การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด (Doubly reinforced section)

กรณีที่ถูกบังคับความลึกของคานทำให้ d ที่คำนวณได้จากสมการ

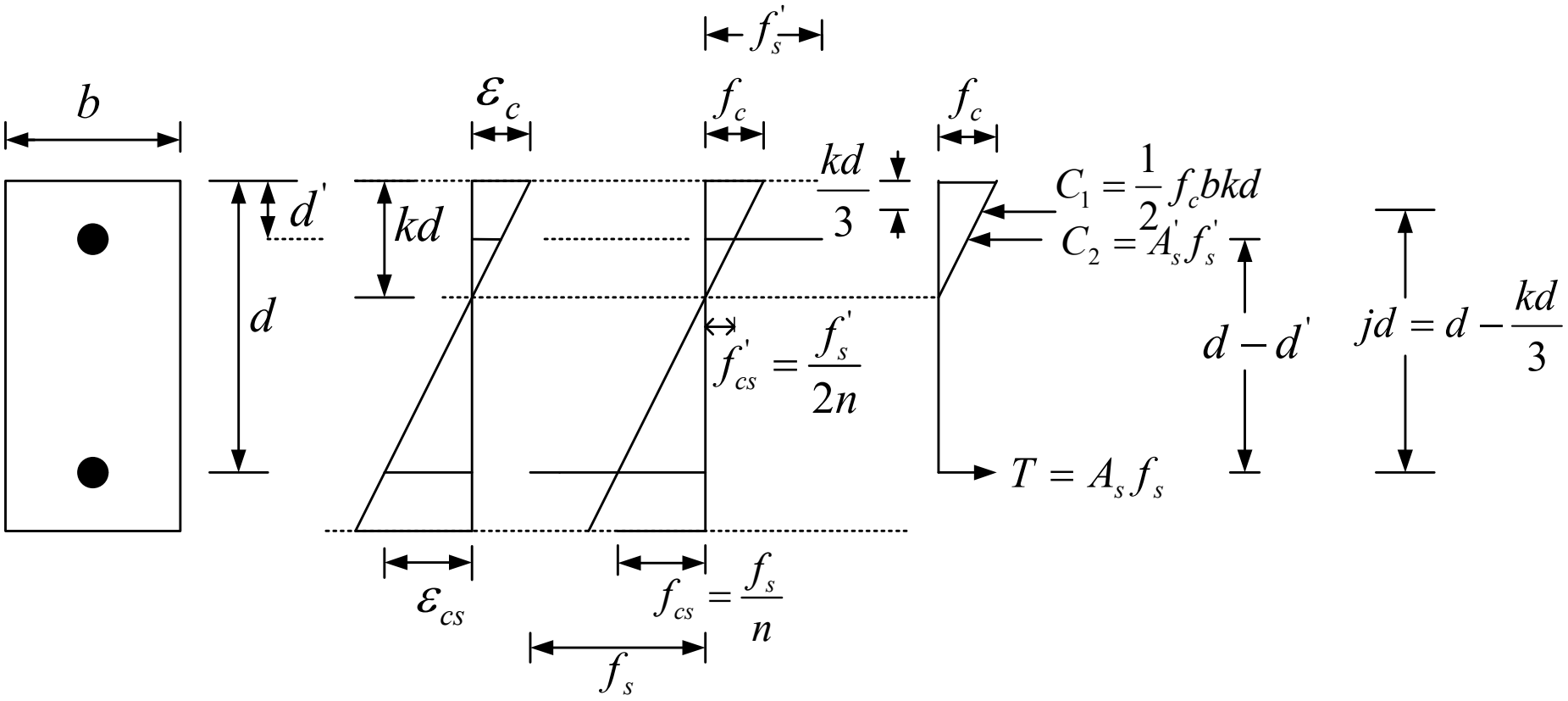
$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$$

มากเกินกว่าdที่ถูกบังคับโดยกฎหมายควบคุมอาคาร

ซึ่งหากเลือกความลึกdที่ถูกบังคับดังกล่าวแล้วคำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมเหมือนในกรณี Singly reinforced จะทำให้หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมหรือหน่วยแรงอัดสูงสุดในคอนกรีตเกินกว่าค่าที่ยอมให้เมื่อต้องรับโมเมนต์ดัดที่ออกแบบ

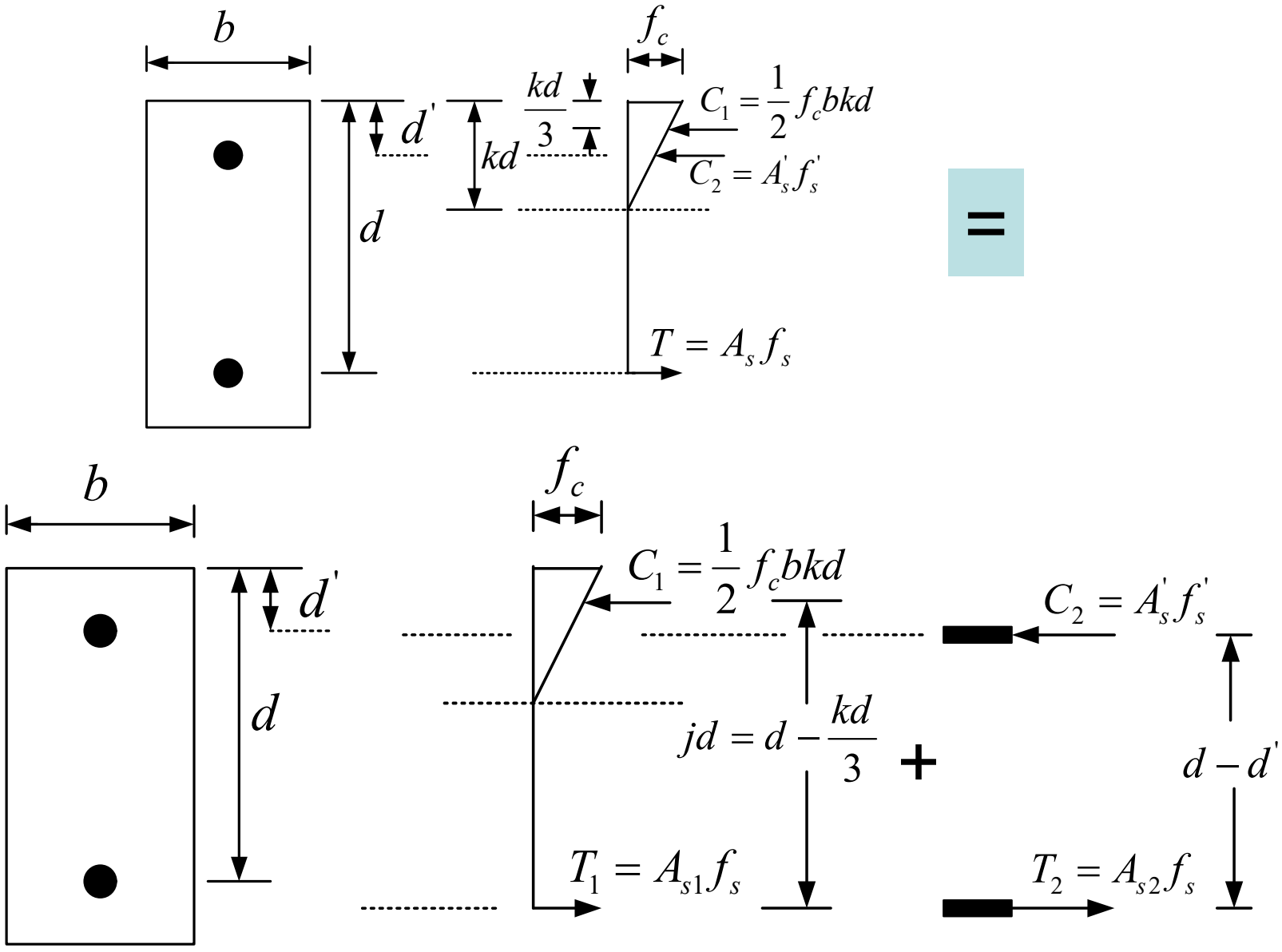
ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเสริมเหล็กรับแรงดึง และเหล็กเสริมรับแรงอัดเพิ่ม

การกระจายหน่วยแรงและความเครียดบนหน้าตัดคานเมื่อรับโมเมนต์ดัด



การกระจายความเครียด การกระจายหน่วยแรง แรงลัพท์ทีกระทำต่อหน้าตัด

แรงลัพท์ที่กระทำต่อหน้าตัดคานสามารถแยกเป็น2ส่วนดังรูป



ส่วนที่1 แรงอัดลัพธ์ในคอนกรีต $C_1 = \frac{1}{2} f_c bkd$

กับแรงดึงลัพท์ในเหล็กเสริมรับแรงดึงบางส่วน $T_1 = A_{s1} f_s$

จะสมดุลกันและทำให้เกิดโมเมนต์ต้านทานเท่ากับ

$$M_1 = C_1 jd = \frac{1}{2} f_c bkd(jd) = Rbd^2$$

$$R = \frac{1}{2} f_c kj$$

$$M_1 = T_1 jd = A_{s1} f_s jd$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A_{s1} = \frac{M_1}{f_s jd}$$

ส่วนที่2 แรงดึงลัพท์ในเหล็กเสริมรับแรงดึงส่วนที่เหลือ $T_2 = A_{s2} f_s$

และแรงอัดลัพท์ในเหล็กเสริมรับแรงอัด $C_2 = A_s^{'} f_s^{'}$

จะสมดุลกันและทำให้เกิดโมเมนต์ต้านทานเท่ากับ

$$M_2 = T_2(d - d^{'}) = A_{s2} f_s (d - d^{'})$$

$$M_2 = C_2(d - d^{'}) = A_s^{'} f_s^{'} (d - d^{'})$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{f_s (d - d^{'})}$$

$$A_s^{'} = \frac{M_2}{f_s^{'} (d - d^{'})}$$

$$f_s^{'} = 2nf_c \frac{kd - d^{'}}{kd}$$

$$M = M_1 + M_2$$

$$M_2 = M - M_1$$

ขั้นตอนการออกแบบหน้าตัดคานคอนกรีตเสริมเหล็กแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัด

1) คำนวณน้ำหนักบรรทุกตายตัวและน้ำหนักบรรทุกจรลงบนคาน

2) วิเคราะห์โครงสร้างเพื่อหาโมเมนต์ดัดที่หน้าตัดวิกฤติ

3) คำนวณค่า n, k ,j ,R

4) คำนวณหาความลึกประสิทธิผลต่ำสุดที่คอนกรีตและเหล็กเสริมจะรับได้ โดยหน่วยแรงในคอนกรีตและเหล็กเสริมถึงหน่วยแรงที่ยอมให้พอดี (ไม่จำเป็นต้องเสริมเหล็กรับแรงอัด) จากสมการ

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$$

โดยสมมติ b แล้วคำนวณหา d

5) กรณีจำเป็นต้องใช้dน้อยกว่าdจากข้อ4 ต้องเสริมเหล็กรับแรงอัดและรับแรงดึงเพิ่ม

6) คำนวณหา $M_1 = Rbd^2$ $R = \frac{1}{2} f_c kj$

7)คำนวณหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัดและรับแรงดึงจาก

$$A_{s1} = \frac{M_1}{f_s jd}$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{f_s(d-d')} = \frac{M - M_1}{f_s(d-d')}$$

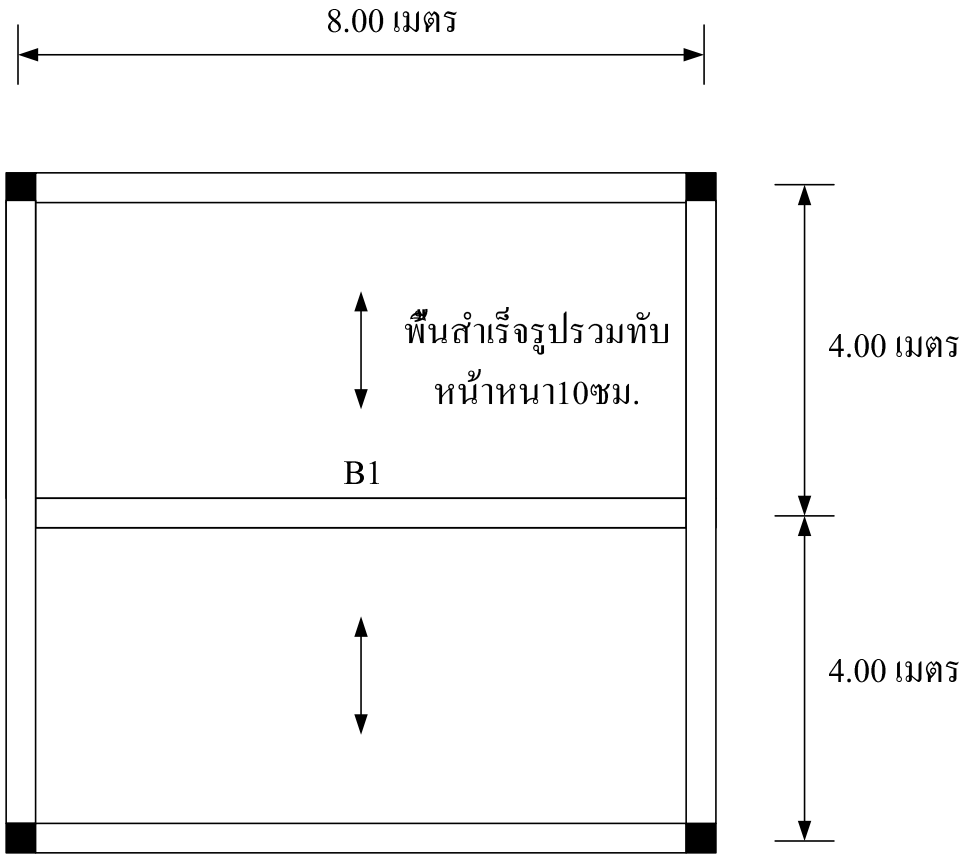
$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A_s' = \frac{M_2}{f_s'(d-d')} = \frac{M - M_1}{f_s'(d-d')}$$

$$f_s' = 2nf_c \frac{kd - d'}{kd}$$

ตัวอย่างการออกแบบ Doubly Reinforced Section

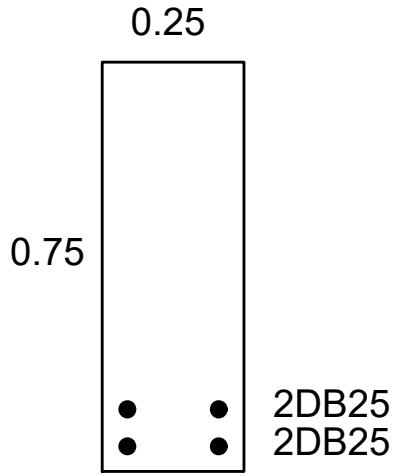
การออกแบบคาน B1 ให้เป็นแบบเสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียว เมื่อกำหนดน้ำหนักบรรทุกจรเท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในตัวอย่างที่ผ่านมาแสดงได้ดังรูป



กำหนดให้

$f_c' = 210\ ksc$

$f_y = 3000\ ksc$



น้ำหนักตายตัวของพื้น=0.1(1)(1)(2400)= 240 กก./ตรม.

น้ำหนักบรรทุกจร= 200 กก./ตรม.

รวม = 240+200 = 440 กก./ตรม.

น้ำหนักจากพื้นลงคานในหน่วย กก./ม.

= 4(1)(440)=1760 กก./ม.

สมมติคานกว้าง 25ซม. ลึก 75 ซม.

จะคำนวณน้ำหนักบรรทุกตายตัวของคานในหน่วย กก./ม. ได้

=0.25(0.75)(2400) = 450 กก./ม.

รวมน้ำหนักบรรทุก **W** ในหน่วย กก./ม. = 1760+450

=2210 กก./ม.

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กึ่งกลางคาน $= \frac{wL^2}{8} = \frac{2210(8)^2}{8} = 17680$ กก.-ม.

ความลึกประสิทธิผลต่ำสุดที่ไม่ต้องเสริมเหล็กรับแรงอัด
เมื่อสมมติให้ b = 25 ซม. ที่คำนวณจากตัวอย่างการออกแบบ Singly Reinforced Section

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = \sqrt{\frac{17680(100)kg-cm}{15.32(\frac{kg}{cm^2})(25cm)}} = 67.95$$ **ซม.**

ถ้าคานดังกล่าวถูกบังคับความลึกไว้ที่60ซม. แล้วต้องออกแบบคานใหม่

$$d = 60-5 = 55cm$$

$$d' = 5cm$$

$$R = \frac{1}{2} f_c kj = \frac{1}{2}(94.5)(0.37)(0.877) = 15.32\frac{kg}{cm^2}$$

$$M_1 = Rbd^2 = 15.32\frac{kg}{cm^2}(25cm)(55cm)^2 = 1,158,575 \quad kg-cm$$

$$A_{s1} = \frac{M_1}{f_s jd} = \frac{1{,}158{,}575 \quad kg-cm}{(1500\frac{kg}{cm^2})(0.877)(55cm)} = 16.02\ cm^2$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{f_s(d-d')} = \frac{M-M_1}{f_s(d-d')} = \frac{(1768000-1{,}158{,}575) \quad kg-cm}{(1500\frac{kg}{cm^2})(55cm-5cm)} = 8.12cm^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 16.02\ cm^2 + 8.12cm^2 = 24.14cm^2$$

ใช้5DB25สำหรับเหล็กเสริมรับแรงดึง

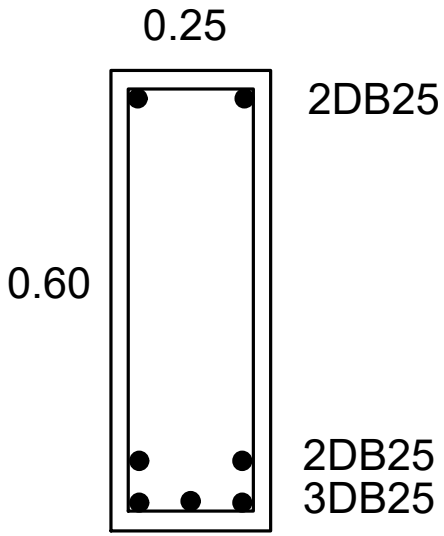
พื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ24.55ตารางเซ็นติเมตร

$$f_s^{'} = 2nf_c \frac{kd - d^{'}}{kd} = 2(9.32)(94.5\frac{kg}{cm^2})\left(\frac{0.37(55cm) - 5cm}{0.37(55cm)}\right) = 1329\frac{kg}{cm^2}$$

$$A_s^{'} = \frac{M_2}{f_s^{'}(d - d^{'})} = \frac{M - M_1}{f_s^{'}(d - d^{'})} = \frac{(1768000 - 1{,}158{,}575)\quad kg - cm}{(1329\frac{kg}{cm^2})(55cm - 5cm)} = 9.16cm^2$$

ใช้2DB25สำหรับเหล็กเสริมรับแรงอัด

พื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ9.82ตารางเซ็นติเมตร



รายละเอียดการเสริมเหล็ก

(ยังไม่ได้ออกแบบเหล็กปลอก)