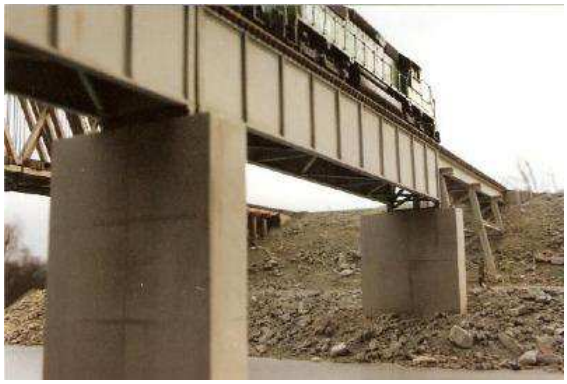
Timber and Steel Design

Lecture 21 Plate Girder



- Cover-plated Beams
- Built-up W Sections
- Plate Girder
- Stiffeners

Mongkol JIRAVACHARADET

SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

INSTITUTE OF ENGINEERING

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

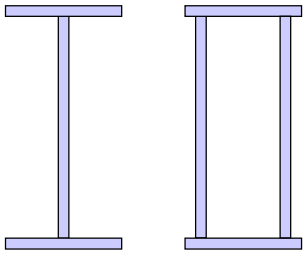
Plate Girder

A Plate Girder is a type of girder made by welding a vertical rolled steel plate (called the web) and top and bottom horizontal steel plates (called the flanges)

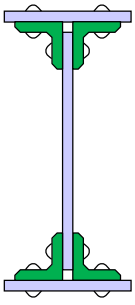
Chicago Northwestern plate girder bridge over the Burlington Northern near South Morrill, NE

Steel plate girder with full penetration butt welding

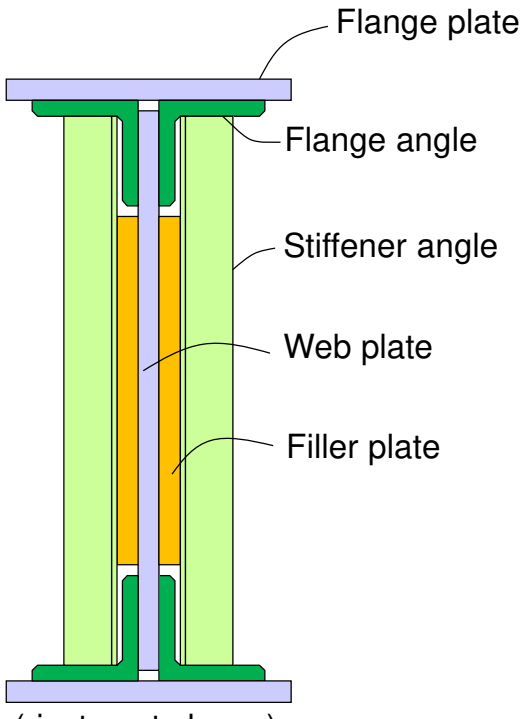
Plate Girder Cross Sections



(a) Welded



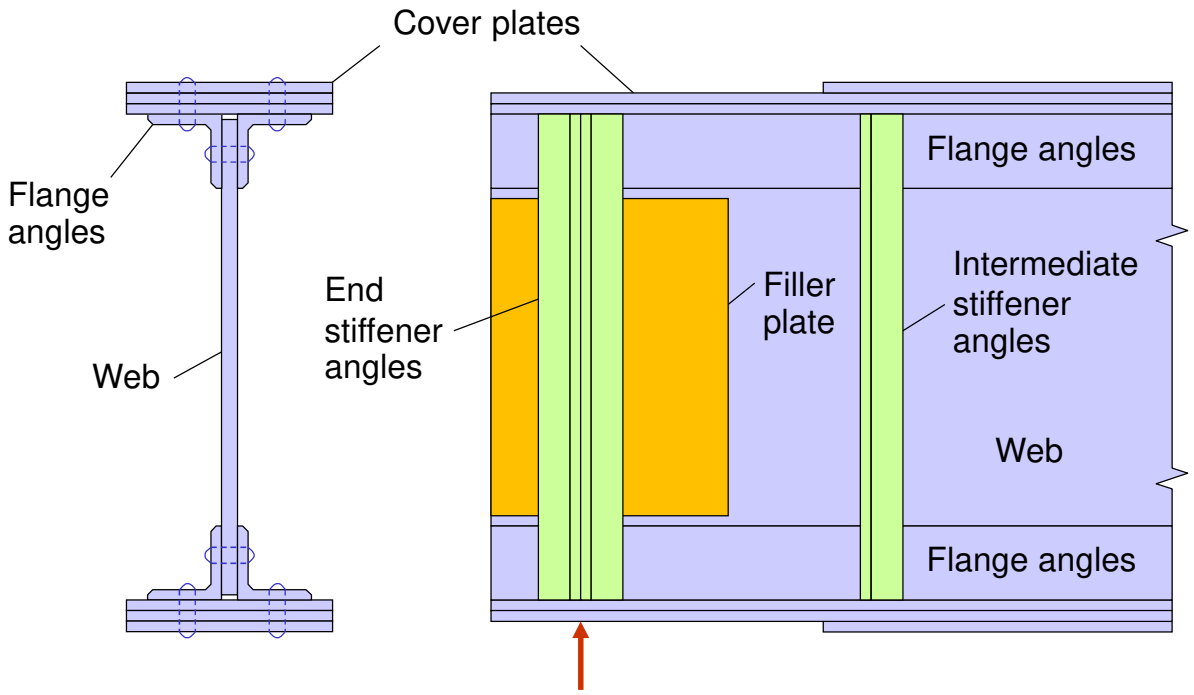
(b) Riveted without Stiffeners



(rivets not shown)

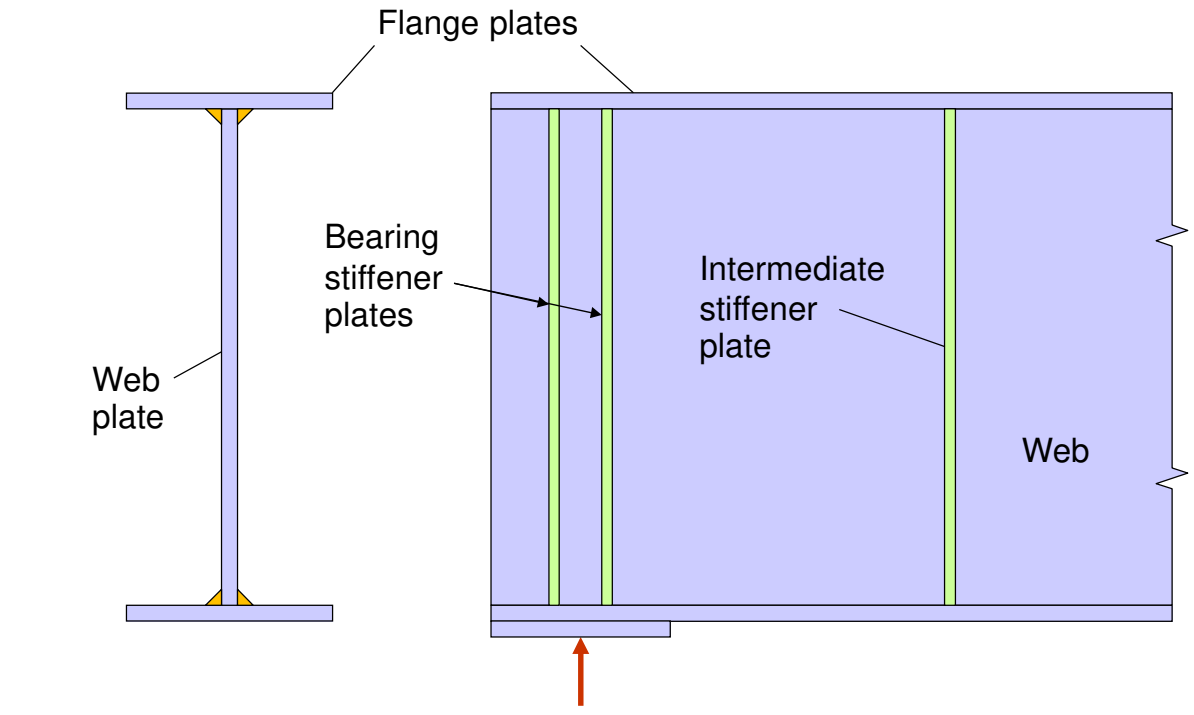
(c) Riveted with Stiffeners

Typical components of riveted plate girder



(a) Cross-section (b) Elevation at end of span

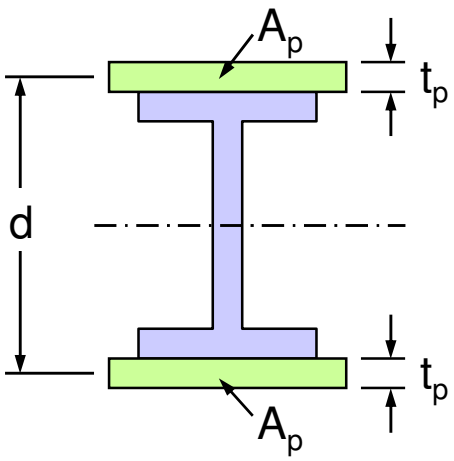
Typical components of welded plate girder



(a) Cross-section (b) Elevation at end of span

Cover-plated Beams (คานแผ่นเหล็กหุ้ม)

ค่าโมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดทั้งหมดจะเท่ากับของหน้าตัด W บวกกับของแผ่นเหล็กที่ยังไม่รู้ขนาด ซึ่งมีค่ารอบแกน x (ละเลยค่าน้อยรอบแกนของแผ่นเหล็กเอง) จะเท่ากับพื้นที่ของแต่ละแผ่นเหล็กคูณระยะห่างจากแกนสะเทินกำลังสอง



$$I_{reqd} = I_s + 2A_p\left(\frac{d+t_p}{2}\right)^2$$

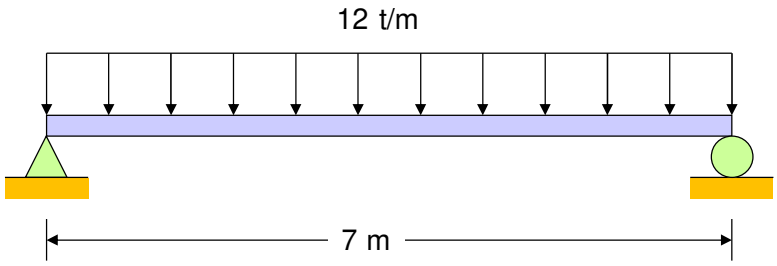
$$= I_s + \frac{A_p}{2}(d+t_p)^2$$

$$S_{reqd} \cong \frac{I_{reqd}}{d/2} \cong S_s + \frac{A_p(d+t_p)^2}{2(d/2)}$$

$$\cong S_s + A_p(d+t_p)$$

การใช้ค่าโมดูลัสหน้าตัดที่ต้องการอาจมีความสะดวกมากกว่า เนื่องจากสามารถเขียนในรูปค่าประมาณ (ค่า d/2 ไม่ใช่ค่าที่ถูกต้องเพราะไม่ใช่ระยะระหว่างผิวนอกสุด)

ตัวอย่างที่ 21-1 จงออกแบบคานโดยมีความลึกจำกัดที่ 60 ซม. สำหรับน้ำหนักบรรทุกและช่วงคานดังในรูป สมมุติว่าคานมีการรองรับด้านข้างอย่างสมบูรณ์สำหรับปีกรับแรงอัดและมีหน่วยแรงดัดที่ยอมให้เท่ากับ 1,400 กก./ซม.^{2} ใช้หน้าตัด W600×137 และแผ่นเหล็กหุ้ม

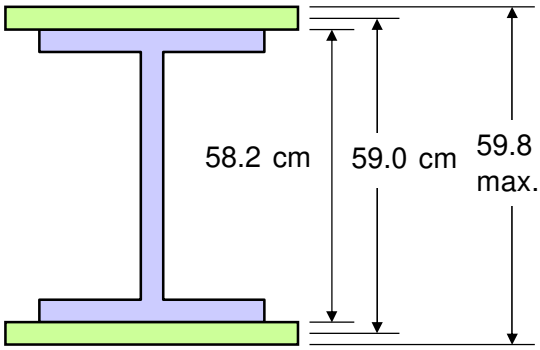


วิธีทำ สมมุติน้ำหนักคาน = 180 ก.ก./เมตร

$$\mathbf{M} = (12.18)(7)^2/8 = 74.6 \text{ ตัน-เมตร}$$

$$\mathbf{S}_{req'd} = (74.6\times105)/1{,}400 = 5{,}329 \text{ ซม.}^3$$

คุณสมบัติหน้าตัด W600×137 ($\mathbf{I}$ = 103,000 ซม.^{4} $\mathbf{S}$ = 3,530 ซม.^{3}) < $\mathbf{S}_{req'd}$ NOT ENOUGH



สมมุติใช้แผ่นเหล็กหนา 8 มม.

$$S_{reqd} = S_s + A_p(d + t_p)$$

$$5{,}329 = 3{,}530 + A_p(59.0 + 0.8)$$

$$A_p = 30.1 \text{ ซม.}^2$$

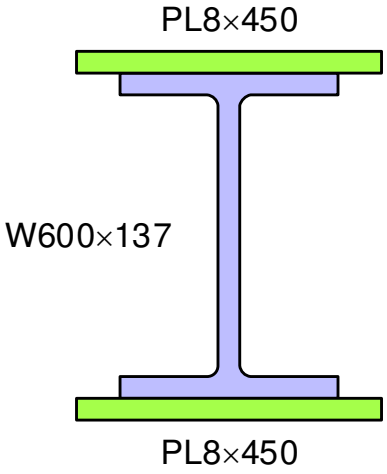
ลองใช้แผ่นเหล็ก PL 8 × 450 ม.ม. บนแต่ละปีก ($A_p = 36$ ซม.^{2})

คำนวณค่า S ที่แท้จริง

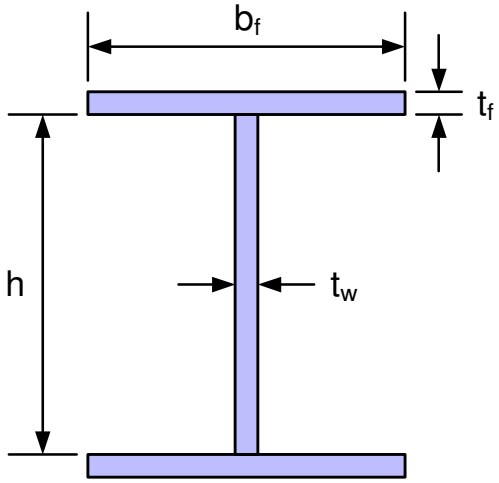
$$S = (103{,}000 + 2(36)(29.5)^2) / 29.9$$

$$= 5{,}540 \text{ ซม.}^3 > 5{,}329 \text{ ซม.}^3 \quad \textbf{OK}$$

ใช้หน้าตัด W600×137 โดยมี PL8×450 มม. บนแต่ละปีก



Built-up Beam (คานประกอบ)



A_f = Area of Flange

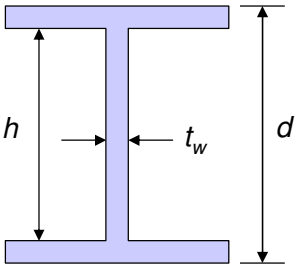
Built-up W sections: $h / t_w \le 6{,}360 / \sqrt{F_b}$

Plate girder: $h / t_w > 6{,}360 / \sqrt{F_b}$

Stiffener required: $h / t_w \ge 260$

Allowable Shear Stress: F_v

For beam with $h/t_w \le 3{,}179/\sqrt{F_y}$ (most sections)



$$F_v = 0.40\,F_y$$

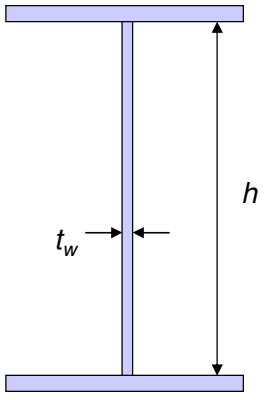
For beam with $h/t_w > 3{,}179/\sqrt{F_y}$ (composite beams)

$$F_v = \frac{F_y}{2.89}C_v \le 0.40\,F_y$$

C_v "Critical" Shear Stress of the Web

$$C_v = \frac{3{,}165{,}000k_v}{F_y\left(h/t_w\right)^2}$$ เมื่อ C_v น้อยกว่า 0.8

$$C_v = \frac{1{,}585}{h/t_w}\sqrt{\frac{k_v}{F_y}}$$ เมื่อ C_v มากกว่า 0.8

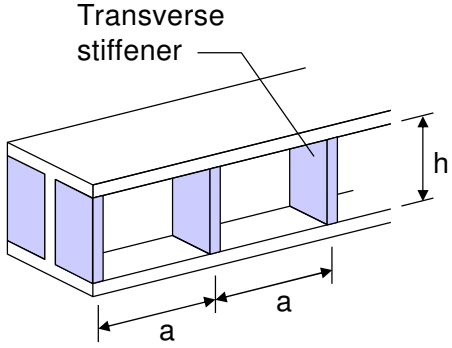


For beam without transverse stiffener: $k_v = 5.34$

For beam with transverse stiffener:

$$k_v = 4.00 + \frac{5.34}{\left(a/h\right)^2}$$ เมื่อ a/h น้อยกว่า 1.0

$$k_v = 5.34 + \frac{4.00}{\left(a/h\right)^2}$$ เมื่อ a/h มากกว่า 1.0



ตัวอย่างที่ 21-2 จงออกแบบคาน W ประกอบลึก 1.50 เมตรโดยไม่มีการใช้แผ่นเสริมกำลังทางขวางสำหรับช่วงคานเดี่ยว 20 เมตร รองรับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ 4 ตัน/เมตร นอกจากน้ำหนักของตัวเอง สมมุติว่ามีการรองรับด้านข้างสมบูรณ์สำหรับปีกรับแรงอัด ใช้เหล็ก A36 รอยเชื่อมแบบฟิลเลต และลวดเชื่อม E70

วิธีทำ โมเมนต์และแรงเฉือนมากที่สุด โดยสมมุติคานมีน้ำหนัก = 300 กก./เมตร

$M = (4.3)(20)^2/8 = 215$ ตัน-เมตร

$V = (10)(4.3) = 43$ ตัน

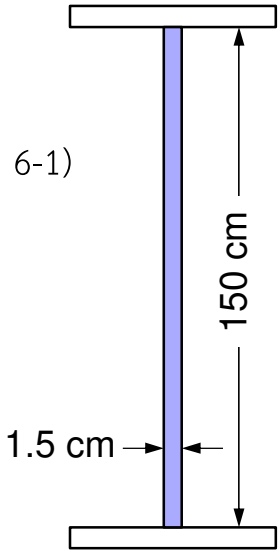
ขนาดของแผ่นเอวที่ต้องการสำหรับ Compact section (ตารางที่ 6-1)

$$\frac{d}{t_w} \le \frac{5{,}355}{\sqrt{F_y}} = \frac{5{,}355}{\sqrt{2{,}500}} = 107$$

Min $t_w = 150/107 = 1.4$ ซม. (ใช้ 1.5 ซม.)

ลองใช้แผ่นเอว **1.5 × 150** ซม. (A_w = **300** ซม.^{2})

$d/t = 150/1.5 = 100 < 107$ **OK**



ตรวจสอบความชะลูดแผ่นเอว

$$\text{Since } \frac{h}{t_w} = 100 < \left[\frac{6{,}360}{\sqrt{F_b}} = \frac{6{,}360}{\sqrt{1{,}650}} = 156.6\right] \rightarrow \textbf{Built-up W sections}$$

$$< 260 \rightarrow \text{stiffener not required}$$

ตรวจสอบหน่วยแรงเฉือน

$$\text{Since } \frac{h}{t_w} = 100 > \left[\frac{3{,}179}{\sqrt{F_y}} = 63.58\right] \rightarrow F_v = \frac{F_y}{2.89}(C_v) \le 0.40\,F_y$$

$$k_v = 5.34 \rightarrow C_v = \frac{3{,}165{,}000 \times 5.34}{2{,}500 \times 100^2} = 0.676 < 0.8 \quad \textbf{OK}$$

$$F_v = \frac{2{,}500}{2.89}(0.676) = 585 \text{ kg/cm}^2 < [\,0.40\,F_y = 1{,}000 \text{ kg/cm}^2]$$

หน่วยแรงที่เกิดขึ้น $f_v = 43{,}000/(1.5 \times 150) = 191$ กก./ซม.^{2} $< F_v$ **OK**

การเลือกแผ่นปีก

$$S_{req'd} = 215 \times 10^5 / 1{,}650 = 13{,}030 \text{ ซม.}^3$$

$$S_{reqd} = \frac{\frac{1}{12}t_w h^3}{\frac{h}{2}+t_f} + \frac{2A_f\left(\frac{h}{2}+\frac{t_f}{2}\right)^2}{\frac{h}{2}+t_f}$$

สมมุติ $t_f = 2$ ซม.

$$13{,}030 = \frac{\frac{1}{12}(1.5)(146)^3}{\frac{146}{2}+2} + \frac{2A_f\left(\frac{146}{2}+\frac{2}{2}\right)^2}{\frac{146}{2}+2}$$

A_f = พื้นที่ของปีกหนึ่งข้าง = 53.7 ซม.^{2} (ใช้ 2×28 ซม.)

เลือกใช้แผ่นเอว **1.5×146** ซม. และแผ่นปีก **2×28** ซม.