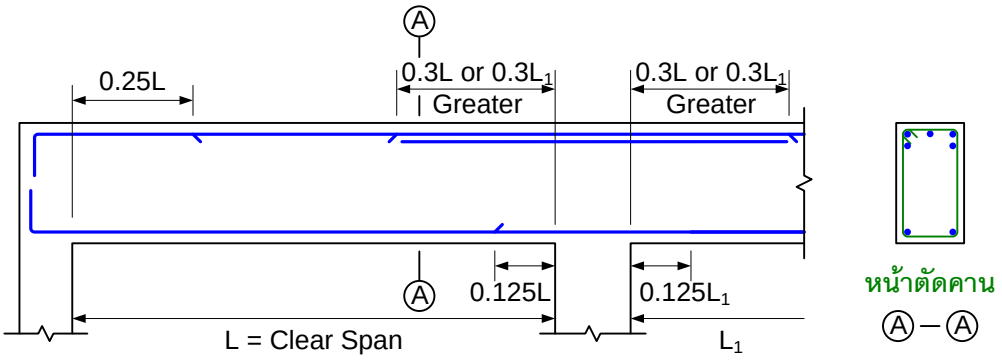
รูปที่ 3.15 การเขียนเหล็กเสริมพิเศษตามมาตรฐาน ACI

อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่เป็นที่ใช้งานกันในเมืองไทย อาจทำให้ช่างก่อสร้างความเข้าใจผิดยกเหล็กเสริมพิเศษขึ้นมาจริงๆ นอกจากนั้นยังมีปัญหาในกรณีที่มีเหล็กพิเศษอีกชั้นหนึ่งจริงก็จะซ้ำซ้อนกัน ดังนั้นจึงมักเขียนให้เหล็กเสริมพิเศษงอฉากขึ้นมาดังในรูป



รูปที่ 3.16 การเขียนเหล็กเสริมพิเศษแบบงอฉาก

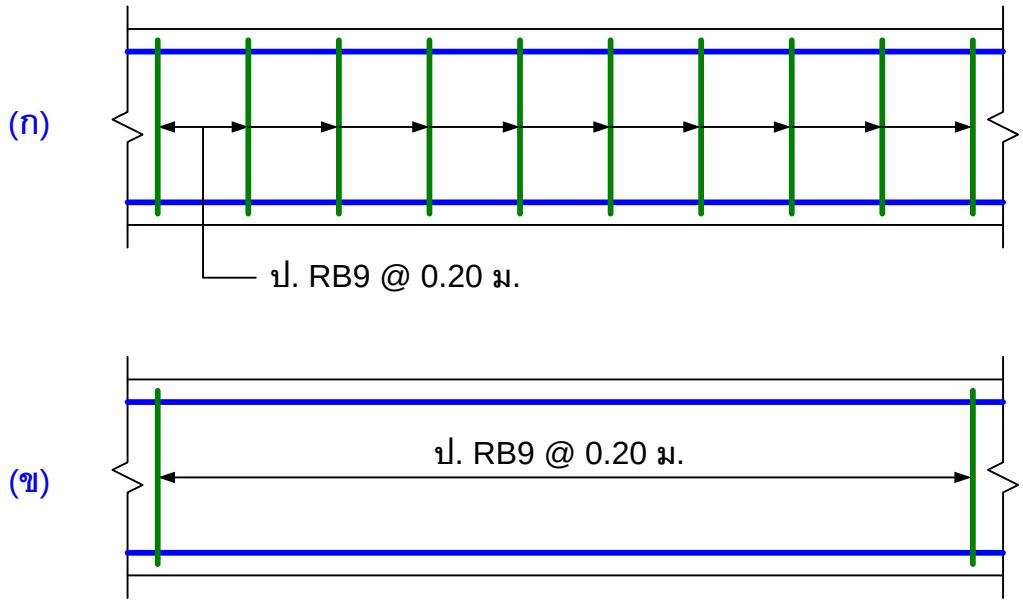
แม้จะมีการเข้าใจผิดทำการงอเหล็กฉากจริงๆก็ไม่เกิดผลเสียหาย แต่อาจทำให้สิ้นเปลืองโดยใช่เหตุ วิธีการที่เหมาะสมกว่าเขียนเส้นเอียงขนาดเล็กเฉพาะเส้นที่มีการบังกัน ดังในรูป



รูปที่ 3.17 การเขียนเหล็กเสริมพิเศษแบบเส้นเอียงขนาดเล็ก

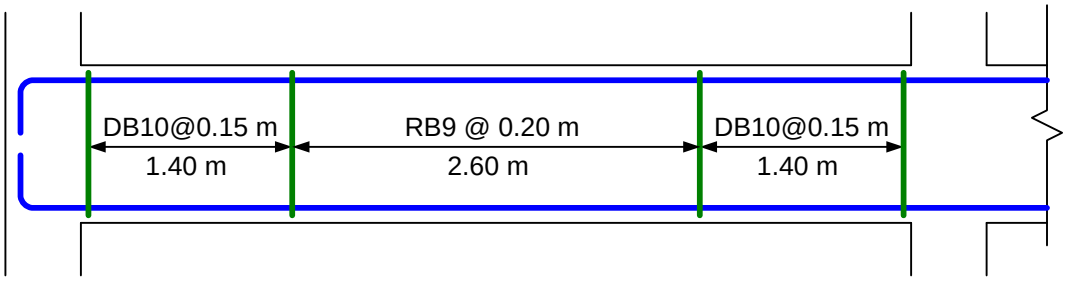
เหล็กปลอก (Stirrup)

เหล็กปลอกซึ่งใช้ในการรับแรงเฉือนนั้น ในคานขนาดเล็กที่รับน้ำหนักไม่มากจะใช้ระยะเรียงคงที่ตลอดช่วงความยาว โดยจะต้องมีเหล็กปลอกในคานเสมอแม้ว่าจะมีแรงเฉือนน้อยมากหรือไม่มีก็ตาม การเขียนแสดงเหล็กปลอกทุกเส้นในแบบด้านข้างคานอาจทำให้ยุ่งยากและไปรบกวนข้อมูลอื่นในแบบ จึงมักเขียนเขียนเพียงปลอกแรกและปลอกสุดท้ายแล้วเขียนลูกศรเชื่อมโยงพร้อมคำอธิบาย



รูปที่ 3.18 การเขียนเหล็กปลอกบนแบบด้านข้างตามความยาวคาน

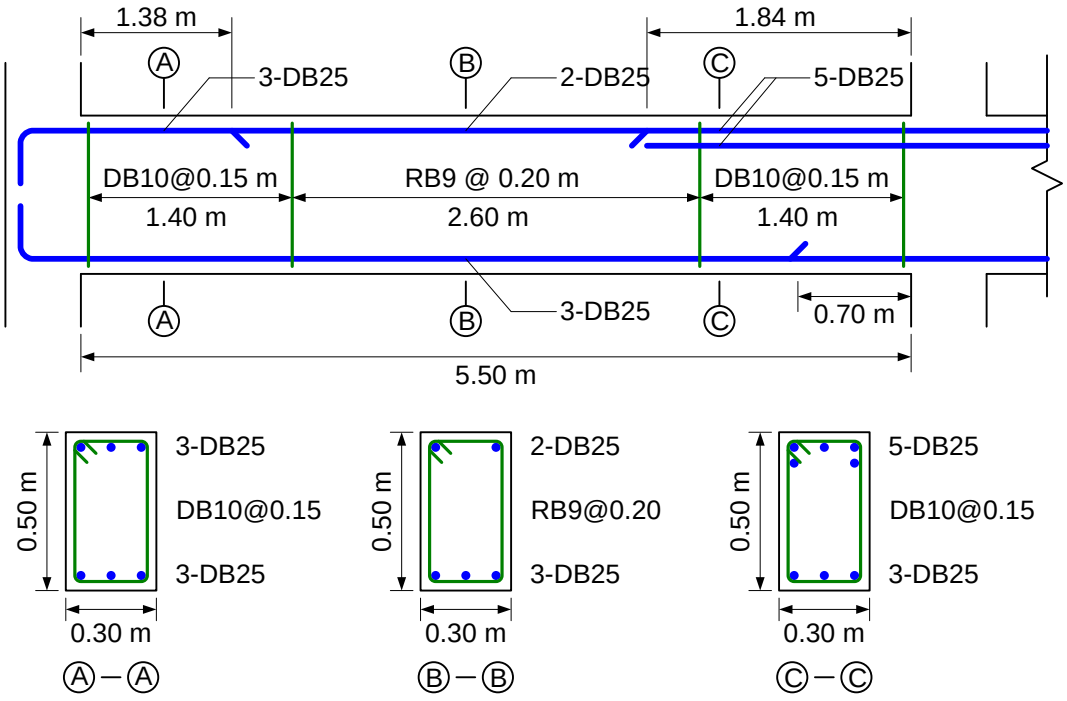
สำหรับคานที่มีช่วงยาวอาจต้องใส่เหล็กปลอกหนาแน่นบริเวณที่รับแรงเฉือนมากคือบริเวณหัวเสาจุดรองรับ บริเวณกลางช่วงคานที่มีแรงเฉือนน้อยก็อาจลดเหล็กปลอกลงโดยใช้ขนาดเล็กลงและระยะห่างมากขึ้น จึงเขียนแยกช่วงโดยระบุเหล็กปลอกและความยาวของแต่ละช่วงกำกับ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปข้างล่าง



รูปที่ 3.19 การเขียนเหล็กปลอกหลายรูปแบบตามความยาวคาน

แบบรายละเอียดคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

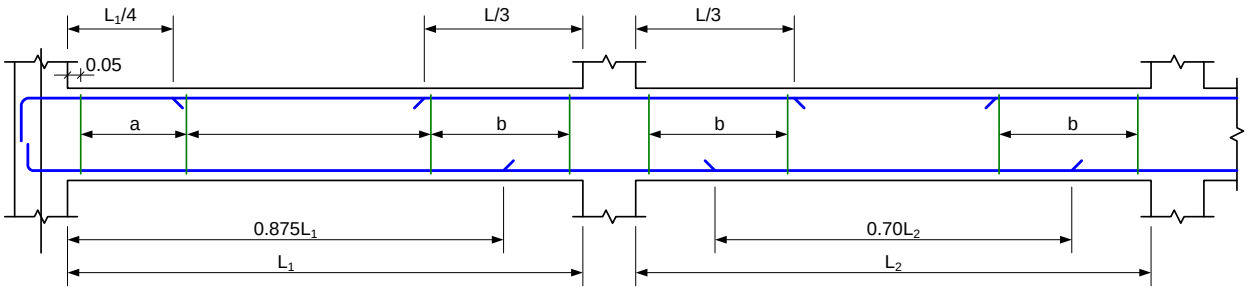
แบบรายละเอียดคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่สมบูรณ์ประกอบด้วยแบบด้านข้างแสดงช่วงความยาวคานโดยมีเหล็กเสริมนอน เหล็กเสริมพิเศษ และเหล็กปลอก พร้อมตำแหน่งและความยาวเหล็กเสริม และรูปหน้าตัดคานที่ตำแหน่งต่างๆที่มีการเปลี่ยนแปลงเหล็กเสริมซึ่งโดยปกติจะเป็นที่ปลายคานข้างซ้าย กึ่งกลางช่วงคาน และปลายคานข้างขวา ดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.20 แบบรายละเอียดคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่สมบูรณ์

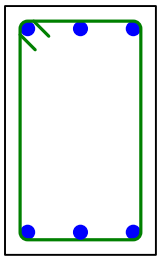
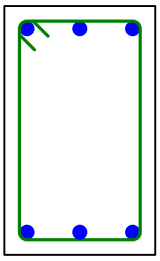
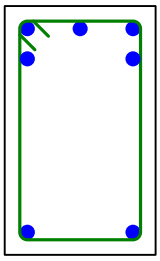
แบบรายละเอียดคานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบตาราง

ในอาคารขนาดใหญ่ที่มีคานจำนวนมากอาจจำทำเป็นแบบรายละเอียดต้นแบบ (Typical Detailing) ของคานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยกำหนดระยะต่างๆเป็นตัวแปร แล้ววาดหน้าตัดคานของแต่ละคานลงในตารางพร้อมระบุค่าตัวแปร เมื่อนำไปทำการก่อสร้างผู้อ่านแบบจะคำนวณระยะต่างๆเพื่อนำมาก่อสร้างได้เอง ทำให้แบบมีความรวบรัดและดูเป็นระเบียบ โดยใช้กับคานธรรมดาทั่วไป ส่วนคานที่มีลักษณะพิเศษจะเขียนแบบรายละเอียดแยกออกมาต่างหาก



หมายเหตุ: L ให้ใช้ค่ามากที่สุดระหว่างค่า L_1 และ L_2

แบบรายละเอียดคานทั่วไป

	B1		
	จุดรองรับนอก	กลางช่วง	จุดรองรับใน
			
ขนาดหน้าตัด	0.30x0.50		
เหล็กบน	3-DB20	3-DB20	5-DB20
เหล็กล่าง	3-DB20	3-DB20	2-DB20
เหล็กปลอก	DB10@0.15 a = 1.5 m	RB9@0.20	DB10@0.15 c = 2.0 m