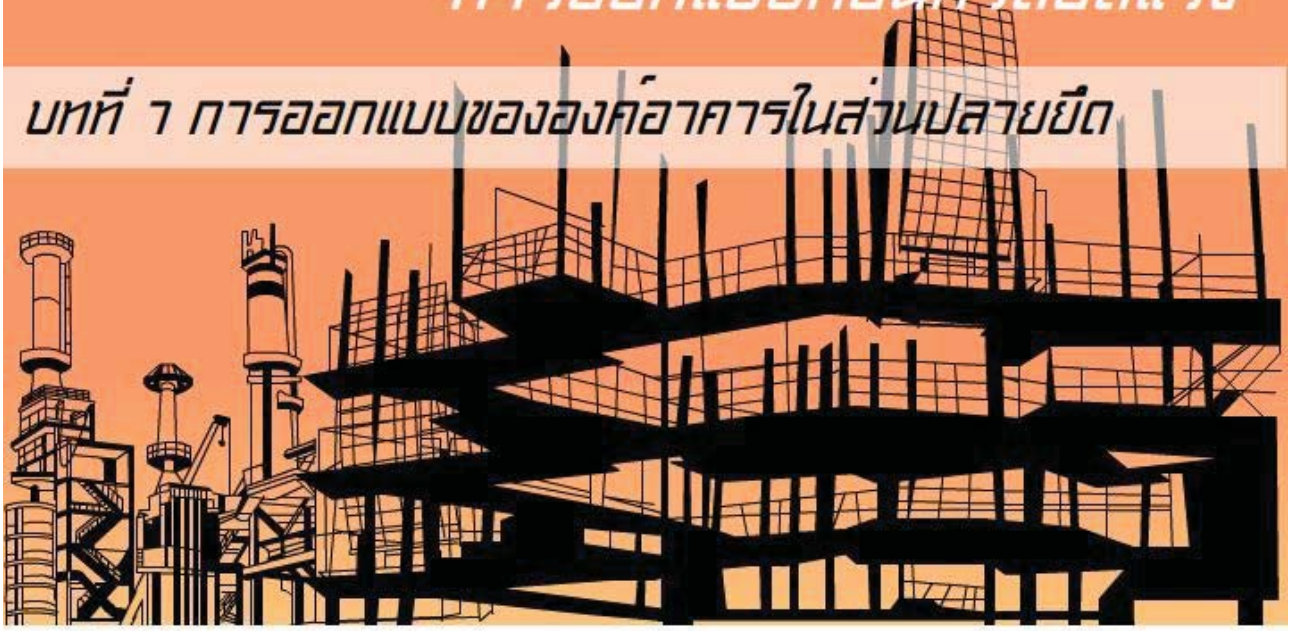
CEN 432

การออกแบบคอนกรีตอัดแรง

บทที่ 7 การออกแบบขององค์อาคารในส่วนปลายยึด



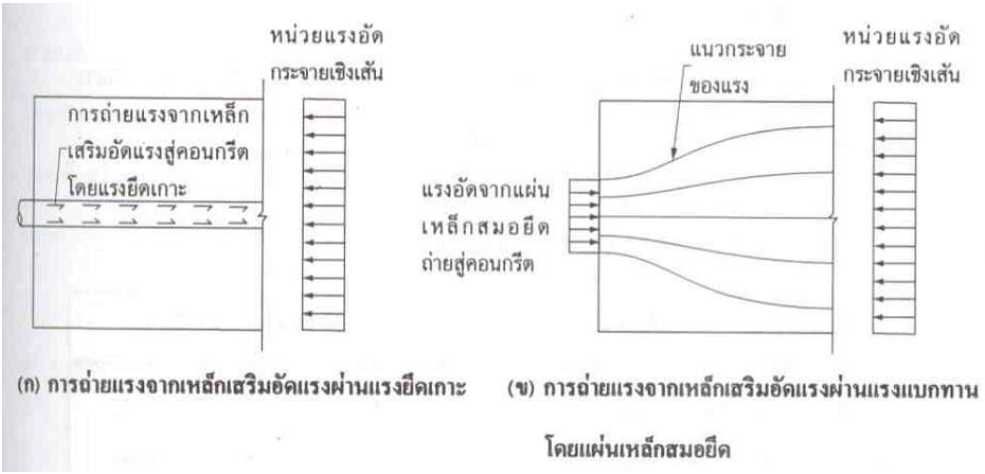
มหาวิทยาลัยรังสิต http://www.rsu.ac.th
52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถนนพหลโยธิน หลักหก ปทุมธานี 12000

การออกแบบขององค์อาคารในส่วนปลายยึด

การถ่ายแรงจากเหล็กอัดเสริมแรงเข้าสู่คอนกรีตอัดแรงกระทำได้ 2 วิธีคือการถ่ายแรงผ่านแรงยึดเกาะ ระหว่างเหล็กเสริมอัดแรงคอนกรีต และ การถ่ายแรงผ่านแรงแบกทาน ระหว่างแผ่นเหล็กสมอยึดหรืออุปกรณ์สมอยึดอย่างอื่นกับคอนกรีต

มหาวิทยาลัยรังสิต http://www.rsu.ac.th
52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถนนพหลโยธิน หลักหก ปทุมธานี 12000

การกระจายแรงอัดเหล็กเสริมเป็นหน่วยแรงอัดกระจายเชิงเส้น



(ก) การถ่ายแรงจากเหล็กเสริมอัดแรงผ่านแรงยึดเกาะ (ข) การถ่ายแรงจากเหล็กเสริมอัดแรงผ่านแรงแบกทาน โดยแผ่นเหล็กสมอยึด

7.1 บริเวณปลายยึดของคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กออกก่อน

การถ่ายแรงเหล็กเสริมอัดแรงคู่คอนกรีตในคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กออกก่อนกระทำผ่านแรงยึดเกาะระหว่างเหล็กเสริมอัดแรงและคอนกรีตบริเวณปลายยึด การถ่ายแรงแบบนี้จะค่อยเป็นค่อยไปมากกว่าถ่ายแรงผ่านแรงแบกทาน ทำให้ความเข้มของหน่วยแรงบริเวณปลายยึดคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กก่อน ไม่รุนแรงเท่ากับบริเวณปลายยึดในคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กทีหลัง

$$A_v = 0.021\frac{P_i h}{f_s l_t}$$

7.1 บริเวณปลายยึดของคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กออกก่อน

ระยะถ่ายแรงต่ำสุดของเหล็กเสริมอัดแรง

ประเภทของเหล็กเสริมอัดแรง	ระยะถ่ายแรงต่ำสุด
- ลวดอัดแรงชนิดกลมเกลี้ยง (plain wire)	100 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง
- ลวดอัดแรงชนิดมีรอยย้ำ (indented wire)	100 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง
- ลวดเกลียวอัดแรงประเภทคลายความเค้น (stress-relived steel strand)	50 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง

7.1 บริเวณปลายยึดของคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กออกก่อน

นอกจากนี้อาจใช้สมการที่ 7.1 ซึ่งเป็นสมการสำหรับการหาปริมาณเหล็กปลอกกันปริตามแนวแกน เสนอโดย Marshall และ Mattock ดังนี้

$$A_v = 0.021\frac{P_i h}{f_s l_t} \qquad (7.1)$$

โดยที่ A_v คือ พื้นที่หน้าตัดของเหล็กปลอก (คิดพื้นที่ 1 ปลอกมี 2 ขา) และต้องวางกระจายสม่ำเสมอภายในระยะ $\frac{h}{5}$ จากปลายคาน

f_s คือ หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กปลอก ซึ่งแนะนำให้ใช้เท่ากับ 1,250 กก./ซม.^{2}

h คือ ความลึกทั้งหมดของชิ้นส่วน

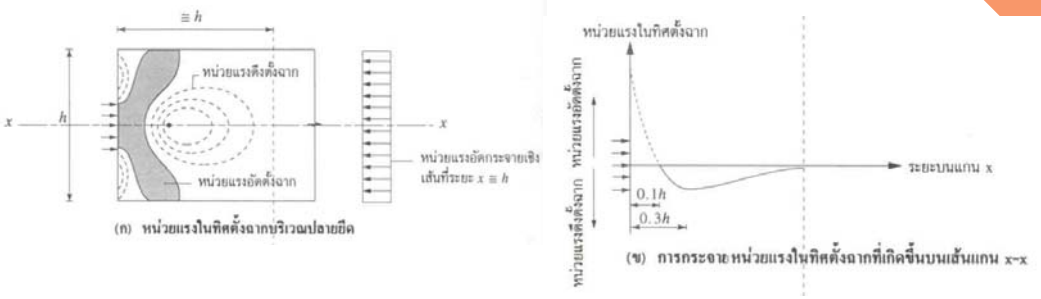
l_t คือ ระยะถ่ายแรง แนะนำให้ใช้ 50 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมอัดแรง

มหาวิทยาลัยรังสิต http://www.rsu.ac.th
52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถนนพหลโยธิน หลักหก ปทุมธานี 12000

7.2 บริเวณปลายยึดคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กทีหลัง

ในคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กทีหลัง แรงอัดจากเหล็กเสริมอัดแรงจะถ่ายสู่คอนกรีตโดยตรง คอนกรีตที่อยู่ใกล้ๆจะรับแรงแบกทานหลังสมอยึดนี้จะมีหน่วยแรงอัดที่สูงมากก่อให้เกิดแรงวิบัติเนื่องจากเกิดแรงแบกทานและนอกจากหน่วยแรงดึงในทิศทางตั้งฉากจะเกิดใกล้บริเวณนี้ด้วย หน่วยแรงในบริเวณนี้ค่อนข้างซับซ้อน

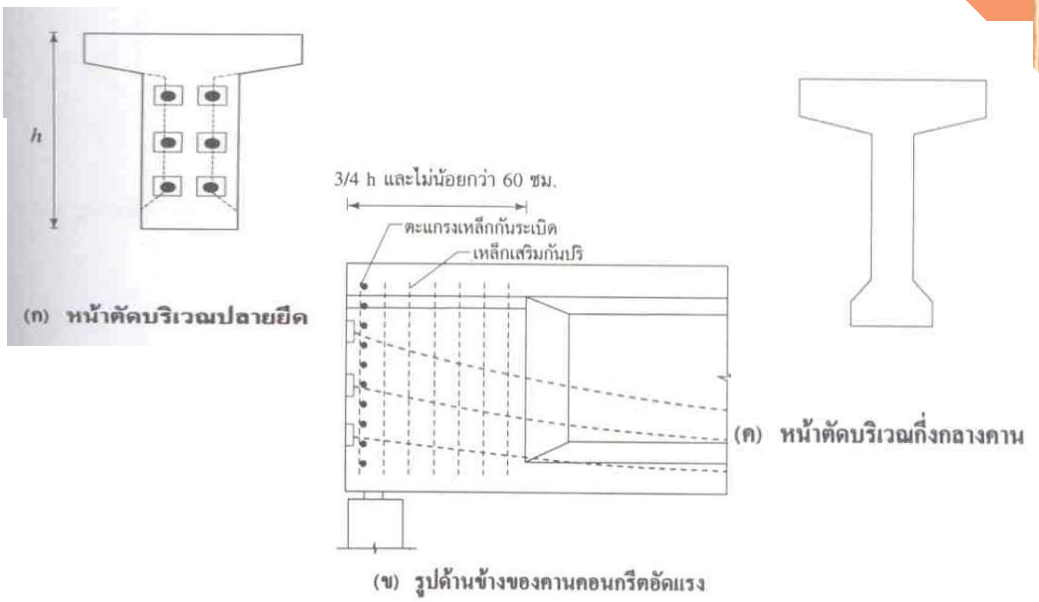
การกระจายของหน่วยแรงต่างๆ บริเวณปลายยึด



7.2.1 การออกแบบบริเวณปลายยึดของคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กทีหลัง

คอนกรีตบริเวณปลายเหล็กของชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงชนิดดึงเหล็กออกทีหลังมีหน้าที่รับแรงอัดโดยตรงจากสมอยึดและกระจายส่วนต่างๆ ของหน้าตัด ในกรณีชิ้นส่วนมีส่วนแกนที่เล็กอาจจะต้องขยายบริเวณส่วนแกนให้หนาขึ้นเพื่อลดปัญหาที่อาจจะเกิดจากหน่วยแรงดึงทิศทางตั้งฉากและเพิ่มพื้นที่เพื่อให้แผ่นเหล็กและสมอยึดปลายสามารถวางกระจายได้ดีขึ้น

ลักษณะของหน้าตัดบริเวณปลายยึด



(ก) หน้าตัดบริเวณปลายยึด

(ข) รูปด้านข้างของคานคอนกรีตอัดแรง

(ค) หน้าตัดบริเวณกึ่งกลางคาน

7.2.2 การออกแบบขนาดของสมอยึด

สำหรับการออกแบบขนาดของสมอยึด เพื่อไม่ให้หน่วยแรงในคอนกรีตสูงเกินไป

ก) ขณะถ่ายแรงอัดเข้าสู่องค์อาคาร

$$f_{cp} = 0.8 f'_{ci} \sqrt{A_2 / A_1 - 0.2} \leq 1.25 f'_{ci}$$

โดยที่ f_{cp} คือ หน่วยแรงแบกทานที่ยอมให้

f'_{ci} คือ กำลังอัดประลัยของคอนกรีตขณะถ่ายแรง

A_1 คือ พื้นที่ของคอนกรีตที่รับแรงแบกทาน

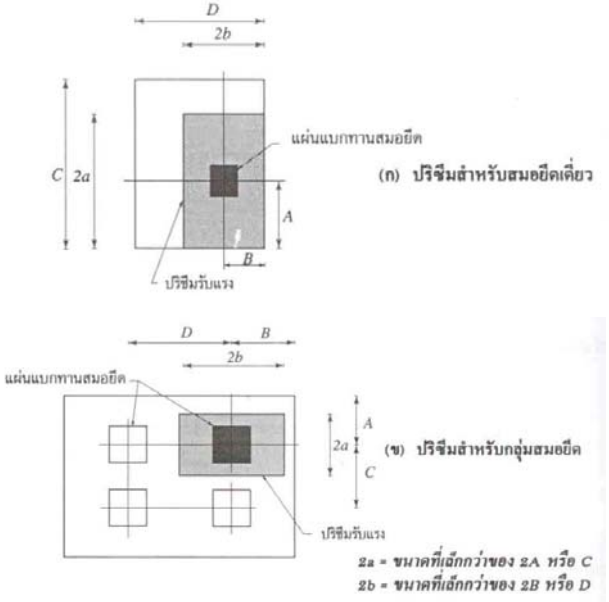
A_2 คือ พื้นที่หน้าตัดของปริซึมรับแรง (ดูรูปที่ 7.5)

ข) ขณะใช้งาน

$$f_{cp} = 0.6 f'_c \sqrt{A_2 / A_1} \leq f'_c \qquad (7.3)$$

ค่าอัตราส่วนของ A_2 / A_1 ในสมการที่ 7.2 และ 7.3 ไม่ควรใช้มากกว่า 2.7

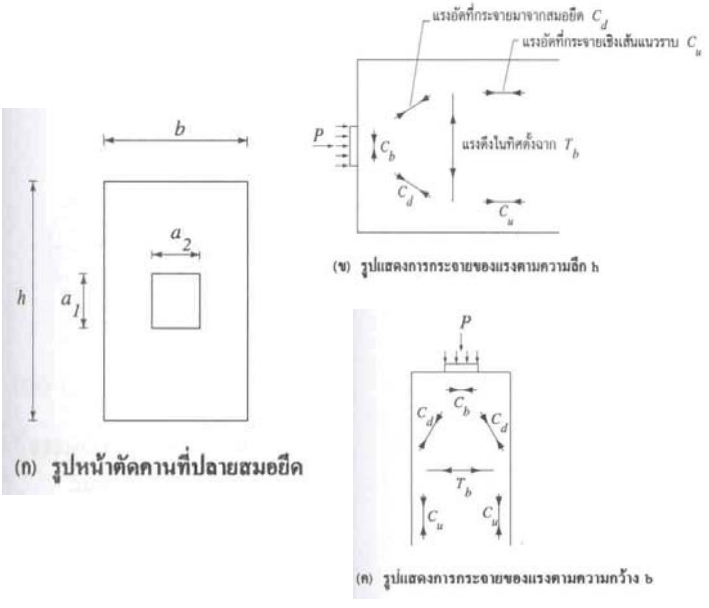
การคำนวณพื้นที่หน้าตัดของปริซึมรับแรง



7.2.3 การออกแบบเหล็กเสริมกันปริ

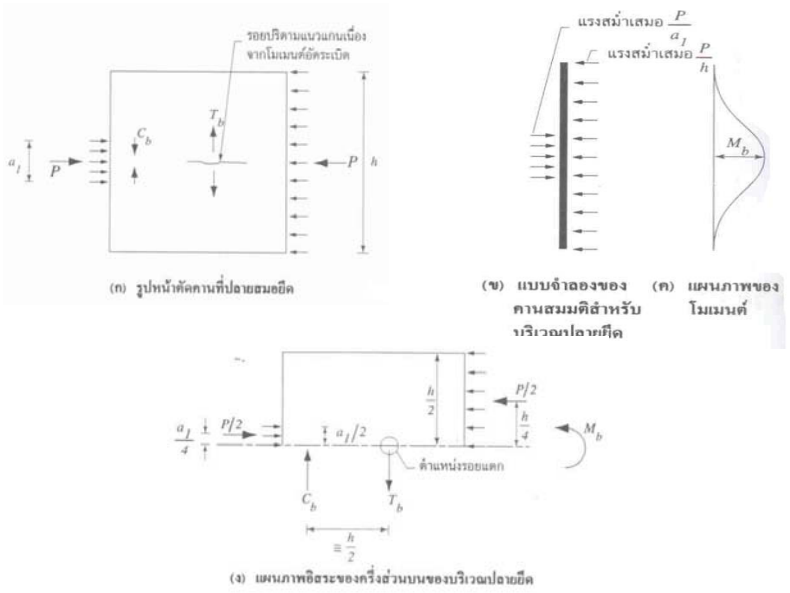
การออกแบบในทิศทางตั้งฉากมีสาเหตุมากจากการกระจายของแรงที่ถ่ายจากสมอยึดสู่คอนกรีตวงกว้างขึ้น โยกระจ่ายโดยทั้งทางลึกและทางกว้าง ดังนั้นแรงดึงจึงเกิด 2 ทิศทางตามทิศทางลึกและทางกว้าง

รูปแสดงการเกิดแรงดึงในทิศทางตั้งฉากโดยแบบจำลองโครงถัก



มหาวิทยาลัยรังสิต http://www.rsu.ac.th
52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถนนพหลโยธิน หลักหก ปทุมธานี 12000

กรณีสมอยึดเดี่ยววางกลางหน้าตัด



(ก) รูปหน้าตัดคานที่ปลายสมอยึด (ข) แบบจำลองของคานสมมติสำหรับบริเวณปลายยึด (ค) แผนภาพของโมเมนต์

(ง) แผนภาพอิสระของครึ่งส่วนบนของบริเวณปลายยึด

ก) กรณีสมอยึดเดี่ยววางกลางหน้าตัด

$$M_b = C_b\left(\frac{h}{2}\right) = T_b\left(\frac{h}{2}\right) \quad (7.4)$$

$$M_b = \frac{P}{2}\times\frac{h}{4}-\frac{P}{2}\times\frac{a_1}{4} = \frac{P}{8}(h-a_1) \quad (7.5)$$

$$T_b = \frac{P}{4}\left(1-\frac{a_1}{h}\right) \quad (7.6)$$

โดยที่ T_b คือ แรงดึงที่จะก่อให้เกิดรอยปริตามแนวแกน a_1 คือ ความกว้างของสมอยึดในทิศทางเดียวกับความลึกของคาน

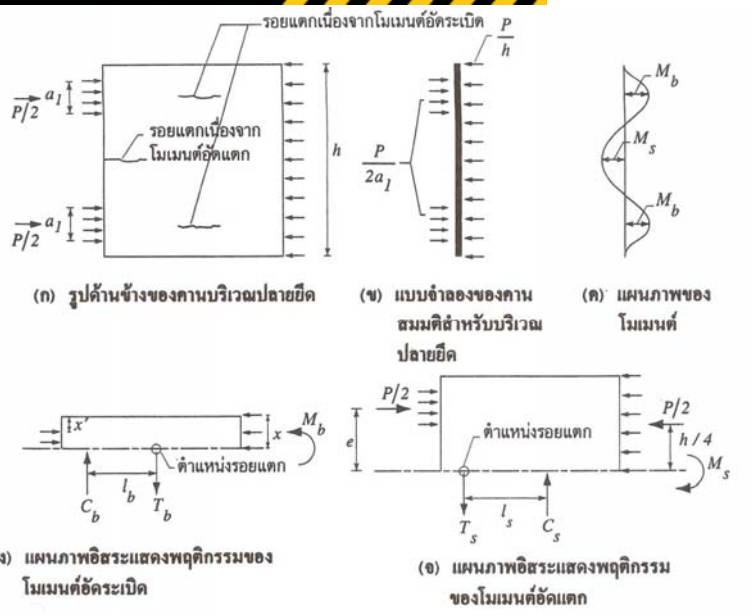
P คือ แรงอัดจากการอัดแรง h คือ ความลึกของคาน

$$A_{sb} = \frac{T_b}{f_s} \quad (7.7)$$

โดยที่ f_s คือ หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมกันปริ ตามมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตอัดแรงของ ว.ส.ท. ปี 2537 ได้กำหนดไว้ว่า หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเสริมกันปรินี้ให้ใช้เท่ากับ 2000/D กก./ซม.^{2} แต่ต้องไม่มากกว่า 1,250 กก./ซม.^{2} (D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริมกันปริ, ซม.)

มหาวิทยาลัยรังสิต http://www.rsu.ac.th
52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถนนพหลโยธิน หลักหก ปทุมธานี 12000

ข) กรณีสมอยึดคู่วางสมมาตรนี้



มหาวิทยาลัยรังสิต http://www.rsu.ac.th
52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถนนพหลโยธิน หลักหก ปทุมธานี 12000

แรงกระทำต่างๆบริเวณปลายยึดสำหรับกรณีสมอยึดคู่วางสมมาตร

$$\frac{P}{h}\cdot x = \frac{P}{2a_1}(x-x') \qquad (7.8)$$

ดังนั้น

$$x = \frac{x'h}{h-2a_1} \qquad (7.9)$$

จากรูปที่ 7.8 (ง) โมเมนต์อัดระเบิด M_b ที่มีค่าสูงสุดหาได้จาก

$$M_b = \frac{1}{2}\left(\frac{P}{h}\right)x^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{P}{2a_1}\right)(x-x')^2 = \frac{Px^2}{2h} - \frac{P}{4a_1}(x-x')^2 \qquad (7.10)$$

$$M_s = \frac{P}{2}\left(e-\frac{h}{4}\right) \qquad (7.11)$$

จากรูปที่ 7.8 (ง) $\qquad T_b = \dfrac{M_b}{l_b} \qquad (7.12)$

โดยที่ T_b คือ แรงดึงในทิศตั้งฉากที่เกิดจากโมเมนต์อัดระเบิด M_b

l_b คือ แขนของโมเมนต์คู่ควบ $C_b - T_b$ ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ $\dfrac{h_e}{2}$ โดยที่

h_e มีค่าเท่ากับ 2 เท่าของระยะจากศูนย์กลางของสมอยึดถึงผิวคอนกรีตที่ใกล้ที่สุดแต่ต้องน้อยกว่าระยะระหว่างสมอยึด C_a (ดูรูปที่ 7.9)

มหาวิทยาลัยรังสิต http://www.rsu.ac.th
52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถนนพหลโยธิน หลักหก ปทุมธานี 12000

แรงกระทำต่างๆบริเวณปลายยึดสำหรับกรณีสมอยึดคู่วางสมมาตร

แรงดึงในทิศตั้งฉากที่เกิดจากโมเมนต์อัดแตก T_s สามารถหาได้จากสมการที่ 7.13

$$T_s = \frac{M_s}{l_s} \qquad (7.13)$$

โดยที่ T_s คือ แรงดึงในทิศตั้งฉากที่เกิดจากโมเมนต์อัดแตก M_s

l_s คือ แขนของโมเมนต์คู่ควบ $C_s - T_s$ ซึ่งมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 0.6 เท่าของระยะระหว่างสมอยึด C_a

แรงกระทำต่างๆบริเวณปลายยึดสำหรับกรณีสมอยึดคู่วางสมมาตร

ปริมาณเหล็กเสริมกันปริเพื่อรับแรงดึงในทิศตั้งฉากที่เกิดจากโมเมนต์อัดระเบิดและโมเมนต์อัดแตก สามารถหาได้จากสมการที่ 7.14 และสมการที่ 7.15 ตามลำดับ

สำหรับแรงดึงในทิศตั้งฉากที่เกิดจากโมเมนต์อัดระเบิด $A_{sb} = \frac{T_b}{f_s}$ (7.14)

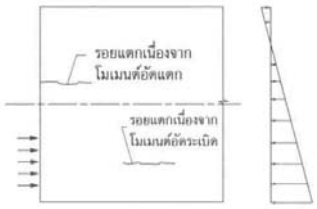
สำหรับแรงดึงในทิศตั้งฉากที่เกิดจากโมเมนต์อัดแตก $A_{ss} = \frac{T_s}{f_s}$ (7.15)

โดยที่ A_{sb}, A_{ss} คือ พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมกันปริรับแรงดึงในทิศตั้งฉากที่เกิดจากโมเมนต์อัดระเบิดและโมเมนต์อัดแตก ตามลำดับ

f_s คือ หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมกันปริ (เหมือน f_s ในสมการที่ 7.7)

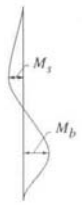
มหาวิทยาลัยรังสิต http://www.rsu.ac.th
52/347 หมู่บ้านเมืองเอก ถนนพหลโยธิน หลักหก ปทุมธานี 12000

กรณีสมอยึดเดี่ยววางเยื้องศูนย์

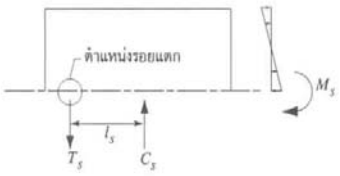


(ก) รูปด้านข้างของคานบริเวณปลายยึด

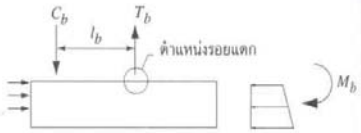
(ข) แบบจำลองของคาน สมมติสำหรับบริเวณ ปลายยึด



(ค) แผนภาพของ โมเมนต์



(ง) แผนภาพอิสระแสดงพฤติกรรมของ โมเมนต์ดัดแตก



(จ) แผนภาพอิสระแสดงพฤติกรรมของ โมเมนต์อัดระเบิด