# คานและเคเบิล

# บทที่ 6 แรงในคานและเคเบิล

## คาน

เป็นโครงสร้างส่วนที่ได้รับผลจากแรงกระทำในแนวตั้งฉาก พฤติกรรมการต้านทานแรงกระทำจะเกิดทั้ง แรงดึง แรงอัด แรงเฉือน และ แรงดัด

## เคเบิล

เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างที่ได้รับผลจากแรงกระทำเช่นเดียวกับคาน แต่การต้านทานแรงกระทำจะเกิดในลักษณะแรงดึงเท่านั้น

# เนื้อหา

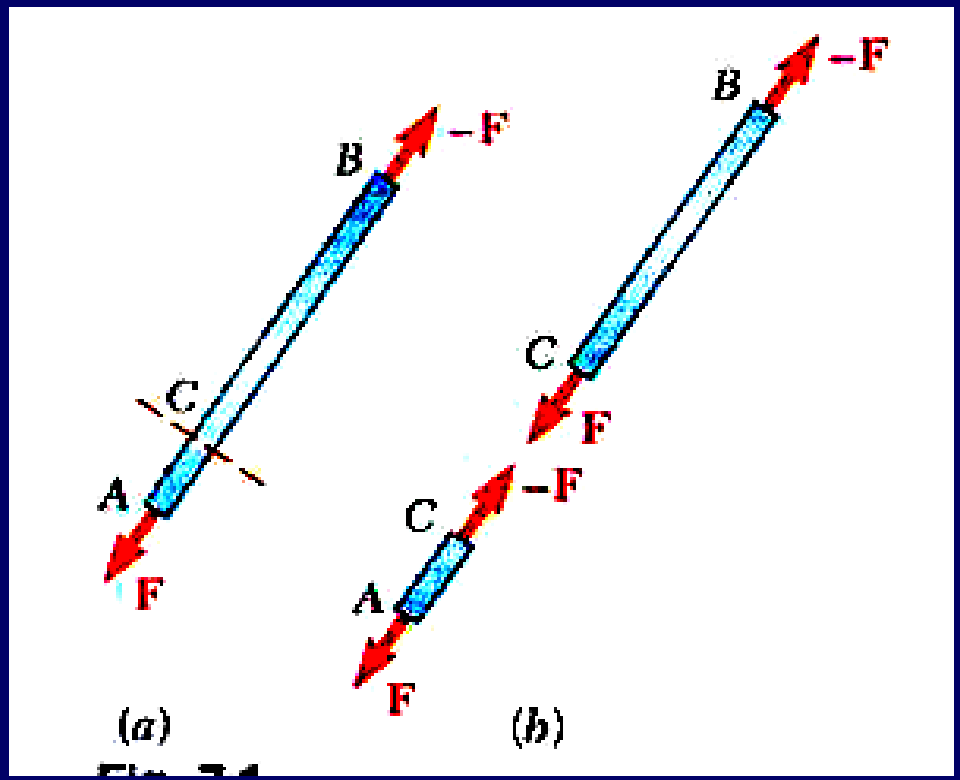
6.1 แรงภายในชิ้นส่วน
6.2 ชนิดของน้ำหนักบรรทุกและจุดรองรับ
6.3 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน
6.4 แผนภาพแสดงค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด
6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก แรงเฉือน และโมเมนต์ดัด
6.6 เคเบิลซึ่งรับน้ำหนักเป็นจุด
6.7 เคเบิลซึ่งรับน้ำหนักบรรทุกแผ่กระจาย
6.8 เคเบิลซึ่งเป็นรูปโค้งพาราโบลา
6.9 เคเบิลแบบ Catenary

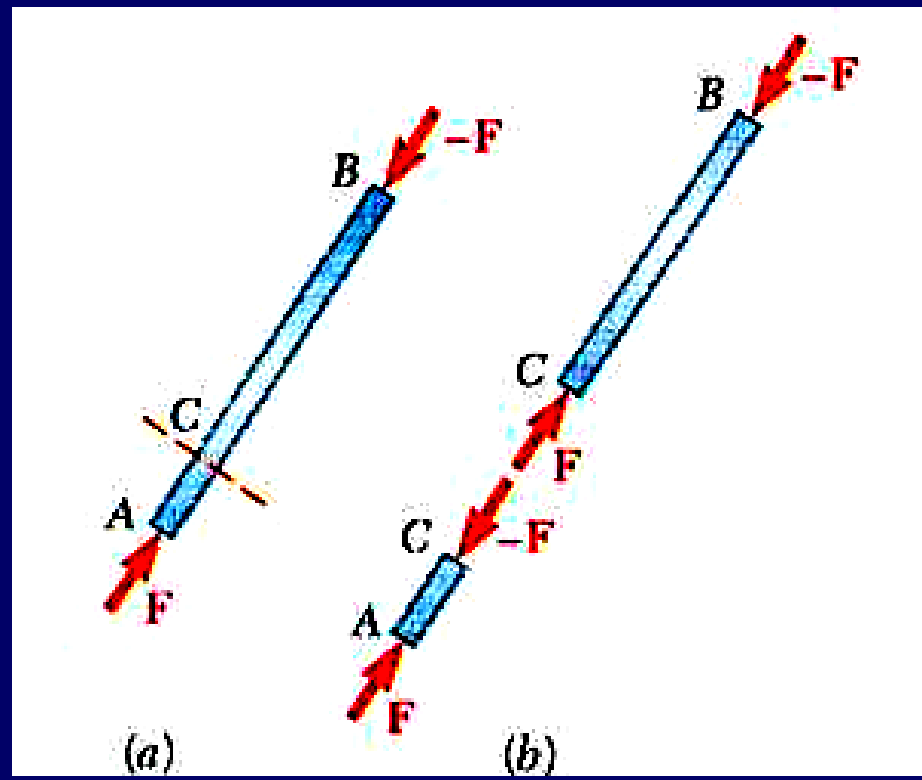
# วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาเรื่องนี้แล้ว จะเข้าใจถึงลักษณะการต้านทางแรงกระทำของโครงสร้างลักษณะคาน และสามารถนำไปคำนวณออกแบบได้

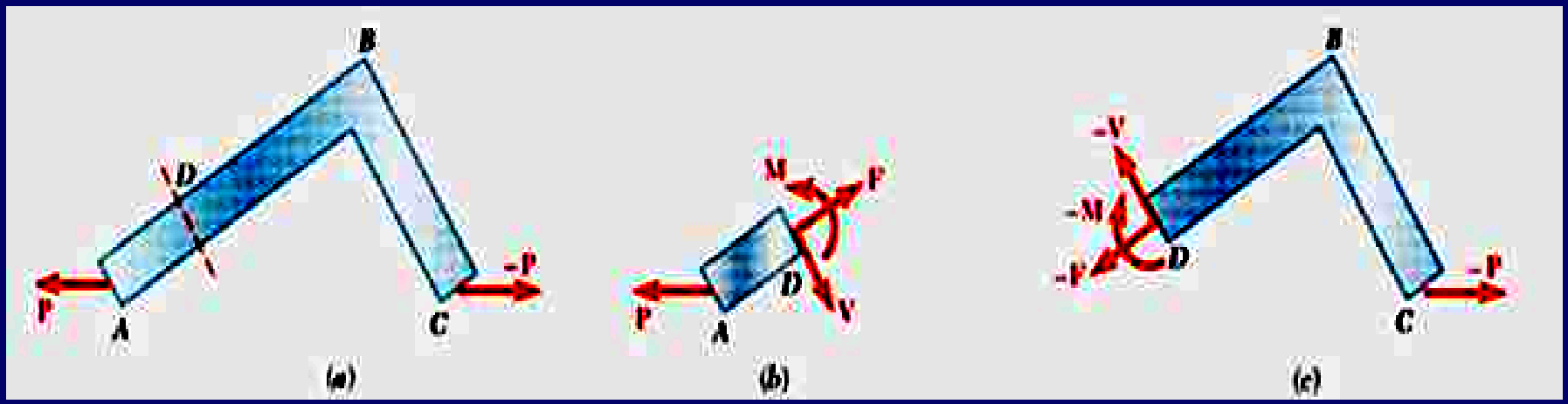
# บทที่ 6 แรงในคาน

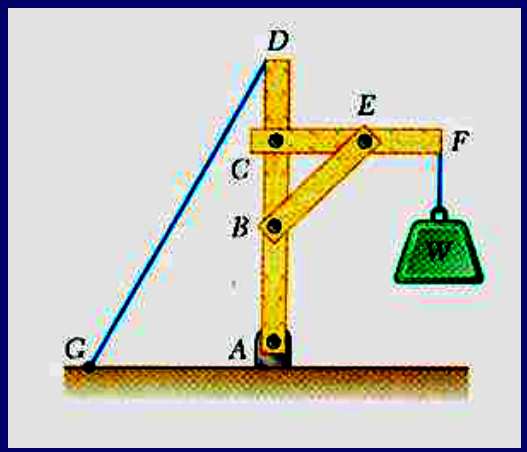
## 6.1 แรงภายในส่วนต่าง ๆของชิ้นส่วน

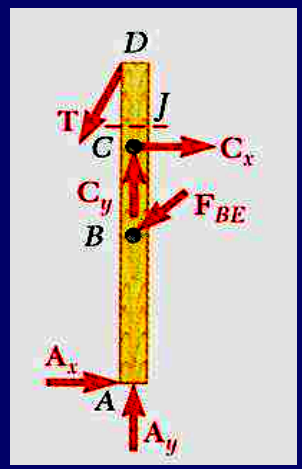


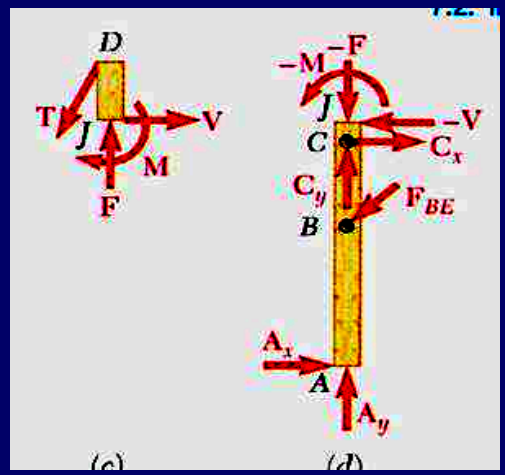



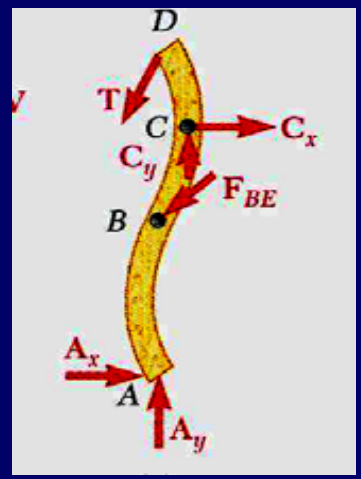
# 6.1 แรงภายในส่วนต่าง ๆของชิ้นส่วน

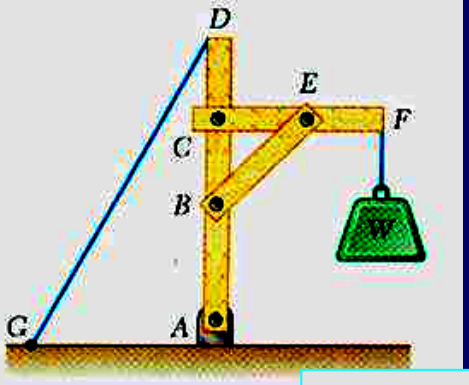


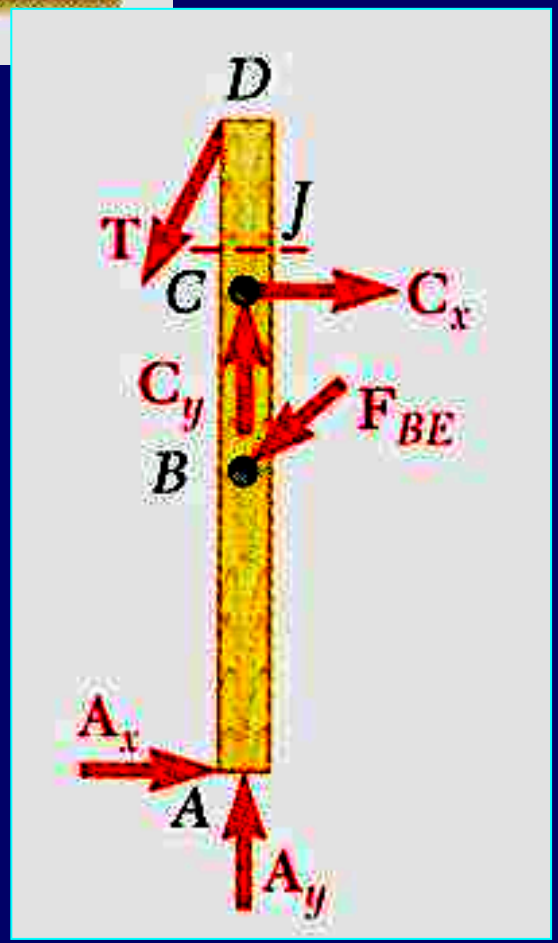



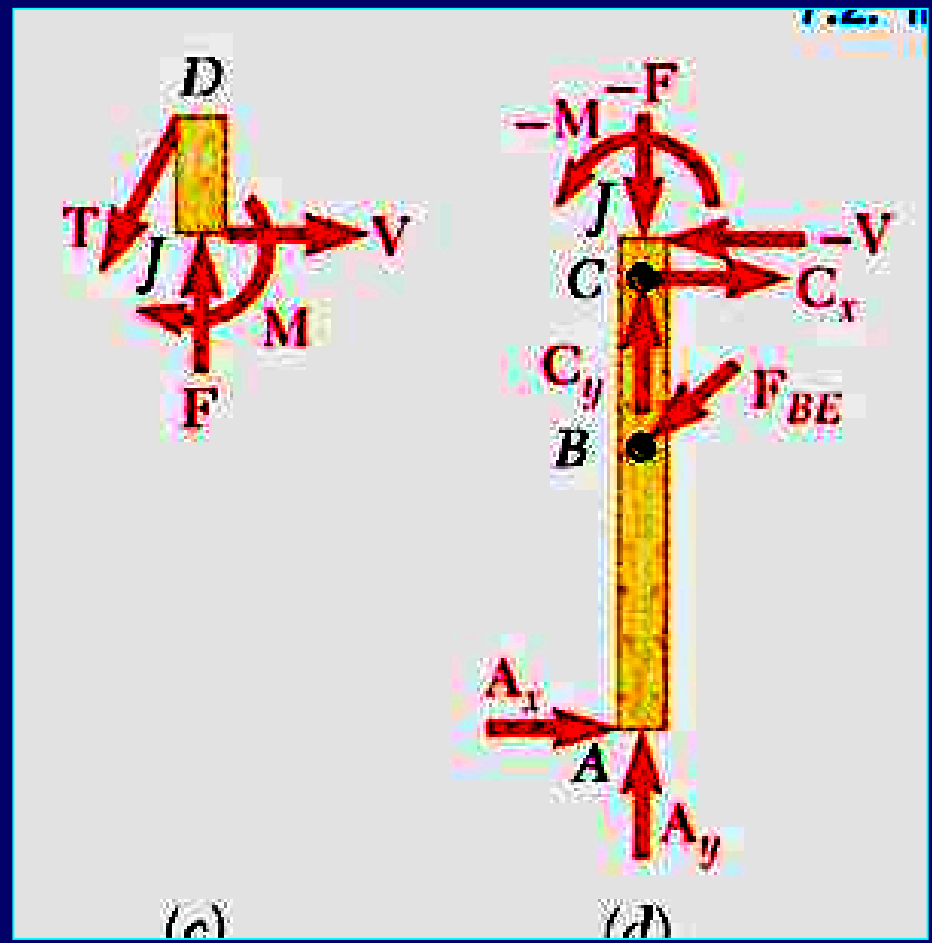



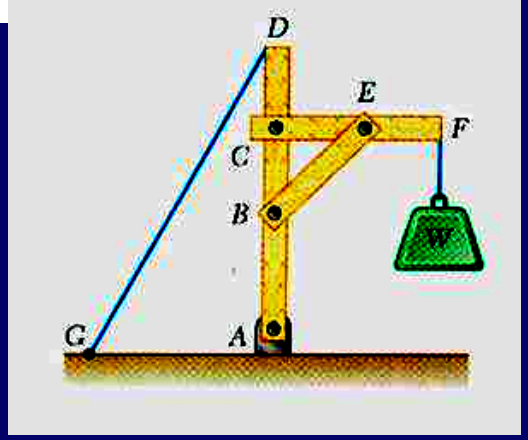



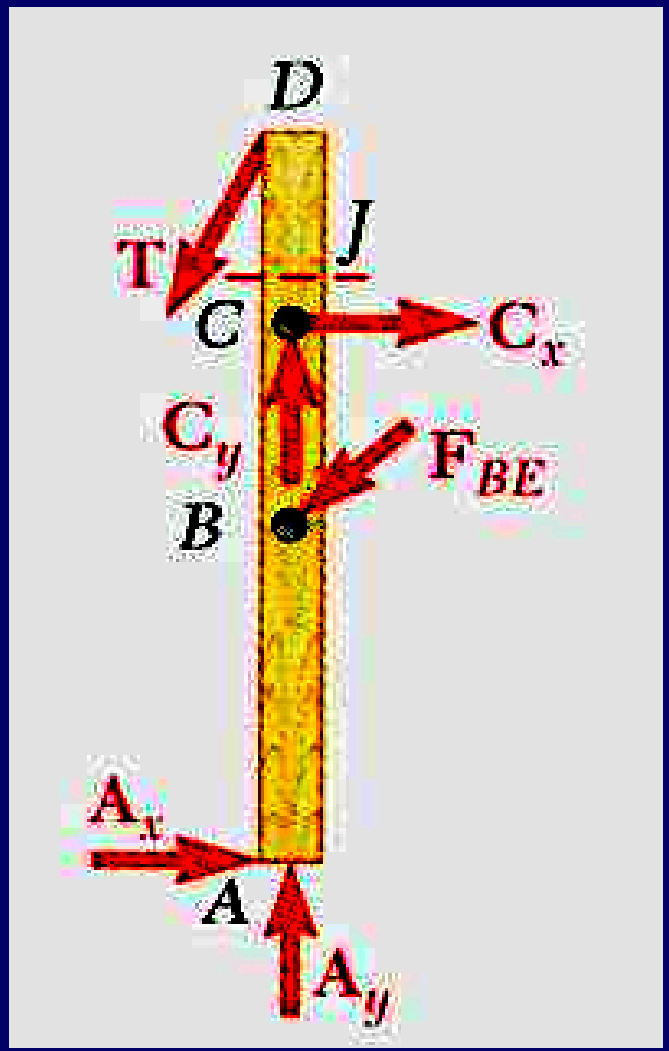



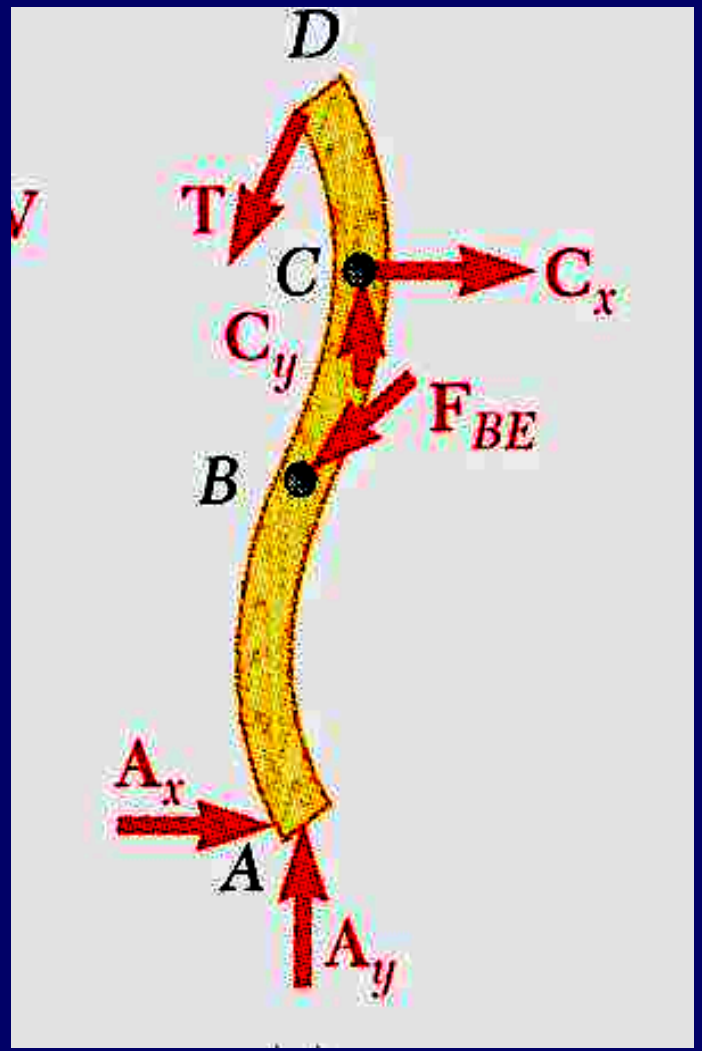

D
E
F
C
B
W
G
A


D
T
J
C
$C_x$
$C_y$
$F_{BE}$
B
$A_x$
A
$A_y$

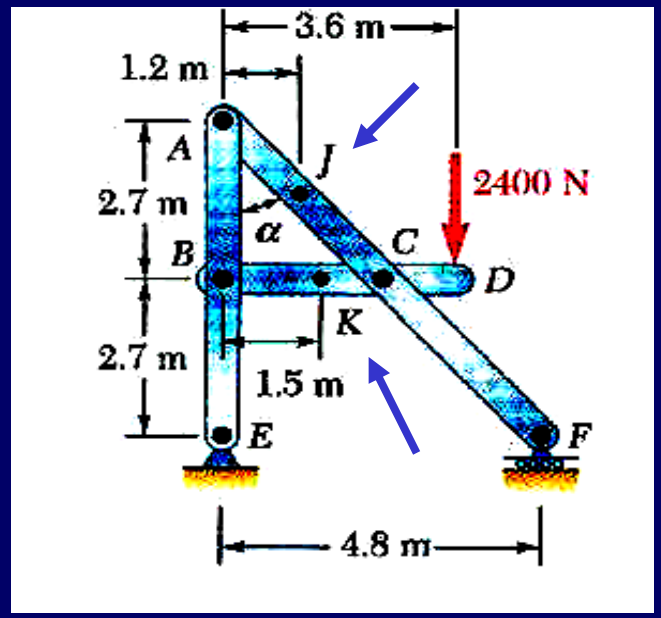

D
T
J
V
J
M
F
(c)
D
−F
−M
J
−V
C
$C_x$
$C_y$
$F_{BE}$
B
$A_x$
A
$A_y$
(d)


D
E
F
C
B
W
G
A


D
T
J
C
$C_x$
$C_y$
$F_{BE}$
B
$A_x$
A
$A_y$


D
T
C
$C_x$
$C_y$
$F_{BE}$
B
$A_x$
A
$A_y$

# ตัวอย่าง 6.1



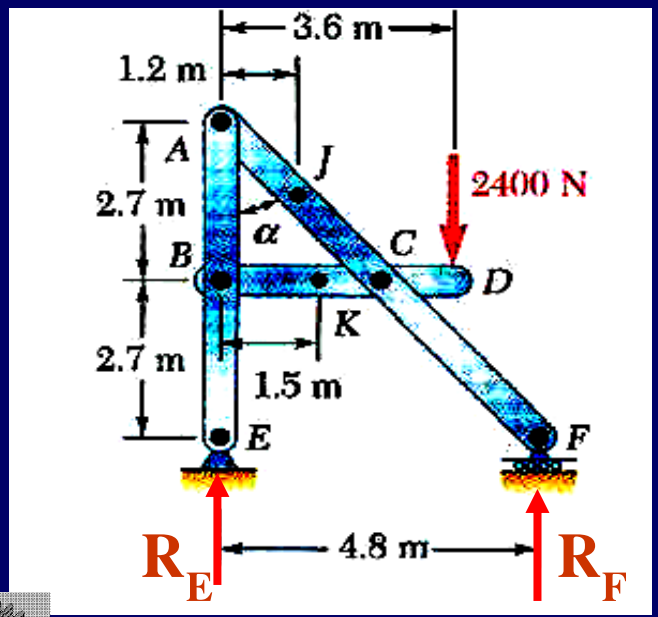

**ข้อมูล**

**โครงดังรูป บรรทุกน้ำหนัก 2400 N**

**ปัญหา**

**(a) หาแรงภายในของชิ้นส่วน ACF ที่ J**

**(b) หาแรงภายในของชิ้นส่วน BCD ที่ K**



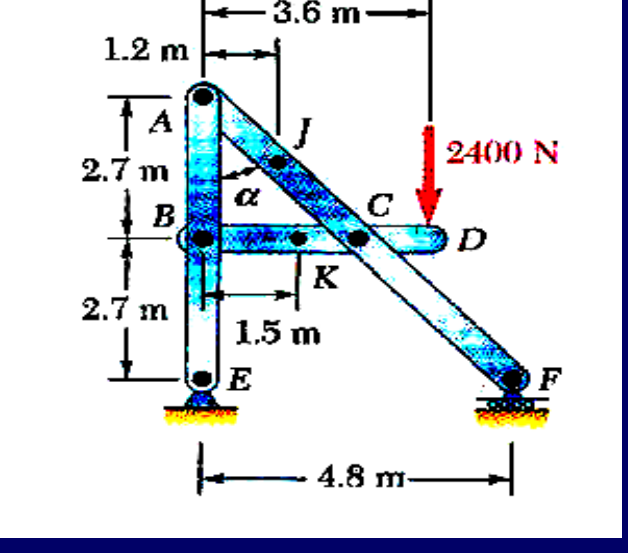

**วิธีทำ**

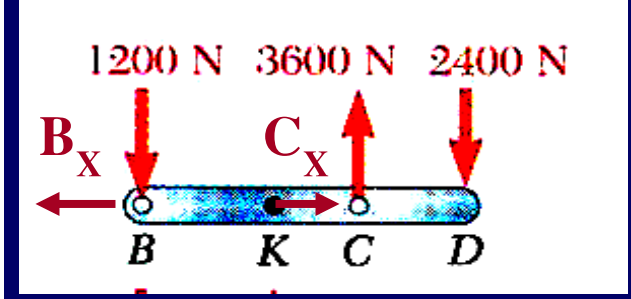
**เขียน FBD ทั้งโครง**

**หาแรงปฏิกิริยา**

**ได้ $R_E$ = 600 N $R_F$ = 1800 N**

**และมุม $\alpha$ = 41.7ฐ**



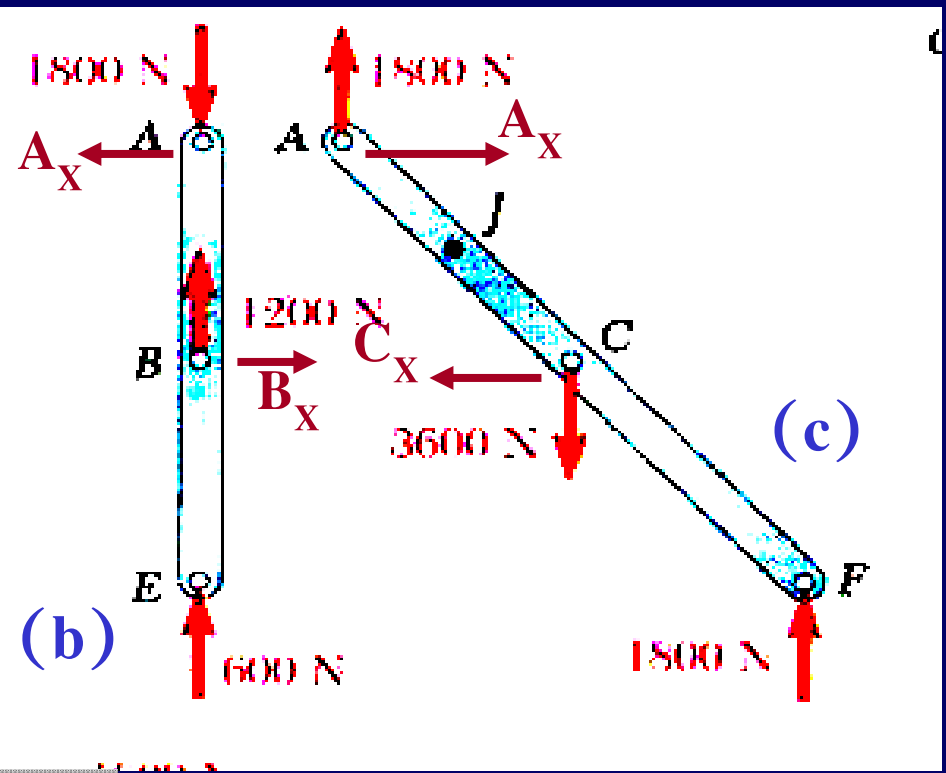

# เขียน FBD แยกชิ้นส่วน หาแรงกระทำที่จุดต่อ

จากรูป (a)

(a)

$\sum M_C = 0 \quad B_Y = 1200\ N \downarrow$

$\sum F_X = 0 \quad B_X = C_X$




จากรูป (b)

$\sum F_Y = 0 \quad A_Y = 1800\ N \downarrow$

$\sum F_X = 0 \quad B_X = A_X$

$\sum M_A = 0 \quad B_X\,(2.7) = 0 \quad B_X = 0$

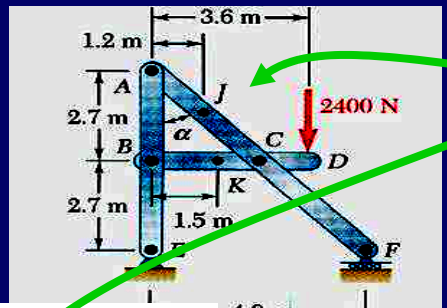
จากรูป (c)

$\sum F_Y = 0 \quad C_Y = 3600\ N \downarrow$

$\sum F_X = 0 \quad A_X = C_X$

$A_X = C_X = B_X = 0$

ตัวอย่าง 6.1

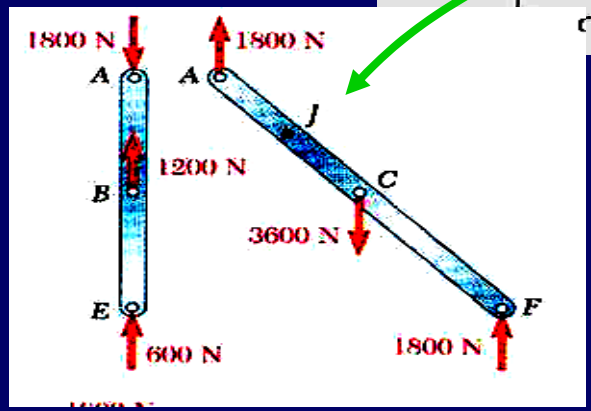



หาแรงที่รอยตัด J ในชิ้นส่วน ACF

เขียน FBD ชิ้นส่วน AJ กับ JCF

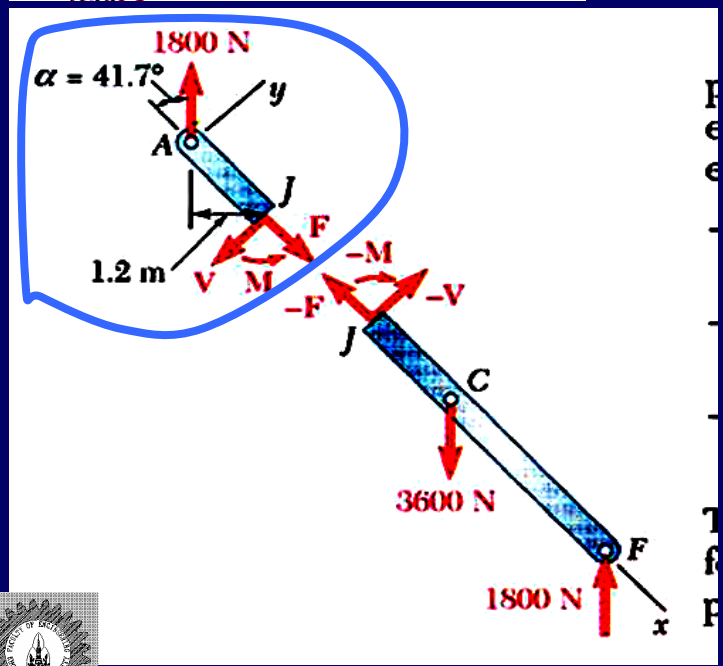
เลือกพิจารณา FBD ของชิ้นส่วน AJ

ตั้งแกน X-Y ; แกน X อยู่ในแกน AJ




$\Sigma M_J = 0$ $\quad -(1800x1.2)+M_J = 0$

$M_J = 2160$ Nฐ m




$\Sigma F_X = 0$ $\quad F_J - (180\cos 41.7$ฐ$) = 0$

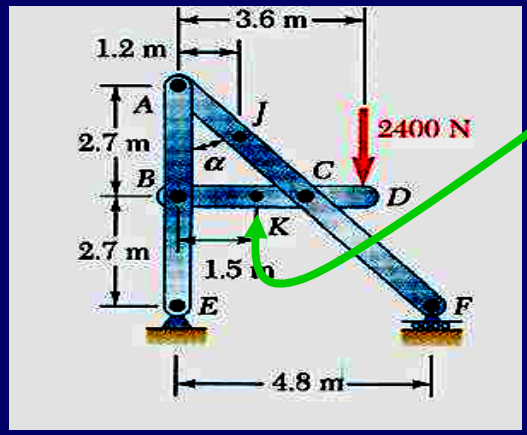
$F_J = 1344$ N

$\Sigma F_Y = 0$

$-V_J + (1800\sin 41.7$ ฐ$) = 0$

$V_J = 1197$ N

ตัวอย่าง 6.1

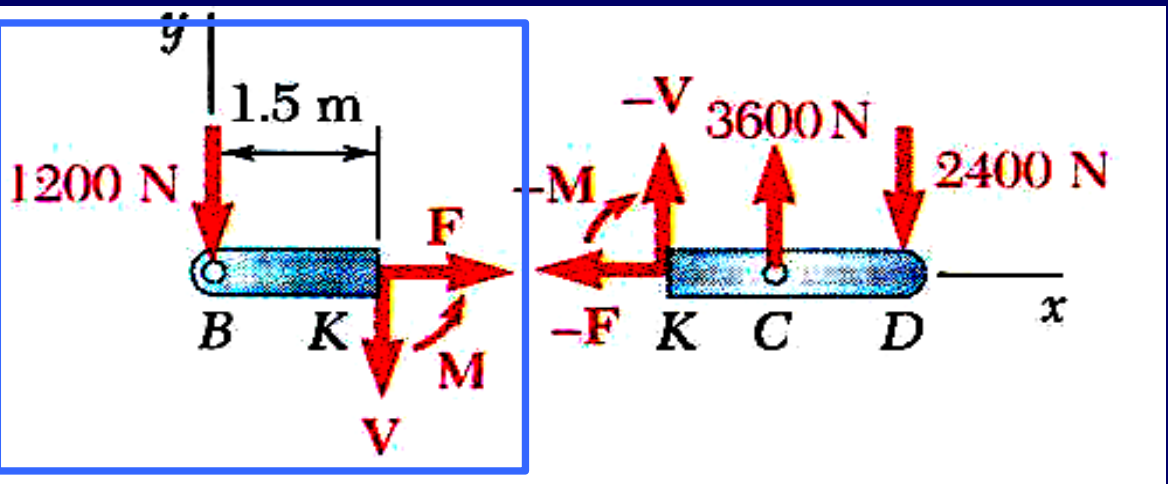



หาแรงที่รอยตัด K ในชิ้นส่วน BCD

เขียน FBD แยกชิ้นส่วน BK กับ KCD

เลือกพิจารณา FBD ของชิ้นส่วน BK

ตั้งแกน X–Y ; แกน X อยู่ในแกน BK




$\sum M_K = 0$

$(1200 \times 1.5) + M_K = 0$

$M_K = 1800$ N⋅m

$\sum F_X = 0$

$F_X = 0$

$\sum F_Y = 0$

$-V_K - 1200 = 0$

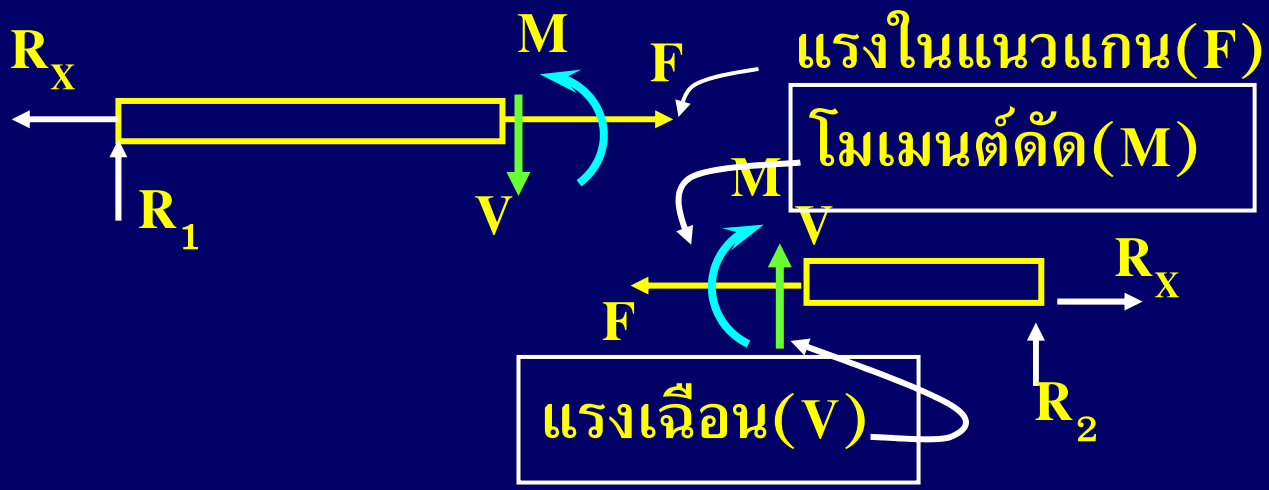
$V_K = -1200$ N

$V_K = 1200$ N ↑

# โครงสร้างลักษณะคาน

## 6.2 ชนิดของน้ำหนักบรรทุก และจุดรองรับ

เมื่อมีแรงกระทำต่อโครงสร้างคาน จะเกิดแรงภายใน คือ

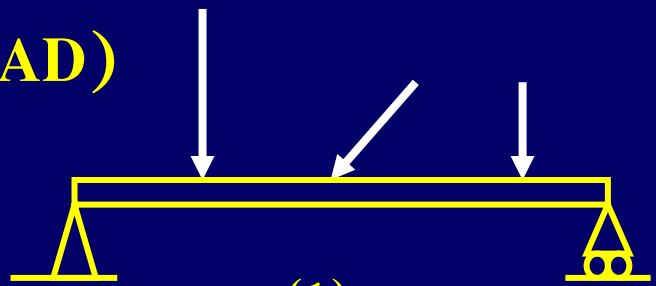



แรงที่นำไปคำนวณออกแบบคานจะใช้ แรงเฉือน(V)และโมเมนต์ดัด(M)

แรงที่ทำให้เกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดภายในคาน
จะเป็นแรงตั้งฉากกับคาน

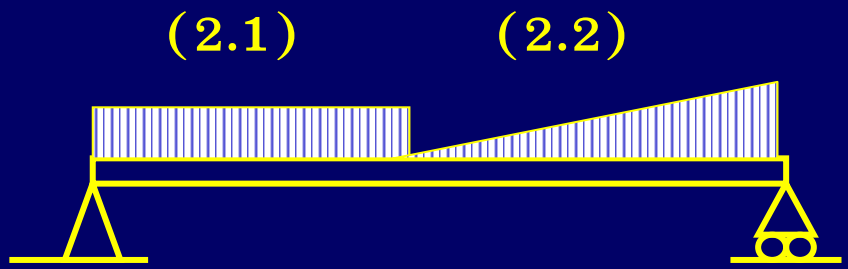
# ลักษณะแรงกระทำบนคานมี 2 ลักษณะ คือ

(1) แรงเป็นจุด (POINT LOAD)



(1)

(2) แรงแผ่กระจาย (DISTRIBUTE LOAD)

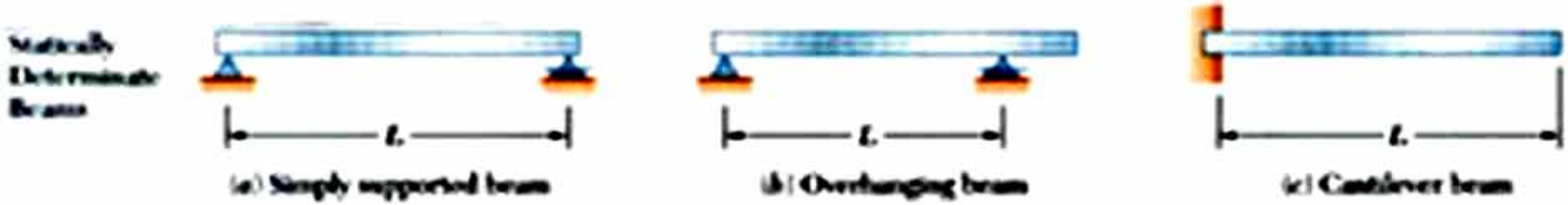



(2)

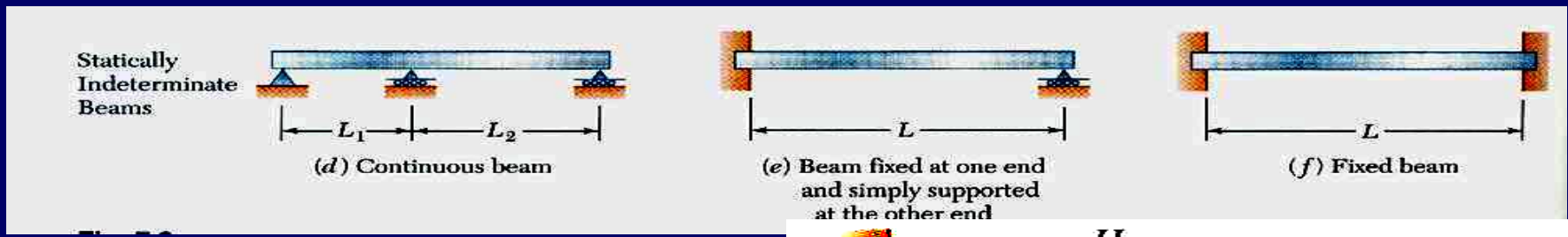
(2.1) แรงแผ่กระจายสม่ำเสมอ

(2.2) แรงแผ่กระจายไม่สม่ำเสมอ

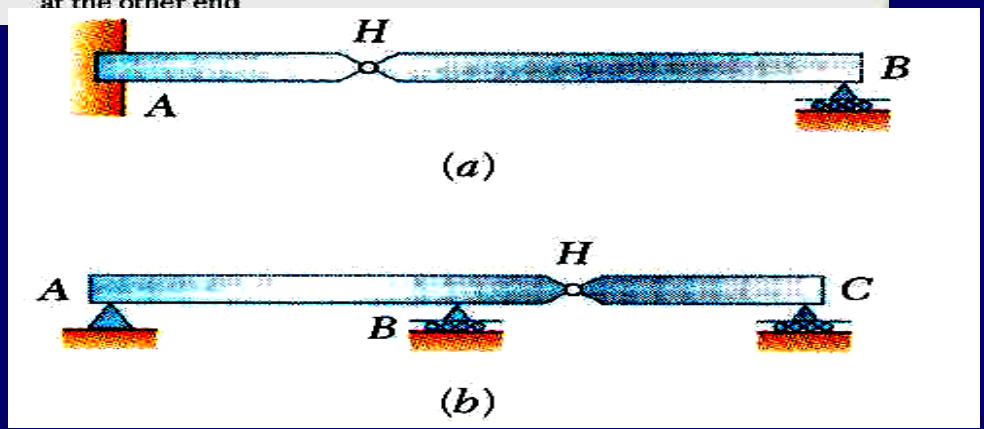
# ประเภทคาน ตามลักษณะจุดรองรับและการต่อเชื่อม




## คานอย่างง่ายที่คำนวณได้ ด้วยสถิตยศาสตร์

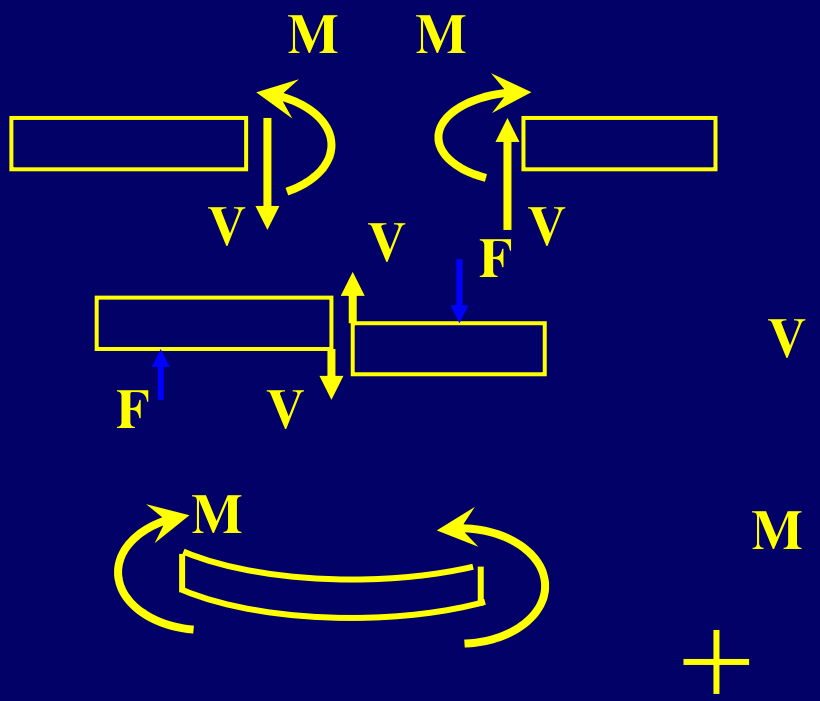



**คานที่ไม่สามารถคำนวณได้**
**ด้วยสถิตยศาสตร์**
**เนื่องจากเกิด Unknown มาก**

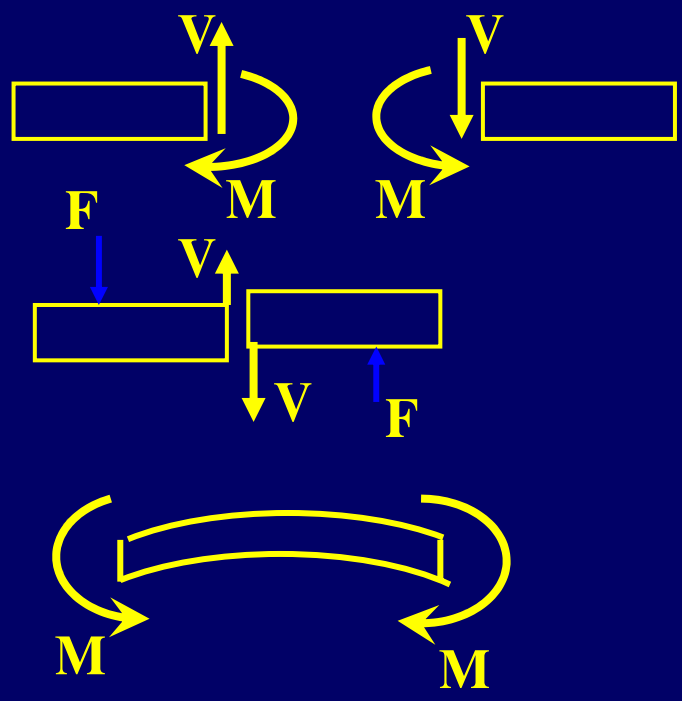


# 6.3 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน

**การเกิดแรงเฉือน, โมเมนต์ดัดภายในคาน และการกำหนดเครื่องหมาย**



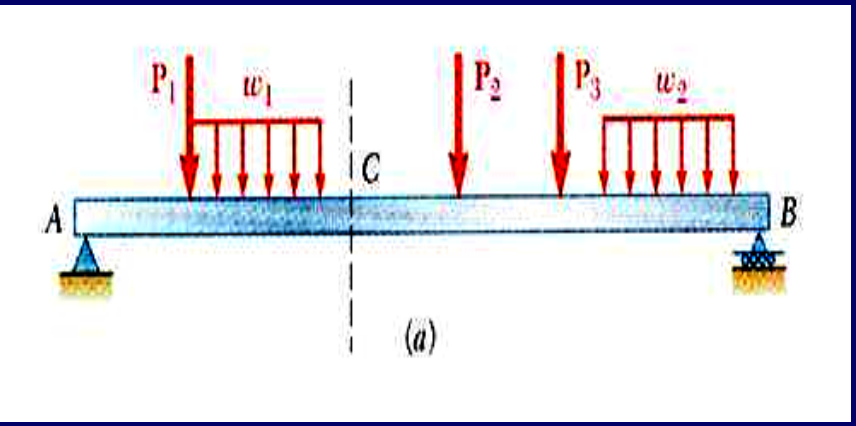

**ลักษณะการเกิด ที่กำหนดเครื่องหมายเป็น + (บวก)**




**ลักษณะการเกิด ที่กำหนดเครื่องหมายเป็น - (ลบ)**

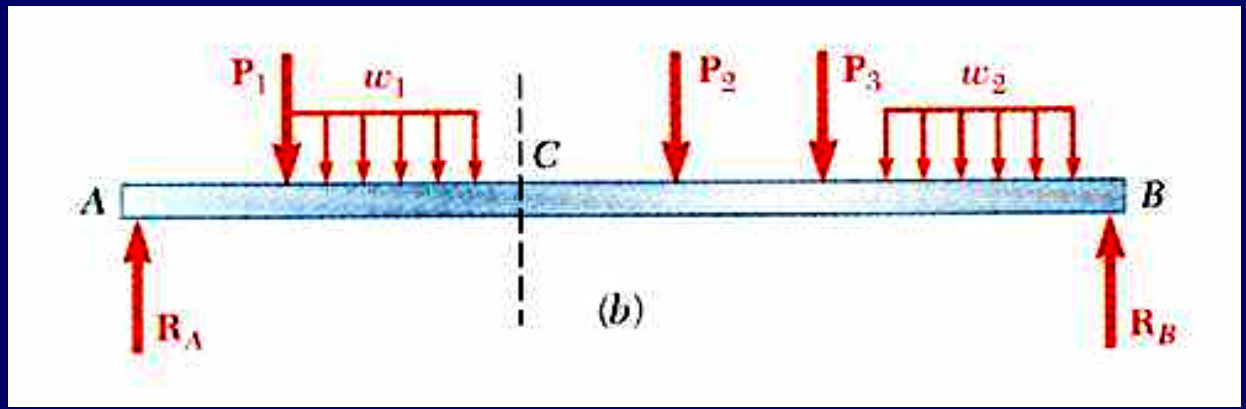
# แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

**เป็นพฤติกรรมของแรงต้านทานภายในที่เกิดจากผลของแรงกระทำภายนอก**

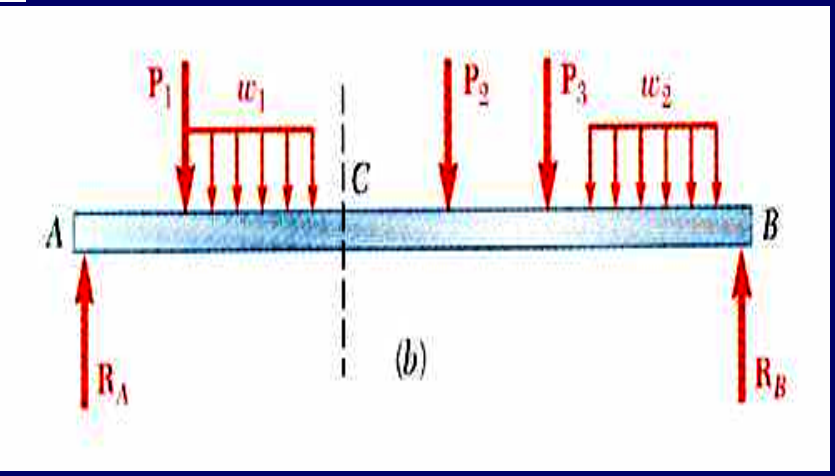



**คาน AB บรรทุกน้ำหนักดังรูป**
**พิจารณา แรงเฉือนและ**
**โมเมนต์ดัดที่ C**

**1**

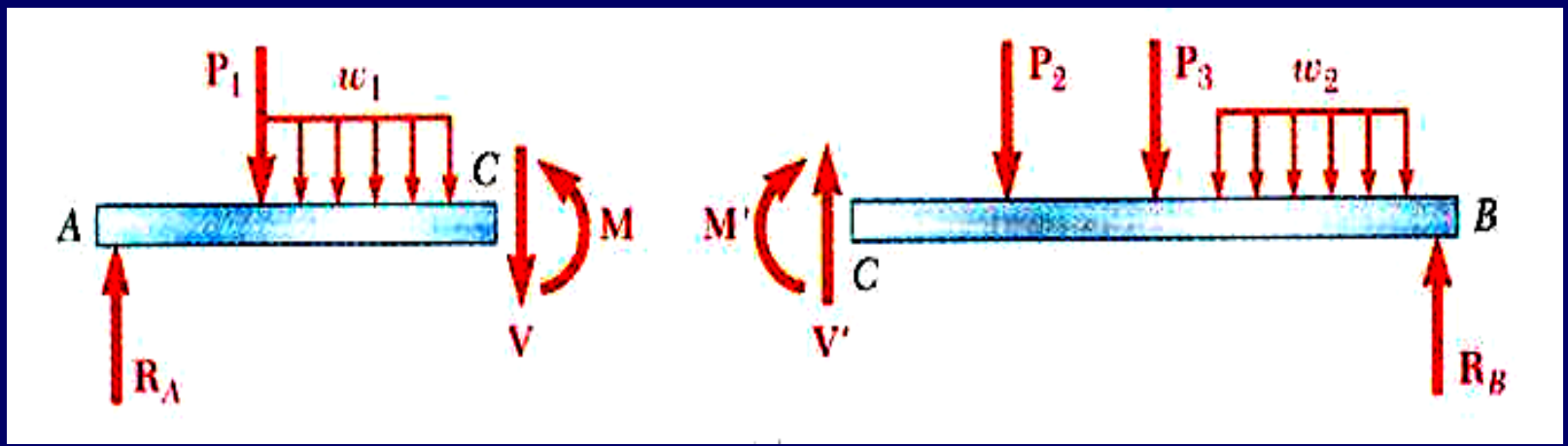



**เขียน FBD ทั้งโครง**
**เพื่อหาแรงปฏิกิริยา**
**ที่จุดรองรับ $R_A$, $R_B$**

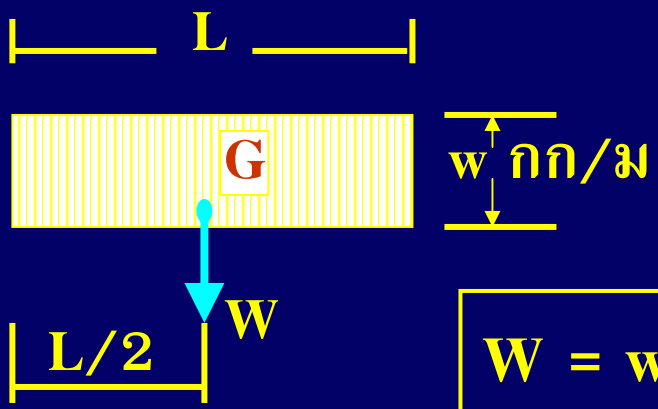



2

**ตัด Section จุดที่ต้องการหา V&M เลือกส่วนที่น่าจะคำนวณได้ง่ายกว่ามาพิจารณา โดยสมการสมดุล**

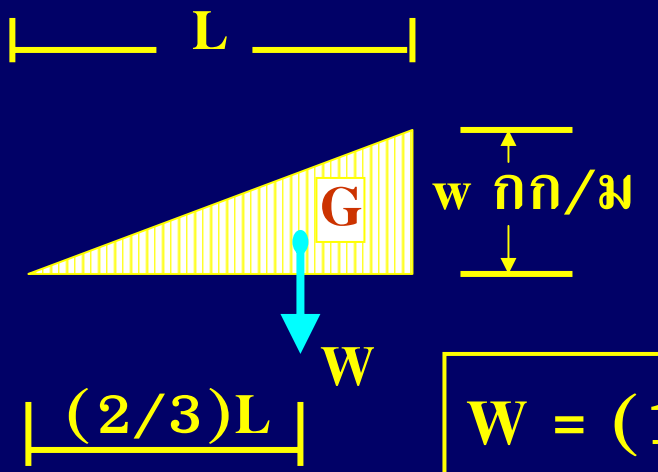


# การหาน้ำหนักรวม W ของน้ำหนักแผ่กระจาย




## กรณีแผ่กระจายแบบสม่ำเสมอ

**W = wL กก ตำแหน่งลงที่จุดศูนย์ถ่วง G**

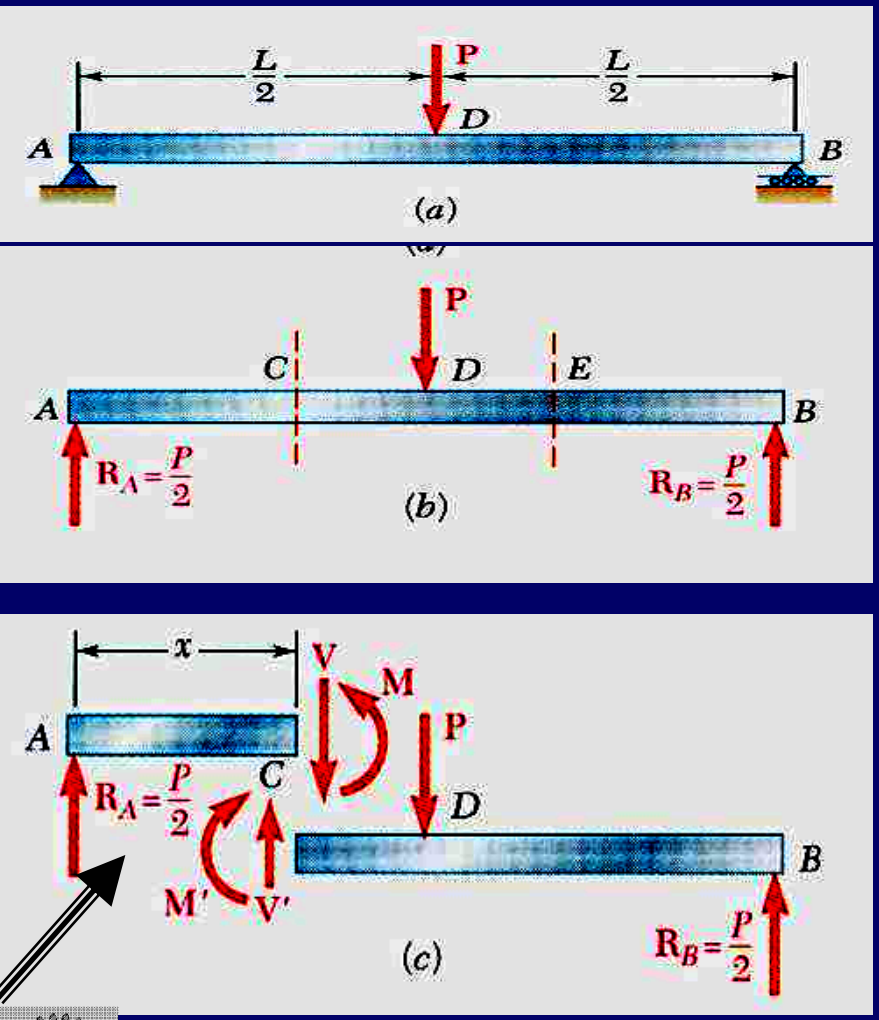



## กรณีแผ่กระจายแบบไม่สม่ำเสมอ

**W = (1/2)wL กก ตำแหน่งลงจุดศูนย์ถ่วง G**

# 6.4 แผนภาพแสดงค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

## Shear Force and Bending Moment Diagram




จาก FBD ทั้งโครง หาค่าแรงปฏิกิริยา

$R_A = P/2$ $R_B = P/2$

แยกส่วนที่ C หา V & M

เลือกชิ้นส่วน AC

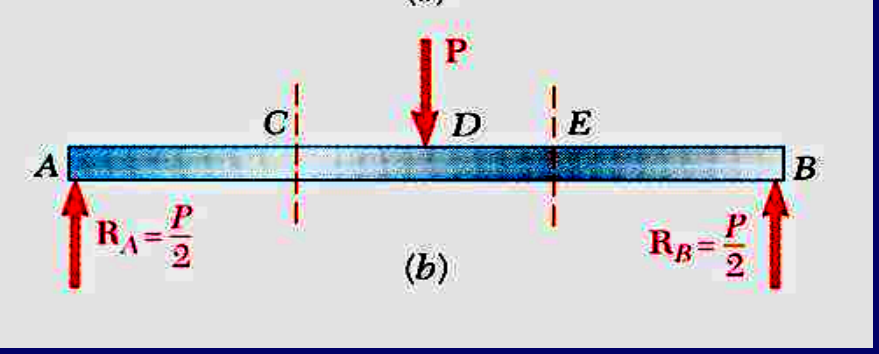
$\sum F_Y = 0$ $V_C = P/2$

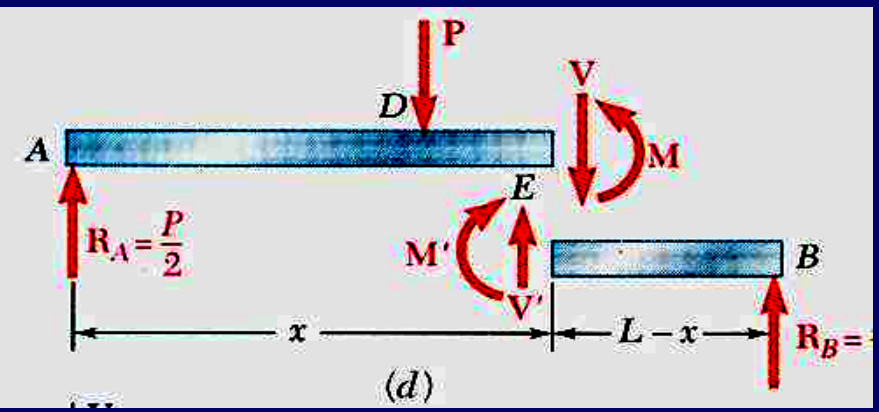
$\sum M_C = 0$

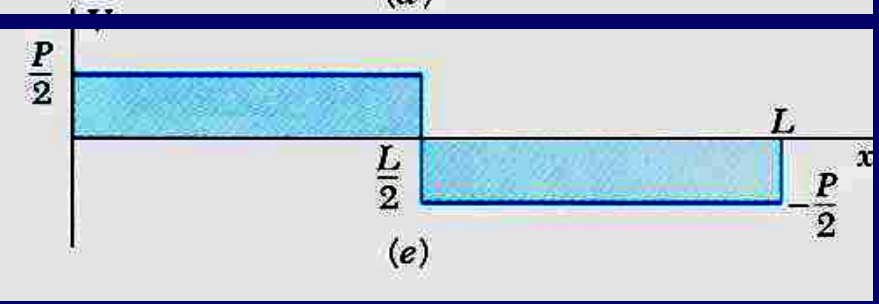
$M_C - RA(X) = 0$ ; $M_C = (P/2)X$

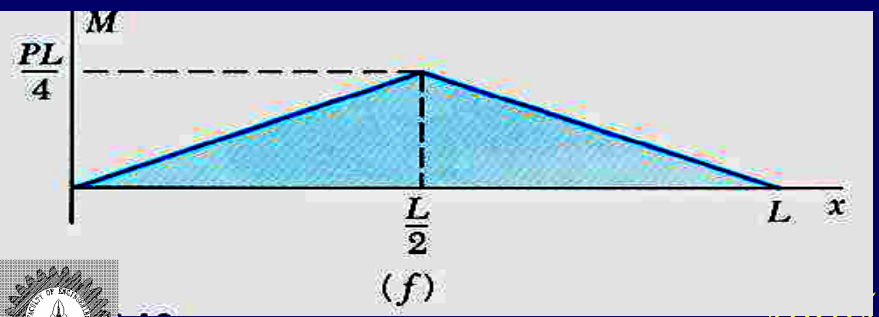
* $V_C$ จะคงที่ $M_C$ จะแปรตาม X *

$M_C$ จะเป็นจริงในช่วง A – D เท่านั้น




**แยกส่วนที่ E หา V & M**

เลือกชิ้นส่วน AE

$\sum F_Y = 0;$

$R_A - P - V_E = 0; \qquad V_E = -P/2$

$\sum M_E = 0;$

$M_E + P[X-(L/2)] - RA(X) = 0$

$M_E = (P/2)(L-X)$

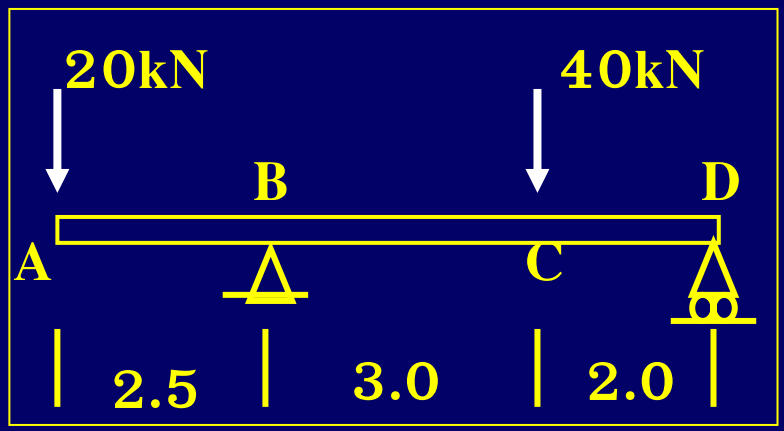
* $V_E$ จะคงที่ $M_E$ จะแปรตาม X *

$M_E$ จะเป็นจริงในช่วง D – B เท่านั้น

**นำสมการที่หาได้มาเขียนกร๊าฟ V & M**

**ที่จุด V ตัดแกน(0) M จะสูงสุด**

# ตัวอย่าง 6.2



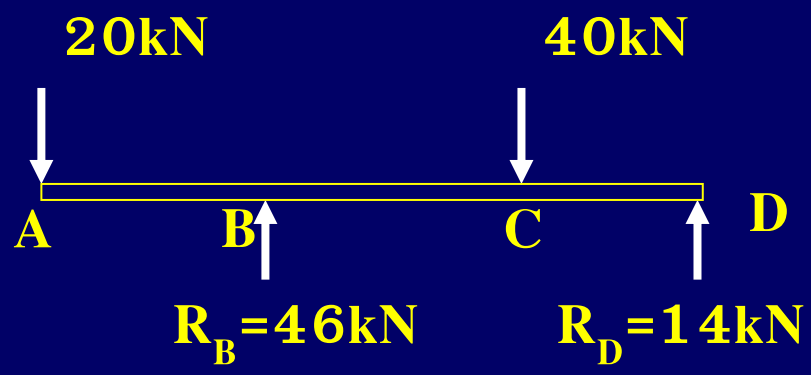

ข้อมูล

คาน AD รับน้ำหนักดังรูป

ปัญหา

ให้เขียนแผนภาพ

แรงเฉือน และโมเมนต์ดัดในคาน



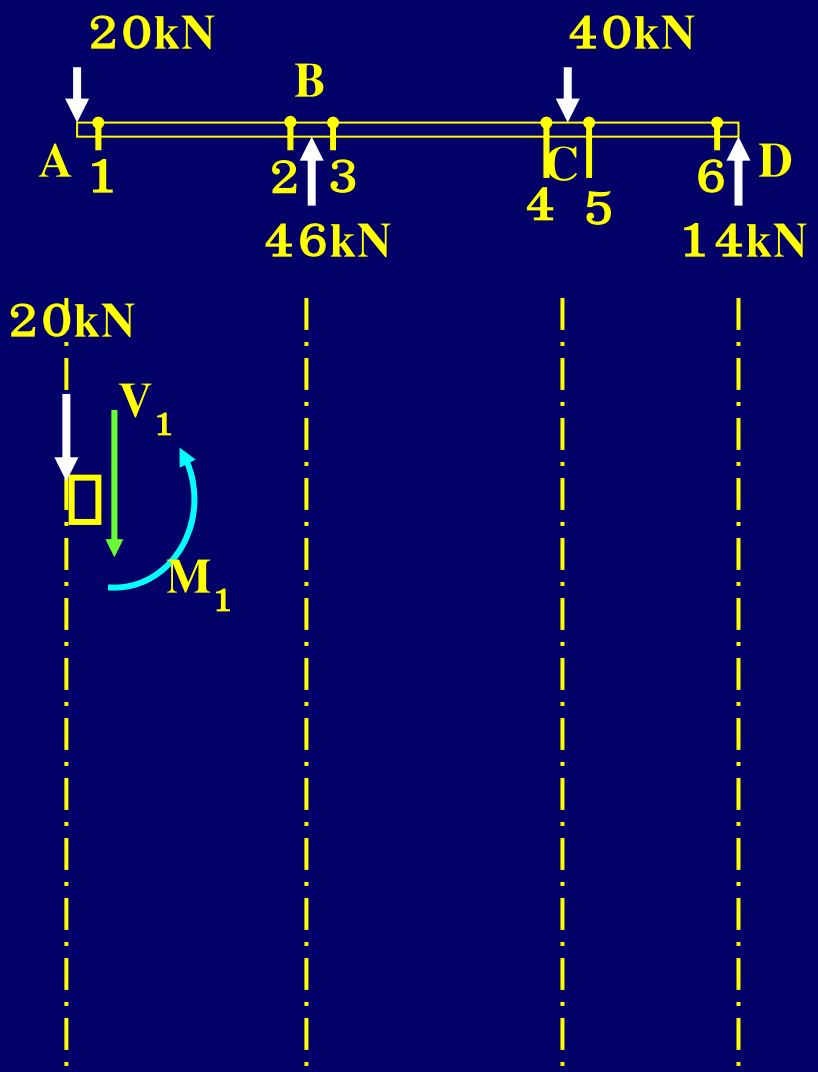

วิธีทำ

เขียน FBD ทั้งโครง

หาแรงปฏิกิริยา

$R_A$ = 46 kN  $R_D$ = 14 kN

ตัวอย่าง 6.2




พิจารณาจุด 1

ห่างจุด A น้อยมาก --> A

$$\sum F_Y = 0$$

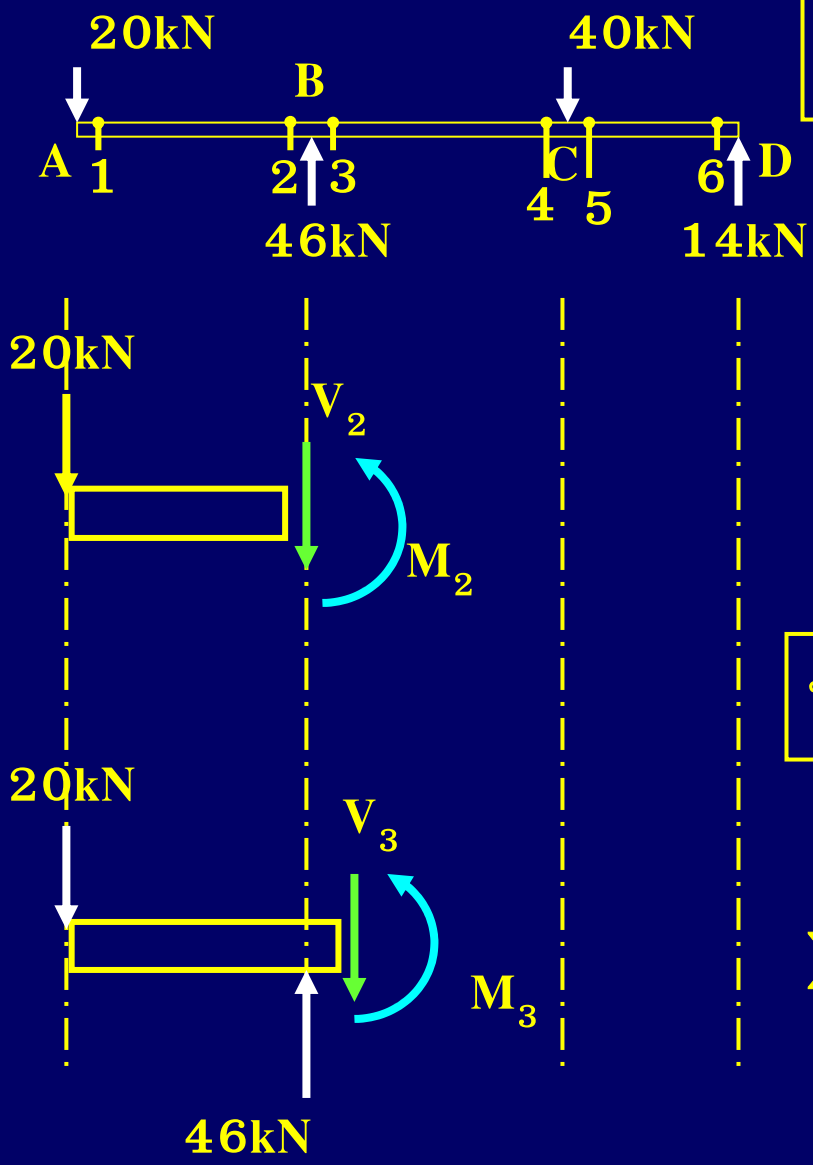
$$-20 - V_1 = 0$$

$$V_1 = -20 \text{ kN}$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$(20)(0) + M_1 = 0$$

$$M_1 = 0$$




พิจารณาจุด 2 ห่างจุด B น้อยมาก --> B

$\sum F_Y = 0$

$-20 - V_2 = 0; \quad V_2 = -20 \text{ kN}$

$\sum M_2 = 0$

$(20)(2.5) + M_2 = 0$

$M_2 = -50 \text{ kN ฐ m}$

พิจารณาจุด 3 เลยจุด B น้อยมาก --> B

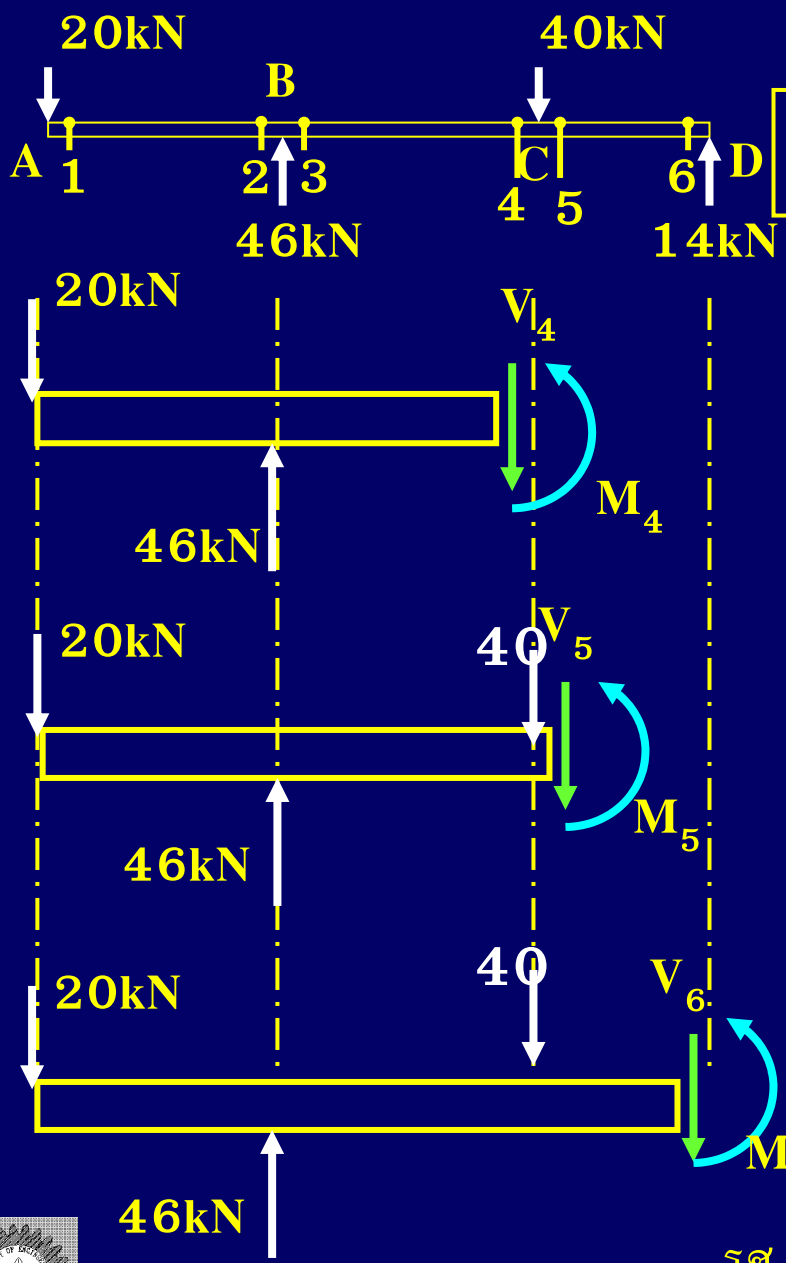
$\sum F_Y = 0$

$-20 + 46 - V_3 = 0; \quad V_3 = 26 \text{ kN}$

$\sum M_3 = 0$

$(20)(2.5)-(46)(0)+M_3 = 0$

$M_3 = -50 \text{ kN ฐ m}$




## ในลักษณะเดียวกัน จุด 4,5 ,6 จะได้

พิจารณาจุด 4 ห่างจุด C น้อยมาก --> C

$\sum F_Y = 0; \quad V_4 = 26 \text{ kN}$

$\sum M_4 = 0; \quad M_4 = 28 \text{ kN ฐ m}$

พิจารณาจุด 5 ห่างจุด C น้อยมาก --> C

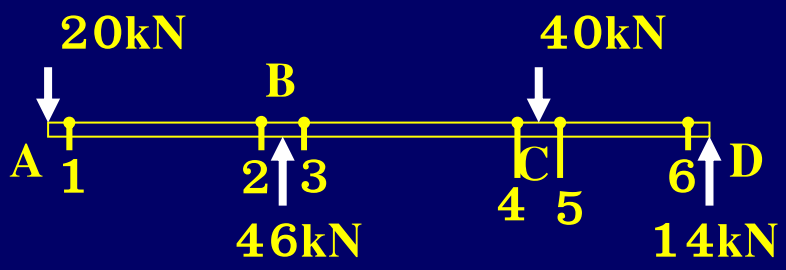
$\sum F_Y = 0; \quad V_5 = -14 \text{ kN}$

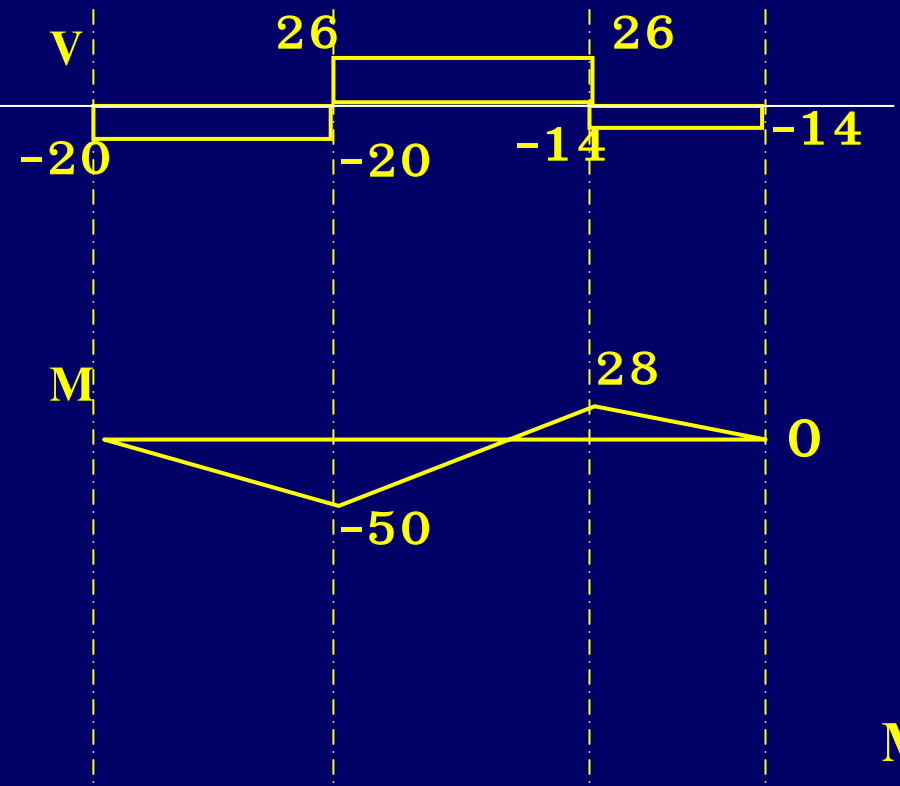
$\sum M_5 = 0; \quad M_5 = 28 \text{ kN ฐ m}$

พิจารณาจุด 6 ห่างจุด D น้อยมาก --> D

$\sum F_Y = 0; \quad V_6 = -14 \text{ kN}$

$\sum M_6 = 0; \quad M_6 = 0 \text{ kN ฐ m}$




นำค่าที่ได้ไปเขียนแผนภาพ V & M

$V_1 = -20$ kN

$V_3 = 26$ kN

$V_5 = -14$ kN

$V_6 = -14$ kN

$M_1 = 0$

$M_3 = -50$ kN ฐ m

$M_5 = 28$ kN ฐ m

$M_6 = 0$ kN ฐ m

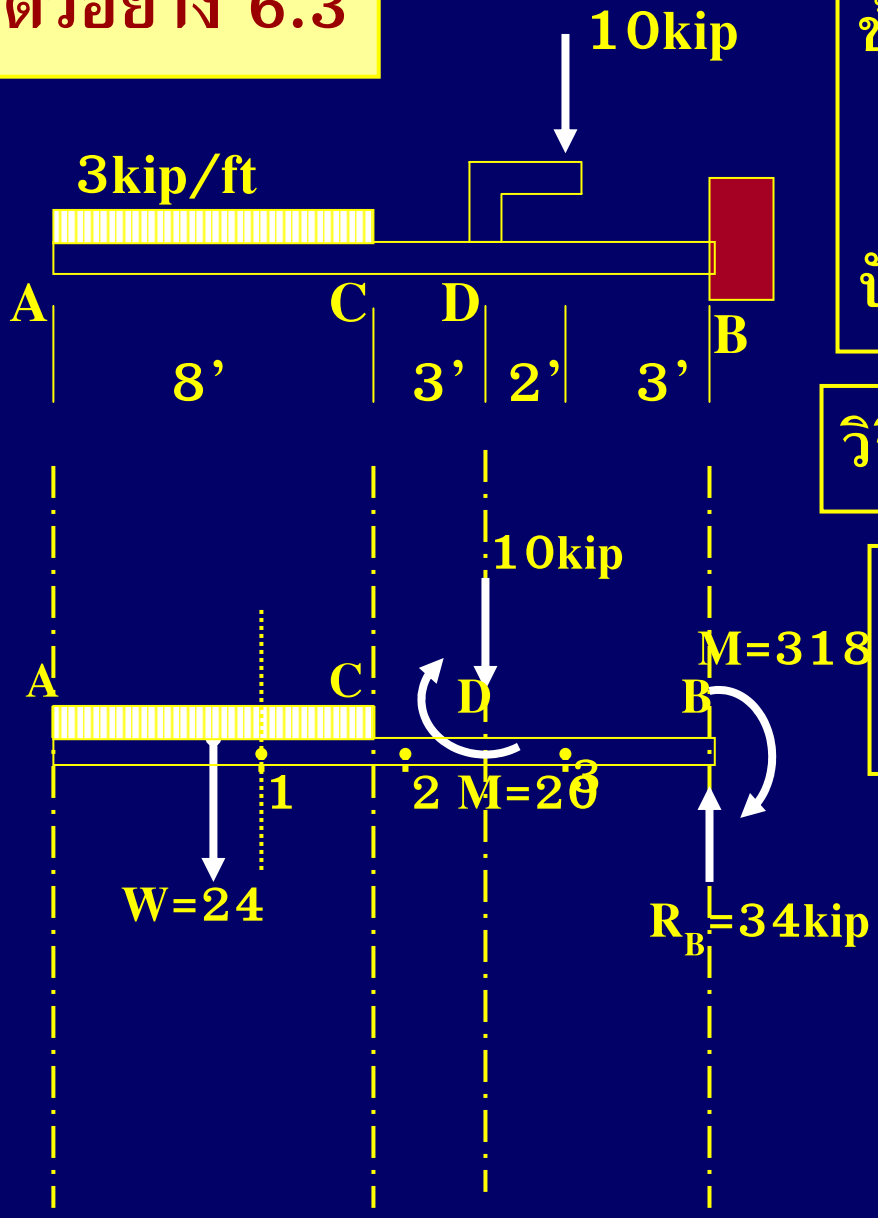
จะเห็นว่า

ที่จุด V ตัดแกน M จะเป็นยอดแหลม

M เป็นเส้นตรงเฉียง

เพราะ M แปรตามระยะ (X กำลัง 1)

# ตัวอย่าง 6.3




**ข้อมูล** คานยื่น AB บรรทุกน้ำหนักดังรูป

**ปัญหา** เขียนแผนภาพ V & M

**วิธีทำ** เขียน FBD ทั้งโครง

ย้ายแรง 10 kip ลงมาไว้ที่ D ได้

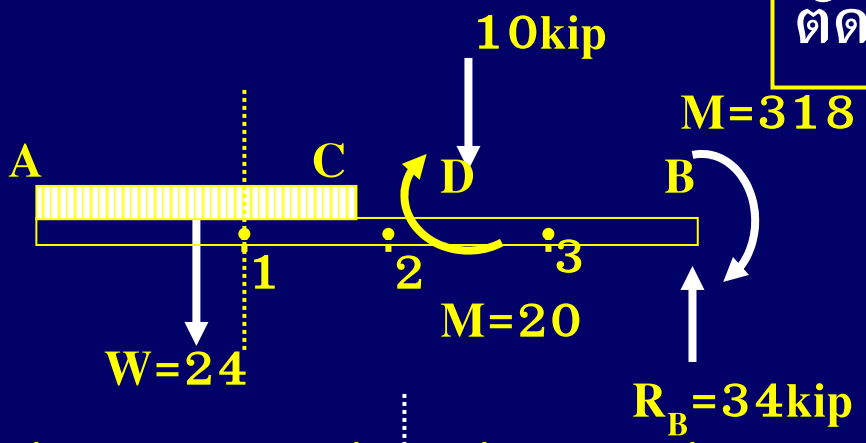
แรง 10 kip และ โมเมนต์ 20 kipฐft

หาแรงปฏิกิริยาที่ B ได้

$R_B = 34$ ; $M = 318$

โมเมนต์ที่ B และ D เกิดขึ้นแล้ว เป็นโมเมนต์กระทำจากภายนอก

ตัดส่วนมาพิจารณาเป็นช่วง ๆ AC,CD,DB



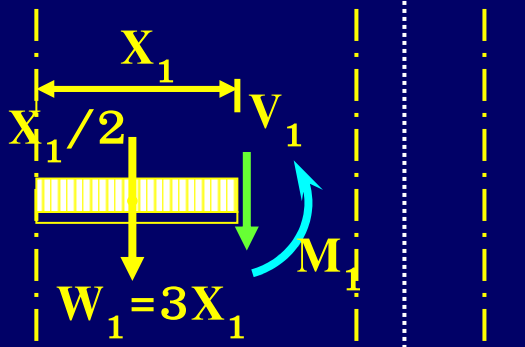

รอยตัดที่ 1 ในช่วง AC

$\sum F_Y=0;\ -3X_1-V_1=0;\quad V_1=-3X_1$

$\sum M_1=0;\ 3X(X_1/2)+M_1=0;$

$M_1=-1.5X_1^2$

X เป็นจริงในช่วง A --> C เท่านั้น



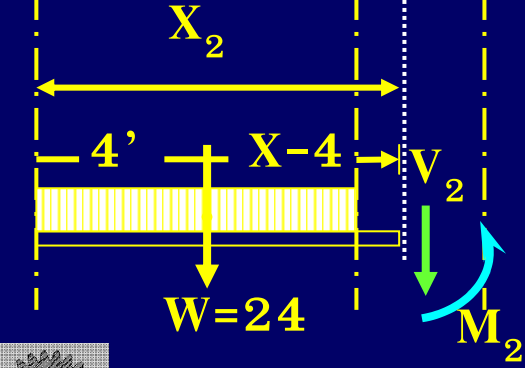

รอยตัดที่ 2 ในช่วง CD

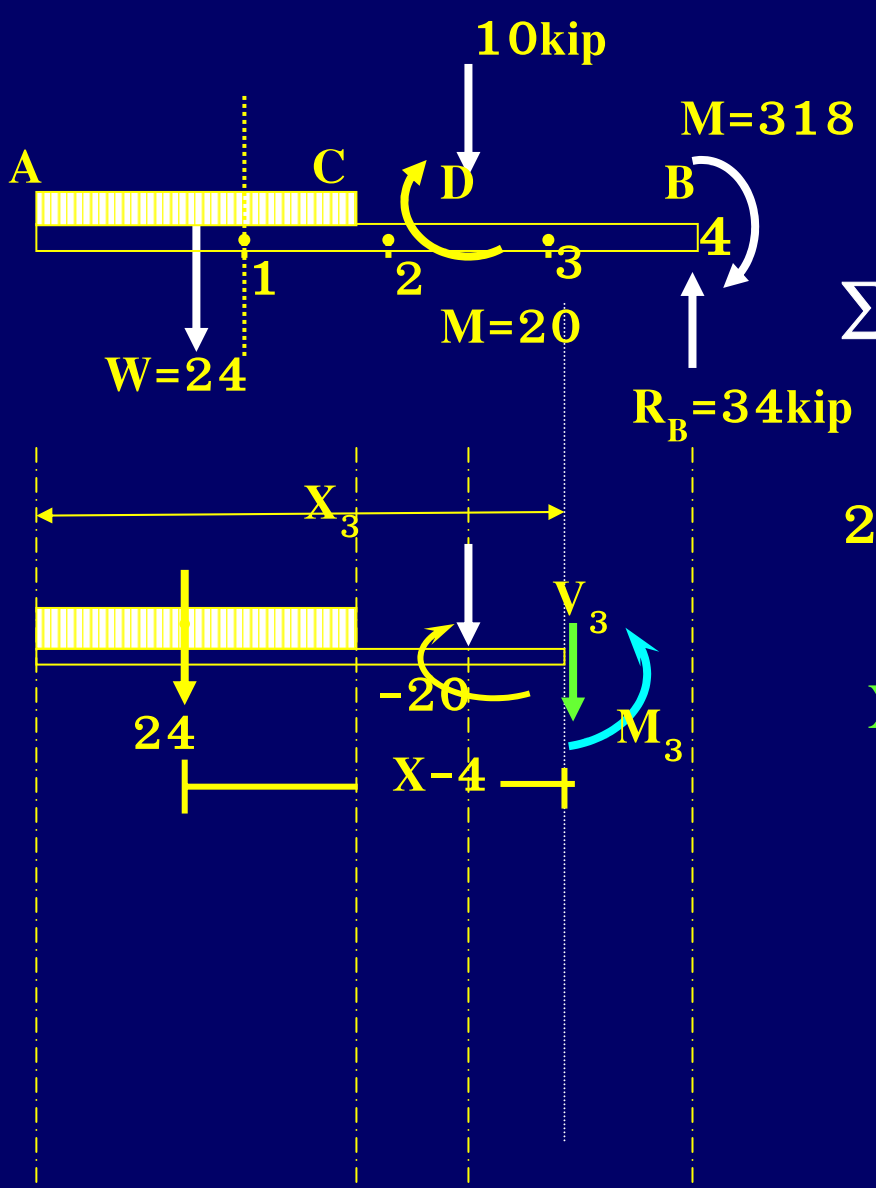
$\sum F_Y=0;\ -24-V_2=0;\quad V_2=-24$

$\sum M_2=0;\ 24(X-4)+M_2=0;$

$M_2=96-24X_2$

X เป็นจริงในช่วง C --> D เท่านั้น






**รอยตัดที่ 3 ในช่วง DB**

**โมเมนต์ที่ D ปรากฏแล้ว**

$\sum F_Y=0$ $\quad -24-10-V_3=0;$ $\qquad V_3 = -34$

$\sum M_3=0;$ $\qquad$ MD

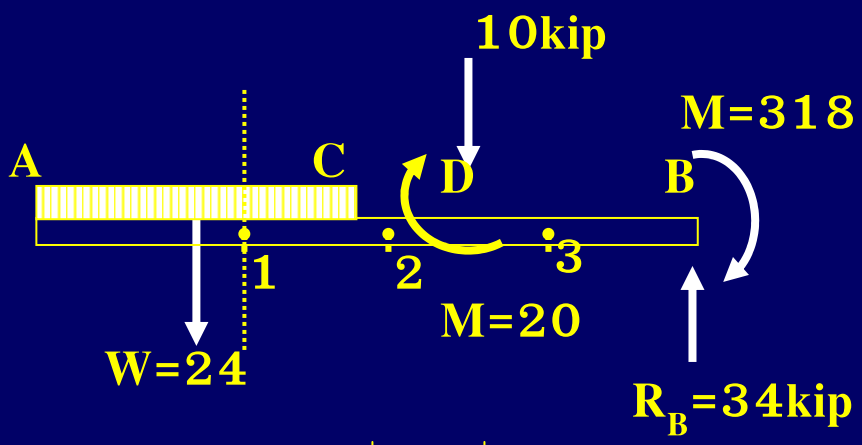
$$24(X-4)+10(X-11)-20+ M_3 = 0$$

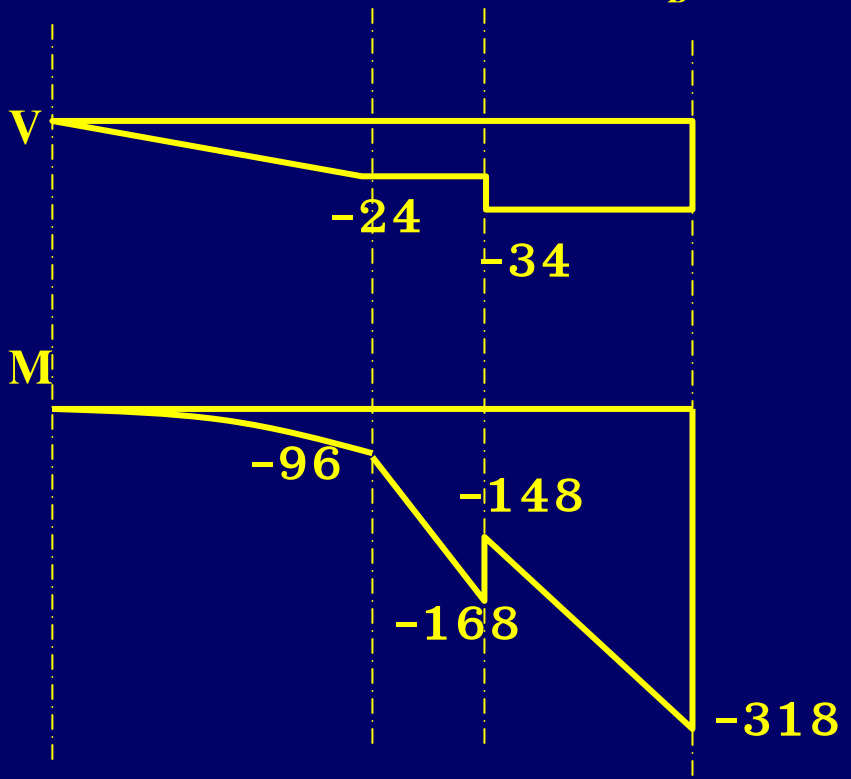
$$M_3 = 226-34X_3$$

**X เป็นจริงในช่วง D --> B เท่านั้น**

**เมื่อเข้าใกล้จุด B** $\qquad V = -34$

$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad M = -318$




## สรุป

ช่วง AC ;

$V_1 = -3X_1$ $M_1 = -1.5X_1^2$

X เป็นจริงสำหรับค่า $0<X<8$

ช่วง CD ;

$V_2 = -24$ $M_2 = 96-24X_2$

X เป็นจริงสำหรับค่า $8<X<11$

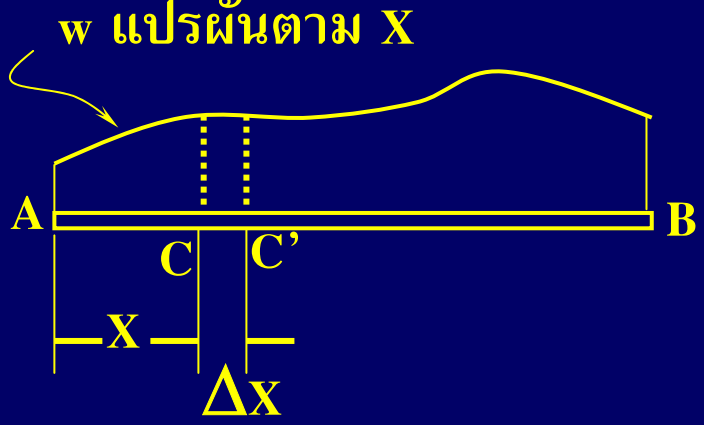
ช่วง DB ;

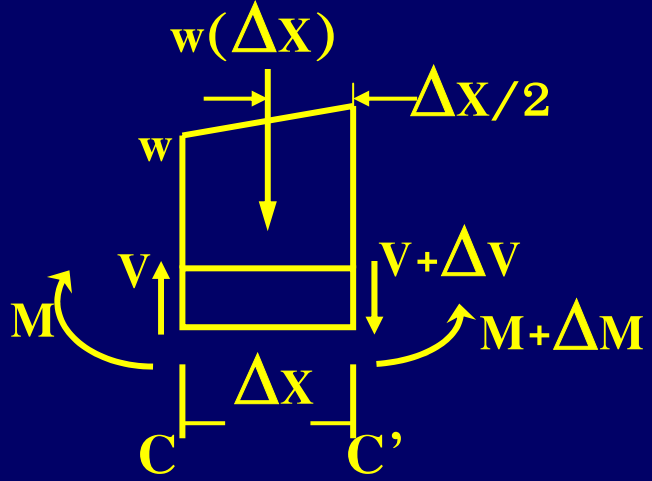
$V_3 = -34$ $M_3 = 226-34X_3$

X เป็นจริงสำหรับค่า $11<X<16$

# 6.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนัก w แรงเฉือนV และโมเมนต์ดัด M

## ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก w กับแรงเฉือน V




พิจารณา ตัดชิ้นส่วนเล็ก C–C'

นำมาเขียน FBD ใช้สมการสมดุล

$$\sum F_Y = 0$$

$$V - (V + \Delta V) - w(\Delta X) = 0$$

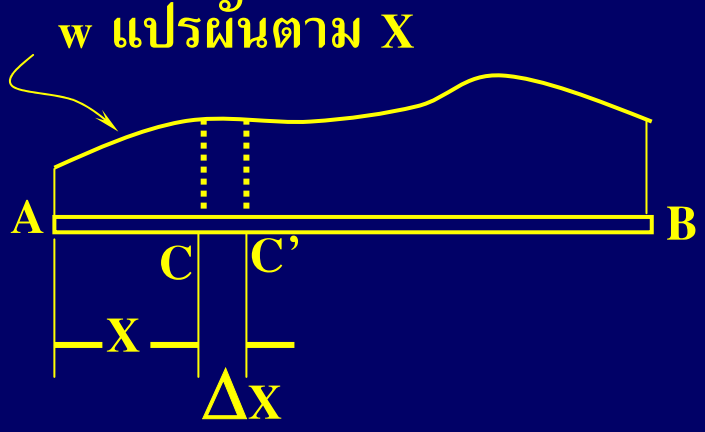
$$\Delta V = -w(\Delta X)$$

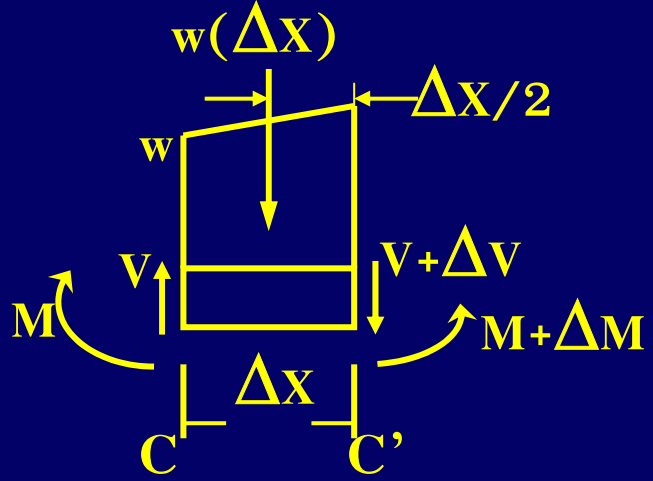
$$\Delta V / \Delta X = -w$$

เมื่อ $\Delta X \rightarrow 0$ ได้

$$dV/dX = -w \quad \text{-------} \quad (6.1)$$

## ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุก w กับแรงเฉือน V




$$dV/dX = -w \quad \text{-------} \quad (6.1)$$

อินทีเกรดสมการ 6.1 จาก C --> B

$$V_B - V_C = -\int_{X_C}^{X_B} w\,dX = [\,wX\,]_C^B \quad \text{--- 6.2}$$

$V_B - V_C$ ก็คือ พื้นที่ใต้ Curve นั่นเอง

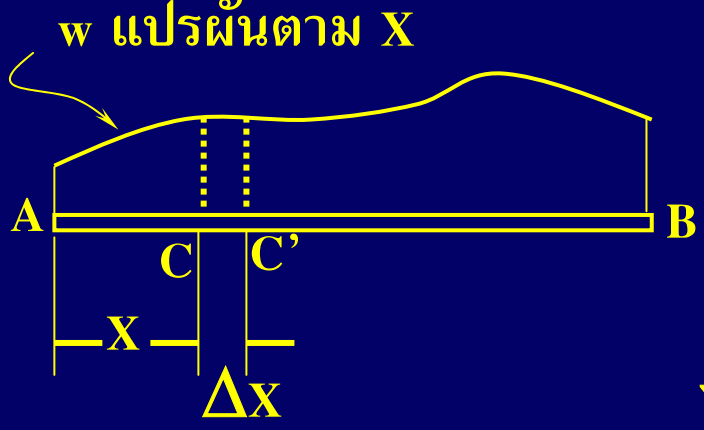
w = 0 V จะเป็นค่าคงที่ (เส้นราบ)

w = ต หมายถึงน้ำหนักลงเป็นจุด
V จะเป็นเส้นแนวดิ่ง

w คงที่ V จะมีค่าslope เส้นตรงเฉียง

w แปรตาม X
V จะเป็นเส้นโค้งพาราโบลา

# ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน V กับโมเมนต์ดัด M

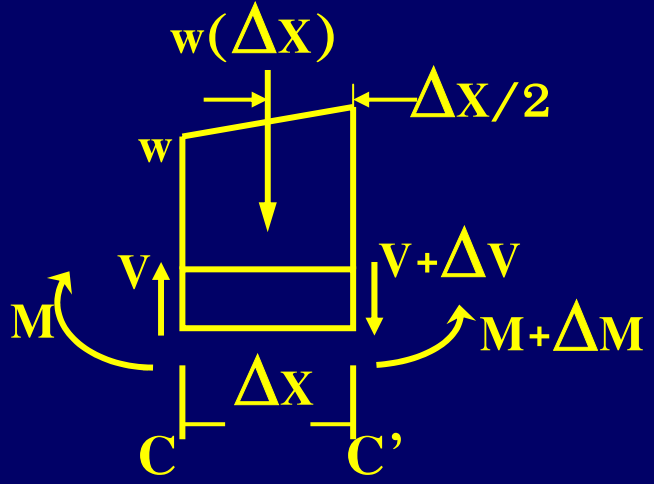



พิจารณา ตัดชิ้นส่วนเล็ก C-C'

นำมาเขียน FBD ใช้สมการสมดุล

$$\Sigma M_{C'} = 0 ;$$

$$(M+\Delta M) - M - V(\Delta X) + (w\,\Delta X)(\Delta X/2) = 0$$



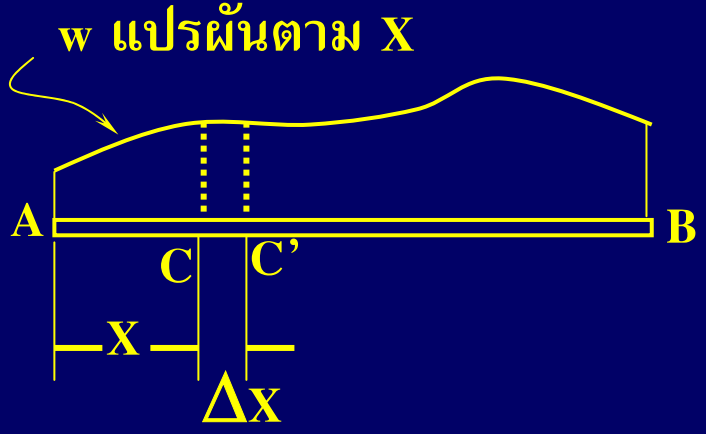

$$\Delta M = V\,\Delta X - (1/2)(w\,)(\Delta X)^2$$

$$\Delta M / \Delta X = V - (1/2)(w)(\Delta X)$$

เมื่อ $\Delta X \rightarrow 0$

ได้ $dM/dX = V$ ------ (6.3)

## ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน V กับโมเมนต์ดัด M




$$dM/dX = V \quad \text{------- (6.3)}$$

Integrate สมการ (6.3) ในช่วง C --> B

$$M_B - M_C = \int_{X_C}^{X_B} V\,dX = \left[ VX \right]_C^B \quad \text{--- (6.4)}$$

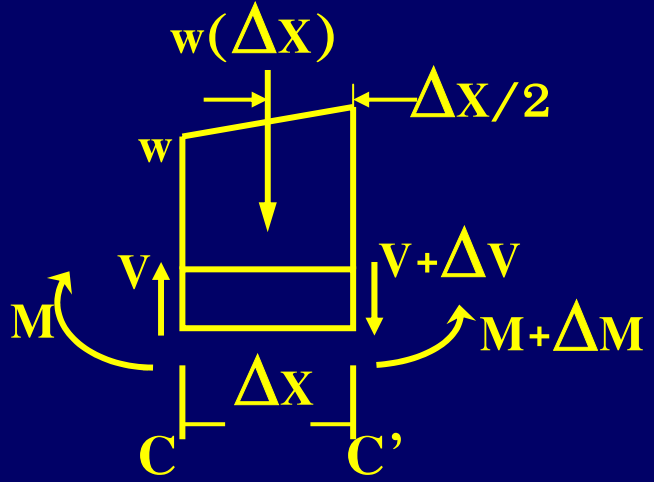
ได้ข้อเท็จจริงว่า

$M_B - M_C$ = พื้นที่ใต้ Shear Curve จาก C ถึง B

diff M จะได้ V หรือ ๒ V จะได้ M

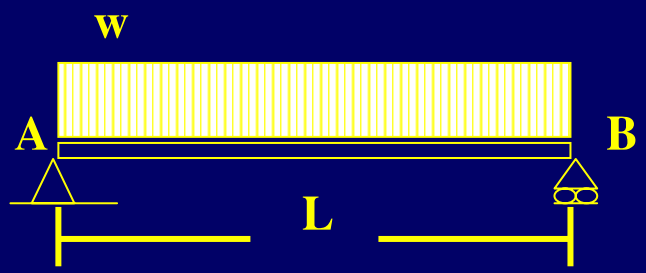
จุดที่ V = 0 จะเกิดโมเมนต์สูงสุด

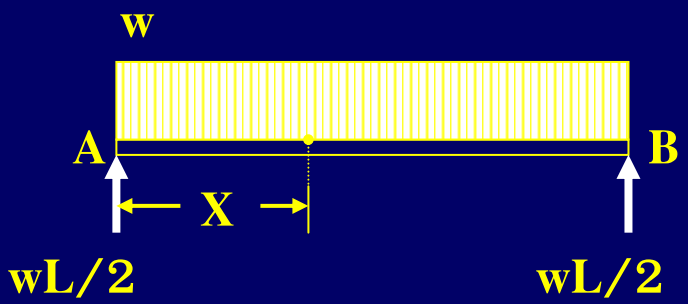
หรือ จุดที่เส้นแรงเฉือนตัดแกนสะเทิน



# กรณีคานอย่างง่าย

คาน AB ยาว L
บรรทุกน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ
มีจุดรองรับดังรูป




จาก FBD ของคาน
หาแรงปฏิกิริยา ได้

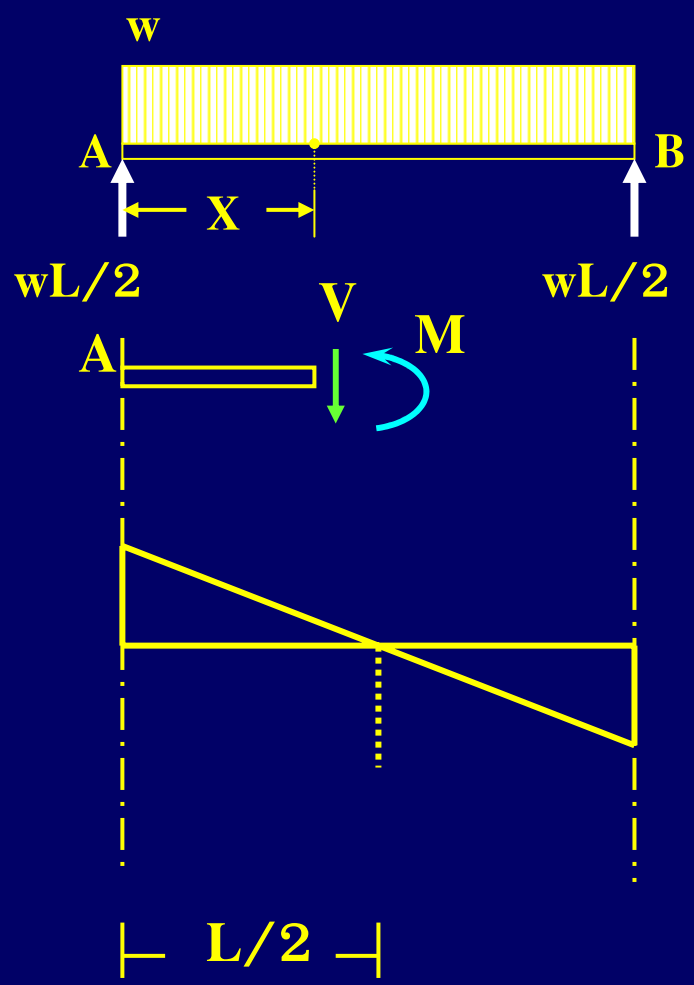
$$R_A = R_B = wL/2$$

พิจารณาจุด A

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_A = V_A = wL/2$$

และ $M_A = 0$




พิจารณาที่จุด X ใด ๆ ห่าง A ไปทาง B

**หาค่า V**

จากสมการ $V - V_A = -\int_0^X w\,dX = -wx$

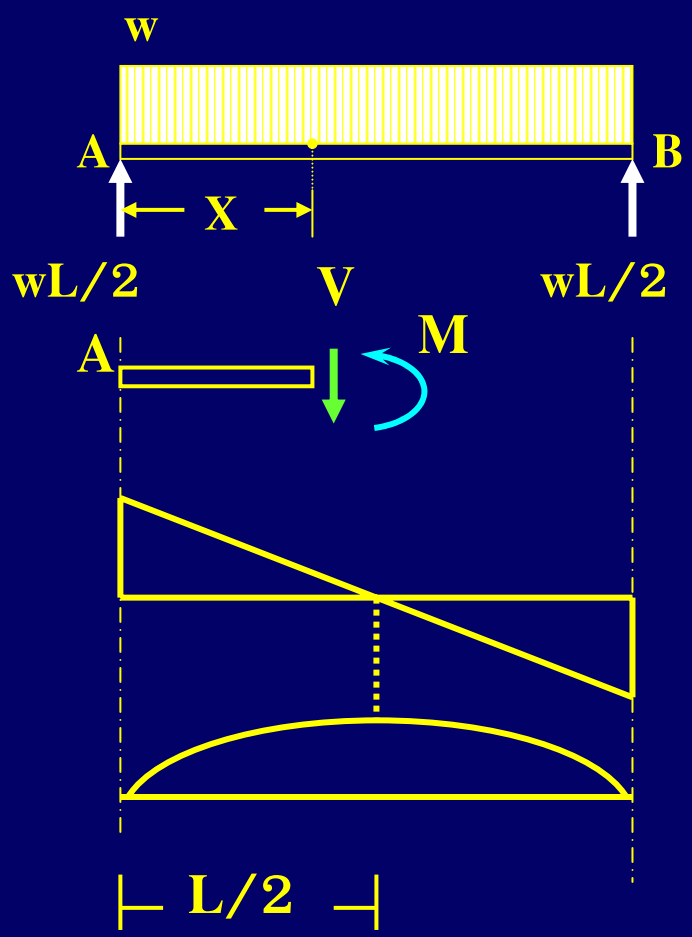
$$V = V_A - wX = wL/2 - wX = w(L/2 - X)$$

สมการนี้เป็นจริงในช่วง A ถึง B

เมื่อ X = 0 $\quad V = wL/2$

เมื่อ X = L/2 $\quad V = 0$

เมื่อ X = L $\quad V = -wL/2$




## หาค่า M

จากสมการ $M - M_A = \int_0^X V dX$

เมื่อ $V = w(L/2 - X)$

$$M - M_A = \int_0^X w(L/2 - X)dX = (w/2)(LX - X^2)$$

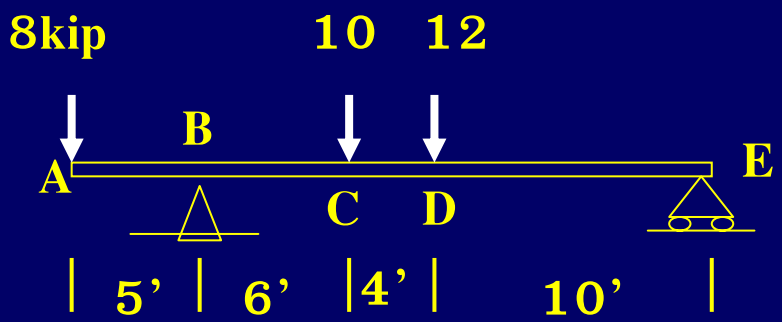
$M_A = 0$ $\quad M = (w/2)(LX - X^2)$

เมื่อ X = 0 (ที่ A) $\quad M = 0$

เมื่อ X = L/2 $\quad M = wL2/8$

เมื่อ X = L (ที่ B) $\quad M = 0$

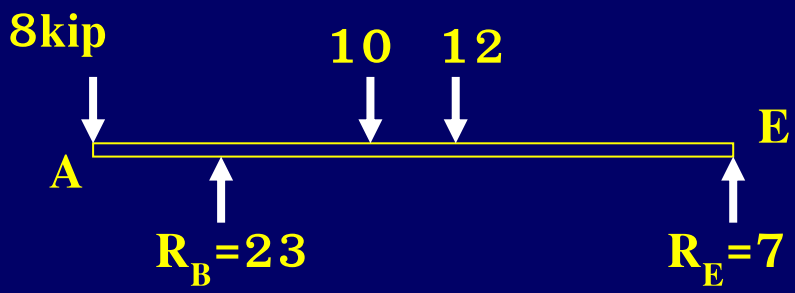
# ตัวอย่าง 6.4




ข้อมูล คาน AE มีจุดรองรับและบรรทุกน้ำหนัก ดังรูป

ปัญหา เขียน แผนภาพ V & M

## วิธีทำ

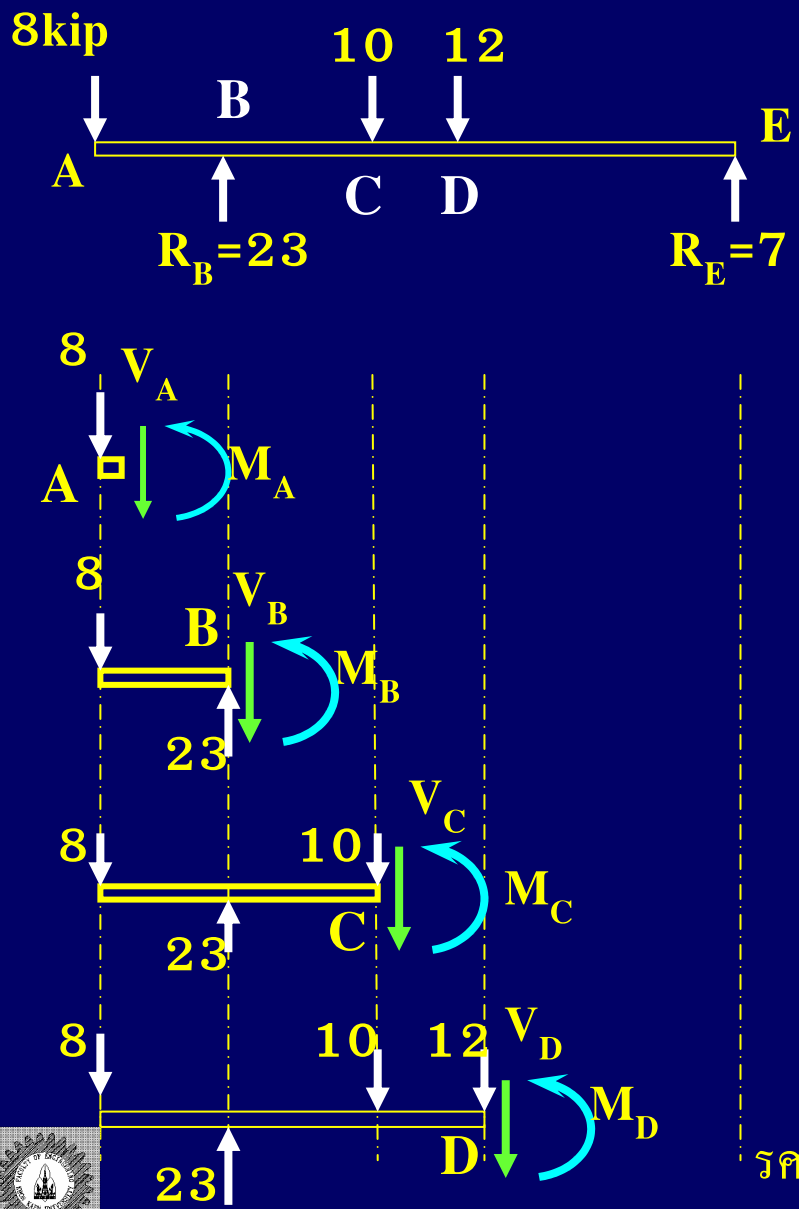



จาก FBD ของคาน

หาแรงปฏิกิริยา ได้

$R_B$ = 23 kip, $R_E$ = 7 kip

ตัวอย่าง 6.4




## หาแรงเฉือน V

ที่ A

เนื่องจากน้ำหนักลงเป็นจุด w --> ต

$\sum F_Y = 0; \quad -V_A - 8 = 0; \quad V_A = -8$

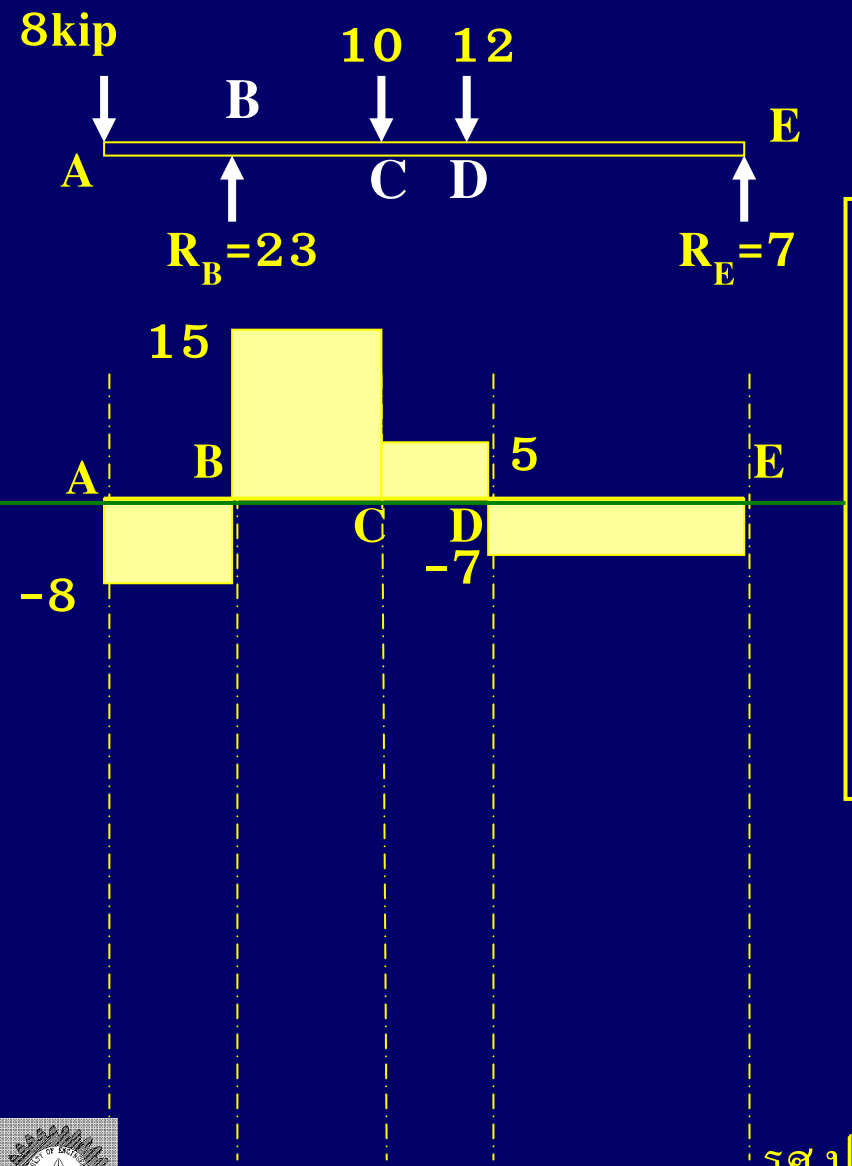
ที่ B (พิจารณาตั้งแต่ A ถึง B)

$\sum F_Y = 0;$

$-V_B - 8 + 23 = 0; \quad V_B = 15$

ที่ C และ D พิจารณาในลักษณะเดียวกัน

$V_C = 5$ และ $V_D = -7$



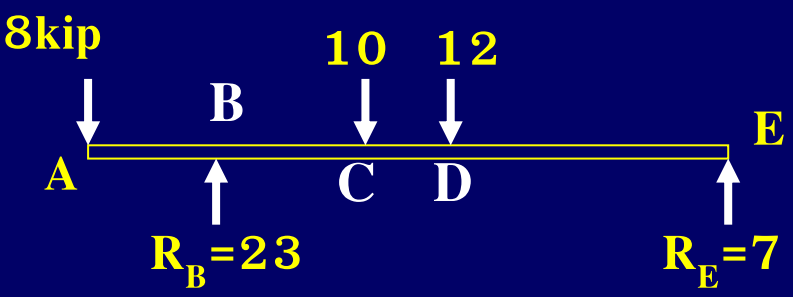

สรุป V เป็นเส้นแนวราบ (ค่าคงที่)

A–B; $V_A = -8$

B–C; $V_B = 15$

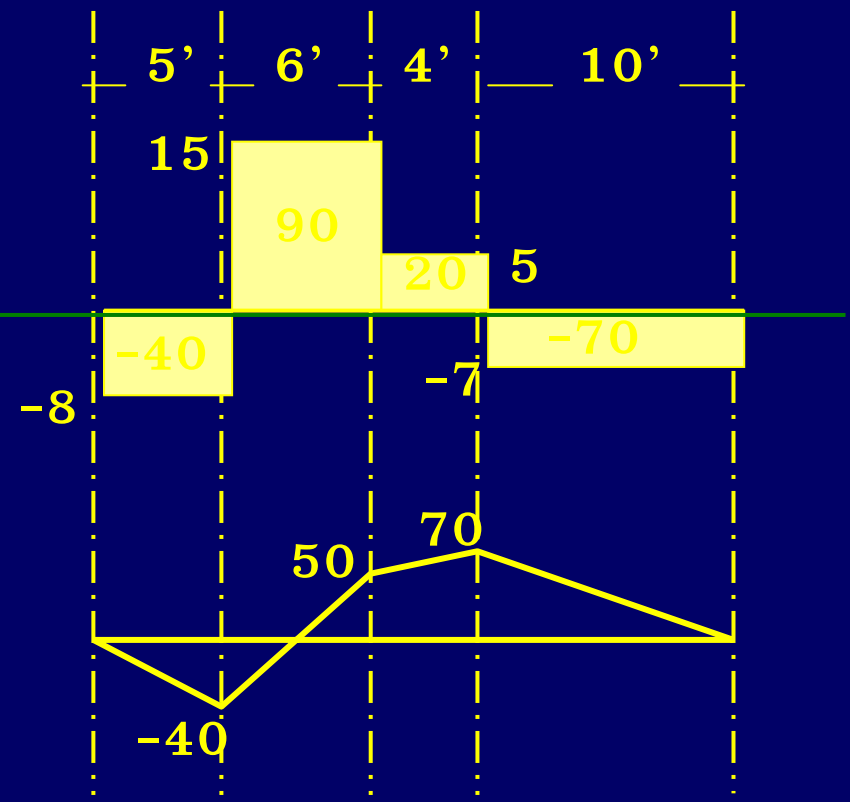
C–D; $V_C = 5$

D–E; $V_D = -7$




## หาแมเมนต์ดัด M

สามารถหาได้จากพื้นที่ใต้ Shear Curve




จาก $M_B - M_A$ = พท.ใต้ Shear Curve

A–B ; $M_B - M_A = -8(5) = -40$

$M_B = -40$ ---- [เมื่อ $M_A = 0$ ]

B–C; $M_C - M_B = 15(6) = 90$

$M_C = 90-40 = 50$

C–D; $M_D - M_C = 5(4) = 20$

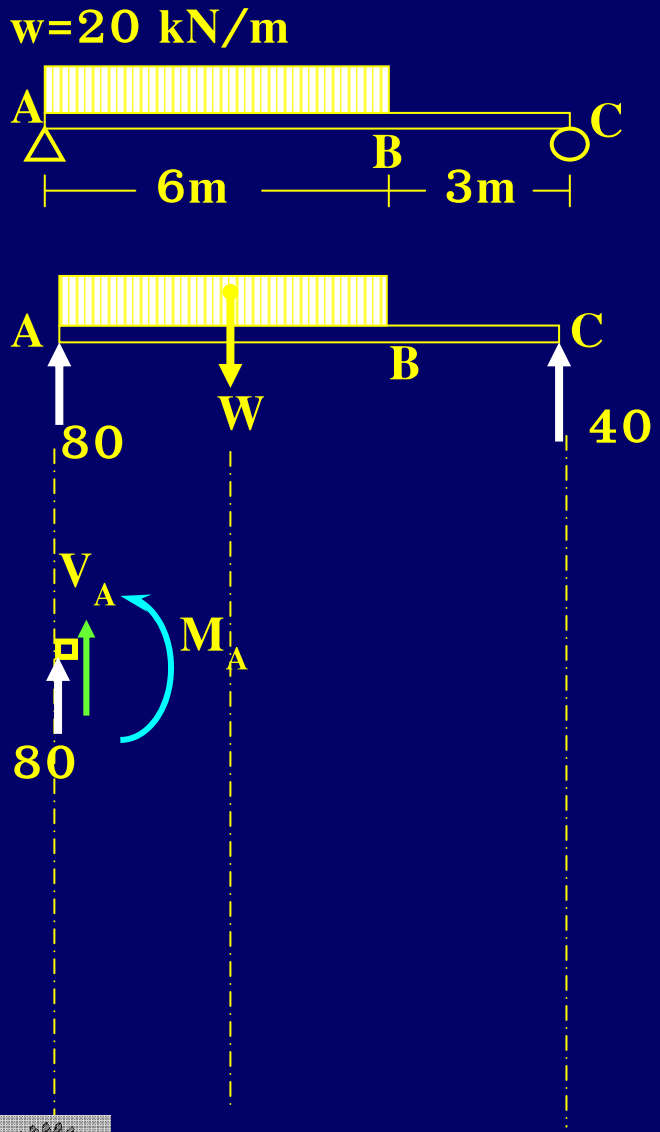
$M_D = 20+50 = 70$

D–E; $M_E - M_D = -7(10) = -70$

$M_E = -70+70 = 0$

โมเมนต์ดัดสูงสุด คือ –40 และ +70

# ตัวอย่าง 6.5




**ข้อมูล** คาน ABC รับน้ำหนัก ดังรูป

**ปัญหา** เขียน V & M Diagram

**วิธีทำ** หาแรงปฏิกิริยา ได้

$R_A = 80$ N ; $R_C = 40$ N

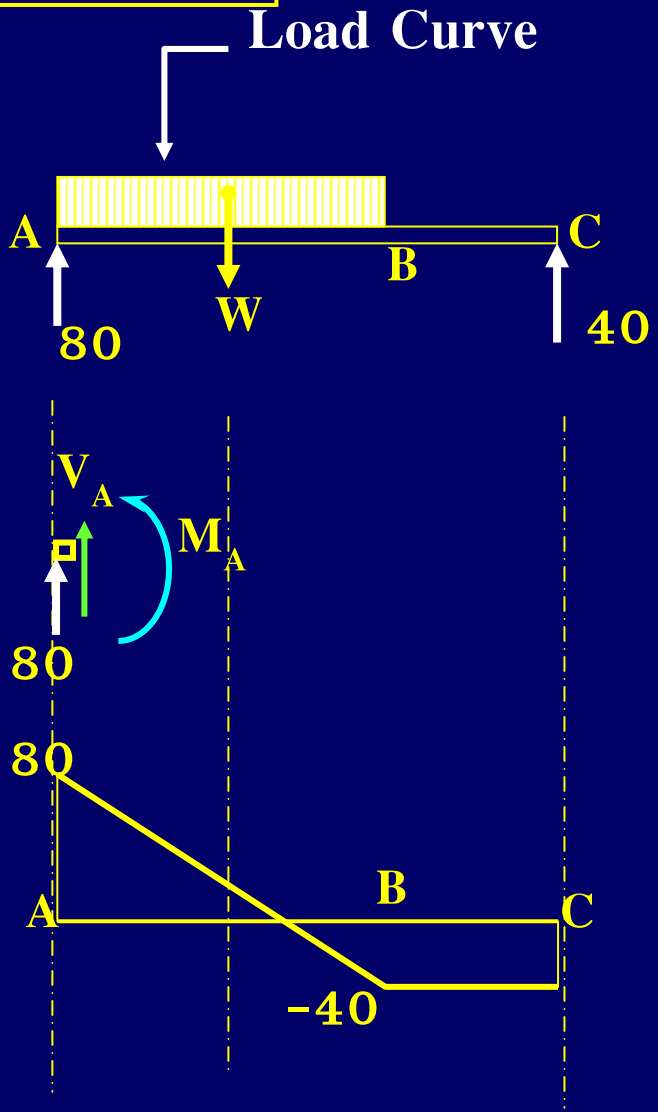
**หาแรงเฉือน V**

ที่ A

$\sum F_Y = 0$ ;

$-V_A + 80 = 0$; $V_A = 80$ N

ตัวอย่าง 6.5




ช่วง A–B น้ำหนักบรรทุกแผ่สม่ำเสมอ w

Load Curve เป็นเส้นตรงราบ

$V_B - V_A$ = -(พท.ใต้ Load Curve)

$V_B - V_A = -(20)(6) = -120$

$V_B = -120+80 = -40$

$dV/dX = -w$ กราฟเส้นตรงมี Slope

ช่วง B–C ไม่มีน้ำหนักบรรทุก w=0

$dV/dX = 0$

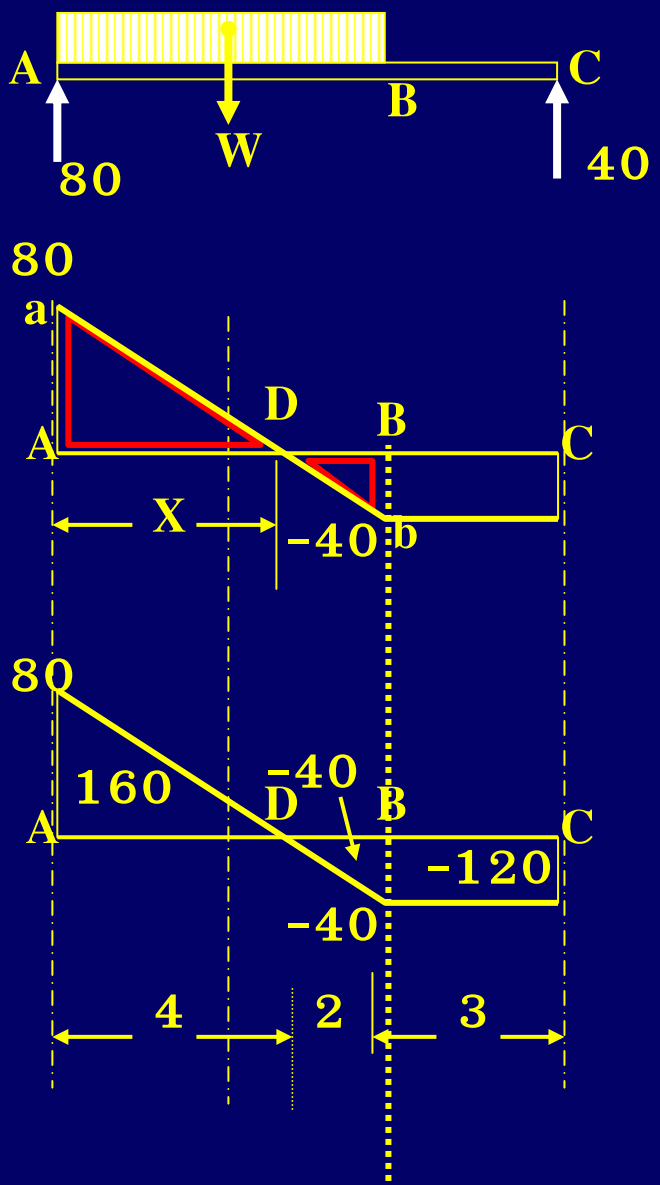
$V_C - V_B = 0$ ; $V_C = V_B = -40$ N

สรุป

$V_A = 80$

$V_B = -40$

$V_C = -40$




## หา M จากพื้นที่ใต้ Shear Curve

$M_A$ มีค่าเท่ากับ 0

หาระยะที่เส้น Shear ตัดแกนที่ D; AD=X

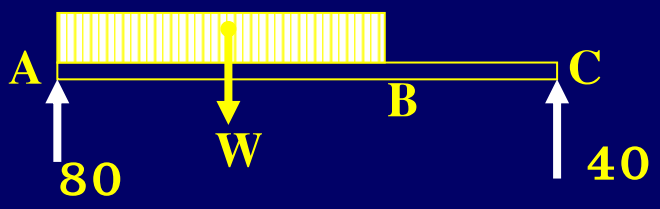
เพื่อหาพื้นที่ใต้ Shear Curve

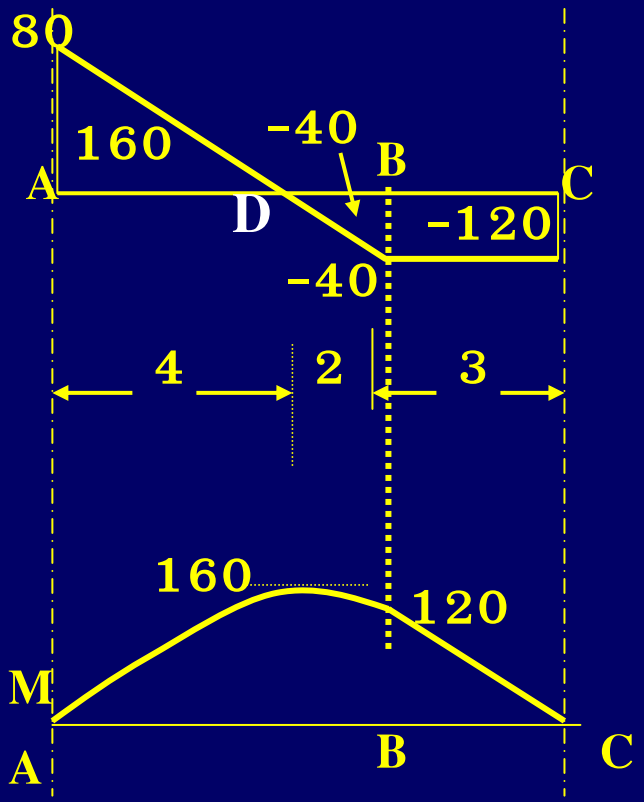
และจะเป็นจุดที่ โมเมนต์ดัดสูงสุด

จากสามเหลี่ยมคล้าย AaD และ BbD

$$X/80 = (6-X)/40$$

$$X = 4$$




## พื้นที่ใต้ Shear Curve มีดังนี้

A-D ; พท. = 160

D-B ; พท. = -40

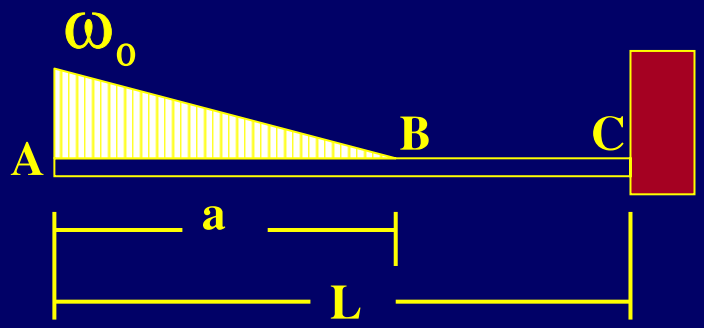
B-C ; พท. = -120

$M_D - M_A = 160$ ; $M_D = 160$

$M_B - M_D = -40$ ; $M_B = -40+160=120$

$M_C - M_B = -120$ ; $M_C = -120 + 120 = 0$

# ตัวอย่าง 6.6



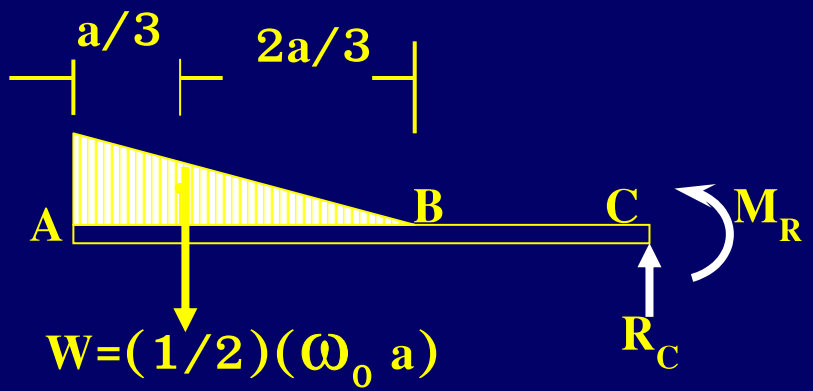

**ข้อมูล**

**น้ำหนักแผ่กระจายไม่สม่ำเสมอ**

**บรรทุกบนคานซึ่งติดตั้งดังรูป**

**ปัญหา**

**เขียนแผนภาพของ V & M**




**วิธีทำ**

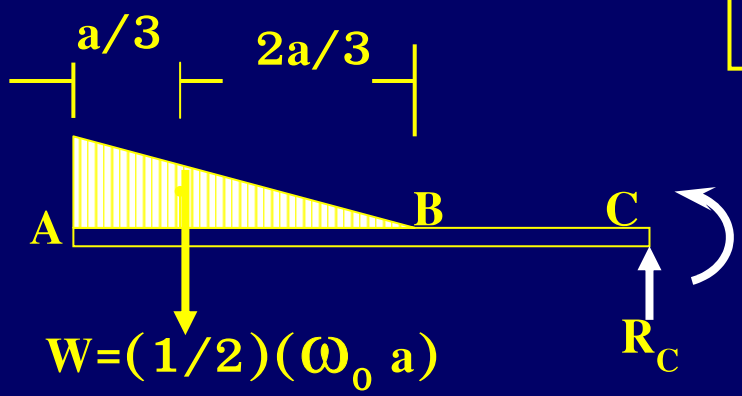
**เขียน FBD คาน**

**ได้**

$$R_C = (1/2)(\omega_0\ a)$$

$$M_R = (1/6)(\omega_0\ a)(3L-a)$$

# หาแรงเฉือน V



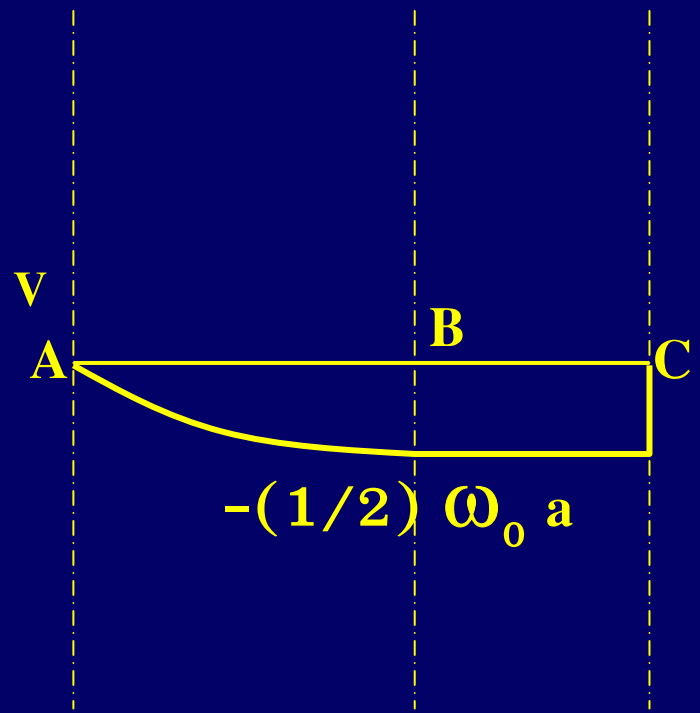

ที่ปลาย A ; $V_A = 0$

ช่วง A-B

$V_B - V_A$ = -พท.ใต้ Load Curve

$V_B - V_A = -(1/2)(\omega_0 a)$

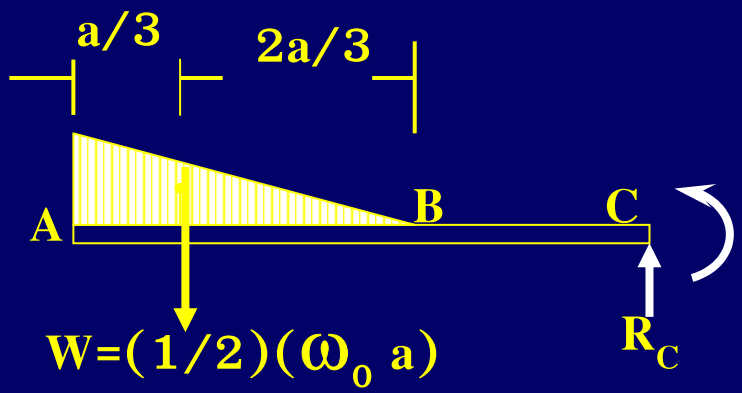
$V_B = -(1/2)(\omega_0 a)$

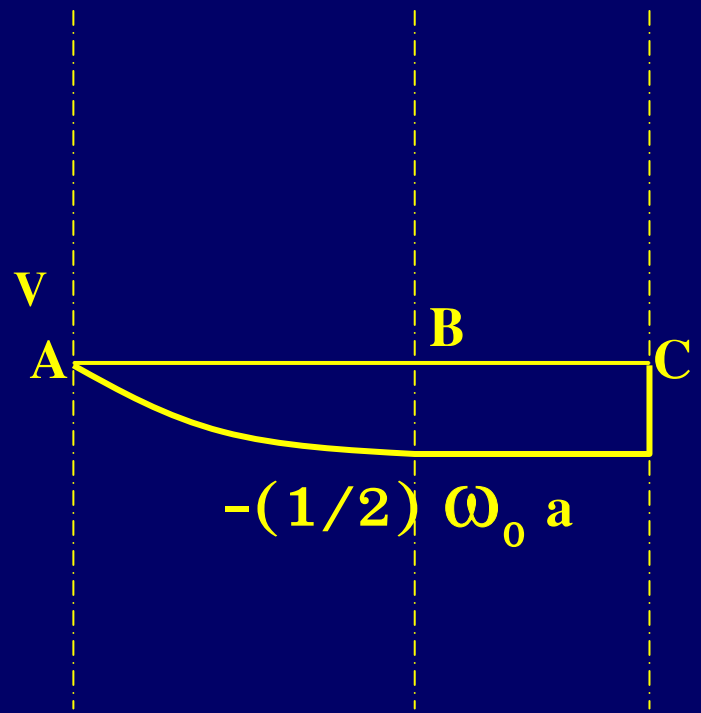



ช่วง B-C ไม่มีน้ำหนักบรรทุก

$V_C - V_B = 0$; $V_C = V_B$

$V_C = -(1/2)(\omega_0 a)$




## หาแรงเฉือน V

พิจารณาในรูป Integrate

$\omega_0$ แปรตาม X ; $\omega_0$ --> $\omega$ X

ช่วง A–B;

V=๒ $\omega$ X --> $(1/2)(\omega X^2)$ + K

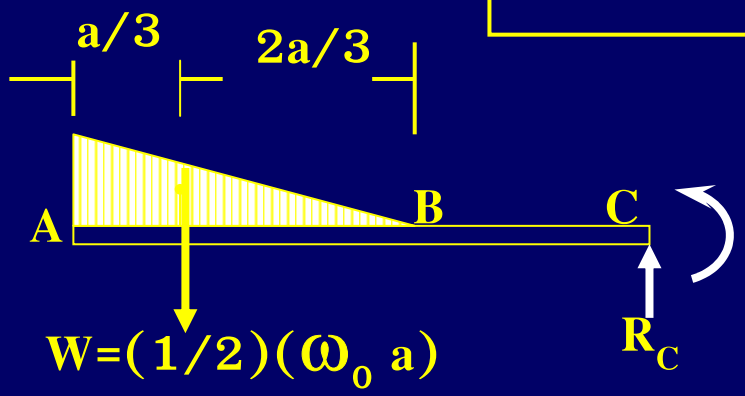
V แปรตาม $X^2$ เป็น พาราโบลา

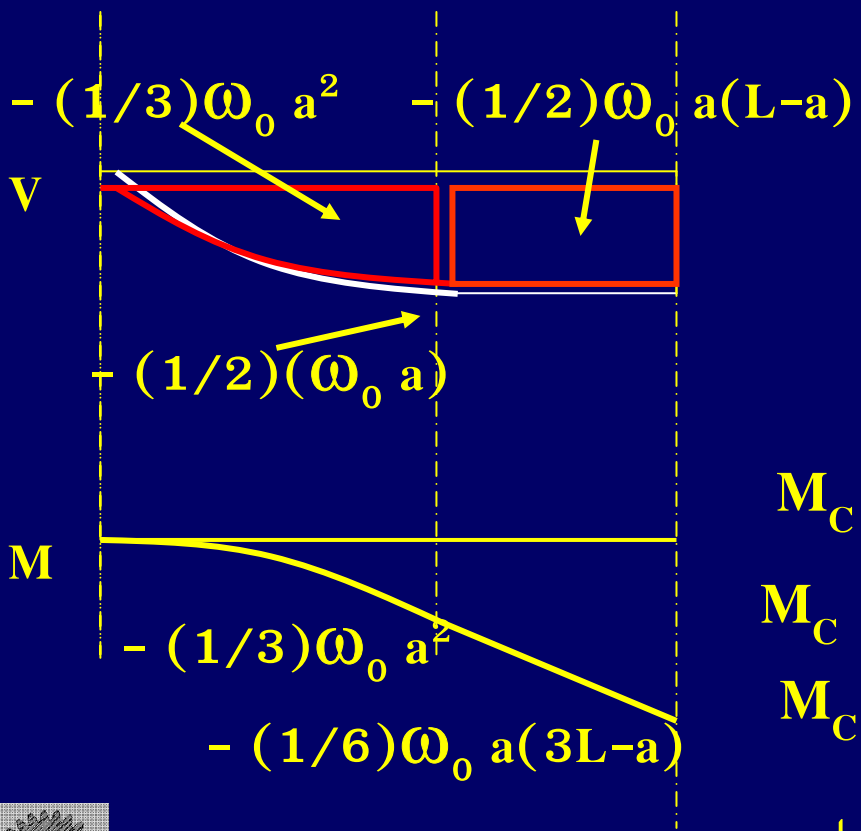
ช่วง B–C;

V เป็นค่าคงที่ เส้นตรงราบ

# หาโมเมนต์ดัด M

## หาจากพื้นที่ใต้ Shear Curve




**ช่วง A-B**

$M_A = 0$

$M_B - M_A$ = พท.ใต้ Shear Curve A-B

$M_B - 0 = (2/3)a[-(1/2)(\omega_0 a)]$

$M_B - 0 = -(1/3)a(\omega_0 a)$

$M_B = -(1/3)\omega_0 a^2$

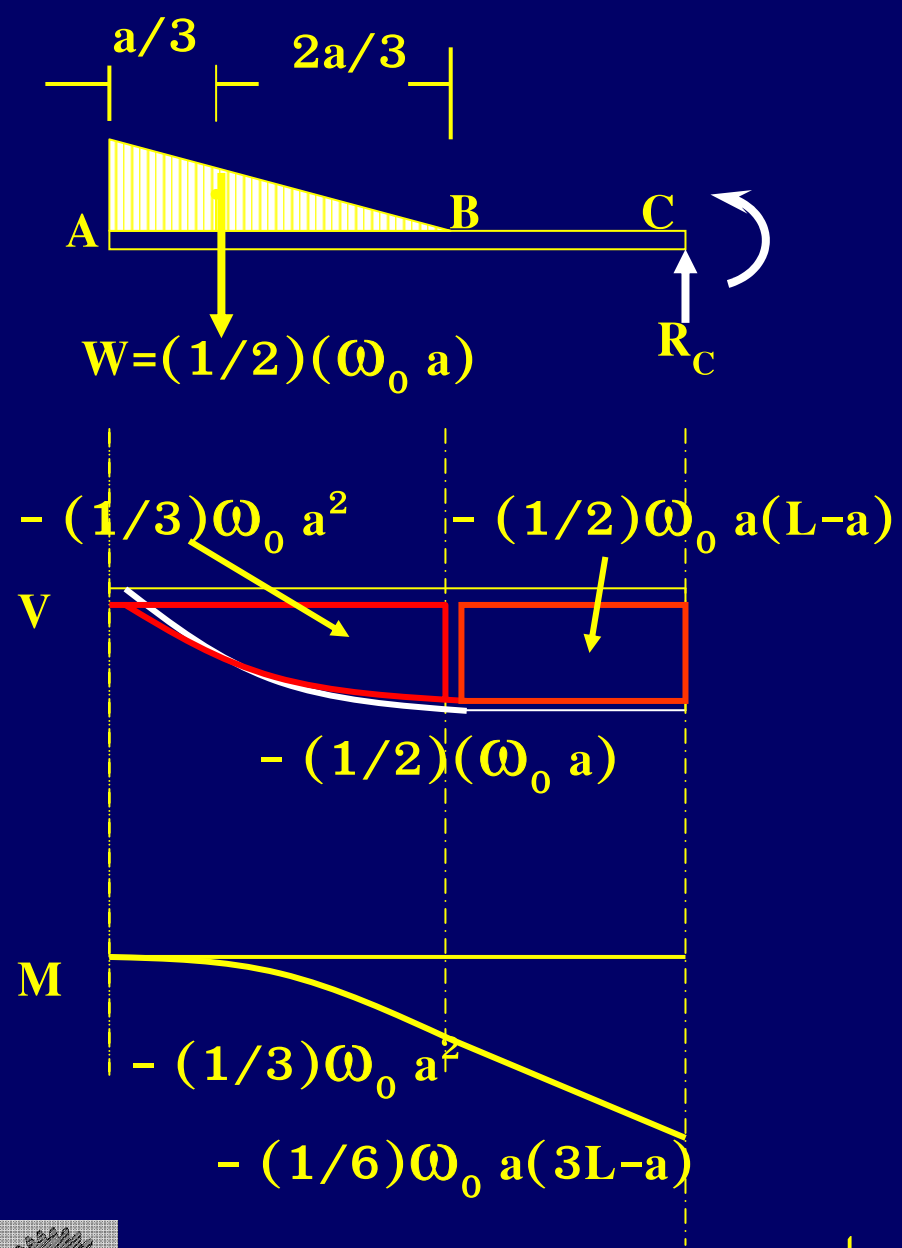
**ช่วง B-C**

$M_C - M_B = -(1/2)(\omega_0 a)(L-a)$

$M_C = -(1/2)(\omega_0 a)(L-a)+(1/3)\omega_0 a^2$

$M_C = -(1/6)(\omega_0 a)(3L-a)$

## พิจารณาในรูป Integrate




ช่วง A–B;

V แปรตาม $X^2$ เป็น พาราโบลา

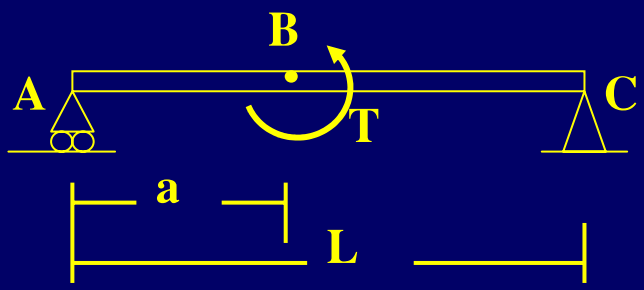
M จะแปรตาม $X^3$

ช่วง B–C;

V เป็นค่าคงที่ เส้นตรงราบ

M จะแปรตาม X

# ตัวอย่าง 6.7



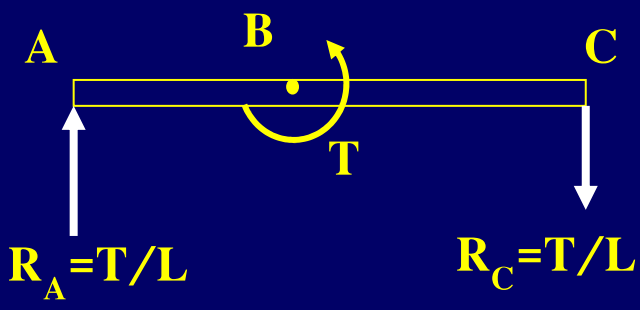

ข้อมูล Simple Beam AC

มีแรงคู่ควบ T กระทำที่ B

ปัญหา เขียนแผนภาพ V & M

**วิธีทำ**

เขียน FBD คาน หาแรงปฏิกิริยา



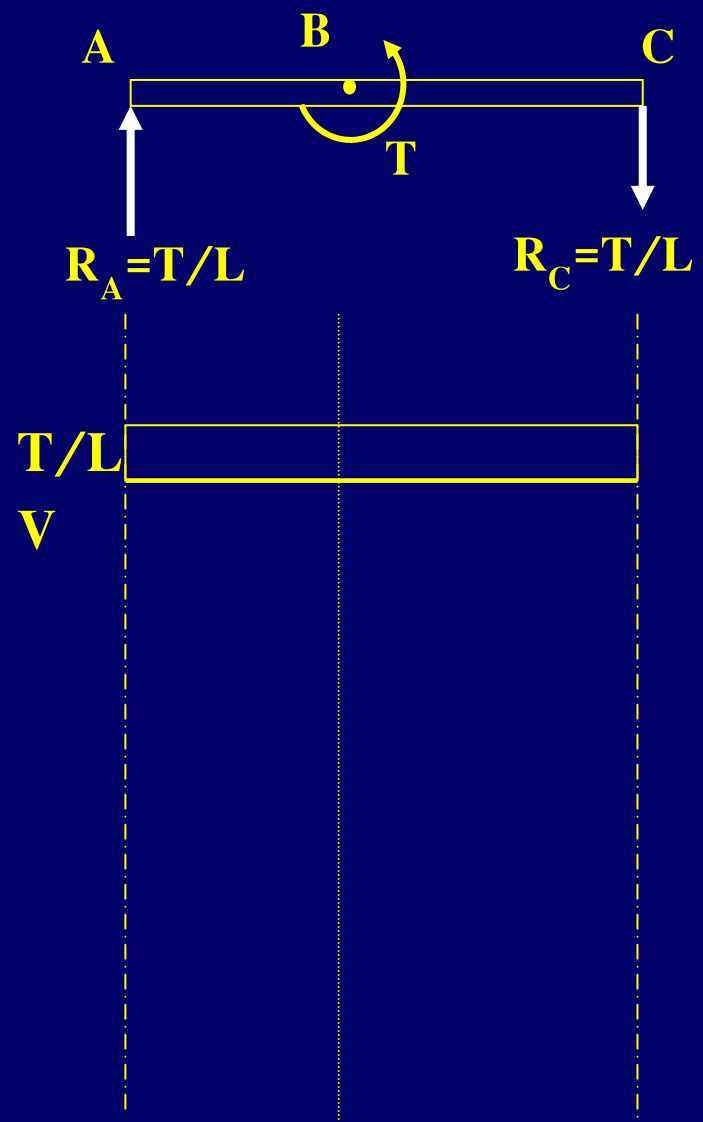

$$\Sigma M_A = 0$$

$$T - R_C L = 0 \; ; \qquad R_C = T/L$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$R_A - R_C = 0; \qquad R_A = T/L$$

ตัวอย่าง 6.7




## หาแรงเฉือน V

### ช่วง A–C

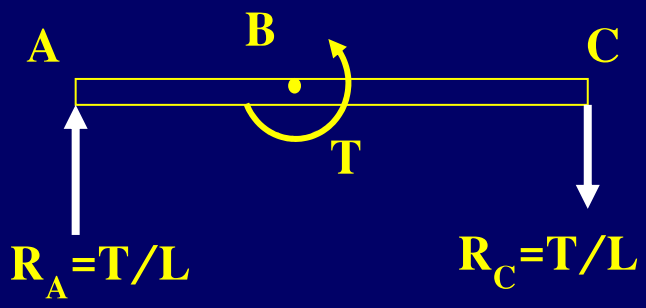
$\omega = 0$

$V_A = R_A = T/L$

$V_C - V_A = 0$

$V_C = V_A = T/L$

[ T เป็นแรงคู่ควบ F=0]

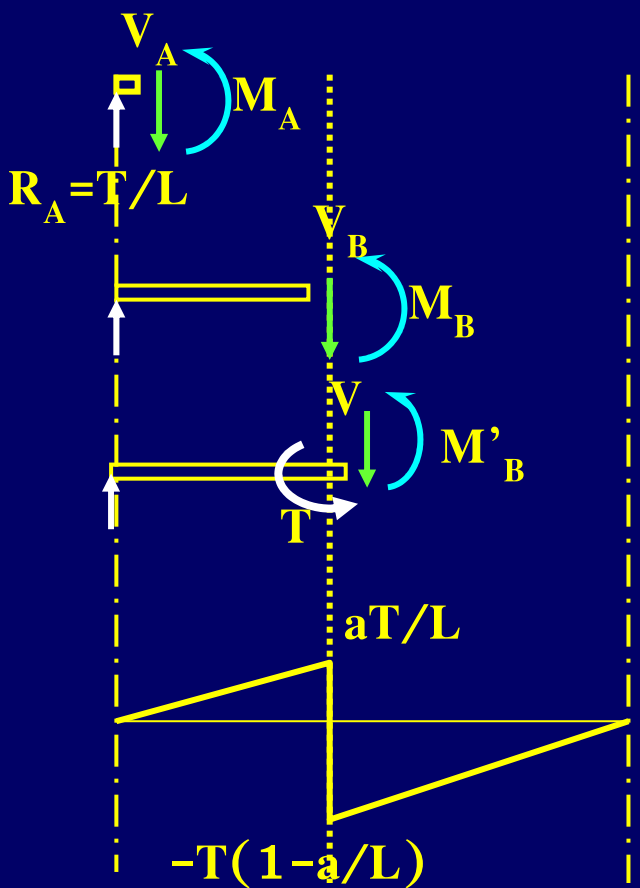



## หาโมเมนต์ดัด M

**ช่วง A–B** * ก่อนถึง B เล็กน้อย *

$$M_B - M_A = a(T/L) \quad ; [M_A = 0]$$

$$M_B = aT/L$$




* เลย B ไปเล็กน้อย ที่ $M'_B$ *

แรงคู่ควบ T จะต้องนำมาคิดด้วย

$$\Sigma M_B' = 0;$$

$$M'_B + T - aT/L = 0$$

$$M'_B = -T(1-a/L)$$

$$M_C = 0$$

# บทที่ 6