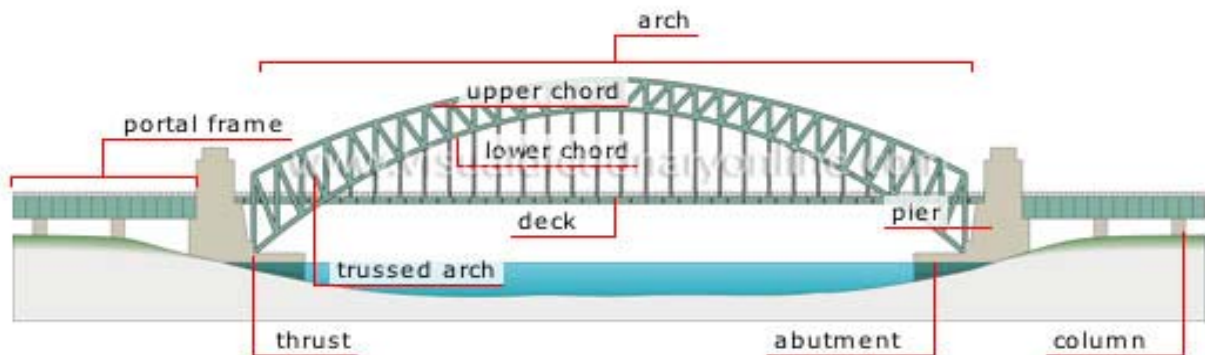


تحليل ساختمان

STRUCTURAL ANALYSIS

DAWAT UNIVERSITY CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT



PREPARED BY: ENG. M. HANIF HAMDARD

2012

فصل اول

میکانیک ساختمان (Structure Analysis)

میکانیک ساختمان عبارت از علم است که از استحکام، سختی و استواری ساختمانها بحث میکند.

میکانیک ساختمان قدامت تاریخی دارد زیرا تا قرن 17 میلادی رابطه بین تشنج و تغییر شکل که از تاثیر قوه ها به وجود میآید کشف نشده بود. اولین تلاشها در این ساحه یک عالم نابغه ایتالیوی بنام گالیله صورت گرفت. ولی تجربه وی به اندازه زیاد شکل ابتدای را دارا بوده. ستون فقرات علوم ساختمانی را قانون هوک را تشکیل میدهند که در سال 1686 میلادی کشف گردید. بعداً در تکامل این علم میکانیک ساختمان علماً شهر جهان بنام دلامبر، لاگرانج، کولون، ماکسویل مور و غیره سهم فعال را ادا نموده اند.

میکانیک ساختمان نظر به وسیع بودن آنها به انواع ذیل تقسیم شده است.

- 1 - مقاومت مواد.
- 2 - میکانیک ساختمان سیستمهای میله ی.
- 3 - تیوری ارتجاعیت.

➤ مقاومت مواد:- مقاومت مواد عناصر جداگانه ساختمانها و ماشینها را تحت مطالعه قرار میدهند. در حالیکه در این قسمت میکانیک ساختمان سیستمهای میله ی در مجموع به شکل گادرها (Beams)، ترسها (Tusses)، چوکاتها (Frames)، کمانها (Arches) و غیره را تحت مطالعه قرار میگیرد.

در اینجا ما تنها میکانیک ساختمان سیستمهای میله ی را بررسی نموده و آنرا به محدوده کلیمه بنام میکانیک ساختمان یاد میکنیم.

میکانیک ساختمان مسایل از قبیل ترکیب درست عناصر ساختمانها را که قابلیت مقاومت ساختمانها در مقابل بارهای خارجی است را تحت مطالعه قرار میدهم و از جانب دیگر تعیین اشکال درست ساختمان که با کمترین مصرف مواد توسط میکانیک ساختمان بررسی میگردد. میکانیک ساختمان در ترکیب تیوریک خود از میکانیک نظری و ریاضی استفاده نموده و نیز نتایج تجارب نظارتهای تعیین المدت ساختمانها را مورد استفاده قرار میگیرد.

❖ اصول اساسی میکانیک ساختمان:

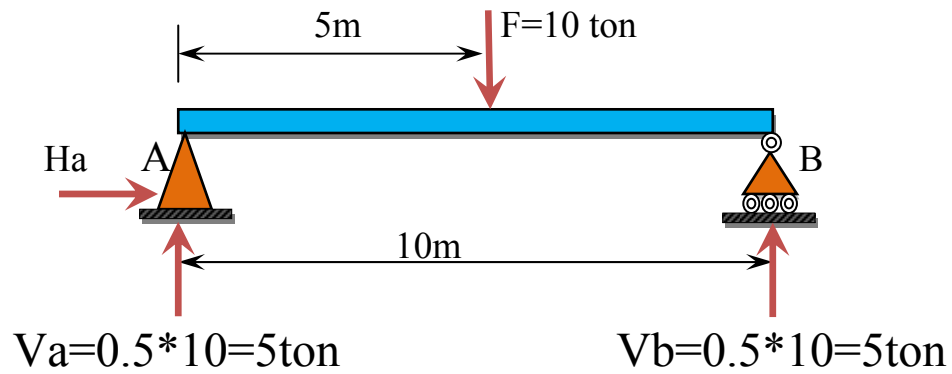
میکانیک ساختمان مانند علوم دیگر از یک سلسله اصول معین برای ایجاد میتودهای محاسبوی استفاده مینماید.

دو اصل اساسی میکانیک ساختمان عبارت اند از:

- 1- اصل تناسب.
- 2- اصل عمل مستقل قوه ها.

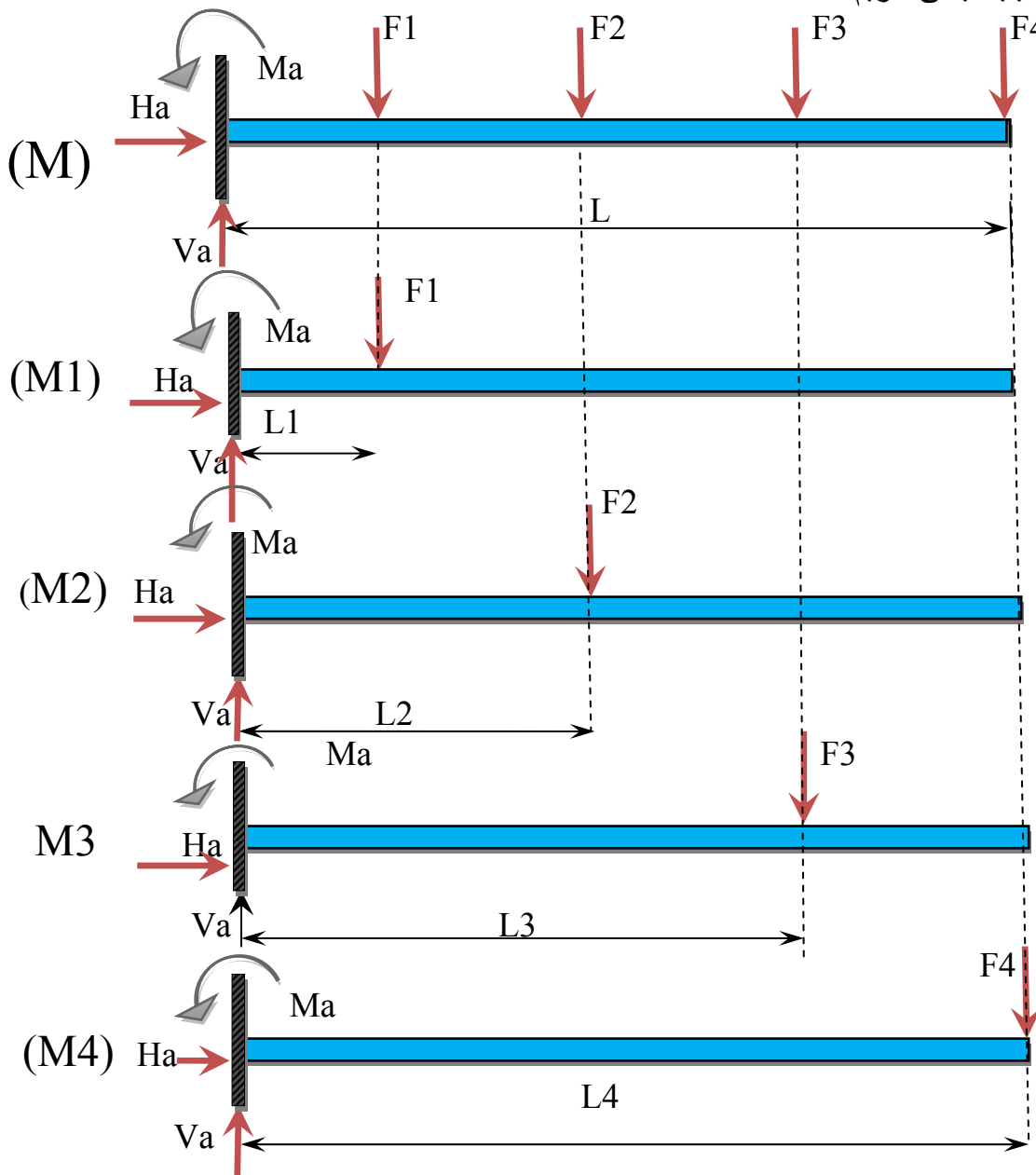
1- اصل تناسب

نظربه اصل تناسب که اگر تاثیر خارجی (تاثیر بارها و یا قوه های خارجی) چندمرتبه بالای یک عنصر ساختمانی و یا یک ساختمان زیاد شود به همان اندازه عوامل میکانیکی (نیروهای داخلی، تغییر شکل و غیره) که در نتیجه تاثیر بارهای خارجی به وجود میاید. در همان عنصر ساختمانی و یا یک ساختمان نیز زیاد میشود یعنی داریم که:



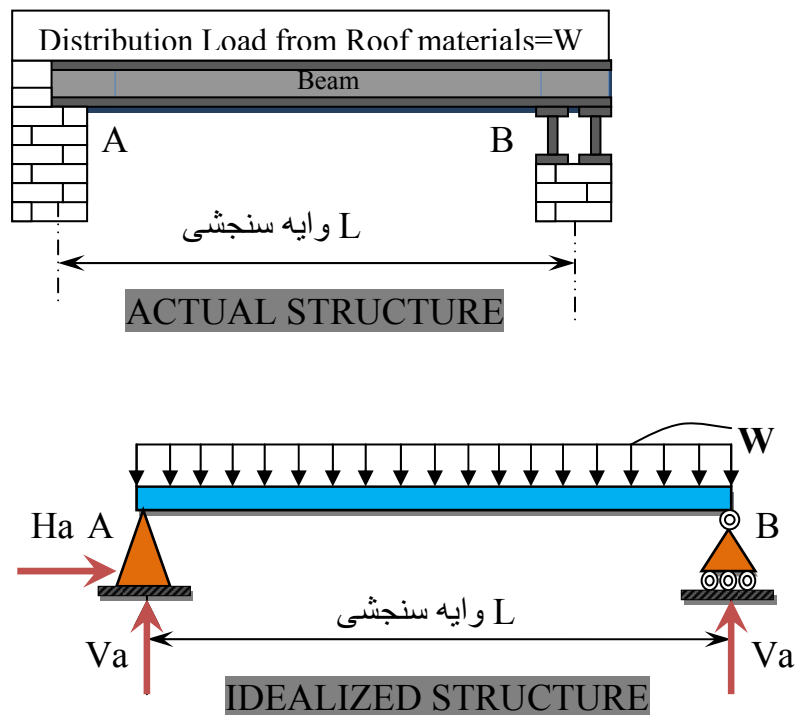
2- اصل عمل مستقل قوه ها:

نظر به اصل عمل مستقل قوه ها مقدار میخانیکی در صورت عمل چندین قوه خارجی مساوی است به مجموع الجبری عوامل مذکور که در نتیجه عمل هر یک از قوه ها که بطور جداگانه بوجود میآید. یعنی داریم که:



❖ مفهوم شیمای محاسبوی و دسته بندی ساختمانها از نقطه نظر میخانیک ساختمان. (Propose of Idealized Structure and) :(Classification of Structures)

محاسبه ساختمانهای واقعی با در نظر داشت تمام عوامل دقیق که بالای آن تاثیر میکند از نقطه نظر تیوریک غیر ممکن است. بنا بر این میخانیک ساختمان هنگام محاسبه ساختمانها از میتود تجربه عملی استفاده مینماید یعنی ساختمان واقعی (Actual Structure) توسط شیمای محاسبوی (Idealized Structure) عوض میگردد. که در آن از عوامل فرعی که در ساختمانهای اصلی و واقعی کمتر تاثیر دارد صرف نظر میشود. و عواملیکه تاثیرات آنها در یک ساختمان واقعی از نقطه نظر دقت عملی قابل قبول اند محاسبات آنها ضروری میباشد. بطوری مثال: برای محاسبه گادریکه متکی به دو (2) اتکا است میتوانیم قوه های اصطحاکاک را در سطوح اتکا نادیده بگیریم. و علاوه تاً اتکاهای سطح گادر را به شکل اتکای نقطئی نشان دهیم.



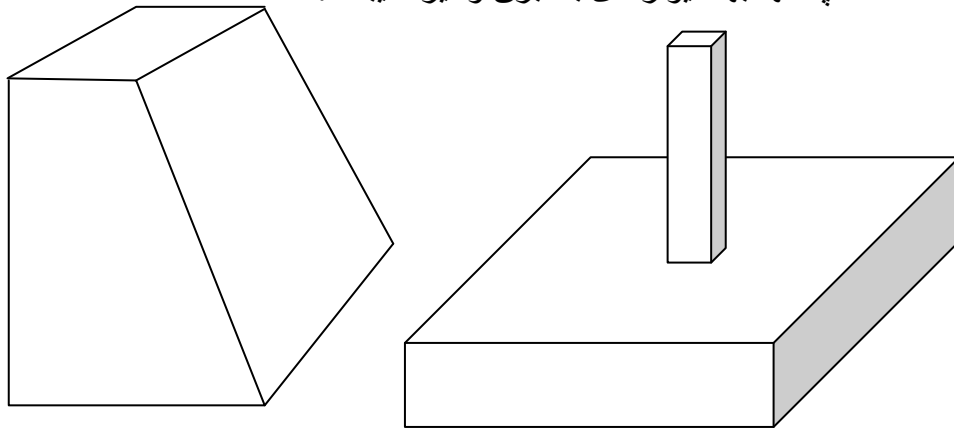
➤ دسته بندی ساختمانها (Classification of Structure)

در میخانیک ساختمان دسته بندی ساختمانها نظر به علامات اساسی ذیل صورت میگيرد.

- نظر به علامات هندسی.
- نظر به شکل اتصال عناصر.
- نظر به جهت عکس العملهای اتکای.

• دسته بندی ساختمانها نظر به علامات هندسی چنین تقسیم بندی شده است.

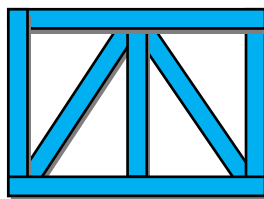
1- ساختمانهای کنلوی: عبارت از ساختمانهای اند که هر سه بعد آن با هم نزدیک باشد. مانند سپل ته‌دایها، دیوارهای بند برق و غیره میباشد.



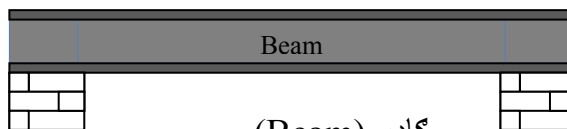
دیوارهای بند برق (Retaining Wall)

سپل ته‌دایها (Footing)

2- ساختمانهای میله‌ی: عبارت از ساختمانهای اند که طول آن نظریه مقطع عرضی آنها زیاد باشد. مانند: گادرها (Beams)، چوکاتها (Frames)، ترسها (Trusses) و غیره.



ترس (Truss)

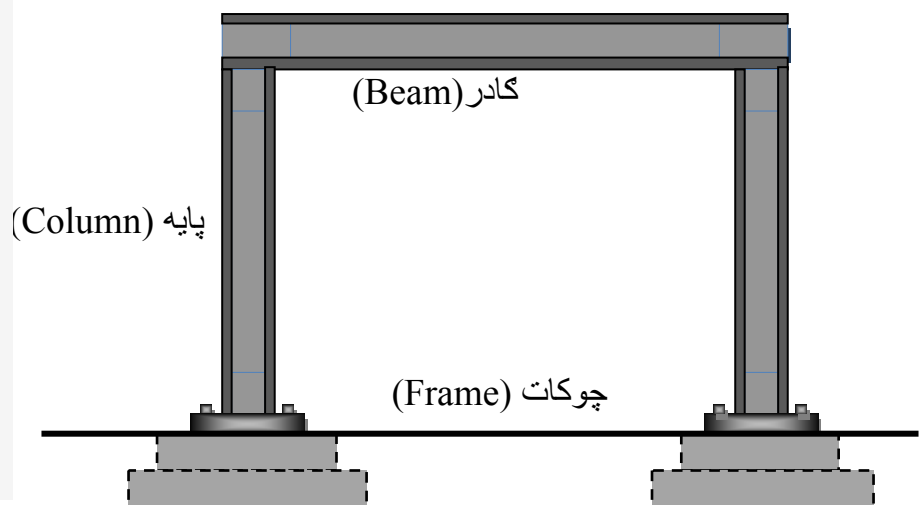
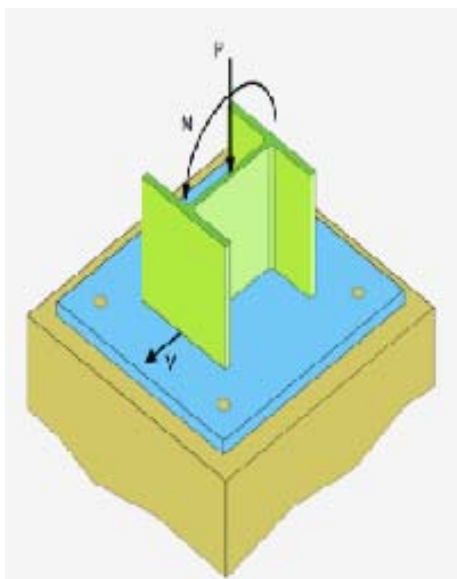
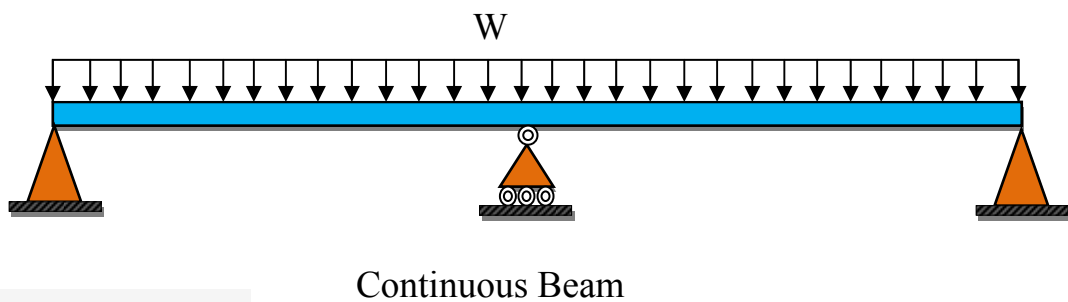
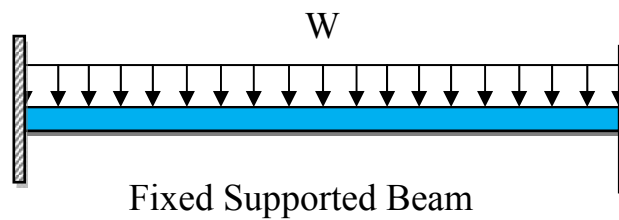
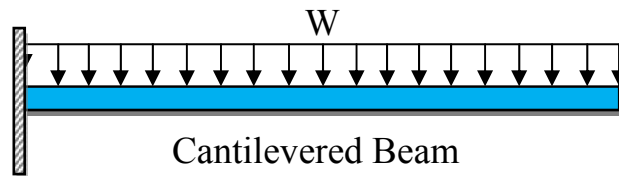
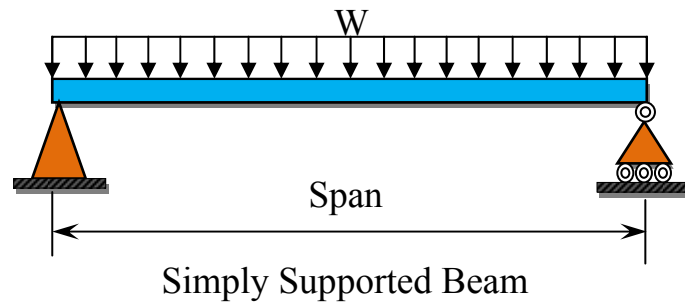


گادر (Beam)

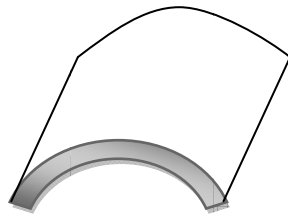
گادرها (Beams): گادرها معمولاً میله‌های افقی اند که بارهای عمودی و یا (Vertical Loads) را متحمل میشود. که از اثر بارهای عامل بالای گادرها باعث ایجاد قوه‌های داخلی، مومنت انحنای، قوه عرضی و قوه محوری و یا قوه نارملی (Bending Moment, Shear Force and Axial Force) میشود. که به این اساس گادرها باید در مقابل انحناء، برش و کشش یا فشار محاسبه گردد.

گادرها معمولاً به انواع ذیل تقسیم بندی شده است.

- 1- ساده اتکا لرونکی گادرونها و یا (Simply Supported Beams).
- 2- کنسول دار یا پیک ماننده گادرونها (Cantilevered Beams).
- 3- سختی اتکا لرونکی گادرونها و یا (Fixed Supported Beams).
- 4- دوامداره مسلسل او یا غیر منقطع گادرونها (Continuous Beams).



3- ساختمانهای ورقه ی یا مسطح: عبارت از ساختمانهای اند که ضخامت (ارتفاع) آن نظر به طول و عرض آن به مراتب کمتر باشد. مانند: تخته های پوشش (Slab)، جدار مخزنهای نفت و گاز و غیره.



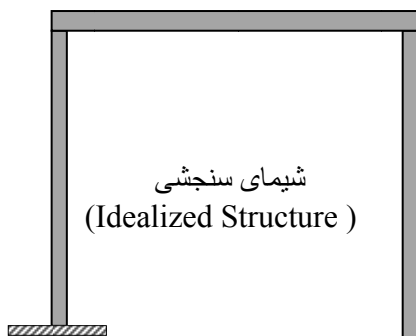
جدار مخزنهای نفت



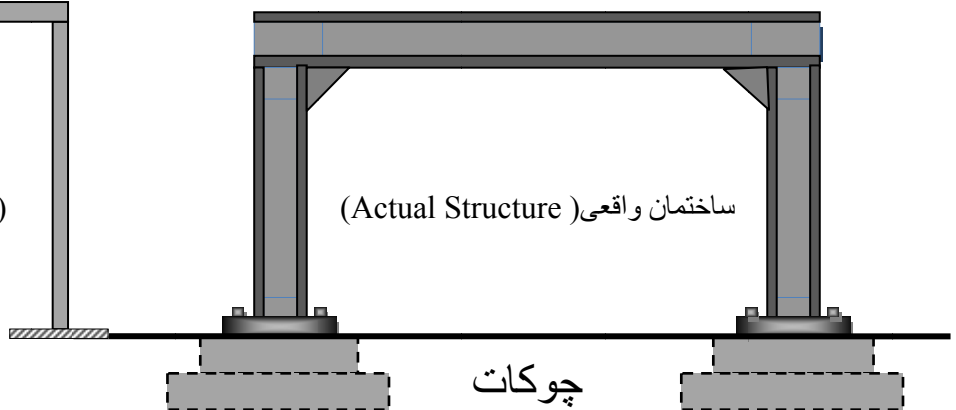
تخته پوشش (Slab)

• دسته بندی ساختمانها نظر به شکل اتصال عناصر چنین است

- 1- سیستمهای دارای گره های مفصلی (Hinged System).
 - 2- سیستمهای دارای گره های سخت (Fixed System).
- که سیستمهای دارای گره های مفصلی معمولاً در ترسها فرض میشود. به این معنی که در ترسها گره ها سخت میباشد اما در وقت محاسبات گره های مفصلی فرض میشود. و در چوکاتها گره ها معمولاً سخت میباشد.

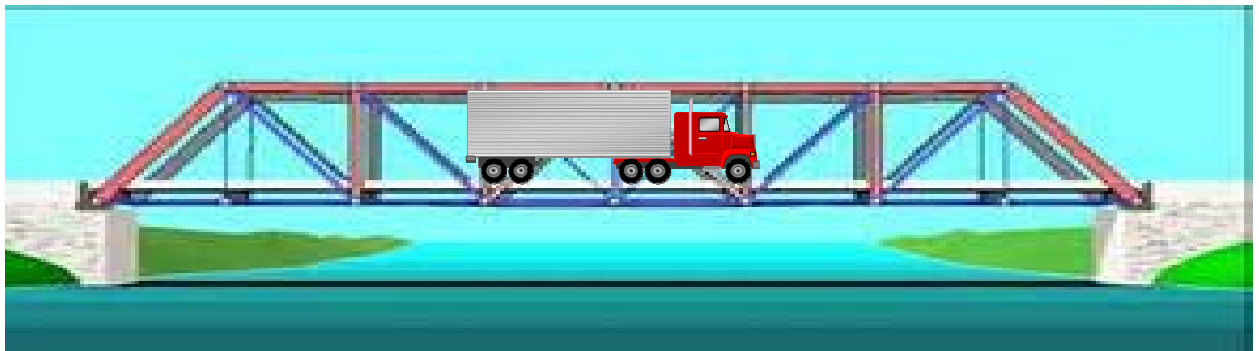


شیمای سنجشی
(Idealized Structure)

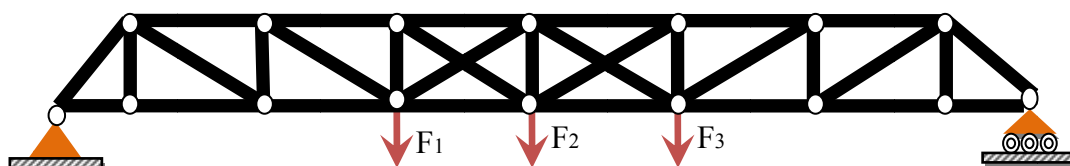


ساختمان واقعی (Actual Structure)

چوکات



ساختمان واقعی (Actual Structure)

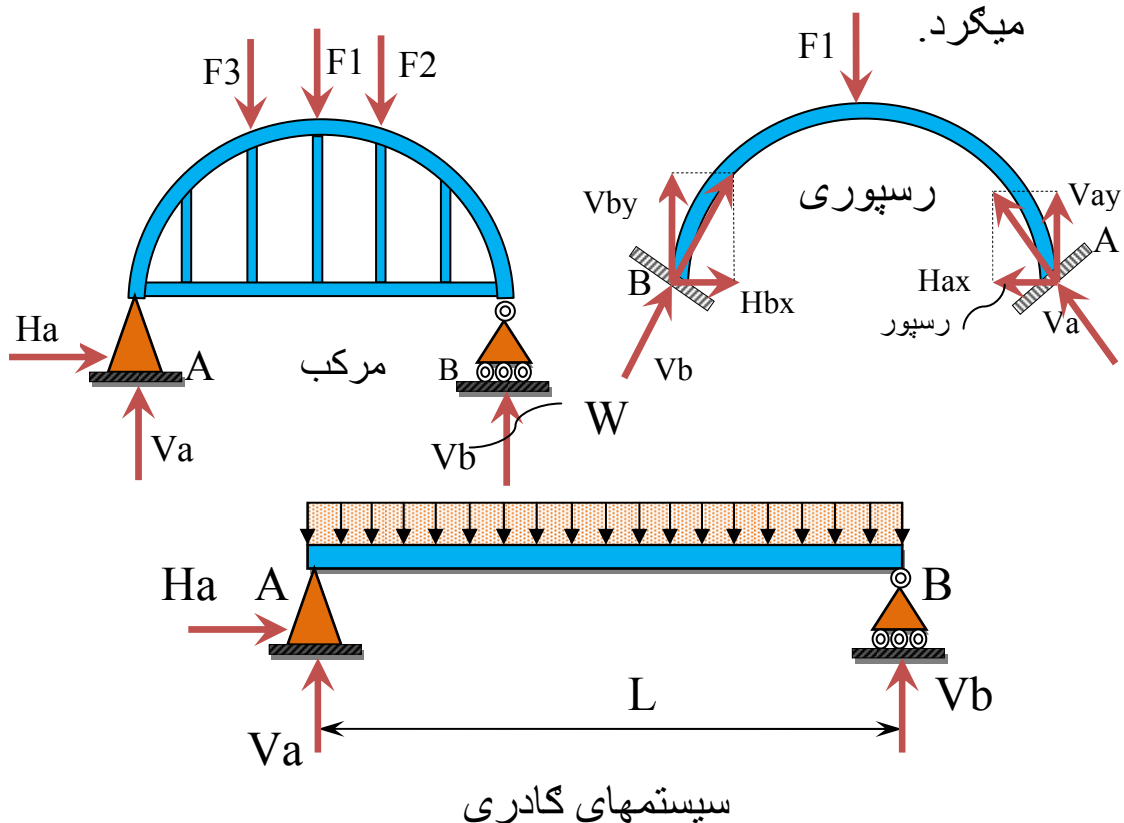


شیمای سنجشی
(Idealized Structure)

• دسته بندی ساختمانها نظر به میلان عکس العملهای اتکای چنین است.

- 1- سیستمهای گادری.
- 2- سیستمهای رسیوری (افقی).
- 3- سیستمهای مرکب.

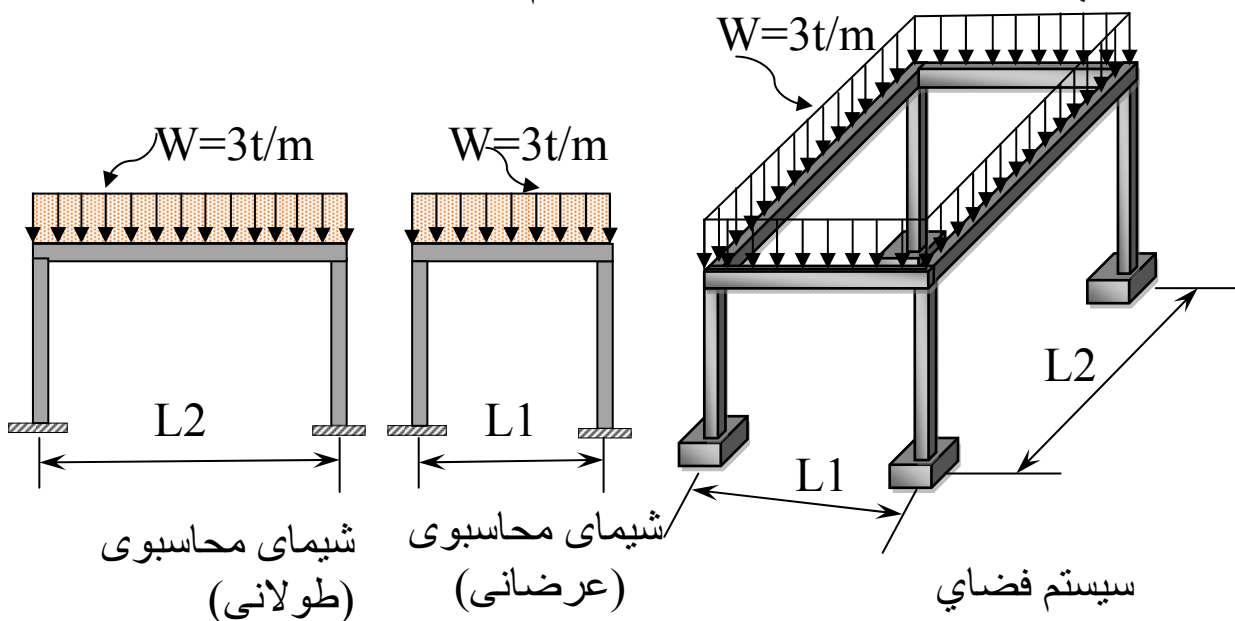
- 1- سیستمهای گادری: عبارت از سیستمهای اند که در صورت عمل بار های عمودی، دارای عکس العملهای اتکای عمودی باشد.
- 2- سیستمهای رسیوری: عبارت از سیستمهای اند که در صورت عمل بار های عمودی، دارای عکس العملهای اتکای جهت کیفی (مایل) بوده که به دو مرکبه تجزیه گردیده که مرکبه افقی آن بنام رسیور یاد میشود.
- 3- سیستمهای مرکب: عبارت از سیستمهای اند که در صورت عمل بار های عمودی، دارای عکس العملهای اتکای عمودی باشد. ولی محاسبه این سیستمها مانند سیستمهای رسیوری (افقی) صورت میگیرد.



• دسته بندی ساختمانها نظر به موقعیت متقابل عناصر چنین است:

- 1- ساختمانهای مسطح.
- 2- ساختمانهای فضایی.

اگر سوال را دقیقتر راطرحه نمایم تمام ساختمانها فضایی اند ولی اگر محور همه میله ها وقوه های عامل که با لای یک سیستم عمل مینماید در یک مستوی قرار داشته باشد ساختمان مذکور را میتوان مسطح فرض نمود. این سهولت در شیمای محاسبوی در بسیاری موارد نتایج عملی قابل قبول به ما میدهند. و از جانب دیگر کار محاسبه را به اندازه قابل ملاحظه را کمتر میشود. پس سیستمهای فضای را میتوان به سیستمهای مسطح تقسیم نموده محاسبه کرد. باید یاد آور شویم که بعضی سیستمهای فضای وجود دارد که تبدیل ویا تقسیم نمودن آنها به سیستم مسطح ممکن نیست. مثلاً: استخوان بندی طیاره ، برج فضای و غیره. چنین ساختمانها را باید به حیث سیستم فضای مطالعه نمود.



حل مسایل میخانیک ساختمان:

- برای حل مسایل میخانیک ساختمان باید نقاط ذیل در نظر گرفته شود.
- (1) ساختمان تحت مطالعه و قوه های خارجی که بالای آن عمل میکند باید جدا گردد.
 - (2) قوه های عامل و ساختمان تحت مطالعه باید به شکل شیمای سنجشی ویا (Free Body Diagram) نشان داده شود.
 - (3) تمام قوه های عامل باید به مرکبات یا (component) تجزیه گردد.
 - (4) مجموعه تمام قوه ها ومومنت به هر محور کمیات وضعیه مساوی به صفر قرار داده شود.

$$\sum F_x=0, \quad \sum F_y=0, \quad \sum M_o=0,$$

معادلات فوق بنام معادلات تعادل ویا (Equations of Equilibrium) یاد میشود.

(5) معادلات بدست آمده بخاطر مجهولات حل میگردد.

یعنی تمامی قوه ها بالای یک ساختمان مسطح به محورات افقی و عمودی عمل میکند که در مقابل آنها در ساختمان قوه های داخلی بوجود میآید. که این قوه های داخلی عبارت از مومنت انحنای، قوه عرضی و قوه نارملی (N و Q ، M) میباشد.

فصل دوم

تحلیل سینماتیک ساختمانها

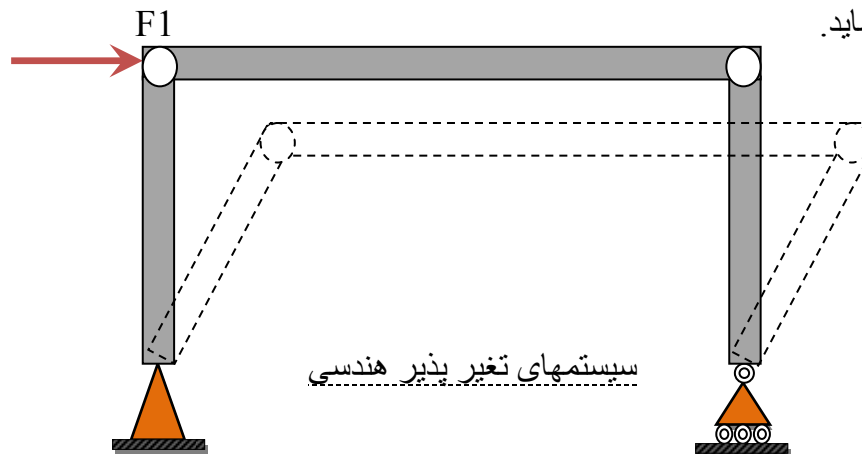
(Kinematics Analysis of Structures)

قابلیت مقاومت ساختمانها در مقابل تغییر شکل مربوط به شکل اتصال و موقعیت متقابل عناصر ساختمانها میباشد. بناء یکی از مسایل بسیار مهم میخانیک ساختمان دریافت نمودن دقیق تشنجات و تغییر شکلها و در مقابل آنها طرحه ریزی درست سیستمهای میله ی میباشد که چنین دقت را توسط تحلیل سینماتیک ساختمانها صورت میگیرد. ساختمانها باید طوری ساخته شود که در وقت بهره برداری مورد خطر قرار نگیرد. و یا به عبارت دیگر در وقت بهره برداری تغییر شکل قابل ملاحظه نه نماید. از نقطه نظر سینماتیک میتواند سیستمهای میله ی به سه نوع ذیل تقسیم کرد.

- 1- سیستمهای تغییر پذیر هندسی.
- 2- سیستمهای تغییر نا پذیر هندسی.
- 3- سیستمهای تغییر پذیر لحظوی.

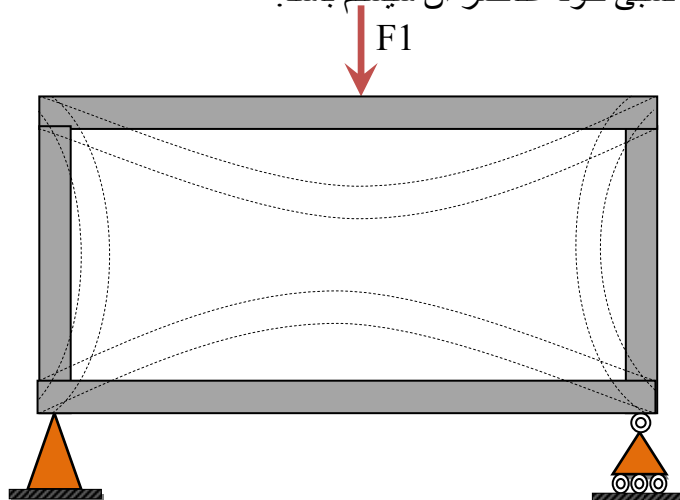
1- سیستمهای تغییر پذیر هندسی:

عبارت از سیستمهای اند که شکل اصلی خود را بدون تغییر شکل عناصر خود عوض نماید.



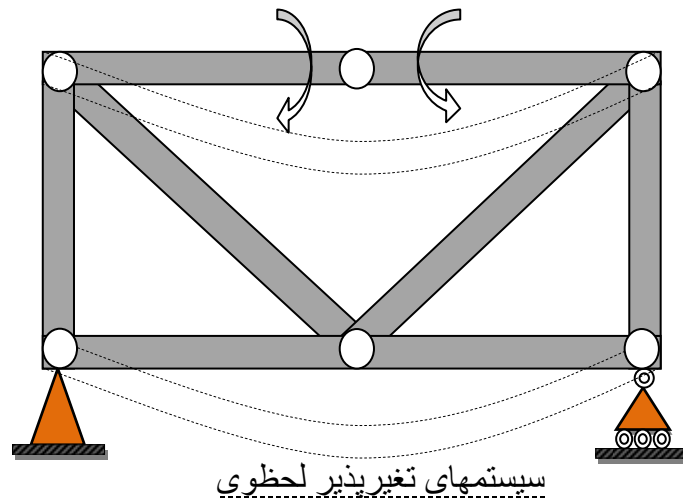
2- سیستمهای تغییر نا پذیر هندسی:

عبارت از سیستمهای اند که تغییر شکل در آنها در مجموع کوچک بوده و این تغییر شکل در نتیجه خاصیت ارتجاعی و انتقال نسبی خود عناصر آن سیستم باشد.



3- سیستمهای تغییر پذیر لحظوی:

عبارت از سیستم‌های اند که بدون تغییر شکل عناصر خود یک انتقال بی نهایت کوچک نموده و در نتیجه به سیستم تغییرناپذیر هندسی مبدل گردد. از نقطه نظری بهره برداری طبیعی تنها سیستم‌های تغییرناپذیر هندسی قابل استفاده می‌باشد.



• رابطه‌های اتکای ویا (Support Connections):

دسکها ویا اعضا (Member) به کمک رابطه‌ها سیستمها را به وجود می‌آورد. که معمولاً رابطه‌های سیستم‌های مسطح قرار ذیل می‌باشد.

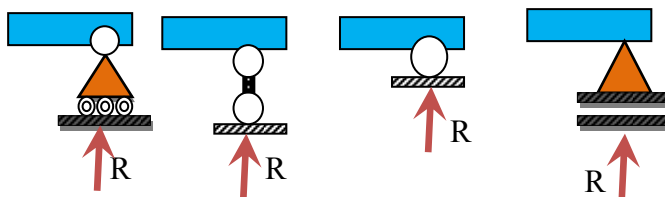
1- رابطه میله‌ی ویا اتکای متحرک (Roller Support).

2- رابطه مفصلی ویا اتکای ساکن (Pin Support).

3- رابطه سخت ویا اتکای سخت (Fixe Support).

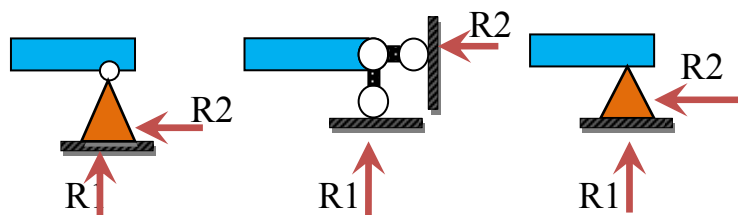
1- رابطه میله‌ی ویا اتکای متحرک (Roller Support)

رابطه میله‌ی عبارت از رابطه‌های اند که مانع حرکت انتقالی یک دسک یا Member نظر به دیسک دیگر به جهت این رابطه می‌گردد و عکس العمل آنها منطبق به محور رابطه می‌باشد. ویا به عبارت دیگر رابطه میله‌ی عبارت از رابطه‌های اند که مانع یک حرکت انتقالی به محور میله می‌گردد.



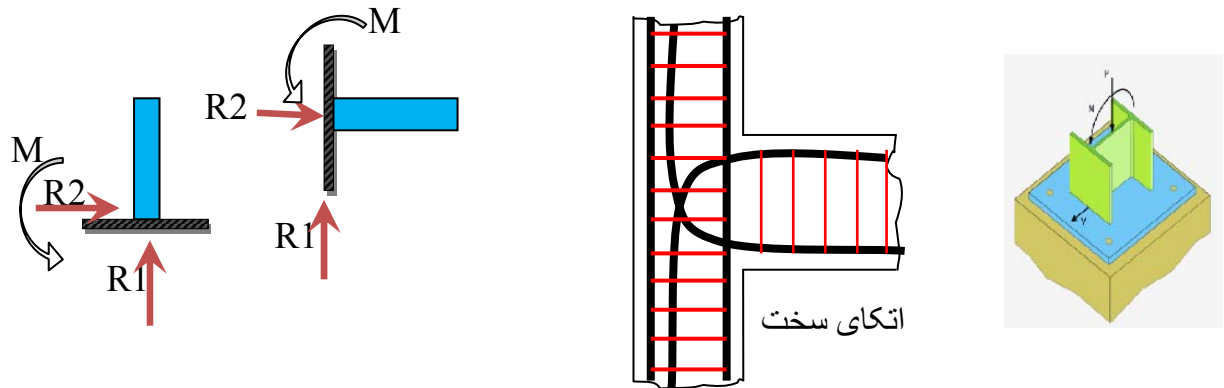
2- رابطه مفصلی ویا اتکای ساکن (Pin Support)

رابطه مفصلی عبارت از رابطه‌های اند که به دو جهت (χ و γ) مانع حرکت انتقالی یک دسک یا Member نظر به دیسک دیگر می‌باشد. ویا به عبارت دیگر رابطه مفصلی عبارت از رابطه‌های اند که دارای دو عکس العمل به محاورات χ و γ می‌باشد.



3- رابطه سخت و یا اتکای سخت (Fixe Support)

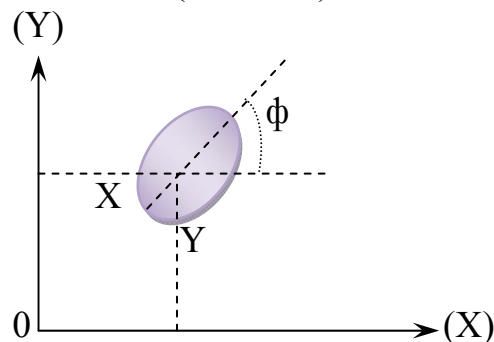
رابطه سخت عبارت از رابطه های اند که به سه جهت (افقی χ ، عمودی Y و دوران M) مانع حرکت انتقالی دو دیسک نسبت به یک دیگر میباشد.
و یا به عبارت دیگر رابطه سخت عبارت از رابطه های اند که دارای دو عکس العمل به محورات χ ، Y و یک مومنت دورانی M میباشد.



درجه آزادی سیستم (تعیین درجه معینیت و نامعینیت سیستمها) و یا (Determinacy and Stability)

در مجموع تمام سیستمها نسبت به کمیات وضعیه حرکت انتقالی مینماید.
درجه آزادی سیستم (n) عبارت است از مقدار پارامترهای هندسی است که موقعیت سیستم را نسبت به زمین (کمیات وضعیه) تعیین مینماید. مطابق به تعریف فوق درجه آزادی یک دیسک یا Member مساوی به (3) است. زیرا برای تعیین موقعیت ثابت آنها باید (3) پارامتر معلوم باشد (ϕ, Y, X).

درجه آزادی سیستم میله ی میتوان به شکل ذیل نوشت ($n=3d-2h-r$).
در رابطه فوق d عبارت از تعداد دسکها میباشد. h عبارت از تعداد مفصل (Hing) میباشد.
 r عبارت از تعداد رابطه ها و یا (Reaction) در اتکاها میباشد.



هرگاه ($n=0$) باشد ساختمان مذکور معین ستاتیکی و یا (Determinate Stable) است.
هرگاه ($n < 0$) باشد ساختمان مذکور نا معین ستاتیکی (Indeterminate Stable) است.
هرگاه ($n > 0$) باشد سیستم ساختمان نبوده یک میخانیزم (Mechanism) است.

مثال (1): درجه آزادی و یا معینیت و نامعینیت (Determinacy and Stability) سیستم ذیل را در یافت نماید؟



ساختمان مذکور معین ستاتیکی ویا (Determinate Stable) است.

مثال (2): درجه آزادی ویا معینیت ونامعینیت (Determinacy and Stability) سیستم ذیل را در یافت نماید؟



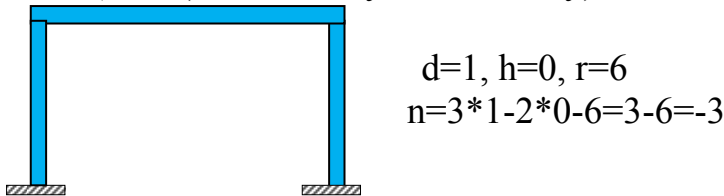
ساختمان مذکور یک مرتبه نامعین ستاتیکی ویا (Indeterminate Stable) است.

مثال (3): درجه آزادی ویا معینیت ونامعینیت (Determinacy and Stability) سیستم ذیل را در یافت نماید؟



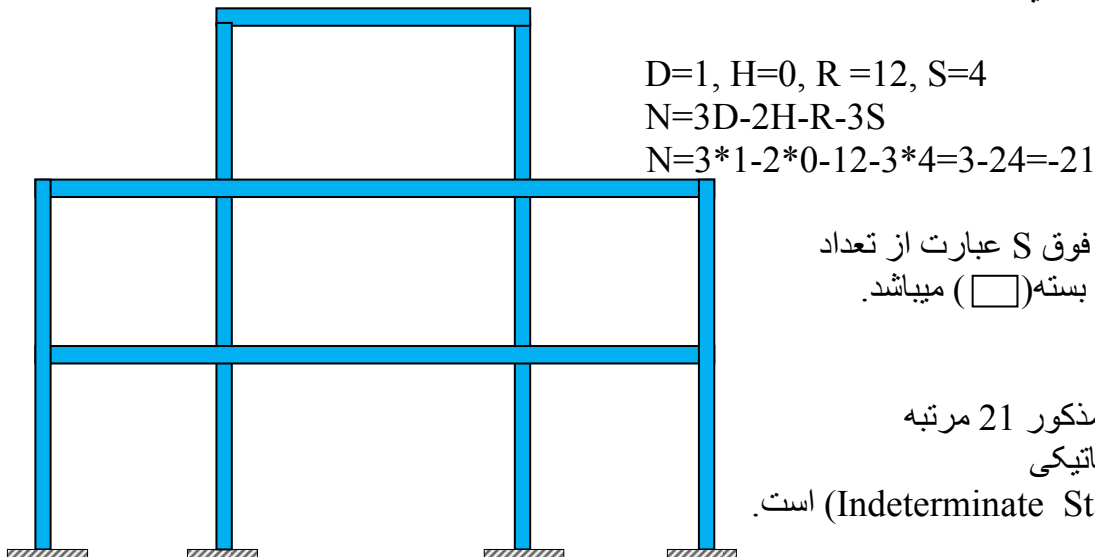
سیستم ساختمان نبوده یک میخانیزم (Mechanism) است.

مثال (4): درجه آزادی ویا معینیت ونامعینیت (Determinacy and Stability) سیستم ذیل را در یافت نماید؟



ساختمان مذکور سه مرتبه نامعین ستاتیکی ویا (Indeterminate Stable) است.

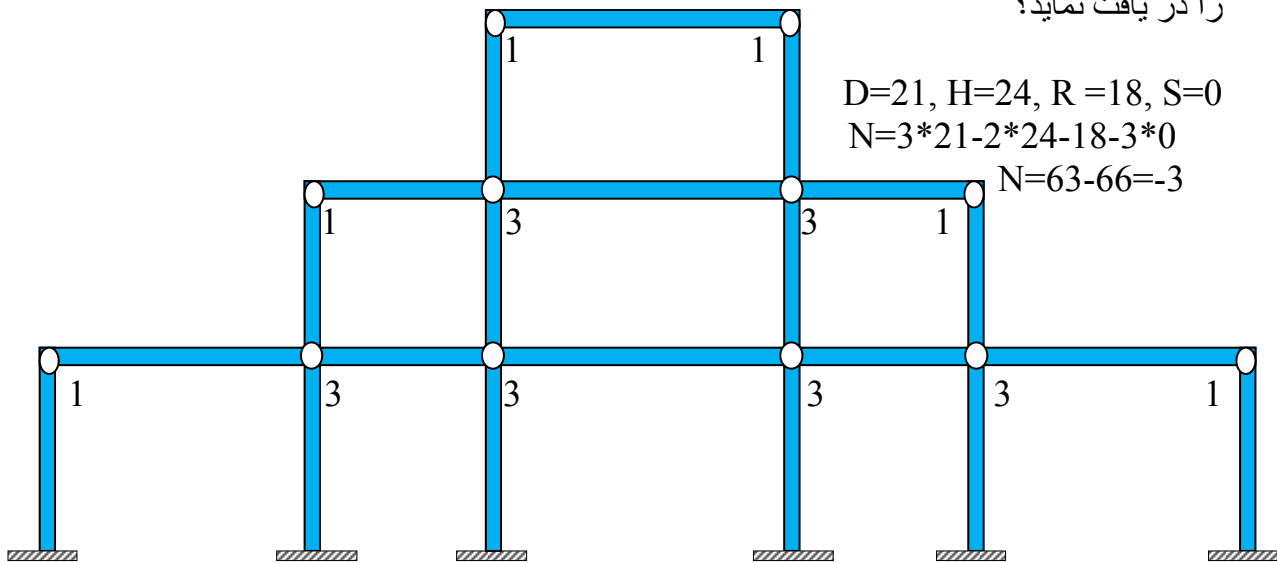
مثال (5): درجه آزادی ویا معینیت ونامعینیت (Determinacy and Stability) سیستم ذیل را در یافت نماید؟



در معادله فوق S عبارت از تعداد کنتورهای بسته (□) میباشد.

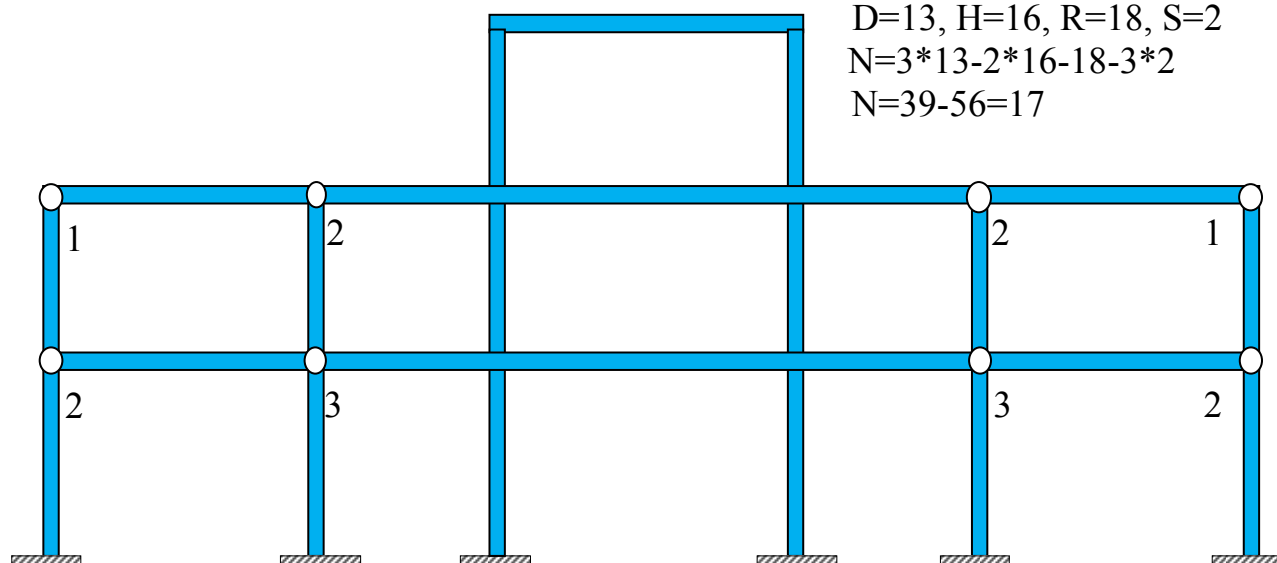
ساختمان مذکور 21 مرتبه نامعین ستاتیکی ویا (Indeterminate Stable) است.

مثال (6): درجه آزادی و یا معینیت و نامعینیت (Determinacy and Stability) سیستم ذیل را در یافت نماید؟



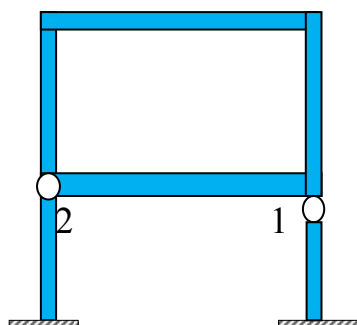
ساختمان مذکور سه مرتبه نامعین ستاتیکی و یا (Indeterminate Stable) است.

مثال (7): درجه آزادی و یا معینیت و نامعینیت (Determinacy and Stability) سیستم ذیل را در یافت نماید؟



ساختمان مذکور 17 مرتبه نامعین ستاتیکی و یا (Indeterminate Stable) است.

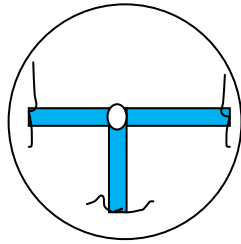
مثال (8): درجه آزادی و یا معینیت و نامعینیت (Determinacy and Stability) سیستم ذیل را در یافت نماید؟



$$D=3, H=3, R=6, S=0$$

$$N=2*3-2*3-6-3*0=6-12=-6$$

ساختمان مذکور 6 مرتبه نامعین ستاتیکی و یا (Indeterminate Stable) است.

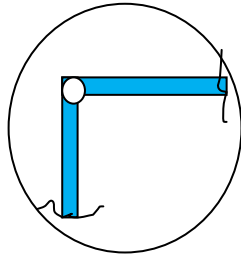


تعداد مفصلها بطوری ذیل دریافت میگردد.

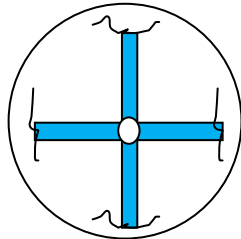
$$\text{Hinge} = N_m - 1$$

$$H = 3 - 1 = 2$$

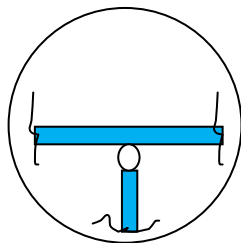
در رابطه فوق (Nm) عبارت از تعداد میله های جابجایی شده با مفصل و یا تعداد دسکها میباشد.



$$H = 2 - 1 = 1$$

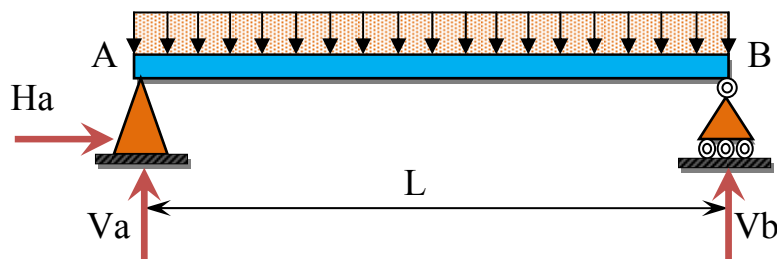


$$H = 4 - 1 = 3$$

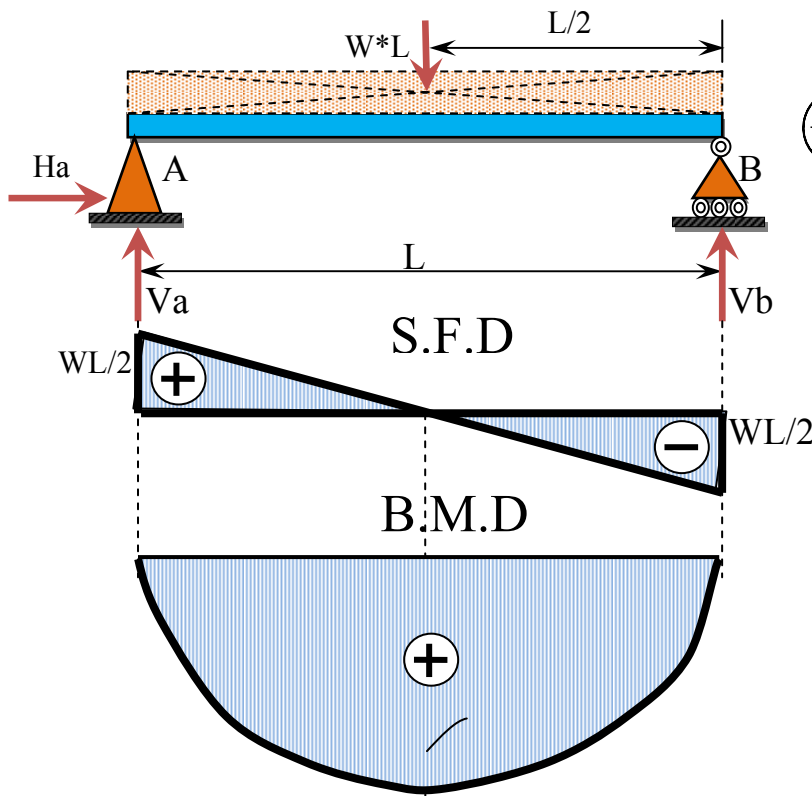


$$H = 2 - 1 = 1$$

مثال (1): بیم و یا گادر که در شکل داده شده عکس العمل های اتکایی، مومنت انحنای و قوه عرضی را محاسبه نماید؟



برای دریافت نمودن عکس العملهای اتکای در نقطه A و یا B مومنت میگیریم و بعدا نظر به همان نقطه که مومنت گرفته شده تمام قوه های عامل با شمول عکس العملها مطالعه مینماییم. در گادر مذکور برای دریافت نمودن عکس العمل اتکای aV در نقطه B مومنت میگیریم.

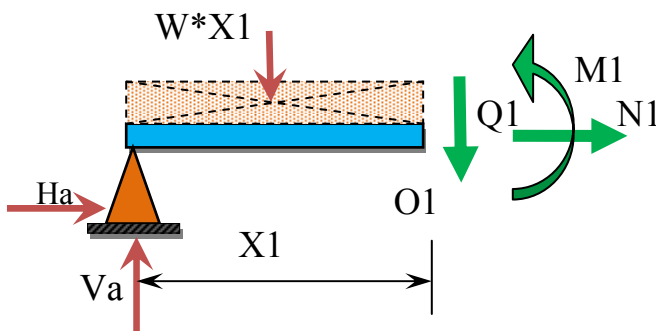


$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 \\ (V_a)(L) - (W)(L)(L/2) &= 0 \\ V_a &= (WL^2/2)(1/L) \\ V_a &= WL/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 \\ (V_b)(L) - (W)(L)(L/2) &= 0 \\ V_b &= (WL^2/2)(1/L) \\ V_b &= WL/2 \end{aligned}$$

و یا به طریقه دیگر

$$\begin{aligned} + \uparrow \sum F_y &= 0 \\ V_a + V_b - (W)(L) &= 0 \\ V_b &= (W)(L) - WL/2 \\ V_b &= WL/2 \\ + \rightarrow \sum F_x &= 0 \\ H_a &= 0 \end{aligned}$$

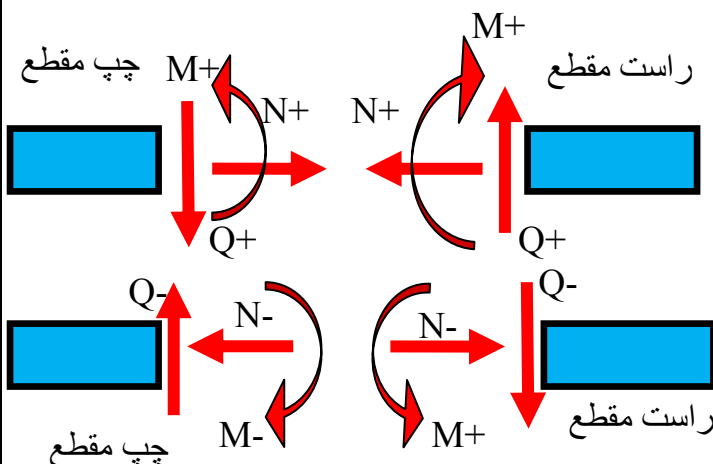


Section(I-I)
{L ≥ X1 ≥ 0}

دریافت مومنت انحنای و قوه عرضی.

$$\begin{aligned} \sum M_{O1} &= 0 \\ M1 + (W)(X1)(X1/2) - (V_a)(X1) &= 0 \\ M1 &= (V_a)(X1) - (W)(X1^2/2) \\ \text{در صورتیکه } (x1=0) \text{ شود.} \\ M1 &= 0 \quad (\text{at point A}) \\ \text{در صورتیکه } (x1=L) \text{ شود.} \\ M1 &= (WL^2/2) - (WL^2/2) \\ M1 &= 0 \quad (\text{at point B}) \\ \text{در صورتیکه } (x1=L/2) \text{ شود.} \\ M1 &= (WL/2)(L/2) - (W)((L/2)^2/2) \\ M1 &= (WL^2/4) - (WL^2/8) \\ M1 &= WL^2/8 \quad (\text{at point AB/2}) \end{aligned}$$

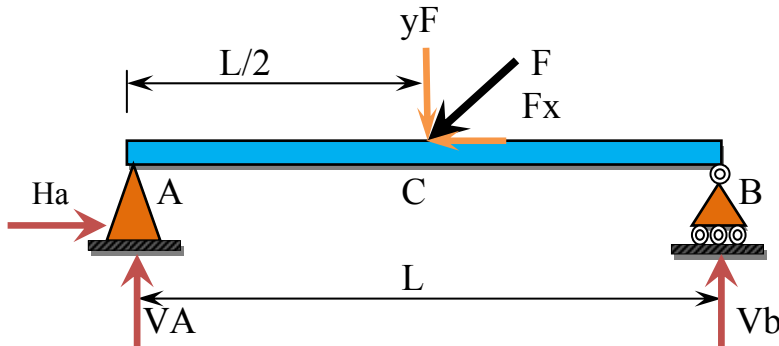
$$\begin{aligned} \downarrow \sum F_y &= 0 \\ Q1 + (W)(X1) - V_a &= 0 \\ Q1 &= V_a - (W)(X1) \\ \text{در صورتیکه } (x1=0) \text{ شود.} \\ Q1 &= V_a = WL/2 \dots (\text{at point A}) \\ \text{در صورتیکه } (x1=L) \text{ شود.} \\ Q1 &= - (WL/2) \dots (\text{at point B}) \\ \text{در صورتیکه } (x1=L/2) \text{ شود.} \\ Q1 &= (WL/2) - (WL/2) \\ Q1 &= 0 \dots (\text{at point AB/2}) \end{aligned}$$



$$+ \rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_1 + H_a = 0 \dots N_1 = -H_a \dots N_1 = 0$$

مثال (2): بيم ويا گادر كه در شكل داده شده عكس العمل هاي اتكاي، مومنت انحنای و قوه عرضی را محاسبه نمايد؟ در صورتیكه قوه F به ميلان كه با افق 45° درجه زاويه تشكيل ميگردد عمل نمايد.



اول قوه F كه به يك زاويه عمل نموده به دو مركبه تجزيه كه يك مركبه آن F_x و ديگر آن F_y ميشود تقسيم مينمائيم.

$$\sum M_B = 0$$

$$(V_a)(L) - (F_y)(L/2) = 0$$

$$V_a = ((F_y)(L/2))(1/L)$$

$$V_a = ((F)(\sin 45^\circ)(L/2))(1/L)$$

$$V_a = ((F)(\sin 45^\circ))/2$$

$$V_a = (0.35355)(F) \dots \text{ton}$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

$$V_a + V_b - F_y = 0$$

$$V_b = (F)(\sin 45^\circ) - (0.35355)(F)$$

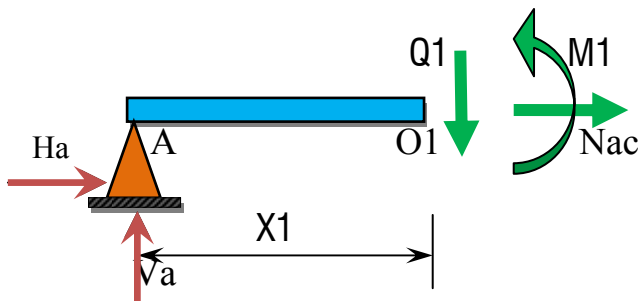
$$V_b = (0.35355)(F) \dots \text{ton}$$

$$+ \rightarrow \sum F_x = 0$$

$$H_a - F_x = 0$$

$$H_a = (F)(\cos 45^\circ)$$

$$H_a = (0.7071)(F) \dots \text{ton}$$



دریافت مومنت انحنای و قوه عرضی.

$$\sum M_{O1} = 0$$

$$M_1 - (V_a)(X_1) = 0$$

$$M_1 = (0.35355)(F)(X_1)$$

در صورتیكه $(x_1 = 0)$ شود.

$$M_1 = 0 \dots \text{(at point A)}$$

در صورتیكه $(x_1 = L/2)$ شود.

$$M_1 = (0.176775)(F)(L) \dots \text{(at point C)}$$

در صورتیكه $(x_1 = L)$ شود.

$$M_1 = (0.35355)(F)(L) \dots \text{(at point B)}$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0 \quad -Q_1 + V_a = 0, \quad Q_1 = V_a, \quad Q_1 = (0.35355)(F) \dots \text{ton (from point A to C)}$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0, H_a + N_{ac} = 0, N_{ab} = -H_a, N_{ab} = -(0.7071)(F) \dots \text{ton (Compression)}$$

اگر Section دومی از طرف راست به چپ مطالعه نمایم داریم که:

$$\sum M_{O2} = 0$$

$$M_2 - (V_b)(X_2) = 0$$

$$M_2 = (0.35355)(F)(X_2)$$

در صورتیکه ($x_2 = 0$) شود.

$$M_2 = 0 \dots (\text{at point B})$$

در صورتیکه ($x_2 = L$) شود.

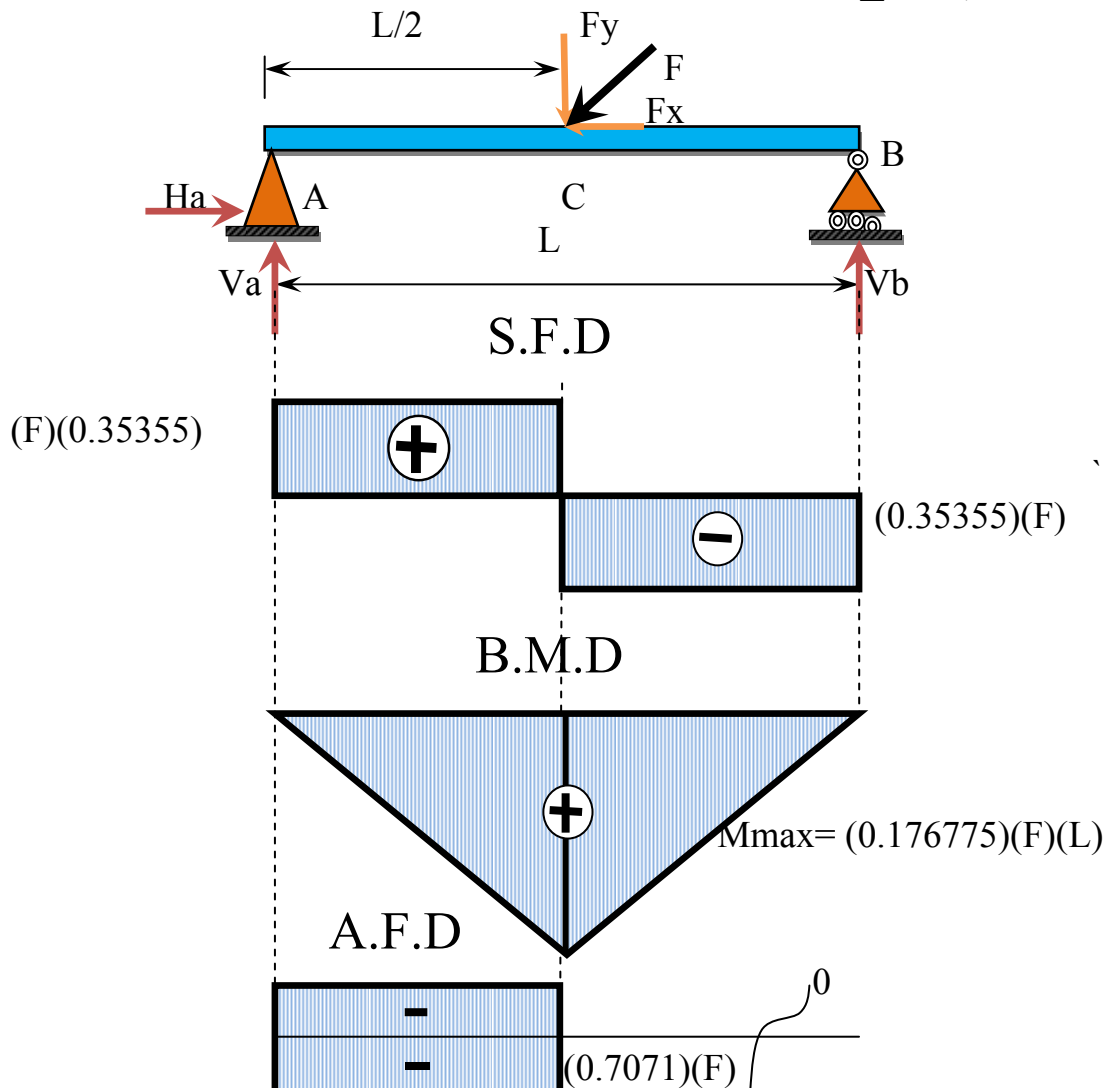
$$M_2 = (0.35355)(F)(L) \dots (\text{at point A})$$

در صورتیکه ($x_2 = L/2$) شود.

$$M_2 = M_1 = (0.176775)(F)(L) \dots (\text{at point C})$$

$$\sum F_y = 0, Q_2 + V_b = 0, Q_2 = -V_b, Q_2 = -(0.35355)(F) \dots (\text{at point B})$$

$$\sum F_x = 0, N_{bc} = 0.$$



فصل سوم

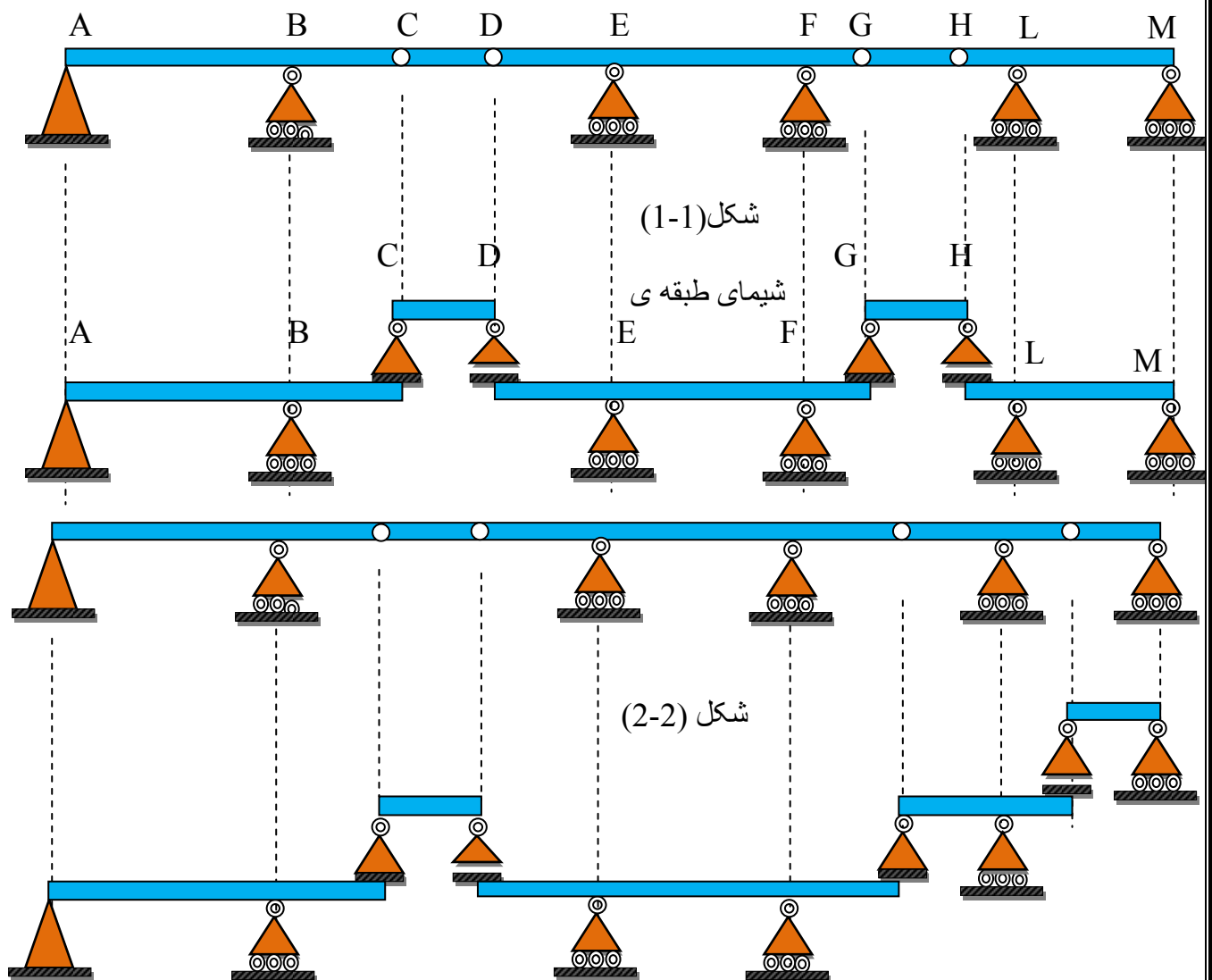
گادرهای منقطع مفصلدار چندین وایه ی معین ستاتیکی

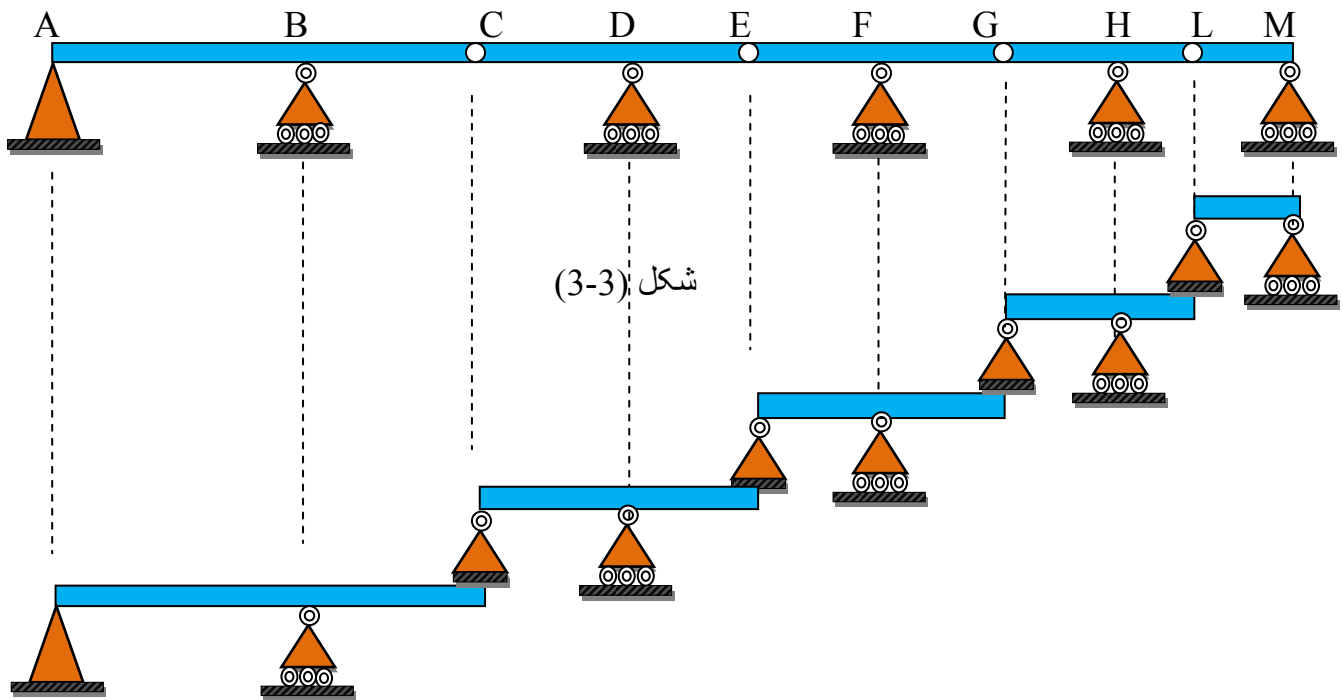
طوری که میدانیم گادرهای چندین وایه ی غیر منقطع نسبت به گادرهای منقطع دارای مزایای و خوبیهای زیاد میباشد. عدم قطع گادرها در اتکاها باعث ایجاد مومنت های منفی (-) اتکای میگردد که این نوع مومنت های منفی اتکای به نوبه خود مومنت های مثبت (+) وایه ها را تقلیل میدهند.

گادرهای منقطع چندین وایه ی تا اندازه واجب صفت های معین خود است بدین لحاظ در ساختمانهای صنعتی ویا پل ها به صورت وسیع استعمال میگردد. شرایط گذشتن مفصلها در این نوع گادرها چنین است.

1- در وایه های وسطی نه باید اضافه از دو (2) مفصل گذاشته شود. و وایه بعدی باید بدون مفصل باشد. مانند شکل (1-1).

2- در وایه های جانبی نباید اضافه از یک (1) مفصل گذاشته شود. در غیر آن سیستم مذکور به یک سیستم تغییر پذیر لحتوی مبدل میشود. مانند اشکال (2-2) و (3-3).



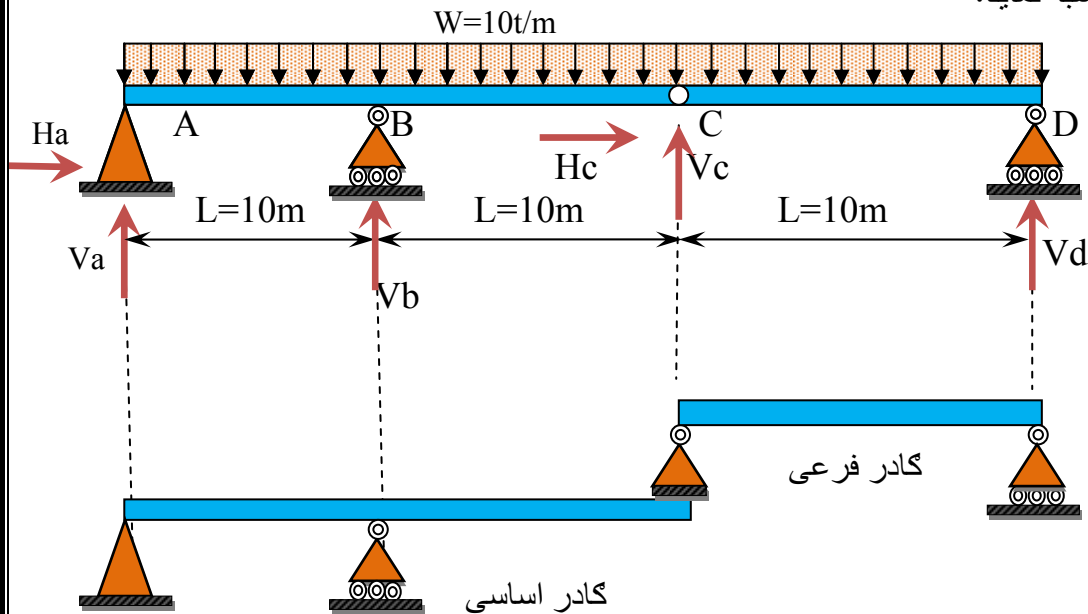


شکل (3-3)

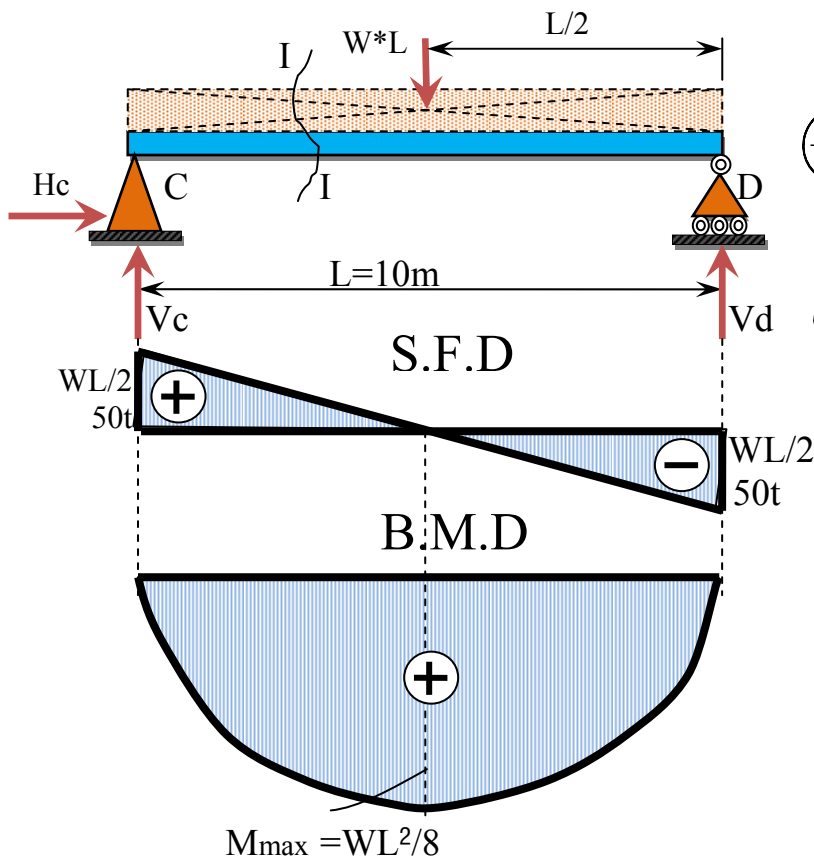
• محاسبه گادرهای چندین وایه ی مفصلی از اثر بارهای ثابت:

محاسبه این نوع گادرها با استفاده از شیمای طبقه ی صورت میگرد. مانند اشکال فوق. قبل از ارایه شیمای طبقه ی گادرها لازم است اجزا گادرها را مطالعه نمایم. گادرهاییکه دارای یک، دو و یا بیشتر میله های اتکای نسبت به گادرهای دیگر با زمین باشد بنام گادرهای اساسی یاد میشود. مانند گادر (C, A). گادرهاییکه دارای یک میله اتکای کمتر نسبت به گادرهای دیگر با زمین باشد بنام گادرهای فرعی یاد میشود. مانند گادر (L, M) شکل (1-1). گادرهاییکه توسط مفصل ها به گادرهای همجوار اتکا نموده و دارای اتکای میله ی با زمین نمیباشد بنام گادرهای معلق و یا آویزان یاد میشود. مانند (C, D) شکل (1-1). بعد از این مرحله شیمای طبقه ی چندین وایه ی تشکیل میگردد. برای این منظور رابطه های مفصلی بین اجزا گادر را توسط اتکا عوض نموده و به ترتیب از طرف بالا گادرهای معلق را بالای گادرهای فرعی و گادرهای فرعی بالای گادرهای اساسی قرار میدهم. مانند اشکال فوق. بعد از تشکیل شیمای طبقه ی محاسبه گادربه ترتیب ذیل صورت میگرد. در ابتدا گادرهای معلق بعد گادرهای فرعی و در آخر گادرهای اساسی محاسبه میگردد. گادرهای معلق تنها از اثر بارهای خارجی که مستقیماً بالای آن عمل نموده محاسبه میگردد. ولی گادرهای فرعی و اساسی از اثر بارهای خارجی و از اثر فشار گادرهاییکه بالای آنها اتکا نموده محاسبه میگردد. که این فشار عبارت از عکس العمل گادرهای اتکا کننده میباشد که از نقطه نظر قیمت مساوی و از نقطه نظر جهت مخالف جهت عکس العملهای دریافت شده میباشد. و بعداً دیاگرامهای نیرو های داخلی که عبارت از (Q, M) میباشد دریافت و پهلوی همدیگر قرار میگردند و دیاگرام گادر منقطع چندین وایه ی مفصل دار تشکیل میگردد.

مثال (1): بییم ویا گادر که در شکل داده شده عکس العمل های اتکایی، مومنت انحنای و قوه عرضی را محاسبه نماید؟



در ابتدا گادر فرعی محاسبه مینمایم که برای دریافت نمودن عکس العملهای اتکایی در نقطه D ویا C مومنت میگیریم وبعدا نظر به همان نقطه که مومنت گرفته شده تمام قوه های عامل با شمول عکس العملها مطالعه مینمایم.
در گادر مذکور برای دریافت نمودن عکس العمل اتکایی V_c در نقطه D مومنت میگیریم.

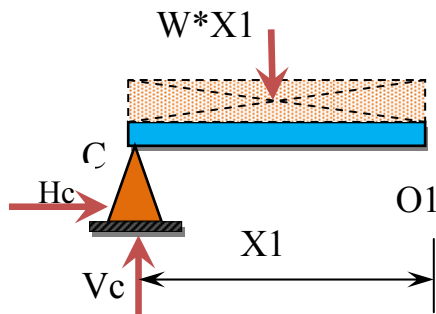


$$\begin{aligned} \sum M_D = 0 \\ (V_c)(L) - (W)(L)(L/2) &= 0 \\ V_c &= (WL^2/2)(1/L) \\ V_c &= WL/2 = 50t. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_C = 0 \\ (V_d)(L) - (W)(L)(L/2) &= 0 \\ V_d &= (WL^2/2)(1/L) \\ V_d &= WL/2 = 50t. \end{aligned}$$

و یا به طریقه دیگر

$$\begin{aligned} + \uparrow \sum F_y = 0 \\ V_c + V_d - (W)(L) &= 0 \\ V_d &= (W)(L) - WL/2 \\ V_d &= WL/2 = 50t. \\ + \rightarrow \sum F_x = 0 \\ H_a &= 0 \end{aligned}$$



Section(I-I)
{L=10m ≥ X1 ≥ 0}

دریافت مومنت انحنای و قوه عرضی.

$$\begin{aligned} \sum M_{O1} &= 0 \\ M_1 + (W)(X_1)(X_1/2) - (V_c)(X_1) &= 0 \\ M_1 &= (V_c)(X_1) - (W)(X_1^2/2) \end{aligned}$$

در صورتیکه (x1=0) شود.

$$M_1 = 0 \quad (\text{at point A})$$

در صورتیکه (x1=L=10m) شود.

$$M_1 = (W L^2/2) - (W L^2/2)$$

$$M_1 = 0 \quad (\text{at point D})$$

در صورتیکه (x1=L/2) شود.

$$M_1 = (W L/2)(L/2) - (W)((L/2)^2/2)$$

$$M_1 = (W L^2/4) - (W L^2/8)$$

$$M_1 = W L^2/8 = 125 \text{ t}\cdot\text{m} \quad (\text{at point CD/2})$$

$$\downarrow \sum F_y = 0$$

$$+ Q_1 + (W)(X_1) - V_c = 0$$

$$Q_1 = V_c - (W)(X_1)$$

در صورتیکه (x1=0) شود.

$$Q_1 = V_c = W L/2 = 50 \text{ t} \dots (\text{at point C})$$

در صورتیکه (x1=L=10m) شود.

$$Q_1 = - (W L/2) = -50 \text{ t} \dots (\text{at point D})$$

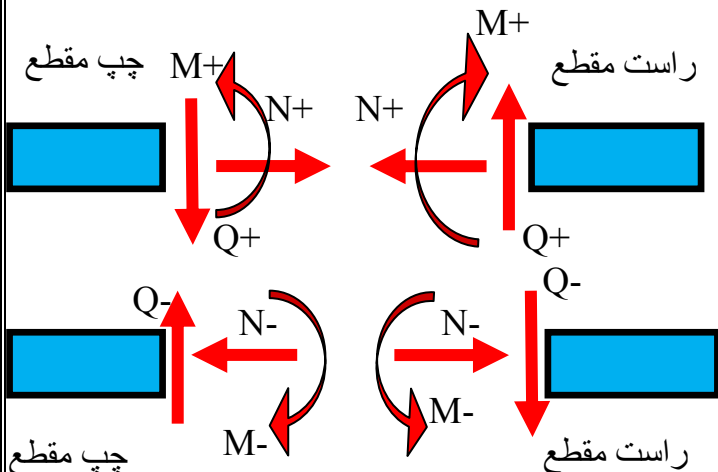
در صورتیکه (x1=L/2) شود.

$$Q_1 = (W L/2) - (W L/2)$$

$$Q_1 = 0 \dots (\text{at point CD/2})$$

$$+ \rightarrow \sum F_x = 0$$

$$N_1 + H_c = 0 \dots N_1 = -H_c \dots N_1 = 0$$



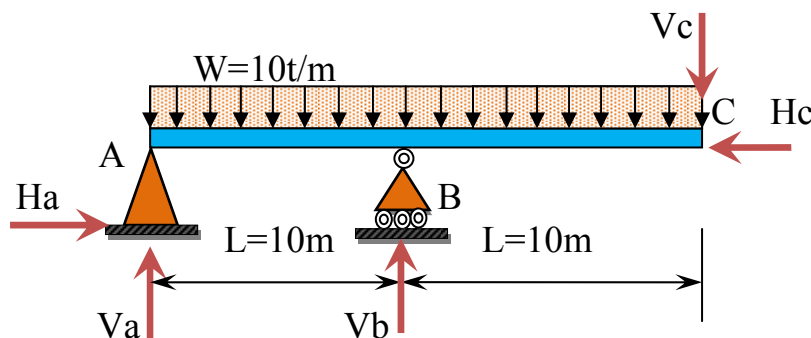
بعد از محاسبات گادر فرعی یا انتقال دهنده محاسبات گادر اساسی به طوری ذیل

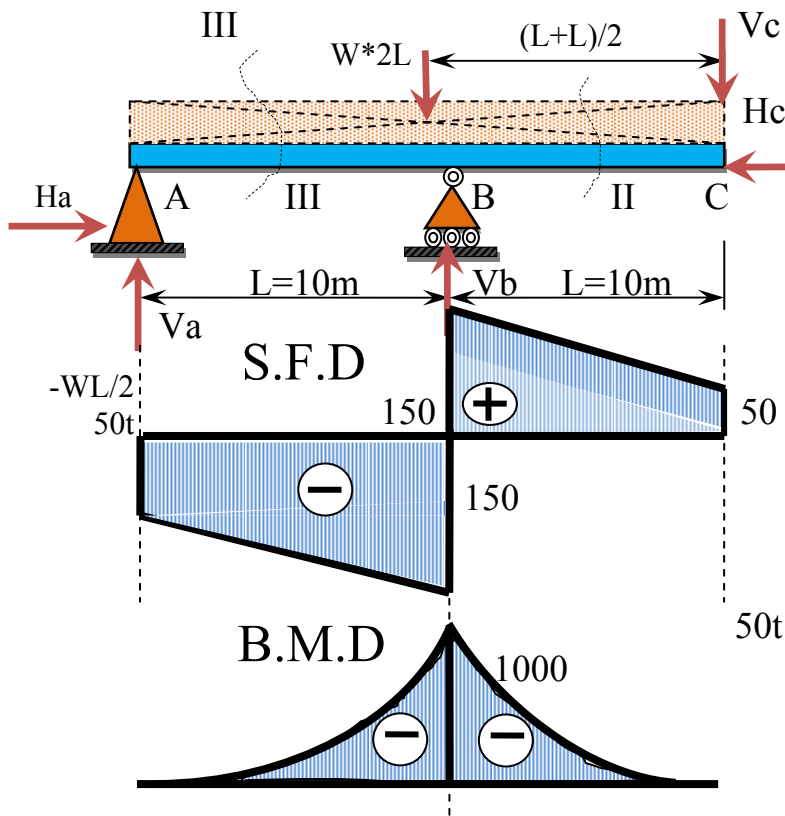
صورت میگردد.

در ابتدا عکس عملهای در یافت شده گادر فرعی یا انتقال دهنده که بالای گادر اساسی

اتکا نموده است بر خلاف همان جهت ها بالای گادر اساسی قرار میدهم و محاسبات بعدی

گادر اساسی به پیش میبریم.





$$-\sum M_A = 0$$

$$(V_b)(L) - (W)(2L)(2L/2) - (V_c)(2L) = 0$$

$$V_b = (2WL^2 + WL^2)(1/L)$$

$$V_b = 3WL^2/10 = 300t$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$V_b + V_a - V_c - W*2L = 0$$

$$V_a = V_c + W*2L - V_b$$

$$V_a = 50 + 200 - 300$$

$$V_a = -50t$$

و یا می توانیم بطور ذیل V_a دریافت گردد.

در نقطه B مومنت میگیریم.

$$+\sum M_B = 0$$

$$(V_c)(L) + (W)(L)(L/2) - (W)(L)(L/2) + (V_a)(L) = 0$$

$$V_a = (1/L)((WL^2/2) - (WL^2/2) - (WL^2/2))$$

$$V_a = (WL^2/2 - 2WL^2/2)(1/L)$$

$$V_a = (-WL/2) = -10*10/2 = -100/2 = -50t$$

علامه عکس العمل V_a فوق را مثبت میسازیم و جهت عکس

العمل را در بالا تغییر میدهیم. و یا بی دون کدام تغییرات فوق

در محاسبات بعدی علامه عکس العمل که منفی است در نظر

میگیریم.

محاسبات مومنت انحنا و قوه عرضی را به طور ذیل

صورت میگرد.

$$+\sum M_{O3} = 0$$

$$-(V_a)(X_3) - (W)(X_3)(X_3/2) - M_3 = 0$$

$$M_3 = -(V_a)(X_3) - (W)(X_3)^2/2$$

$$\text{در صورتیکه } X_3 = 0$$

$$\text{A نقطه در } M_3 = 0$$

$$X_3 = 10m$$

$$M_3 = -(50)(10) - (10)(10)^2/2 = -500 - 500 = -1000t*m$$

+

در نقطه B

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

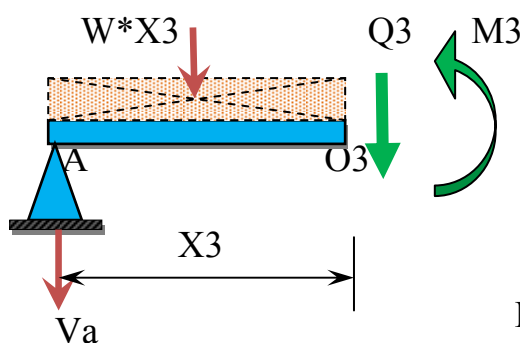
$$X_3 = 5m, M_3 = -375t*m$$

در نقطه AB/2

$$-Q_3 - (W)(X_3) - V_a = 0$$

$$Q_3 = -V_a - (W)(X_3)$$

Section(III-III)
10m $\geq X_3 \geq 0$

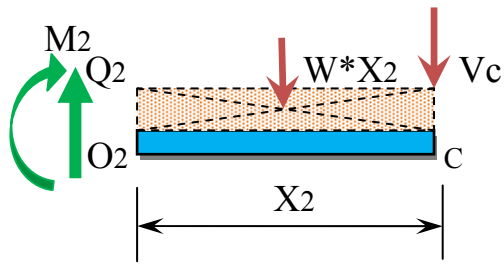


در صورتیکه $X_3 = 0$

$$\text{A نقطه در } Q_3 = -V_a = -50t$$

$$X_3 = 10m$$

$$\text{در نقطه B } Q_3 = -50 - 100 = -150t$$



Section(II-II)
 $10\text{m} \geq X_2 \geq 0$

$$+\sum M_{O2} = 0$$

$$(V_c)(X_2) + (W)(X_2)(X_2/2) + M_2 = 0$$

$$M_2 = - (V_c)(X_2) - (W)(X_2)^2/2$$

در صورتیکه $X_2 = 0$

در نقطه C $M_2 = 0$

$$X_2 = 10\text{m}$$

$$M_2 = -(50)(10) - (10)(10)^2/2 = -500 - 500 = -1000\text{t}\cdot\text{m}$$

در نقطه B

$$+\sum F_y = 0$$

$$X_2 = 5\text{m}, M_2 = -375\text{t}\cdot\text{m}$$

$$Q_2 - (W)(X_2) - V_c = 0$$

در نقطه CB/2

$$Q_2 = V_c + (W)(X_2)$$

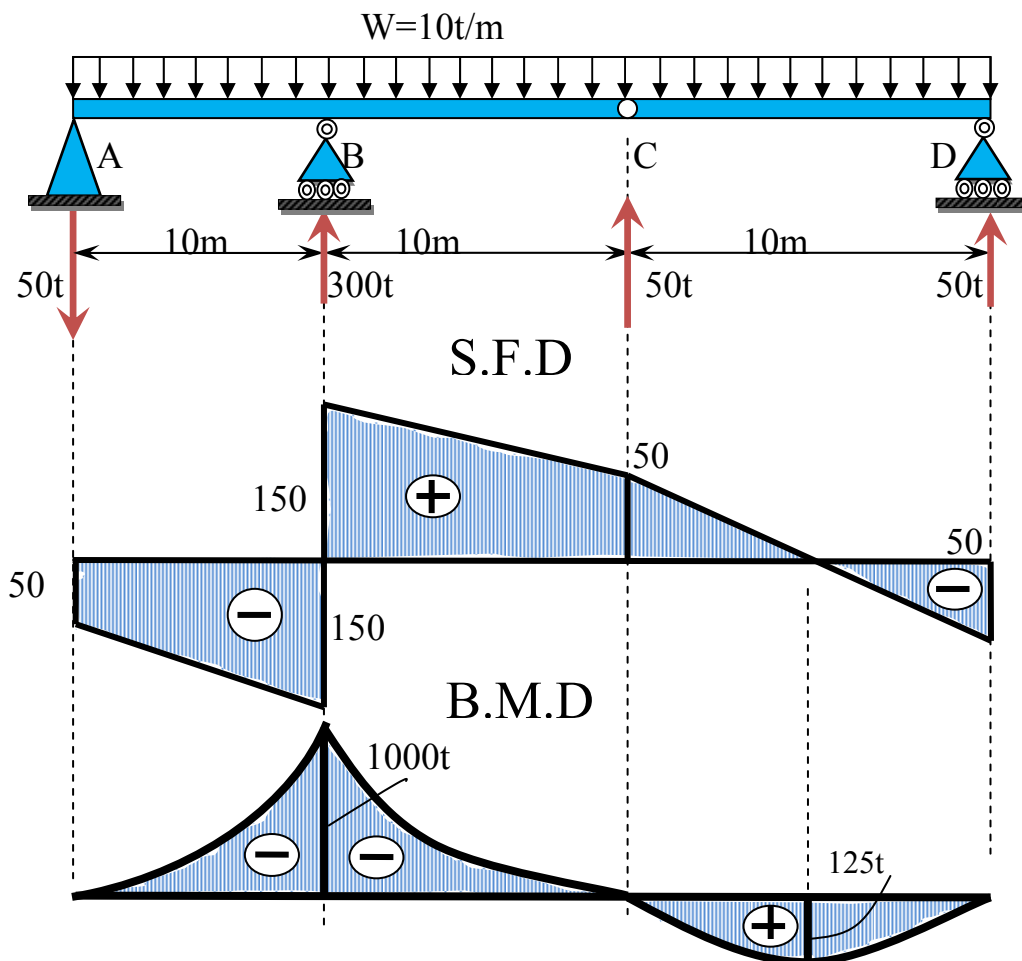
در صورتیکه $X_2 = 0$ شود.

در نقطه C $Q_2 = 50\text{t}$

در صورتیکه $X_2 = 10\text{m}$ شود.

در نقطه B $Q_2 = 150\text{t}$

در آخر دیاگرامهای هر دو گادر با همدیگر یکجا میسازیم و دیاگرام گادر مقطع مفصلدار مسلسل را تشکیل میدهیم.



فصل چهارم

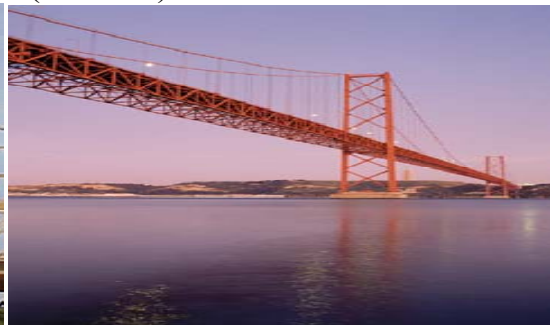
ترسهای مسطح معین ستاتیکی

ترس عبارت از یک نوع سیستم میله ای اند که میله های آنها توسط گره های سخت با هم وصل میشود ولی معمولاً گره های سخت ترسها را به شکل مفصل فرض مینمایم. مانند (شکل 2-2)

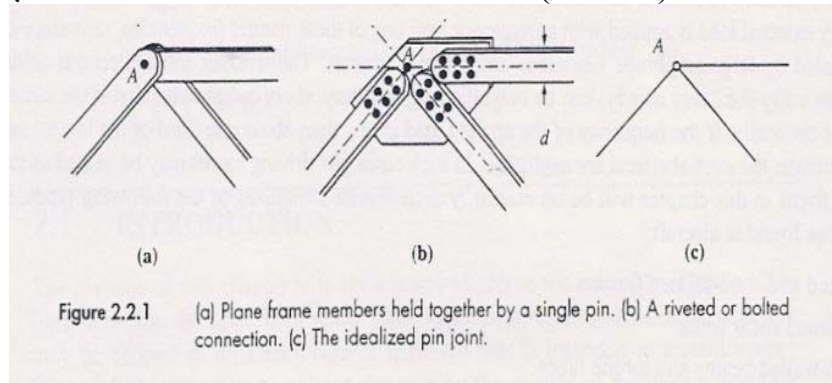
ترسها در ساختمان سرکها (پلها) مانند (شکل 1-1)، ساختمانهای صنعتی در پوشش سقفها که موجودیت پایه مزاحم باشد و در برج های انتقال برق بکار برده میشود. (شکل 1-1)



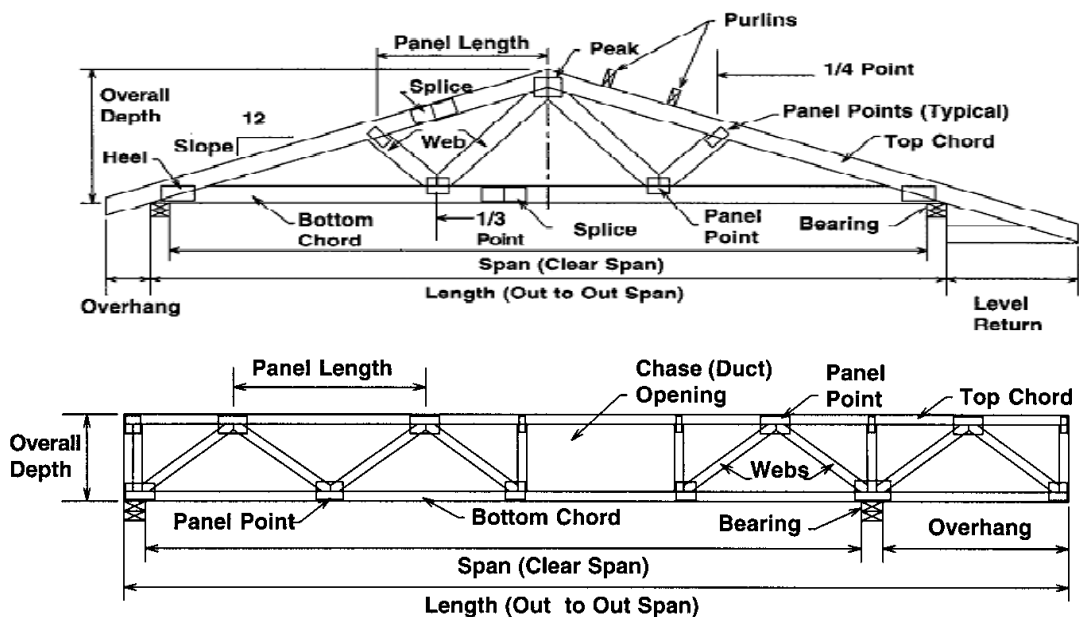
ترسهای چوبی



(شکل 2-2) ترسهای فلزی

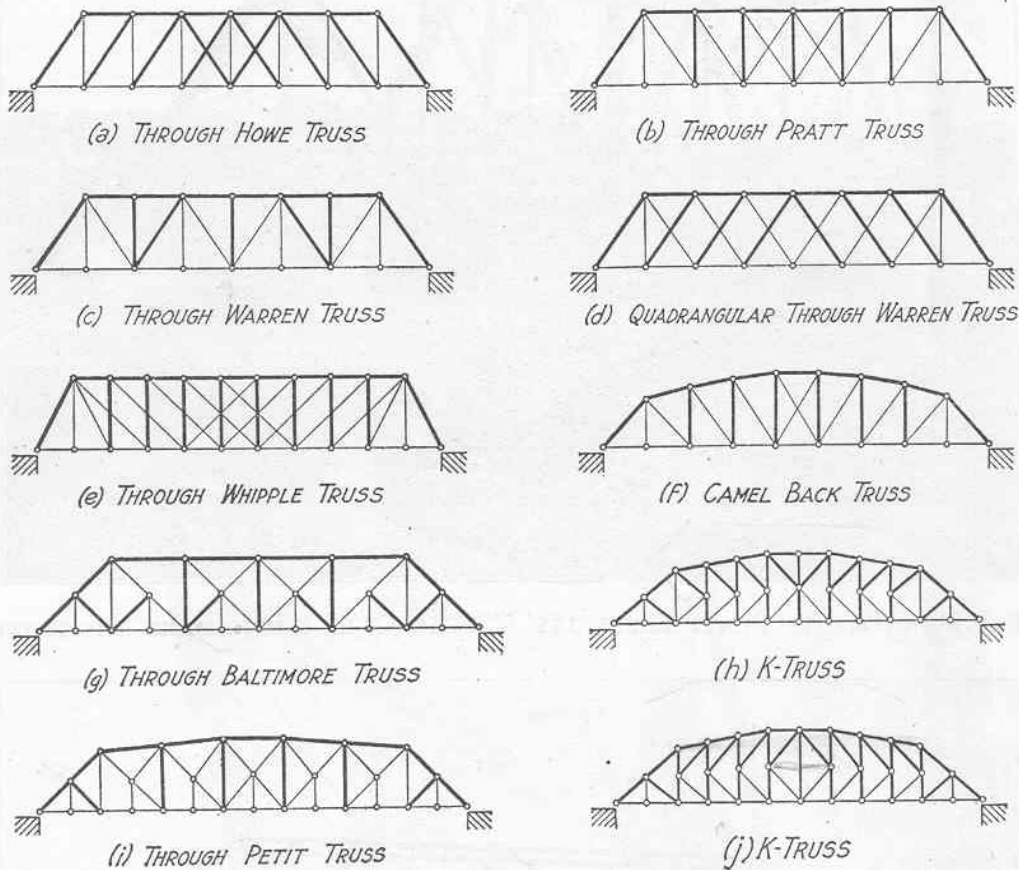


عناصر یک ترس را تشکیل میدهند در شکل ذیل نشان داده شده است.

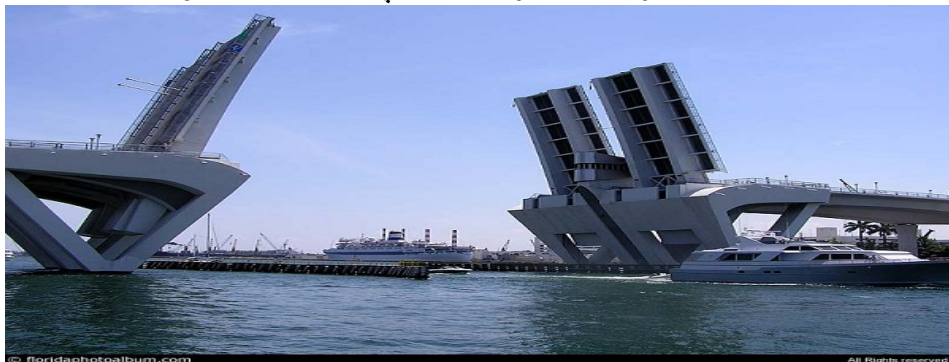


انواع ترسها (Type of Trusses)

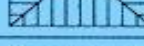
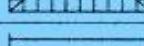
ترسها انواع و اقسام مختلف دارند که انتخاب نوع ترسها مربوط به ملاحظات ساختمانی بوده که این مسئله را در مضامین عناصر ساختمانی و ساختمان پلها بررسی میگردد. انواع و اقسام مختلف ترسها در اشکال ذیل نشان داده شده است.



ترسهایکه در ساختمان پلها استعمال میشود



پلهای مفصلدار بخاطر عبور کشتیها

NAME	MAX. SPAN (M)	CONFIGURATION	NAME	MAX. SPAN (M)	CONFIGURATION
KING POST	5		POLYNESIAN or GAMBREL	12	
QUEEN POST	6		POLYNESIAN or GAMBREL	16	
FINK	9		SIMPLE ATTIC FRAME	10	
FAN	10		QUEEN POST ATTIC FRAME	14	
FW	13		HOWE ATTIC FRAME	14	
DOUBLE W	13		VAULTED CEILING	8	
TRIPLE W	16		VAULTED CEILING'	8	
KING SCISSORS	4		VAULTED CEILING'	13	
QUEEN SCISSORS	6		VAULTED CEILING'	18	
HOWE SCISSORS	8		BOWSTRING 5 to 9 PANELS	18	
DOUBLE HOWE SCISSORS	12		HOWE GIRDER	6	
TRIPLE HOWE SCISSORS	16		DOUBLE HOWE GIRDER	9	
WARREN SCISSORS	12		TRIPLE HOWE GIRDER	12	
DOUBLE WARREN SCISSORS	16		INVERTED HOWE	8	
MODIFIED SCISSORS	8		INVERTED DOUBLE HOWE	12	
MODIFIED SCISSORS	8		MONO PITCH HIP END 45° CORNER SET	-	
MODIFIED SCISSORS	12		HIP TYPE 'S'	10	
MODIFIED SCISSORS	12				
MODIFIED SCISSORS	16		HIP TYPE 'T' TRUNCATED SYSTEM	-	
POLYNESIAN or GAMBREL	8				
POLYNESIAN or GAMBREL	12		HIP TYPE 'D' (DUTCH HIP)	-	
MONO-HALF HOWE COMP	7				
MONO-HALF SCISSORS HOWE TENSION	7		HIP TYPE 'F'	10	
MONO-HALF SCISSORS WARREN	6				

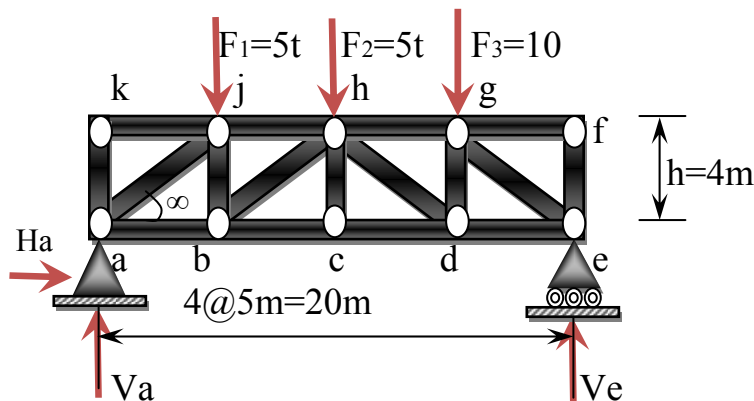


ترسهایکه در تعمیرات استعمال میشود

طریقه های تحلیل محاسبات نیروها در عناصر ترسها (Truss Analysis Methods)

1- طریقه قطع گره ها و یا (Joint Method):

در این طریقه دو معادله تعادل یا (Equations of Equilibrium) ذیل وجود دارد. $\sum F_y = 0$ و $\sum F_x = 0$ که به این اساس در این طریقه گره ها به ترتیب طوری قطعه میگرد که در آن گره نسبت به گره دیگر تعداد میله ها کمتر وصل شده باشد. و یا به عبارت دیگر در گره تحت مطالعه نیروهای داخلی مجهول نسبت به دیگر گره ها کمتر باشد. بعد از قطع گره ها میتوانیم که به اساس معادلات فوق نیروهای محوری مجهول را دریافت نماییم. ناگفته نباید گذاشت که دریافت نمودن عکس العملها در ترسهای ساده مانند عکس العملهای کادرهای ساده صورت میگیرد.



مثال: یک پلی که دارای وایه $L=20m$ است، توسط فریم که در شکل نشان داده شده است پوشیده شده. اگر بالای پل همزمان قوه های $F_3=10ton, F_2=5ton, F_1=5ton$ طوریکه در شکل نشان داده شده است عمل نماید مطلوب است
(1) نیروهای داخلی در عناصر فریم در صورتیکه کمر بند بالائی فریم باری باشد و ارتفاع فریم $4m$ است.

برای محاسبه تحلیل فریم لازم است تا از همه اولتر عکس العمل های V_a, V_e, H_a را دریافت نماییم.

مجموع مومنت نظر به نقطه e مساوی به صفر قرار میدهیم.

$$\begin{aligned} \sum M_E &= 0 \\ (V_a)(20) - (F_1)(20-5) - (F_2)(20-10) - (F_3)(20-15) &= 0 \\ V_a &= (1/20)((5*15) + (5*10) + (10*5)) = 8.75 \text{ ton.} \end{aligned}$$

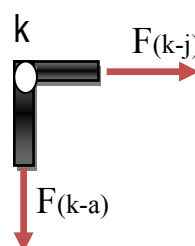
$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ V_a + V_e - F_1 - F_2 - F_3 &= 0 \\ V_e &= F_1 + F_2 + F_3 - V_a \\ V_e &= 20 - 8.75 = 11.25 \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ H_a &= 0 \\ \text{Tang } \theta &= b_j / a_b = 4/5 = 0.8 \\ \text{Arc tang } 0.8 &= (38.66)^\circ \\ \sin(38.66)^\circ &= 0.625 \\ \cos(38.66)^\circ &= 0.781 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ F_{(k-a)} &= 0 \end{aligned}$$

برای دریافت نیروهای داخلی در عناصر ترس از طریقه تحلیل (قطع گره) استفاده مینمائیم. اولاً گره را قطع مینمائیم که در آن از دو عنصر اضافه تر نباشد در ترس داده شده گره های k و f دارای عین شرائط میباشد.

Joint (k)



$$\rightarrow + \sum F_x = 0$$

$$F_{(k-j)} = 0$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$8.75 + 0 + (F_{(a-j)})(\sin(38.66)^\circ) = 0$$

$$(F_{(a-j)}) = -8.75 / 0.625 = -14 \text{ ton (Compression)}$$

$$\rightarrow + \sum F_x = 0$$

$$0 + (F_{(a-b)}) + (F_{(a-j)})(\cos(38.66)^\circ) = 0$$

$$(F_{(a-b)}) = -(-14)(0.781) = 10.934 \text{ ton (Tension)}$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$(14)(\sin \infty) - 5 - F_{(j-b)} = 0$$

$$F_{(j-b)} = -(14)(0.625) + 5 = -3.75 \text{ ton (Compression)}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$(14)(\cos \infty) - 0 + F_{(j-h)} = 0$$

$$F_{(j-h)} = -(14)(0.781) + 0 = -10.934 \text{ ton (Compression)}$$

$$\uparrow + \sum F_y = 0$$

$$-(3.75) + (F_{(b-h)})(\sin \infty) = 0$$

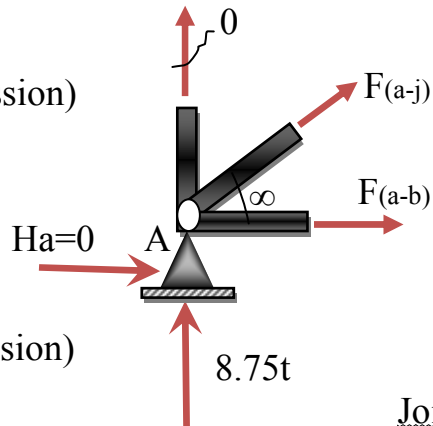
$$F_{(b-h)} = (3.75) / (0.625) = 6 \text{ ton (Tension)}$$

$$\sum F_x = 0$$

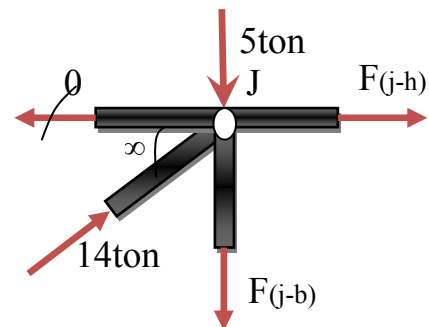
$$-(10.934) + (F_{(b-g)})(\cos \infty) + (F_{(b-c)}) = 0$$

$$F_{(b-c)} = (10.934) - (6)(0.781) = 6.25 \text{ ton (Tension)}$$

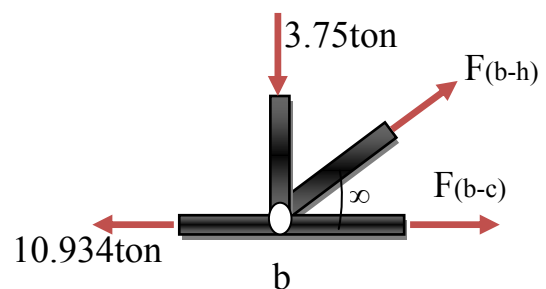
Joint (a)



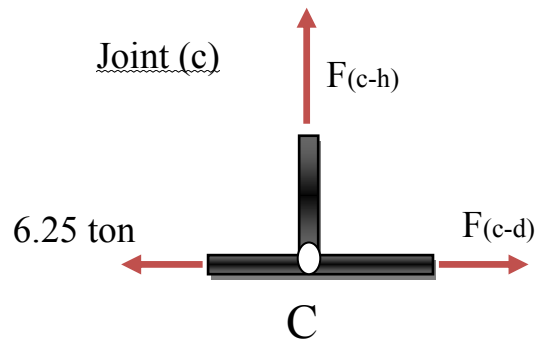
Joint (j)



Joint (b)



$$\begin{aligned} \uparrow \sum F_y &= 0 \\ F_{(c-h)} &= 0 \end{aligned}$$

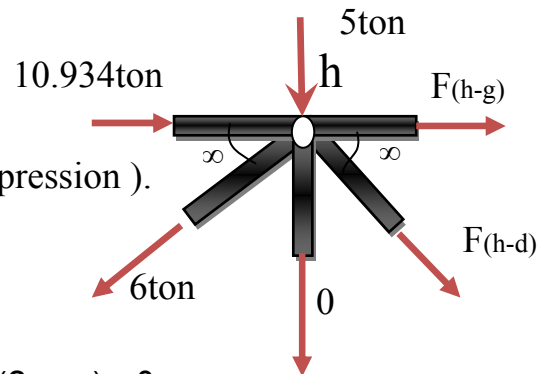


$$\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$\begin{aligned} -6.25 + F_{(c-d)} &= 0 \\ F_{(c-d)} &= 6.25 \text{ ton (Tension).} \end{aligned}$$

Joint (h)

$$\begin{aligned} \uparrow \sum F_y &= 0 \\ -5 - (6)(\sin \infty) - (F_{(h-d)})(\sin \infty) &= 0 \\ F_{(h-d)} &= (-5 - (6)(0.62)) / (1/0.62) = -14.06 \text{ ton (Compression).} \end{aligned}$$

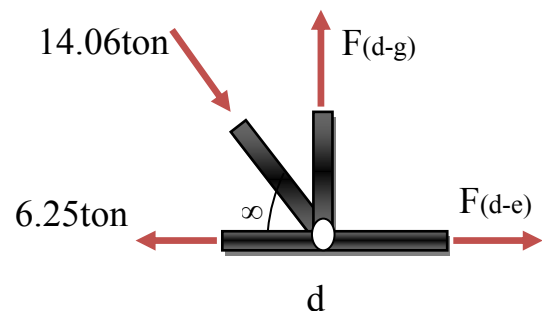


$$\sum F_x = 0$$

$$\begin{aligned} 10.934 + (F_{(h-d)})(\cos \infty) + F_{(h-g)} - (6)(\cos \infty) &= 0 \\ F_{(h-g)} &= -10.934 - (-14.06)(0.781) + (6)(0.781) = 4.733 \text{ ton (Tension).} \end{aligned}$$

Joint (d)

$$\begin{aligned} \uparrow \sum F_y &= 0 \\ -(14.06)(\sin \infty) + F_{(d-g)} &= 0 \\ F_{(d-g)} &= (14.06)(0.62) = 8.72 \text{ ton (Tension).} \end{aligned}$$



$$\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$\begin{aligned} (14.06)(\cos \infty) + F_{(d-e)} - (6.25) &= 0 \\ F_{(d-e)} &= -(14.06)(0.781) + (6.25) = -4.73 \text{ ton (Compression).} \end{aligned}$$

$$\uparrow \sum F_y = 0$$

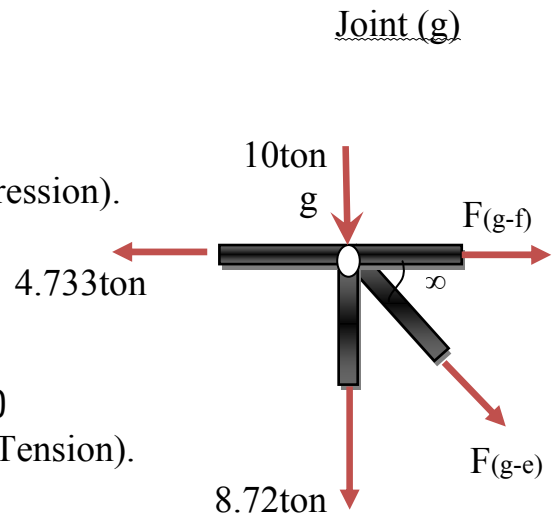
$$-(10)-(8.72)-(F_{(g-e)})(\sin \infty) = 0$$

$$F_{(g-e)} = (-10-8.72)(1/0.62) = -30.19 \text{ ton (Compression).}$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$-(4.733) + (F_{(g-e)})(\cos \infty) + F_{(g-f)} = 0$$

$$F_{(g-f)} = 4.733 - (-30.19)(0.781) = 28.31 \text{ ton (Tension).}$$



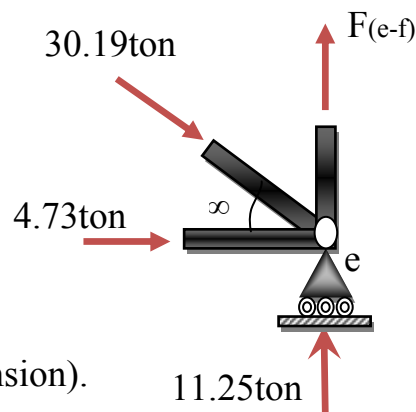
بخاطر دریافت نمودن نیروی محوری در میله ef میتوانیم گره (f) و یا Joint(f) و یا گره (e) را قطعه نمایم. که ما در اینجا گره (e) در نظر گرفتیم.

Joint (e)

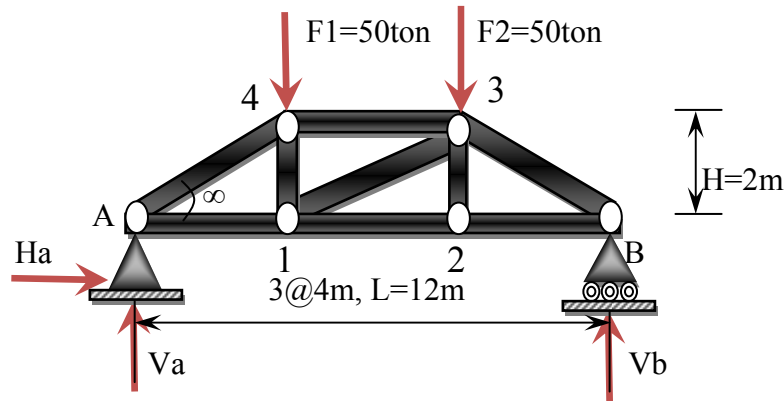
$$\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{(e-f)} + 11.25 - (30.19)(\sin \infty) = 0$$

$$F_{(e-f)} = (30.19)(0.62) - 11.25 = 7.46 \text{ ton (Tension).}$$



مثال دوم : truss ستابیکی داده شده را محاسبه نموده نیرو های داخلی در هر میله آن در یافت نمائید؟



حل :

- (1) عناصر ترس را در گره ها نام گذاری میکنیم
- (2) عکس العمل های اتکا ها را مشخص نموده و دریافت مینمائیم .
- (3) دریافت عکس العمل های H_a , V_a , V_b .

$$\sum F_X = 0$$

$$H_A = 0$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$V_A + V_B - F_1 - F_2 = 0$$

$$V_A + V_B = F_1 + F_2$$

$$V_A + V_B = 50 + 50 = 100 \text{ ton}$$

$$V_A + 50 = 100$$

$$V_A = 50 \text{ ton}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$- F_1 * 4 - F_2 * 8 + V_B * 12 = 0$$

$$V_B = \frac{F_1 * 4 + F_2 * 8}{12} = \frac{50 * 4 + 50 * 8}{12} = \frac{600}{12} = 50 \text{ ton}.$$

$$V_B = 50 \text{ ton}$$

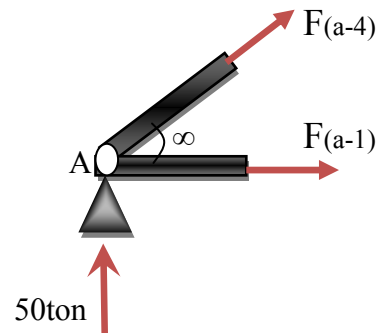
برای کنترل حل سوال طوری ذیل عمل مینماییم .

$$\sum MB = 0$$

$$V_A * 12 - F_A * 8 - F_2 * 4 = 0$$

$$V_A = \frac{50 * 8 + 50 * 4}{12} = \frac{600}{12} = 50 \text{ ton}$$

برای دریافت عکس العمل ها در عناصر TRUSS گره ها را که در آنها دو عناصر قطع مینمایند. از TRUSS به طریقه قطع جدا نموده و در گره جدا شده تمام قوه های داخلی و خارجی نمایش میدهیم .



$$\tan \alpha = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

$$\arctan \frac{1}{2} = \alpha$$

$$\alpha = (26.56)^\circ$$

$$\sin \alpha = 0.447$$

$$\cos \alpha = 0.894$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F(a-4)(\cos \alpha) + F(a-1) = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$50 + F(a-4)(\sin \alpha) = 0$$

$$F(a-4) = -\frac{50}{\sin \alpha}$$

$$F(a-4) = -\frac{50}{0.447} = -111.85 \text{ ton (Compression)}$$

$$F(a-1) = -(-111.85)(0.894) = 100.04 \text{ ton (Tension)}$$

حالا گره چهار را قطع می نمایم.

$$\sum FX = 0$$

$$F(4-3) + (111.85)(\cos \alpha) = 0$$

$$F(4-3) = -(111.85)(0.894)$$

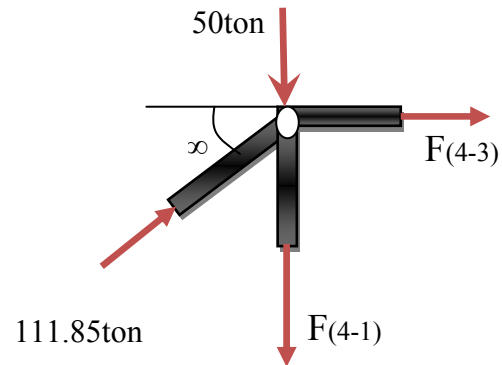
$$F(4-3) = -100.04 \text{ ton. (Compression).}$$

$$\sum FY = 0$$

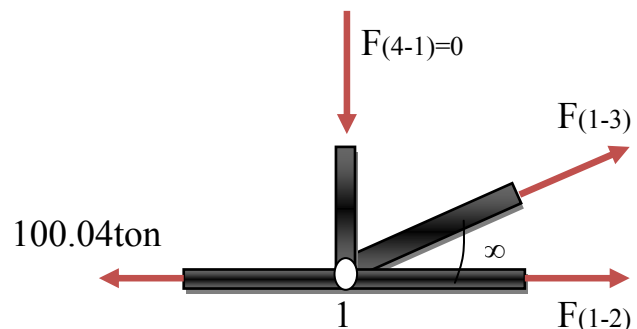
$$-50 - (F(4-1)) + (111.85)(\sin \alpha) = 0$$

$$F(4-1) = -50 + (111.85)(0.447)$$

$$F(4-1) = 0. (\text{Inactive}).$$



گره 1 را در نظر میگیریم.



$$\sum FX = 0$$

$$F(1-2) + (F(1-3)(\cos \alpha)) - (100.04) = 0$$

$$\sum FY = 0$$

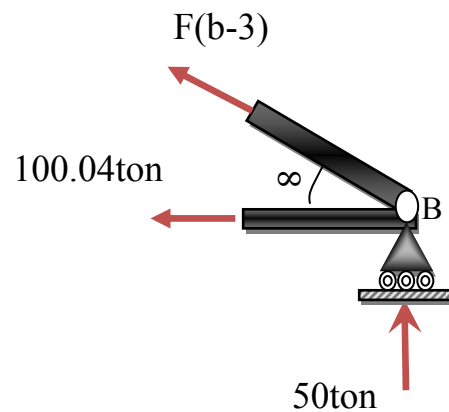
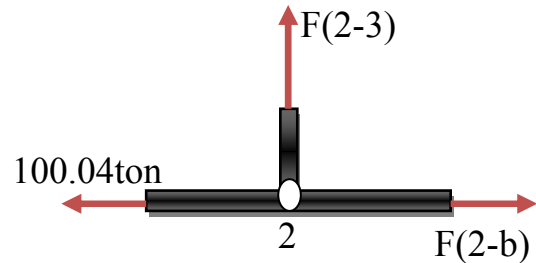
$$-0 + (F(1-3)(\sin \alpha)) = 0$$

$$F(1-3) = 0 (\text{Inactive}).$$

$$F(1-2) = 100.04 \text{ ton. (Tension).}$$

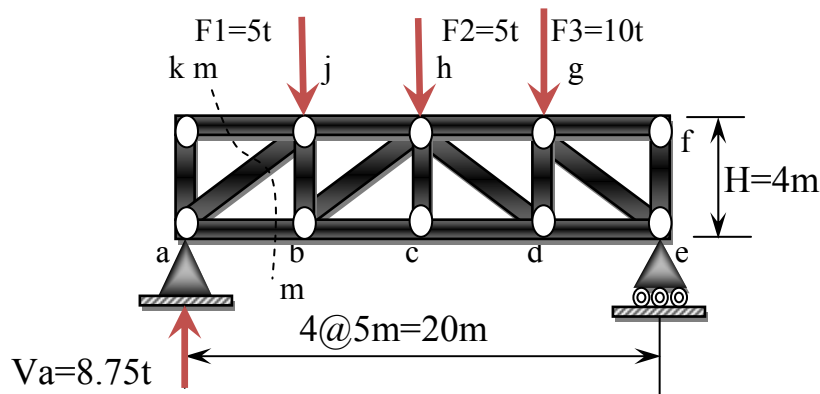
حل گره 2 شروع میکنیم.

$$\begin{aligned}\sum FX &= 0 \\ -100.04 + F(2-b) &= 0 \\ F(2-b) &= 100.04 \text{ ton. (Tension) } \\ \sum FY &= 0 \\ F(2-3) &= 0. (\text{Inactive})\end{aligned}$$

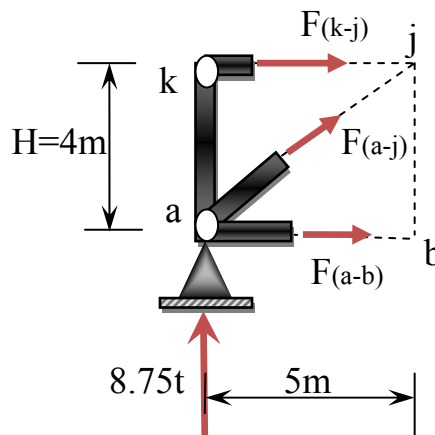


$$\begin{aligned}\sum FX &= 0 \\ -(F(b-3))(\cos \alpha) - 100.04 &= 0 \\ F(b-3) &= -100.04 / 0.894 = -111.85 \text{ ton. (Compression) } \\ \text{Checking for } (b-3) \text{ member } & \\ \sum FY &= 0 \\ 50 + (F(b-3))(\sin \alpha) &= 0 \\ F(b-3) &= -50 / 0.447 = -111.85 \text{ ton. (Compression) }.\end{aligned}$$

2- تحلیل ترسها توسط طریقه قطعه ویا (Section Method):



در ترس فوق می‌خواهیم قوه را در میله ab را توسط طریقه قطعه دریافت نمایم. اولاً توسط یک مستوی m-m هر سه میله را طوری قطعه مینمایم که میله مذکور شامل قطعه باشد و از جانب دیگر تمام میله‌های باقیمانده از یک نقطه واحد عبور نماید. و بعداً Free Body Diagram را بطوری ذیل ترسیم مینمایم.



$$\sum M_j = 0$$

$$(8.75)(5) - (F_{a-b})(H) = 0$$

$$F_{a-b} = ((8.75)(5))(1/H)$$

$$F_{a-b} = 43.75/4 = 10.93 \text{ ton. (Tension)}$$

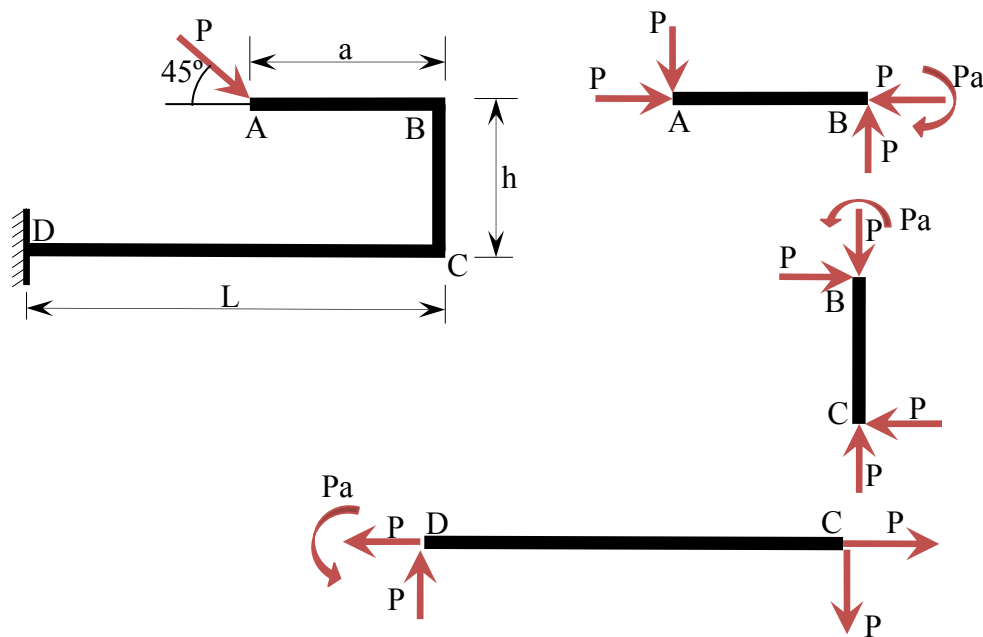
اگر بخواهیم که قوه را در میله kj را دریافت نمایم باید در نقطه a مومنت بگیریم. اگر بخواهیم که قوه را در میله aj را دریافت نمایم باید مجموع قوه‌ها به محور y در نظر گرفته شود. یعنی $\sum F_y = 0$.

چوکاتها (Frames):

درکارهای انجیری به ساختمانهای روبرو می‌شویم که از چند عضو یا عنصر که بصورت یکریخت به همدیگر متصل شده اند، تشکیل میشوند. که این ساختمانها را بنام چوکات ویا (Frame) یاد می‌گردد.

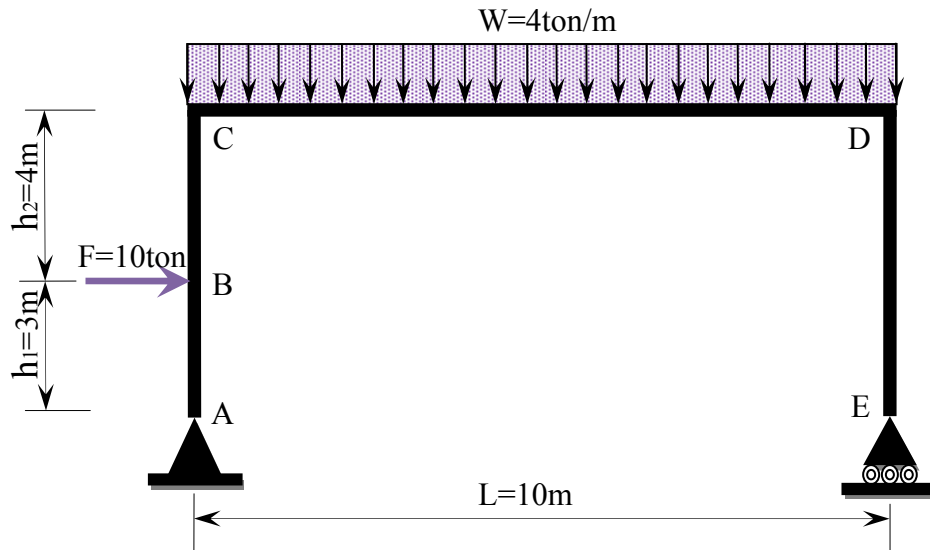
اگر این ساختمانها را به مجموعه ای از گادرهای معین جدا و از هم تجزیه نموده، تحلیل آنها به همان طوری خواهد بود که قبلاً در گادرها نشان داده شده است.

برای فهمیدن ویا تشریح این موضوع ساختمان ذیل را در نظر می‌گیریم. با شروع از نقطه A قسمتهای AB و BC و CD از این ساختمان را میتوان بطور متوالی از ساختمان اصلی جدا نموده و با رسم نمودن دیاگرام آزاد آنها، سیستم نیروهای داخلی را بر هریک از مقاطع بریده شده را به دست آورد.



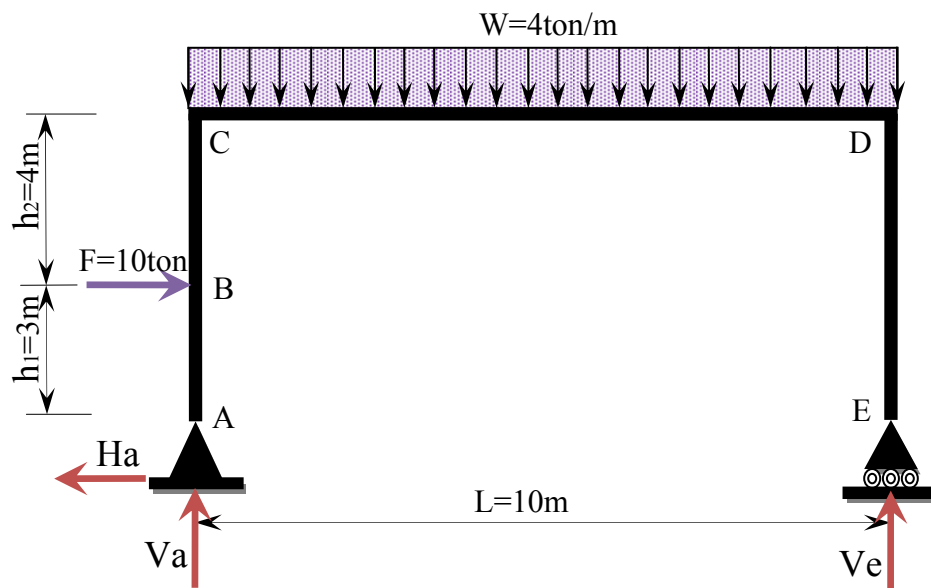
مثال 1: چوکات ویا Frame که از دو پایه ویک گادربه اندازه های مختلف تشکیل شده و تحت بار منتشره (Distribution Load) به مقدار $w=4\text{ton/m}$ وقوه متمرکزه (Point Load) خارجی به مقدار $F=10\text{ton}$ قرار دارد مطلوب است :

- عکس العملهای اتکای. Reactions
- نیروهای برشی در تمام میله های چوکات. Shear Forces
- نیروهای محوری در تمام میله های چوکات. Axial Forces
- مومنت های انحنای در تمام میله های چوکات. Bending Moment
- دیاگرامهای هر سه قوه داخلی فوق.
- کنترول گرهی ویا (Joint Control).
- کنترول نهایی ویا (Final Control).



حل:

در چوکات فوق برای دریافت نمودن عکس العملهای اتکای Reactions در یکی از نقاط فوق A و یا E مومنت میگیریم و تمام چوکات را از اثر قوه های وارده به اطراف همان نقطه از یک طرف مثبت و از طرف دیگر منفی را تحت مطالعه قرار میدهیم.



$$\sum M_E = 0$$

$$(V_a)(L) - (W)(L)(L/2) + (F)(h_1) = 0$$

$$V_a = (1/L) ((WL^2/2) - (F)(h_1))$$

$$V_a = 17 \text{ ton.}$$

$$\sum F_y = 0 \dots \uparrow$$

$$V_a + V_e - WL = 0$$

$$V_e = 23 \text{ ton.}$$

$$\sum F_x = 0 \dots \rightarrow$$

$$-H_a + F = 0$$

$$H_a = 10 \text{ ton.}$$

- نیروهای برشی در تمام میله های چوکات. Shear Forces
- نیروهای محوری در تمام میله های چوکات. Axial Forces
- مومنت های انحنای در تمام میله های چوکات. Bending Moment

$$M_1 = (H_a) (h_1) \dots \dots \dots (\text{Bending Moment Equations}).$$

$$\text{If } \dots h_1 = 0,$$

$$M_a = 0 \dots \dots (\text{at point A}).$$

$$\text{If } \dots h_1 = 3\text{m},$$

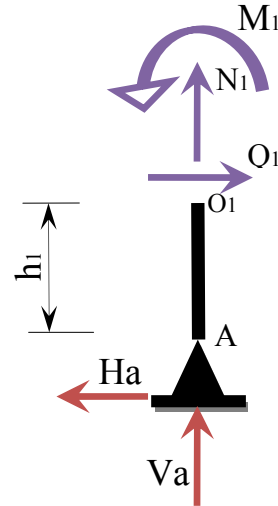
$$M_b = 30 \text{ ton} \cdot \text{m} \dots \dots (\text{at point B}).$$

$$Q_1 = H_a \dots \dots \dots (\text{Shear force Equations}).$$

$$Q_{ab} = 10 \text{ ton} \dots \dots (\text{Constant from point A to B}).$$

$$N_1 = -V_a \dots \dots \dots (\text{Axial force Equations}).$$

$$N_{ab} = -17 \text{ ton} \dots \dots (\text{Compression from point A to B}).$$



$$M_2 = (H_a) (h_1 + h_2) - (F) (h_2) \dots \dots \dots (\text{Bending Moment Equations}).$$

$$\text{If } \dots h_2 = 0,$$

$$M_b = 30 \text{ ton} \cdot \text{m} \dots \dots (\text{at point B}).$$

$$\text{If } \dots h_2 = 4\text{m},$$

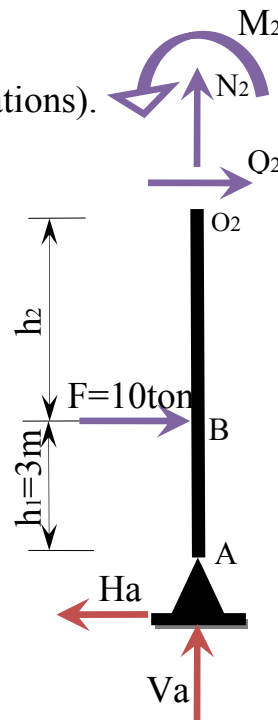
$$M_c = 30 \text{ ton} \cdot \text{m} \dots \dots (\text{at point C}).$$

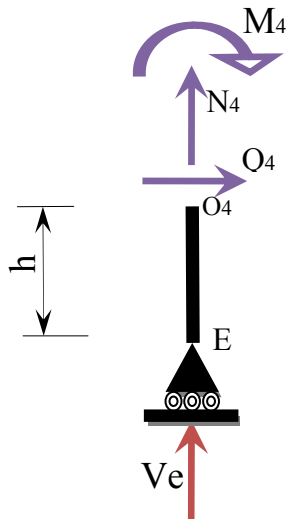
$$Q_2 = H_a - F \dots \dots \dots (\text{Shear force Equations}).$$

$$Q_{bc} = 0 \dots \dots (\text{Constant from point B to C}).$$

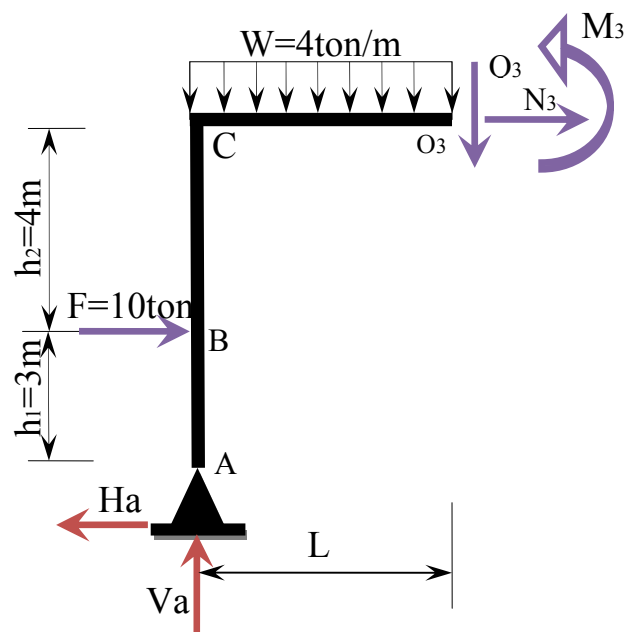
$$N_2 = -V_a \dots \dots \dots (\text{Axial force Equations}).$$

$$N_{bc} = -17 \text{ ton} \dots \dots (\text{Compression from point B to C}).$$





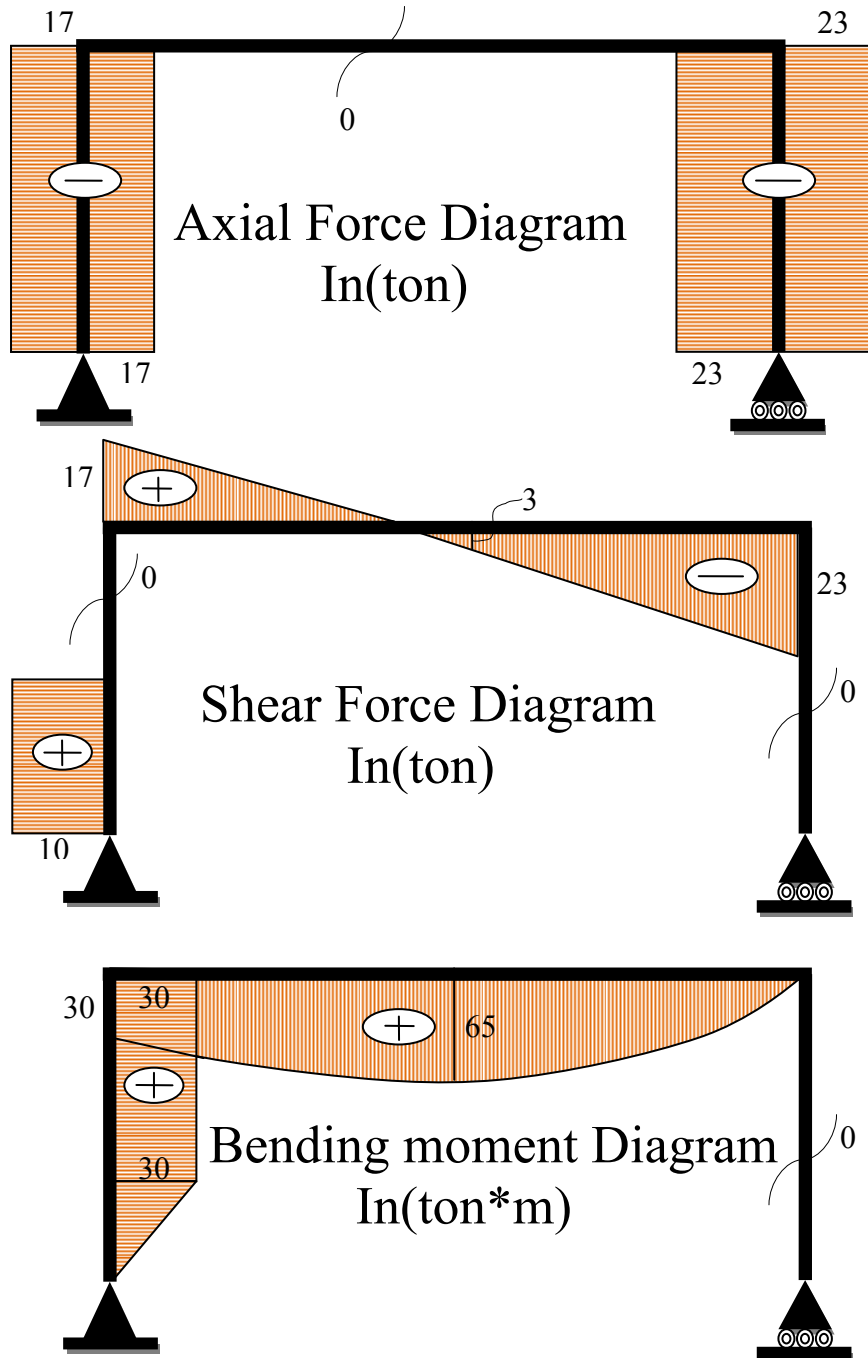
$M_4 = 0$ (Bending Moment Equations).
 $M_e = 0$ (at point E).
 $M_d = 0$ (at point D).
 $Q_4 = 0$ (Shear force Equations).
 $Q_e = 0$ (Constant from point E to D).
 $N_4 = -V_e$ (Axial force Equations).
 $N_{ed} = -23 \text{ ton}$ (Compression from point E to D).



(a)

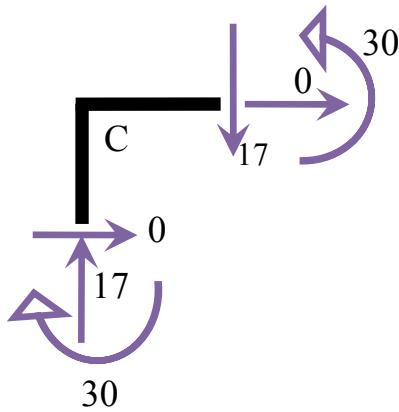
$M_3 = (H_a)(h_1 + h_2) - (F)(h_2) + (V_a)(L) - (wL^2/2)$ (Bending Moment Equations).
 If... $L = 0$,
 $M_c = 30 \text{ ton} \cdot \text{m}$ (at point C).
 If... $L = 5\text{m}$,
 $M_{cd/2} = 65 \text{ ton} \cdot \text{m}$ (at point (CD/2)).
 If... $L = 10\text{m}$,
 $M_d = 0$ (at point D).
 $Q_3 = V_a - WL$ (Shear force Equations).
 If... $L = 0$,
 $Q_c = 17 \text{ ton}$ (at point C).
 If... $L = 5\text{m}$,
 $Q_{cd/2} = -3 \text{ ton}$ (at point (CD/2)).
 If... $L = 10\text{m}$,
 $Q_d = -23 \text{ ton}$ (at point D).
 $N_3 = H_a - F$ (Axial force Equations).
 $N_{cd} = 0$ (Constant from point C to D).

دیگرامهای هر سه قوه داخلی فوق.

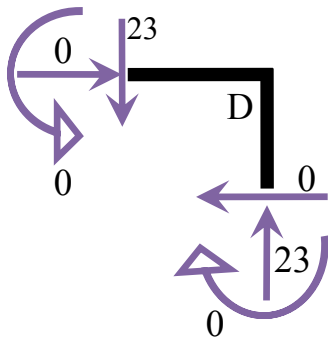


• کنترل گرهی ویا (Joint Control).

چوکات فوق از اثر قوه های داخلی در هر گره ویا joint به خاطر حفظ تعادل چوکات کنترل میگردد.

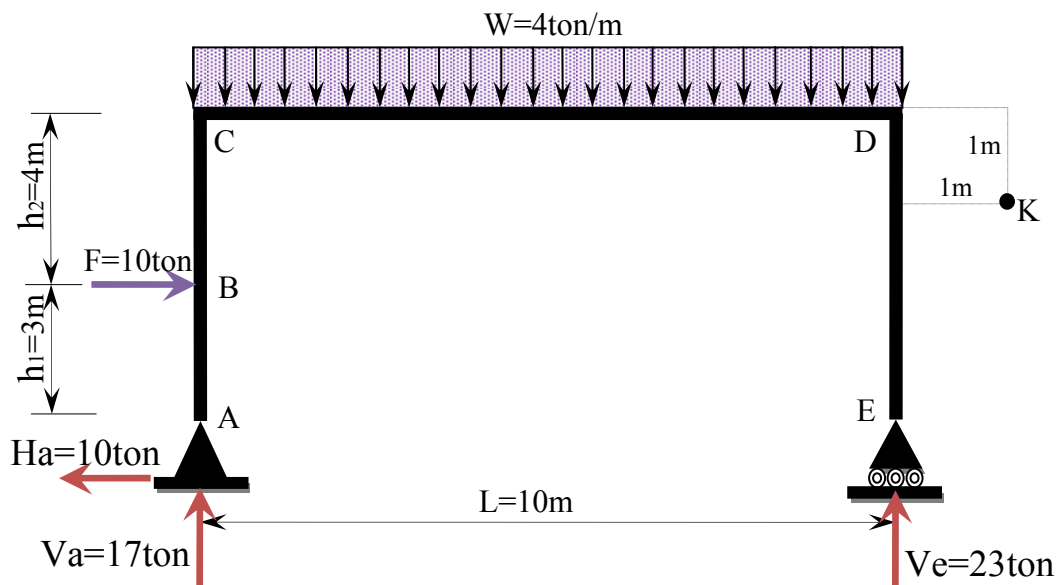


$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \dots\dots + \uparrow \\ 17 - 17 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\ \Sigma F_x &= 0 \dots\dots + \rightarrow \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\ \Sigma M_c &= 0 \dots\dots + \curvearrowleft \\ 30 - 30 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0 \dots\dots + \uparrow \\ 23 - 23 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\ \Sigma F_x &= 0 \dots\dots + \rightarrow \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\ \Sigma M_d &= 0 \dots\dots + \curvearrowleft \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK}\end{aligned}$$

به خاطر معلوم نمودن تعادل چوکات از اثر قوه های خارجی به اطراف نقطه K تمام چوکات را که از اثر قوه های خارجی عامل قرار دارد مطالعه نموده و تمام قوه های خارجی عامل بالای چوکات به اطراف نقطه K باید مساوی به صفر شود که در این صورت محاسبات فوق کدام اشتباهات نداشته و کاملاً درست میباشد، و در غیر آن محاسبات فوق باید کنترل و تصحیح گردد.



• کنترول نه‌ای ویا (Final Control).

$$\Sigma M_k = 0 \dots\dots\dots + \curvearrowright$$

$$(V_a)(11) + (H_a)(6) - (F)(3) - (W)(10)(6) + (23)(1) = 0$$

$$187 + 60 - 30 - 240 + 23 = 0$$

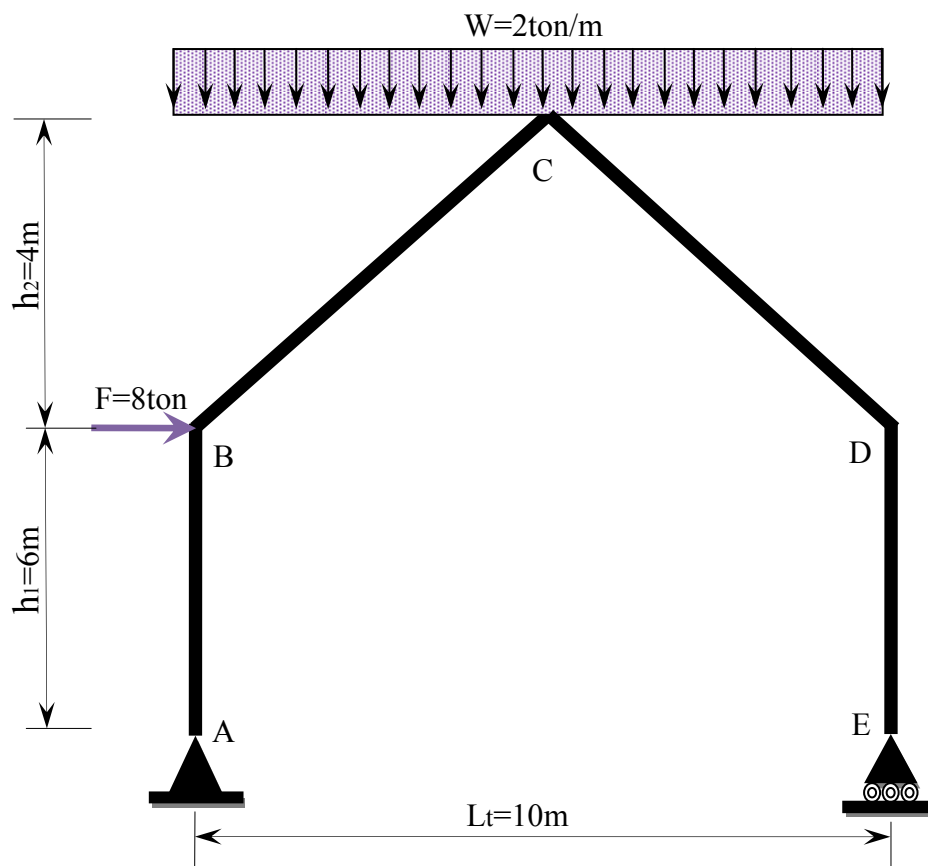
$$270 - 270 = 0$$

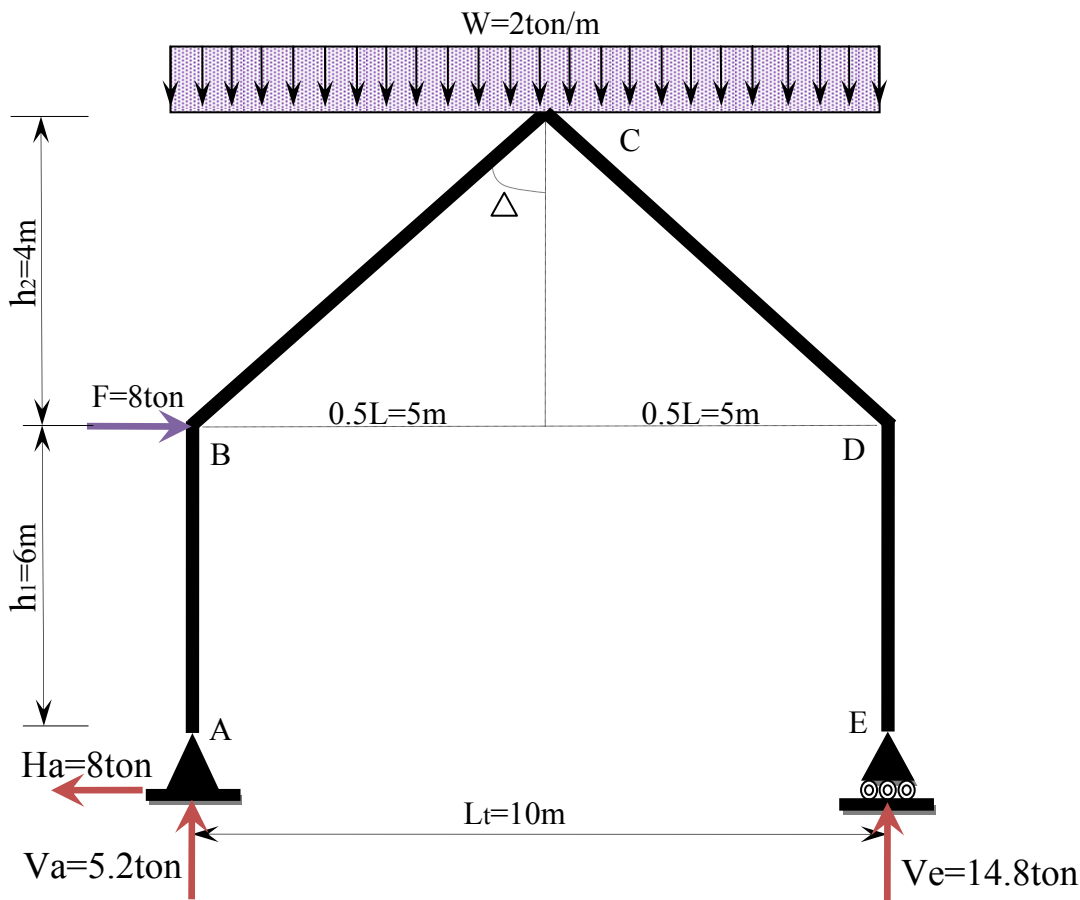
$$0 = 0 \dots\dots\dots \text{OK}$$

در محاسبات فوق کدام مشکل وجود ندارد .

مثال 2: چوکات ویا Frame که به اندازه های مختلف تحت بار منتشره (Distribution Load) به مقدار $w = 2 \text{ ton/m}$ وقوه متمرکز (Paint Load) به مقدار $F = 8 \text{ ton}$ قرار دارد مطلوب است :

- عکس العملهای اتکای. Reactions
- نیروهای برشی در تمام میله های چوکات. Shear Forces
- نیروهای محوری در تمام میله های چوکات. Axial Forces
- مومنت های انحنای در تمام میله های چوکات. Bending Moment
- دیاگرامهای هر سه قوه داخلی فوق.
- کنترول گرهی ویا (Joint Control).
- کنترول نه‌ای ویا (Final Control).





$$\sum M_E = 0$$

$$(V_a)(L_t) - (W)(L_t)(L_t/2) + (F)(h_1) = 0$$

$$V_a = (1/L_t) ((W L_t^2 / 2) - (F)(h_1))$$

$$V_a = 5.2 \text{ ton.}$$

$$\sum F_y = 0 \dots\dots\dots + \uparrow$$

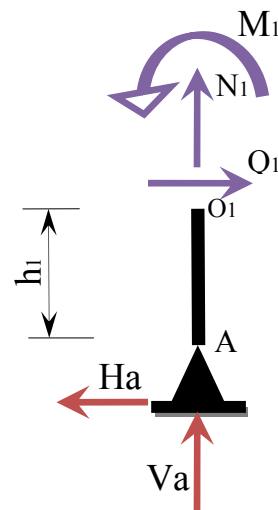
$$V_a + V_e - W L_t = 0$$

$$V_e = 14.8 \text{ ton.}$$

$$\sum F_x = 0 \dots\dots\dots \rightarrow +$$

$$-H_a + F = 0$$

$$H_a = 8 \text{ ton.}$$



$$M_1 = (H_a)(h_1) \dots\dots\dots (\text{Bending Moment Equations}).$$

$$\text{If } \dots h_1 = 0,$$

$$M_a = 0 \dots\dots\dots (\text{at point A}).$$

$$\text{If } \dots h_1 = 6 \text{ m,}$$

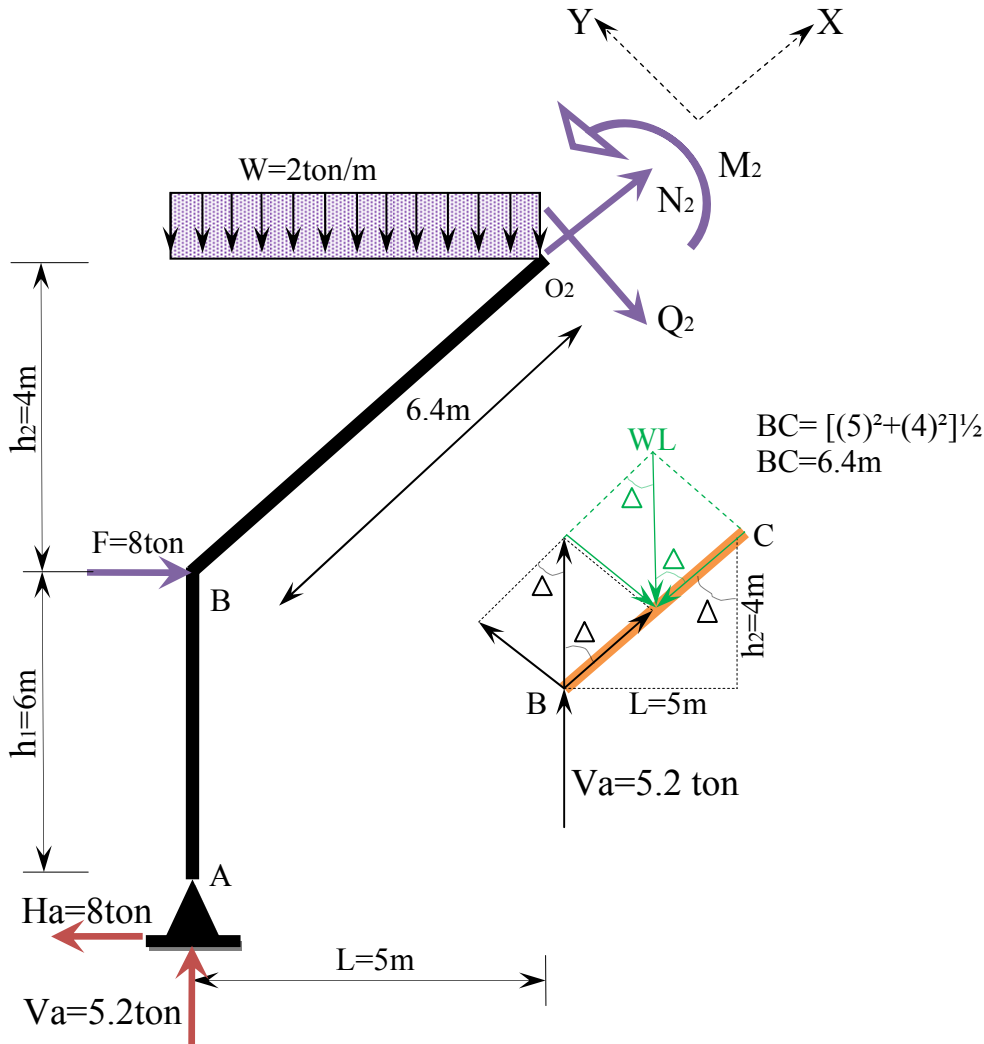
$$M_b = 48 \text{ ton} \cdot \text{m} \dots\dots\dots (\text{at point B}).$$

$$Q_1 = H_a \dots\dots\dots (\text{Shear force Equations}).$$

$$Q_{ab} = 8 \text{ ton} \dots\dots\dots (\text{Constant from point A to B}).$$

$$N_1 = -V_a \dots\dots\dots (\text{Axial force Equations}).$$

$$N_{ab} = -5.2 \text{ ton} \dots\dots\dots (\text{Compression from point A to B}).$$


$$M_2 = (V_a)(L) + (H_a)(h_1 + h_2) - (F)(h_2) - (W)(L^2/2) \dots \dots \dots (\text{Bending Moment Equations}).$$

If... $h_2=L=0$,

Mb=48ton*m..... (at point B).

If... $h_2=4\text{m}$, and $L=5\text{m}$,

$M_c = 26 + 80 - 32 - 25 = 49 \text{ ton}\cdot\text{m}$ (at point C).

If... $h_2=2\text{m}$, and $L=2.5\text{m}$,

$M_{bc/2} = 13 + 64 - 16 - 6.25 = 54.75 \text{ ton} \cdot \text{m} \dots\dots\dots (\text{at point } BC/2).$

$$Q_2 = (V_a)(5/6.4) - (W)(L)(5/6.4) \dots \dots \dots (\text{Shear force Equations}).$$

If ... $L=0$,

Qb=4.061 ton..... (at point B).

If... $L=5\text{m}$,

$Q_c = 4.061 - 7.8125 = -3.7515 \text{ ton} \dots\dots\dots (\text{at point C}).$

$$N_2 = (-V_a)(4/6.4) + (W)(L)(4/6.4) \dots \dots \dots \text{(Axial force Equations).}$$

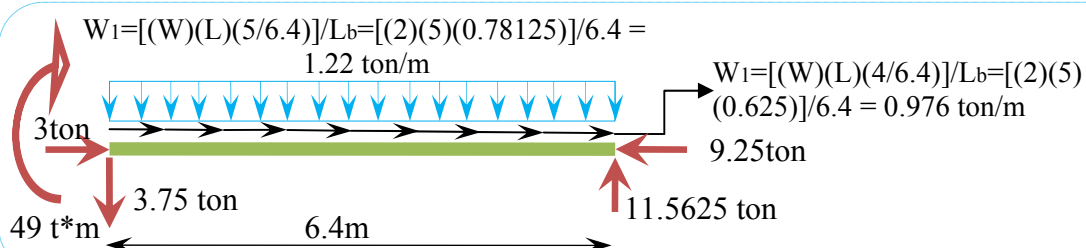
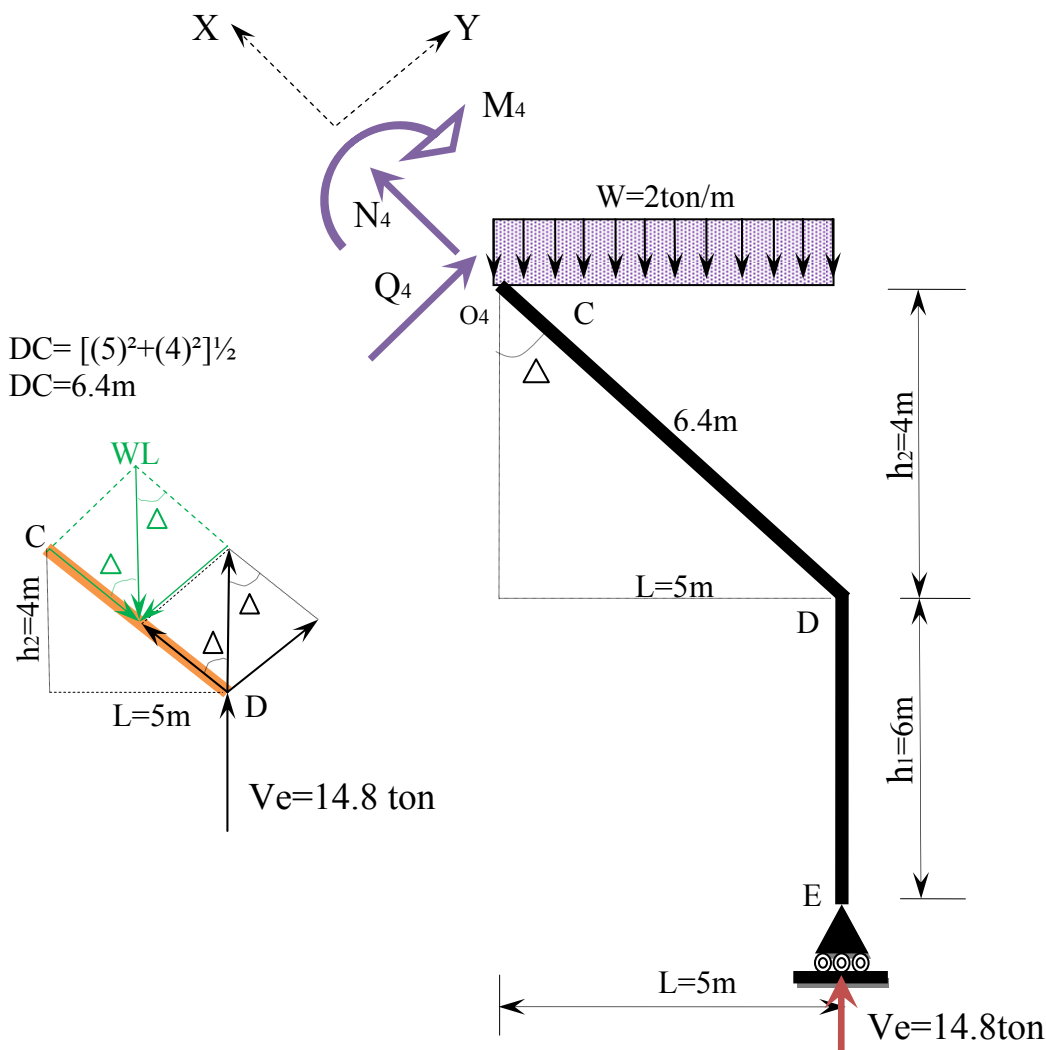
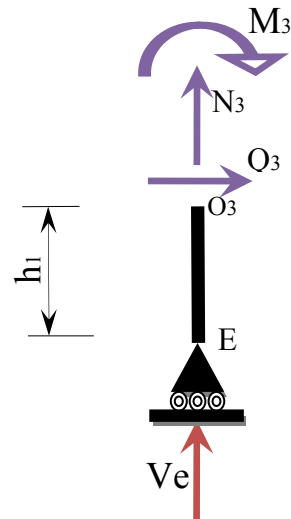
If... $L=0$,

$N_b = -(5.2)(4/6.4) = -3.25 \text{ ton}$(Compression at point B).

If... $L=5\text{m}$,

$$N_c = (-5.2)(4/6.4) + (2)(5)(4/6.4) = 3 \text{ ton} \dots \dots \dots (\text{Tension at point C}).$$

$M_3 = 0$ (Bending Moment Equations).
 $M_e = 0$ (at point E).
 $M_d = 0$ (at point D).
 $Q_3 = 0$ (Shear force Equations).
 $Q_{ed} = 0$ (Constant from point E to D).
 $N_3 = -V_e$ (Axial force Equations).
 $N_{ed} = -14.8 \text{ ton}$ (Compression from point E to D).



$M_4 = (V_e)(L) - (W)(L^2/2)$(Bending Moment Equations).

If... $h_2 = L = 0$,

$M_d = 0$ (at point D).

If... $h_2 = 4\text{m}$, and $L = 5\text{m}$,

$M_c = 74 - 25 = 49 \text{ ton} \cdot \text{m}$ (at point C).

If... $h_2 = 2\text{m}$, and $L = 2.5\text{m}$,

$M_{dc/2} = 37 - 6.25 = 30.75 \text{ ton} \cdot \text{m}$ (at point DC/2).

$Q_4 = -(V_a)(5/6.4) + (W)(L)(5/6.4)$(Shear force Equations).

If... $L = 0$,

$Q_d = -11.5625 \text{ ton}$(at point D).

If... $L = 5\text{m}$,

$Q_c = -11.5625 + 7.8125 = -3.7515 \text{ ton}$ (at point C).

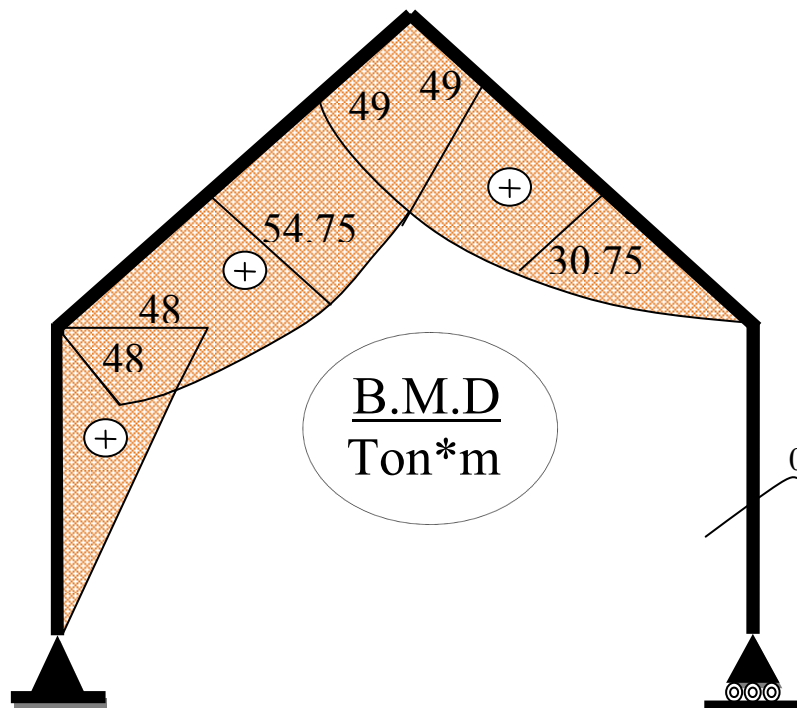
$N_4 = (-V_a)(4/6.4) + (W)(L)(4/6.4)$ (Axial force Equations).

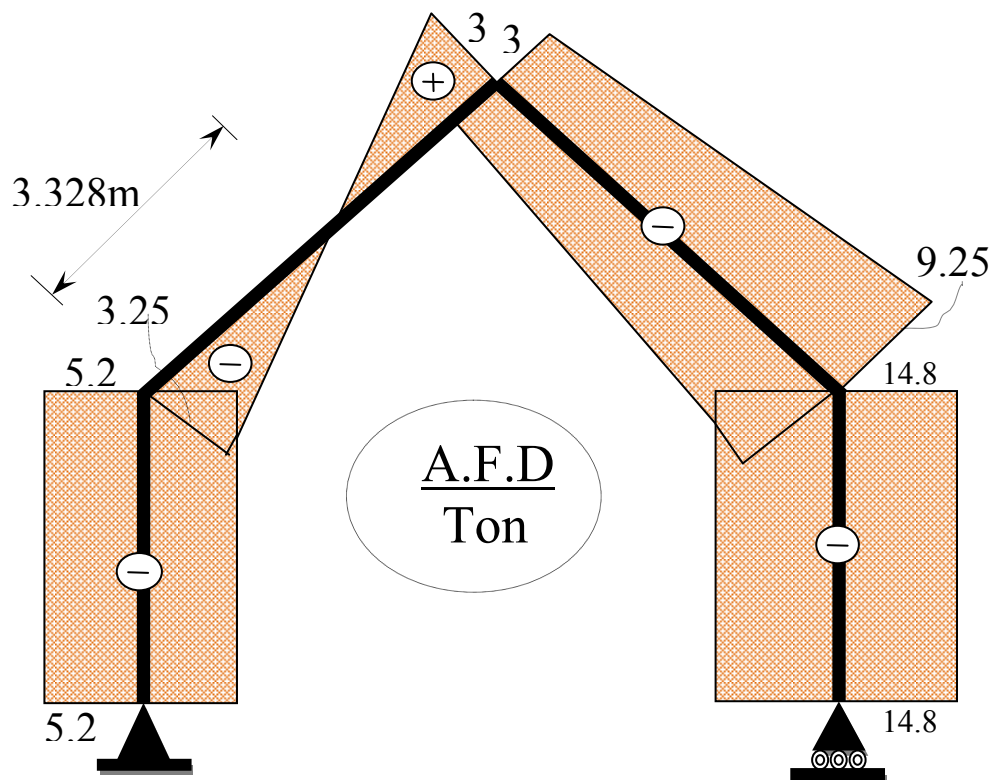
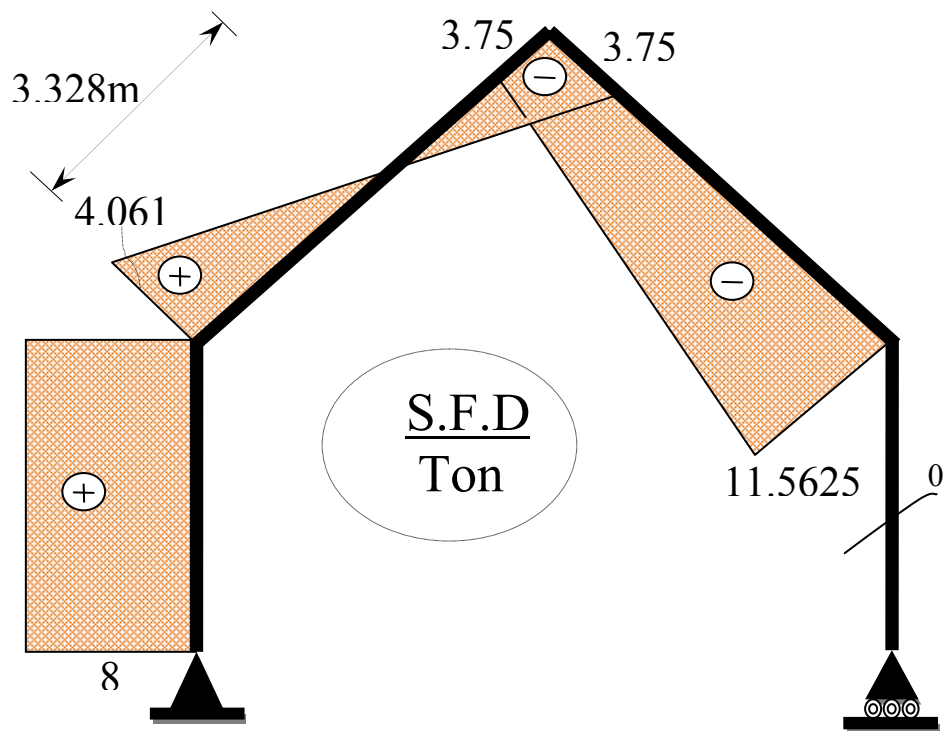
If... $L = 0$,

$N_d = -(14.8)(4/6.4) = -9.25 \text{ ton}$ (Compression at point D).

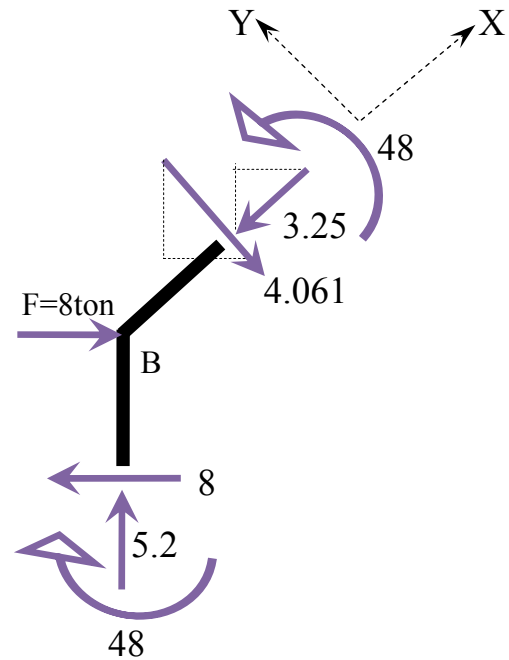
If... $L = 5\text{m}$,

$N_c = (-14.8)(4/6.4) + (2)(5)(4/6.4) = -3 \text{ ton}$(Compression at point C).

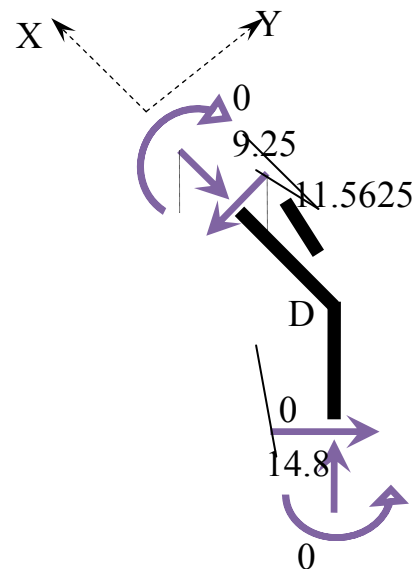




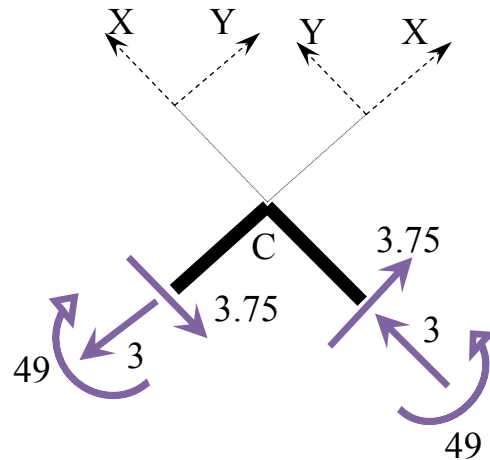
$$\begin{aligned}
 \Sigma F_y &= 0 \dots\dots +\uparrow \\
 5.2 - (4.061)(5/6.4) - (3.25)(4/6.4) &= 0 \\
 5.2 - 3.17265625 - 2.03125 &= 0 \\
 5.2 - 5.2 &= 0 \\
 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\
 \Sigma F_x &= 0 \dots\dots +\rightarrow \\
 -8 + 8 + (4.061)(4/6.4) - (3.25)(5/6.4) &= 0 \\
 -8 + 8 + 2.538125 - 2.538125 &= 0 \\
 -10.538125 + 10.538125 &= 0 \\
 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\
 \Sigma M_b &= 0 \dots\dots +\curvearrowright \\
 48 - 48 &= 0 \\
 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \Sigma F_y &= 0 \dots\dots +\uparrow \\
 14.8 - (11.5625)(5/6.4) - (9.25)(4/6.4) &= 0 \\
 14.8 - 14.8 &= 0 \\
 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\
 \Sigma F_x &= 0 \dots\dots +\rightarrow \\
 (9.25)(5/6.4) - (11.5625)(4/6.4) &= 0 \\
 7.2265625 - 7.2265625 &= 0 \\
 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\
 \Sigma M_d &= 0 \dots\dots +\curvearrowright \\
 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \dots\dots\dots + \uparrow \\ (3.75)(5/6.4) - (3)(4/6.4) + (3)(4/6.4) + (3.75)(5/6.4) &= 0 \\ 2.93 - 1.875 + 1.875 + 2.93 &= -4.8 + 4.8 = 0 \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\ \Sigma F_x &= 0 \dots\dots\dots + \rightarrow \\ (3.75)(4/6.4) - (3)(5/6.4) + (3.75)(4/6.4) - (3)(5/6.4) &= 0 \\ 4.6875 - 4.6875 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \\ \Sigma M_d &= 0 \dots\dots\dots + \curvearrowright \\ 49 - 49 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$



• **Final Control.** کنترول نه‌ای

$$\begin{aligned} \Sigma M_c &= 0 \dots\dots\dots + \curvearrowright \\ (V_a)(5) + (H_a)(10) - (F)(4) - (V_e)(5) &= 0 \\ 26 + 80 - 32 - 74 &= 0 \\ 106 - 106 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

تحليل ساختمان

STRUCTURAL ANALYSIS EXAMPLES

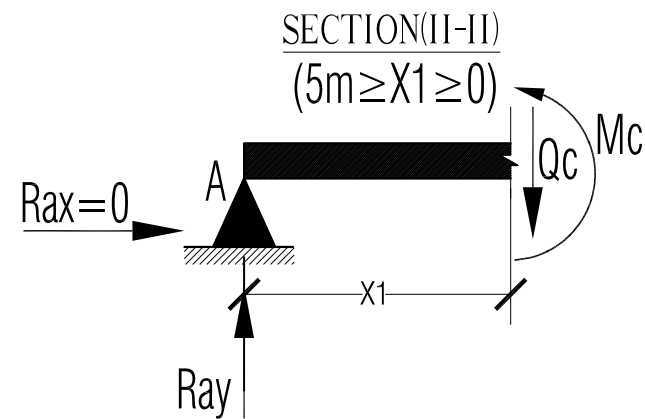


PREPARED BY:ENG M HANIF HAMDARD

2012

EXAMPLE NO.1

SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT CALCULATION



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Q_c - R_{ay} = 0,$$

$$Q_c = R_{ay}.$$

$$Q_c = 2.5\text{Ton. (constant from point A to point C)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+M_c - R_{ay} \cdot X_1 = 0,$$

$$M_c = R_{ay} \cdot X_1.$$

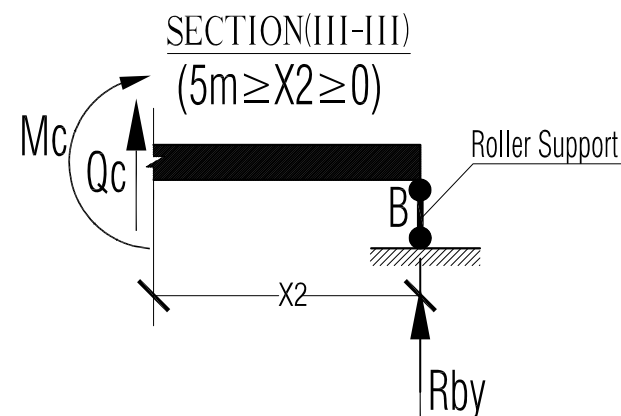
$$\text{If } X_1 = 0,$$

$$M_c = 2.5 \cdot 0 = 0. \text{(at point A)}$$

$$\text{f } X_1 = 5\text{m},$$

$$M_c = 2.5 \cdot 5 = 12.5 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$$

.....END OF SECTION (II-II).....



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Q_c + R_{by} = 0,$$

$$Q_c = -R_{by}.$$

$$Q_c = -2.5\text{Ton. (constant from point B to point C)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+M_c - R_{by} \cdot X_2 = 0,$$

$$M_c = R_{by} \cdot X_2.$$

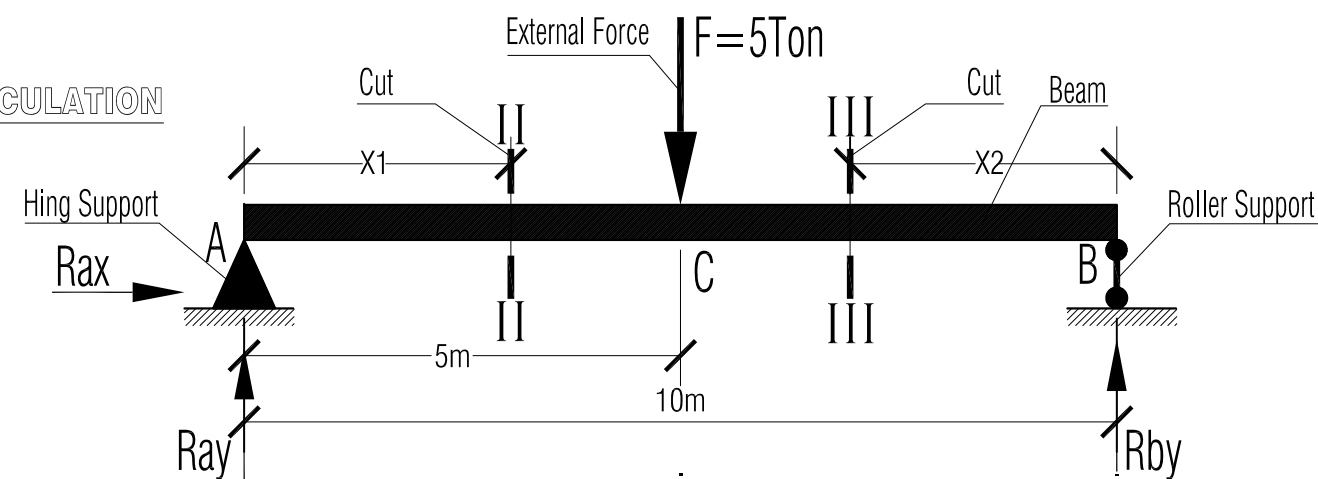
$$\text{If } X_2 = 0,$$

$$M_c = 2.5 \cdot 0 = 0. \text{(at point B)}$$

$$\text{f } X_2 = 5\text{m},$$

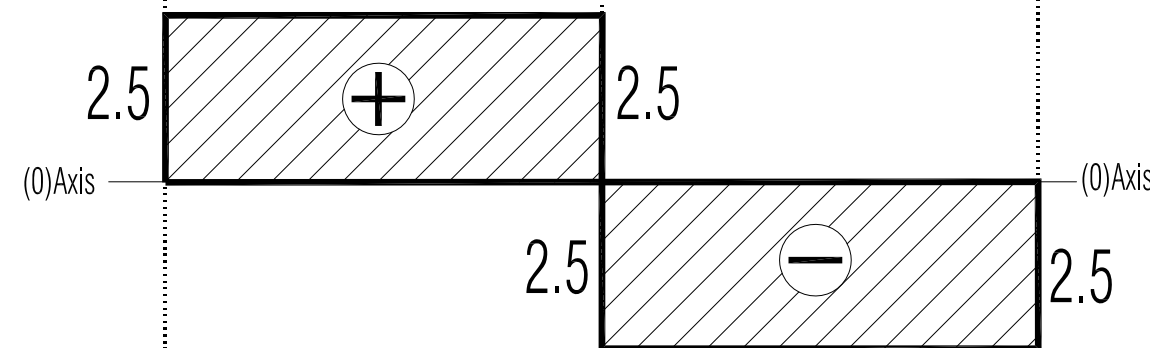
$$M_c = 2.5 \cdot 5 = 12.5 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$$

.....END OF SECTION (III-III).....



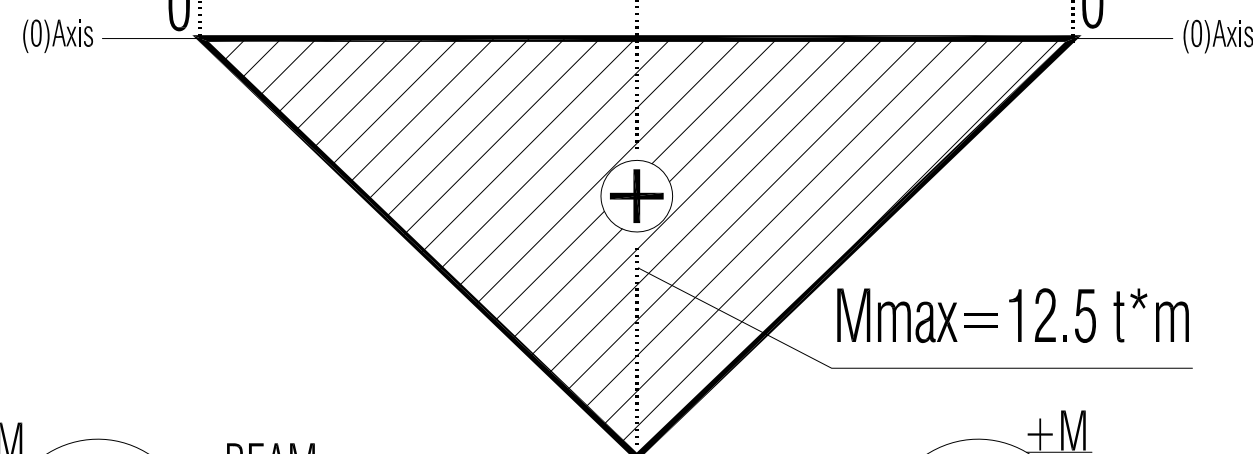
(SFD)

SHEAR FORCE DIAGRAM



(BMD)

BINDING MOMENT DIAGRAM



REACTION CALCULATION

$$\Sigma M_b = 0,$$

$$R_{ay} \cdot 10 - F \cdot 5 = 0$$

$$R_{ay} = (5 \cdot 5) / 10 = 2.5\text{Ton.}$$

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$R_{ax} = 0.$$

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$R_{by} + R_{ay} - F = 0,$$

$$R_{by} = F - R_{ay},$$

$$R_{by} = 5 - 2.5 = 2.5\text{Ton.}$$

CONTROL:

$$R_{ay} + R_{by} - F = 0,$$

$$2.5 + 2.5 - 5 = 0,$$

$$5 - 5 = 0,$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

POSITIVE SHEAR

(+Q)

NEGATIVE SHEAR

(-Q)

(-M)

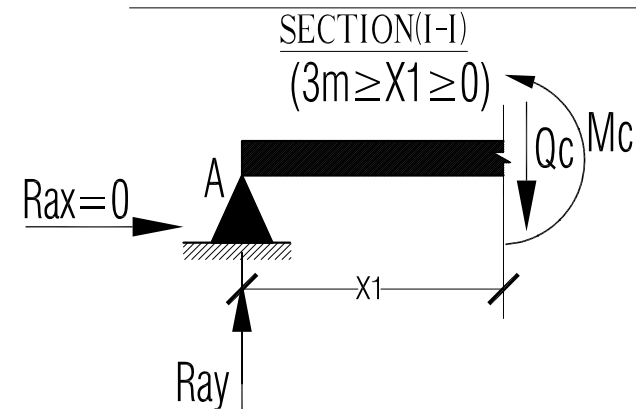
NEGATIVE OR CRESTING BINDING MOMENT

POSITIVE OR SAGGING BINDING MOMENT

(+M)

EXAMPLE NO.2

SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT CALCULATION



SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q_c = R_{ay}$$

$$Q_c = 3.9 \text{ Ton. (constant from point A to point C)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+M_c - R_{ay} \cdot X_1 = 0,$$

$$M_c = R_{ay} \cdot X_1$$

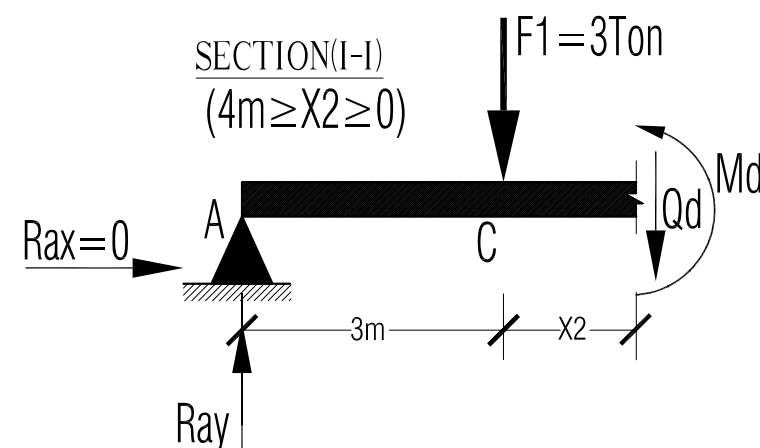
$$\text{If } X_1 = 0,$$

$$M_c = 3.9 \cdot 0 = 0 \text{ (at point A)}$$

$$\text{If } X_1 = 3 \text{ m,}$$

$$M_c = 3.9 \cdot 3 = 11.7 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$$

.....END OF SECTION (II-II).....



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Q_d - R_{ay} + F_1 = 0,$$

$$Q_d = R_{ay} - F_1$$

$$Q_d = 3.9 - 3 = 0.9 \text{ Ton. (constant from point C to point D)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$-M_d + R_{ay} \cdot (3 + X_2) - F_1 \cdot X_2 = 0,$$

$$M_d = R_{ay} \cdot (3 + X_2) - F_1 \cdot X_2$$

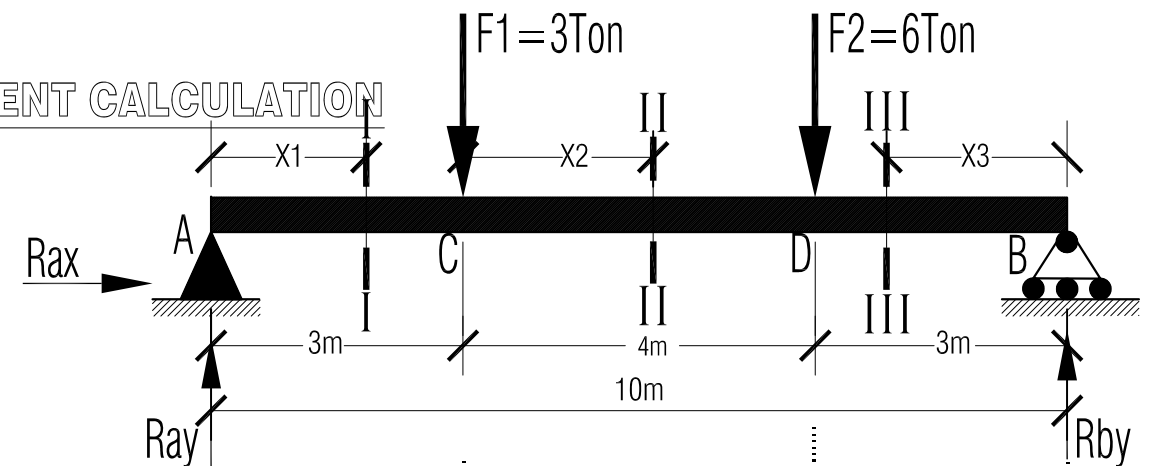
$$\text{If } X_2 = 0,$$

$$M_d = 3.9 \cdot 3 = 11.7 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$$

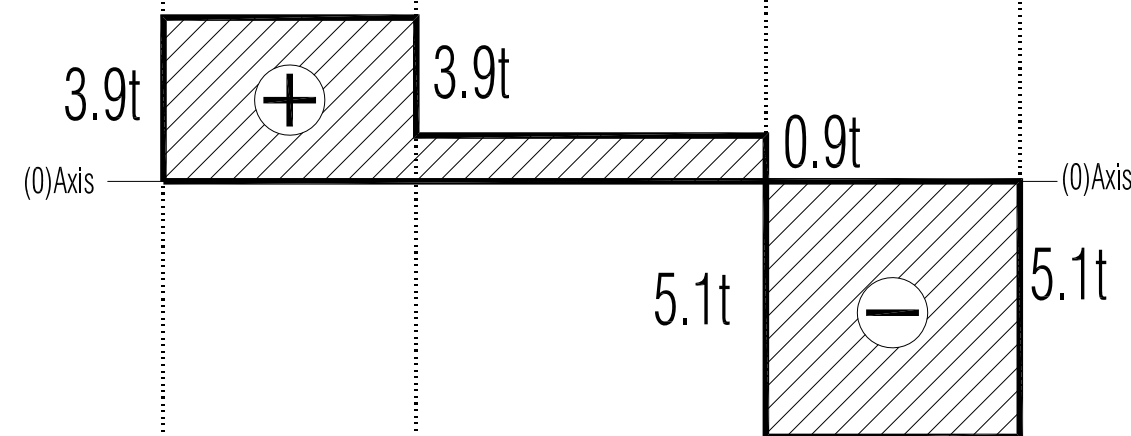
$$\text{If } X_2 = 4 \text{ m,}$$

$$M_d = 3.9 \cdot (3 + 4) - 3 \cdot 4 = 27.3 - 12 = 15.3 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point D)}$$

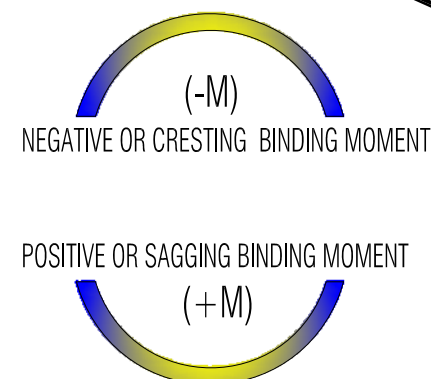
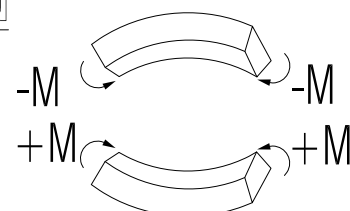
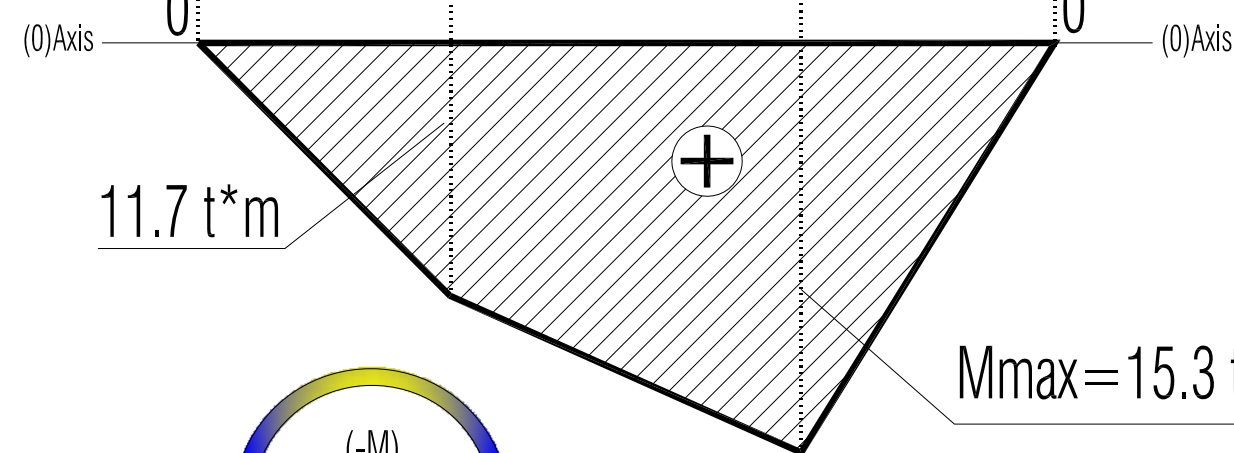
.....END OF SECTION (II-II).....



(SFD) SHEAR FORCE DIAGRAM



(BMD) BINDING MOMENT DIAGRAM



REACTION CALCULATION

$$\Sigma M_b = 0,$$

$$R_{ay} \cdot 10 - F_1 \cdot 7 - F_2 \cdot 3 = 0$$

$$R_{ay} = (3 \cdot 7) + (6 \cdot 3) / 10 = 3.9 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$R_{ax} = 0.$$

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$R_{by} + R_{ay} - F_1 - F_2 = 0,$$

$$R_{by} = F_1 + F_2 - R_{ay},$$

$$R_{by} = 3 + 6 - 3.9 = 5.1 \text{ Ton.}$$

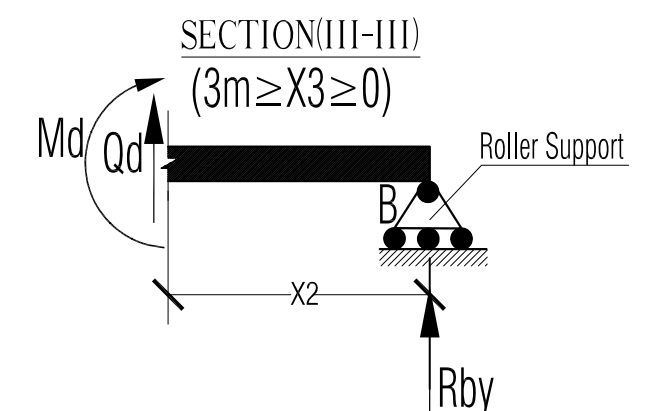
CONTROL:

$$R_{ay} + R_{by} - F_1 - F_2 = 0,$$

$$3.9 + 5.1 - 3 - 6 = 0,$$

$$9 - 9 = 0,$$

$$0 = 0 \text{OK}$$



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Q_d + R_{by} = 0,$$

$$Q_d = -R_{by}$$

$$Q_d = -5.1 \text{ Ton. (constant from point B to point D)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+M_d - R_{by} \cdot X_3 = 0,$$

$$M_d = R_{by} \cdot X_3$$

$$\text{If } X_3 = 0,$$

$$M_d = 5.1 \cdot 0 = 0 \text{ (at point B)}$$

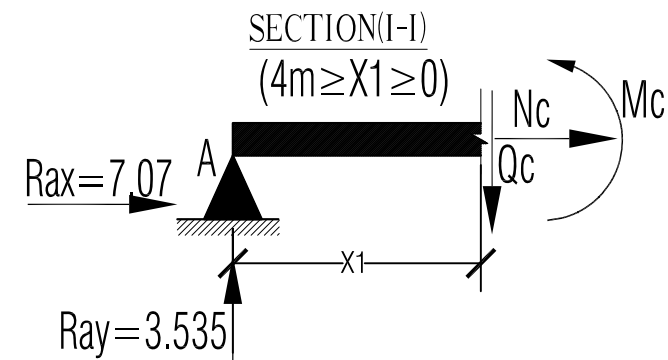
$$\text{If } X_3 = 3 \text{ m,}$$

$$M_d = 5.1 \cdot 3 = 15.3 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point D)}$$

.....END OF SECTION (III-III).....

EXAMPLE NO.3

SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT CALCULATION



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Q_c - R_{ay} = 0,$$

$$Q_c = R_{ay}.$$

$$Q_c = 3.535 \text{ Ton. (constant from point A to point C)}$$

NATURAL FORCE CALCULATION

$$N_b + R_{ax} = 0, \quad N_b = -R_{ax}, \quad N_b = -7.07 \text{ Ton.}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+M_c - R_{ay} \cdot X_1 = 0,$$

$$M_c = R_{ay} \cdot X_1.$$

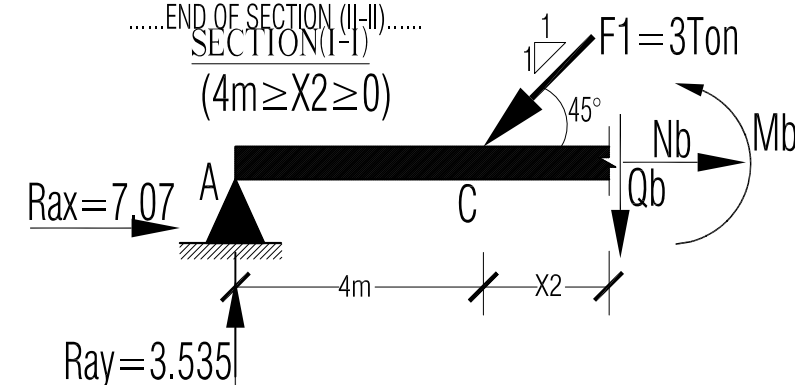
$$\text{If } X_1 = 0,$$

$$M_c = 3.535 \cdot 0 = 0. \text{ (at point A)}$$

$$\text{If } X_1 = 4\text{m},$$

$$M_c = 3.535 \cdot 4 = 14.14 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$$

.....END OF SECTION (II-II).....



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Q_b - R_{ay} + F_1 \cdot \sin 45^\circ = 0,$$

$$Q_b = R_{ay} - F_1 \cdot \sin 45^\circ.$$

$$Q_b = 3.535 - 7.07 = -3.535 \text{ Ton. (constant from point C to point D)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+M_b - R_{ay} \cdot (4 + X_2) + F_1 \cdot \sin 45^\circ \cdot X_2 = 0,$$

$$M_b = R_{ay} \cdot (4 + X_2) - F_1 \cdot \sin 45^\circ \cdot X_2.$$

$$\text{If } X_2 = 0,$$

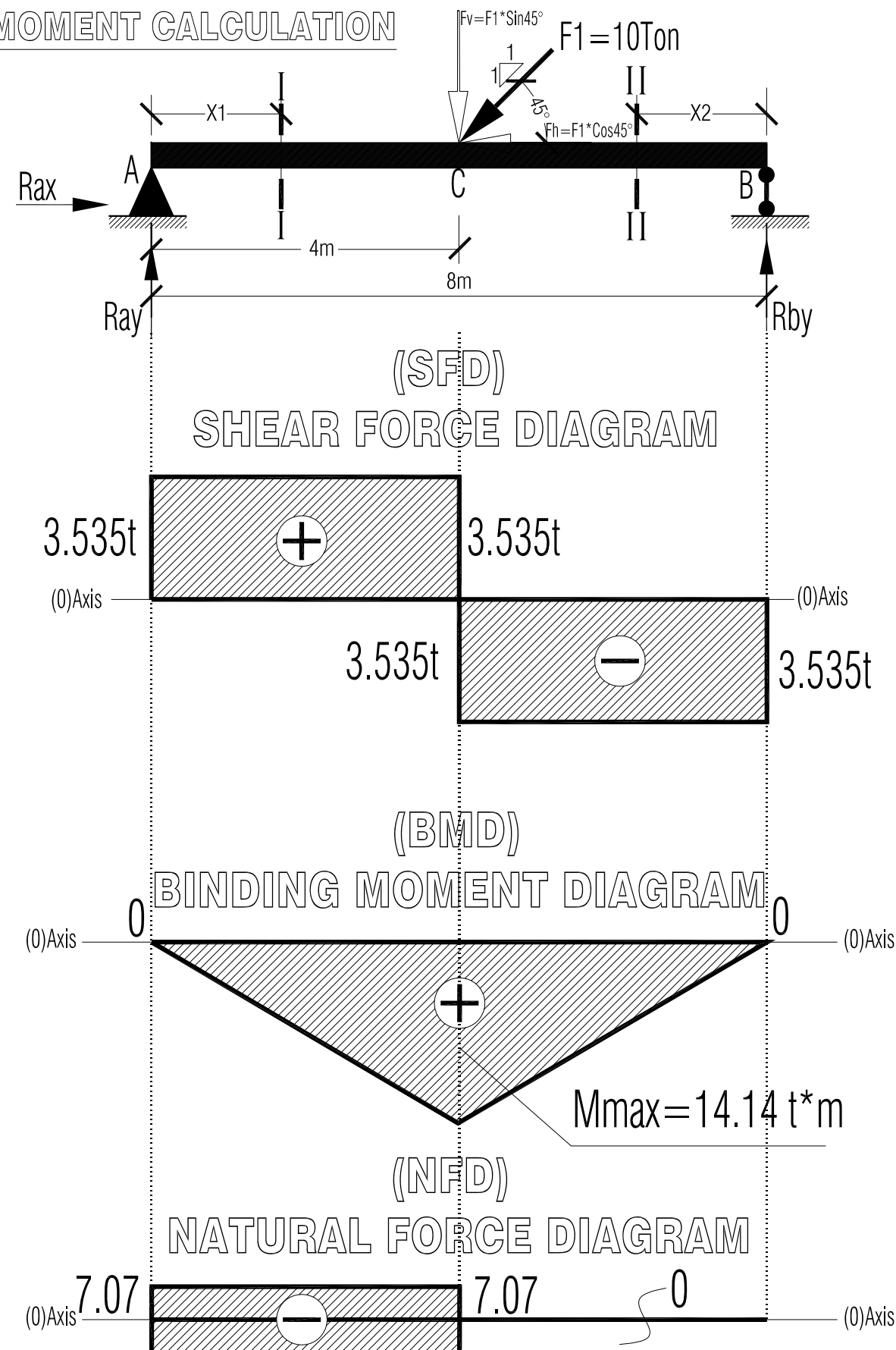
$$M_b = 3.535 \cdot 4 - 10 \cdot 0.707 \cdot 0 = 14.14 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$$

$$\text{If } X_2 = 4\text{m},$$

$$M_b = 3.535 \cdot (4 + 4) - 10 \cdot 0.707 \cdot 4 = 28.28 - 28.28 = 0 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point B)}$$

$$N_b + R_{ax} = 0, \quad N_b = -R_{ax}, \quad N_b = -7.07 \text{ Ton.}$$

.....END OF SECTION (II-II).....



PREPARED BY: ENG M.H.HAMDARD

REACTION CALCULATION

$$\Sigma M_b = 0,$$

$$R_{ay} \cdot 8 - F_1 \cdot \sin 45^\circ \cdot 4 = 0$$

$$R_{ay} = (10 \cdot 0.707 \cdot 4) / 8 = 3.535 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$R_{ax} - F_1 \cdot \cos 45^\circ = 0.$$

$$R_{ax} = 10 \cdot 0.707 = 7.07 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$R_{by} + R_{ay} - F_1 \cdot \sin 45^\circ = 0,$$

$$R_{by} = F_1 \cdot \sin 45^\circ - R_{ay},$$

$$R_{by} = 7.07 - 3.535 = 3.535 \text{ Ton.}$$

CONTROL:

$$\Sigma F_y:$$

$$R_{ay} + R_{by} - F_1 \cdot \sin 45^\circ = 0,$$

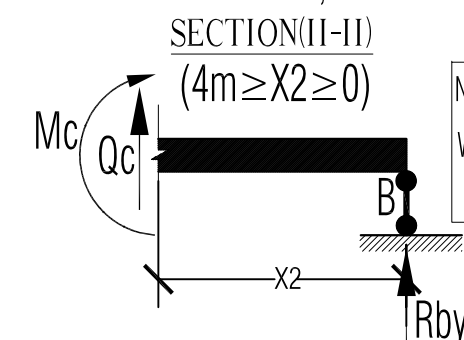
$$3.535 + 3.535 - 7.07 = 0,$$

$$7.07 - 7.07 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$\Sigma F_x:$$

$$R_{ax} - F_1 \cdot \cos 45^\circ = 0, \quad 7.07 - 7.07 = 0. \quad 0 = 0 \dots \dots \text{OK}$$



Note:
We can calculate section (II-II) from left side too.

SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Q_c + R_{by} = 0,$$

$$Q_c = -R_{by}.$$

$$Q_c = -3.535 \text{ Ton. (constant from point B to point C)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+M_c - R_{by} \cdot X_2 = 0,$$

$$M_c = R_{by} \cdot X_2.$$

$$\text{If } X_2 = 0,$$

$$M_c = 3.535 \cdot 0 = 0. \text{ (at point B)}$$

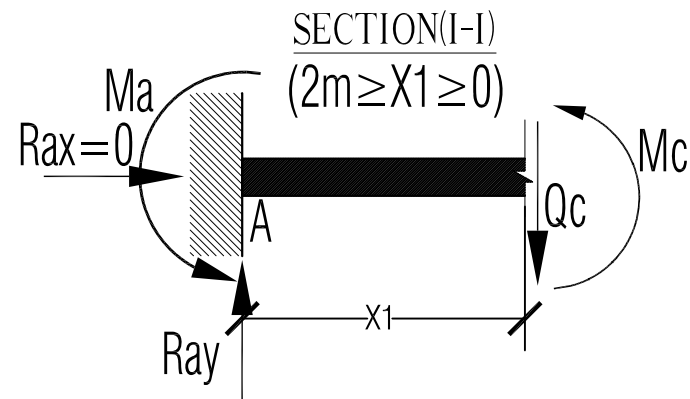
$$\text{If } X_2 = 4\text{m},$$

$$M_c = 3.535 \cdot 4 = 14.14 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$$

.....END OF SECTION (III-III).....

EXAMPLE NO.4

SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT CALCULATION



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Qc - Ray = 0,$$

$$Qc = Ray.$$

$$Qc = 6 \text{ Ton. (constant from point A to point C)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+Mc - Ray \cdot X1 + Ma = 0,$$

$$Mc = Ray \cdot X1 - Ma.$$

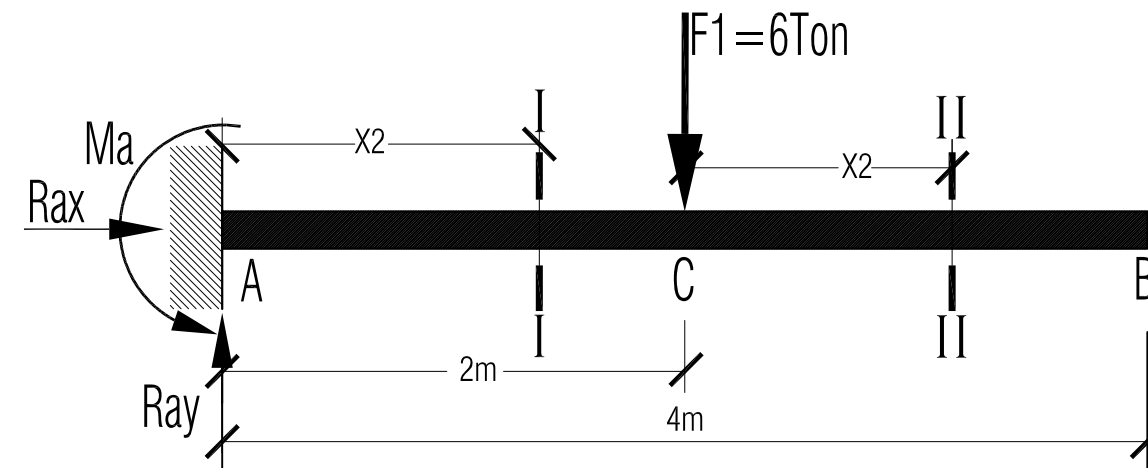
$$\text{If } X1 = 0,$$

$$Mc = 0 - 12 = -12. (\text{at point A})$$

$$\text{If } X1 = 2m,$$

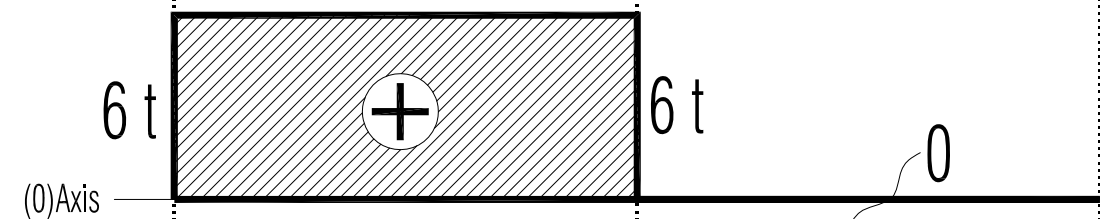
$$Mc = 6 \cdot 2 - 12 = 0. (\text{at point C})$$

.....END OF SECTION (II-II).....



(SFD)

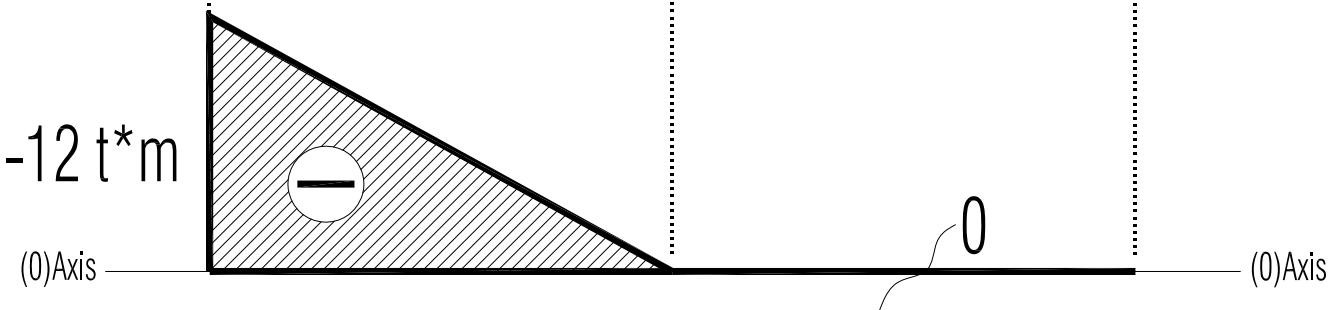
SHEAR FORCE DIAGRAM



(BMD)

BINDING MOMENT DIAGRAM

$$M_{\max} = -12 \text{ t} \cdot \text{m}$$



REACTION CALCULATION

$$-Ma - F1 \cdot 2 = 0, \quad Ma = -6 \cdot 2 = -12 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma Mb = 0,$$

$$Ray \cdot 4 - F1 \cdot 2 - Ma = 0$$

$$Ray = ((6 \cdot 2) + 12) / 4 = 6 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma Fx = 0,$$

$$Rax = 0.$$

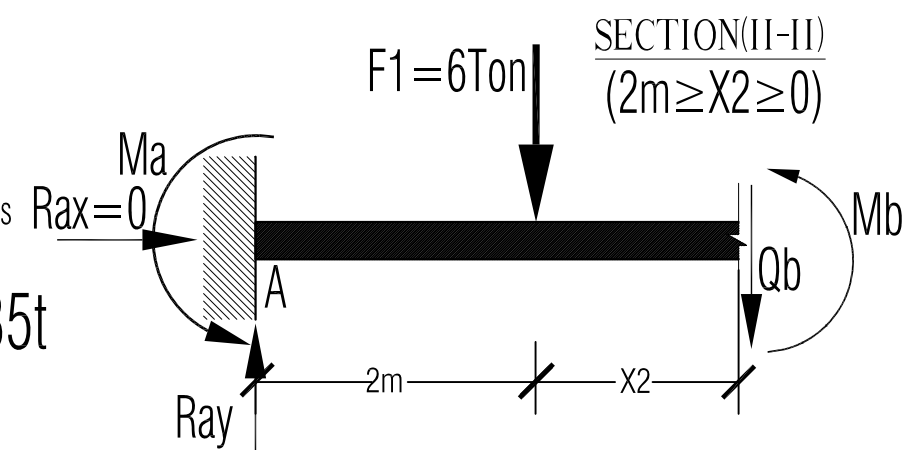
CONTROL:

$$\Sigma Fy:$$

$$Ray - F1 = 0,$$

$$6 - 6 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Qb - Ray + F1 = 0,$$

$$Qb = Ray - F1.$$

$$Qb = 6 - 6 = 0. (\text{constant from point C to point B})$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+Mb - Ray(2 + X2) + F1 \cdot X2 + Ma = 0,$$

$$Mb = Ray(2 + X2) - F1 \cdot X2 - Ma.$$

$$\text{If } X2 = 0,$$

$$Mb = 12 - 12 = 0. (\text{at point C})$$

$$\text{If } X2 = 2m,$$

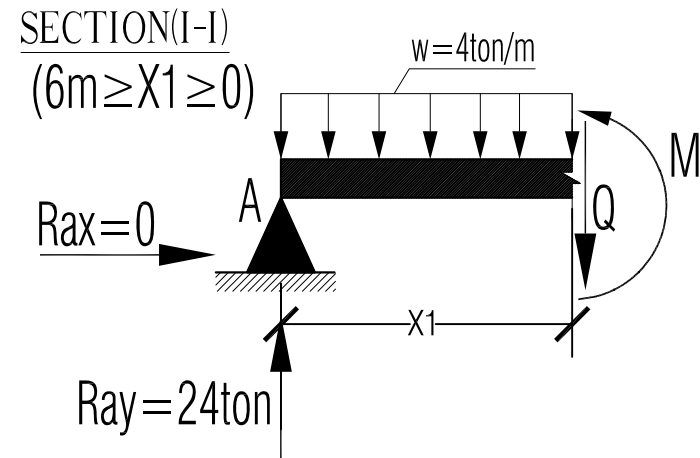
$$Mb = 24 - 12 - 12 = 0. (\text{at point B})$$

.....END OF SECTION (II-II).....

PREPARED BY: ENG M.H.HAMDARD

EXAMPLE NO.5

SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT CALCULATION



SHEAR FORCE CALCULATION

$$+Q - R_{ay} + W \cdot X_1 = 0,$$

$$Q = R_{ay} - W \cdot X_1.$$

$$\text{If } X_1 = 0$$

$$Q = 24 \text{ Ton. (at point A).}$$

$$\text{If } X_1 = 6\text{m},$$

$$Q = 24 - 4 \cdot 6 = 0. \text{ (at point C).}$$

$$\text{If } X_1 = 12\text{m},$$

$$Q = 24 - 4 \cdot 12 = -24 \text{ Ton. (at point B).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$+M - R_{ay} \cdot X_1 + W \cdot X_1 \cdot X_1 / 2 = 0,$$

$$M = R_{ay} \cdot X_1 - W \cdot X_1 \cdot X_1 / 2.$$

$$\text{If } X_1 = 0,$$

$$M = 0. \text{ (at point A)}$$

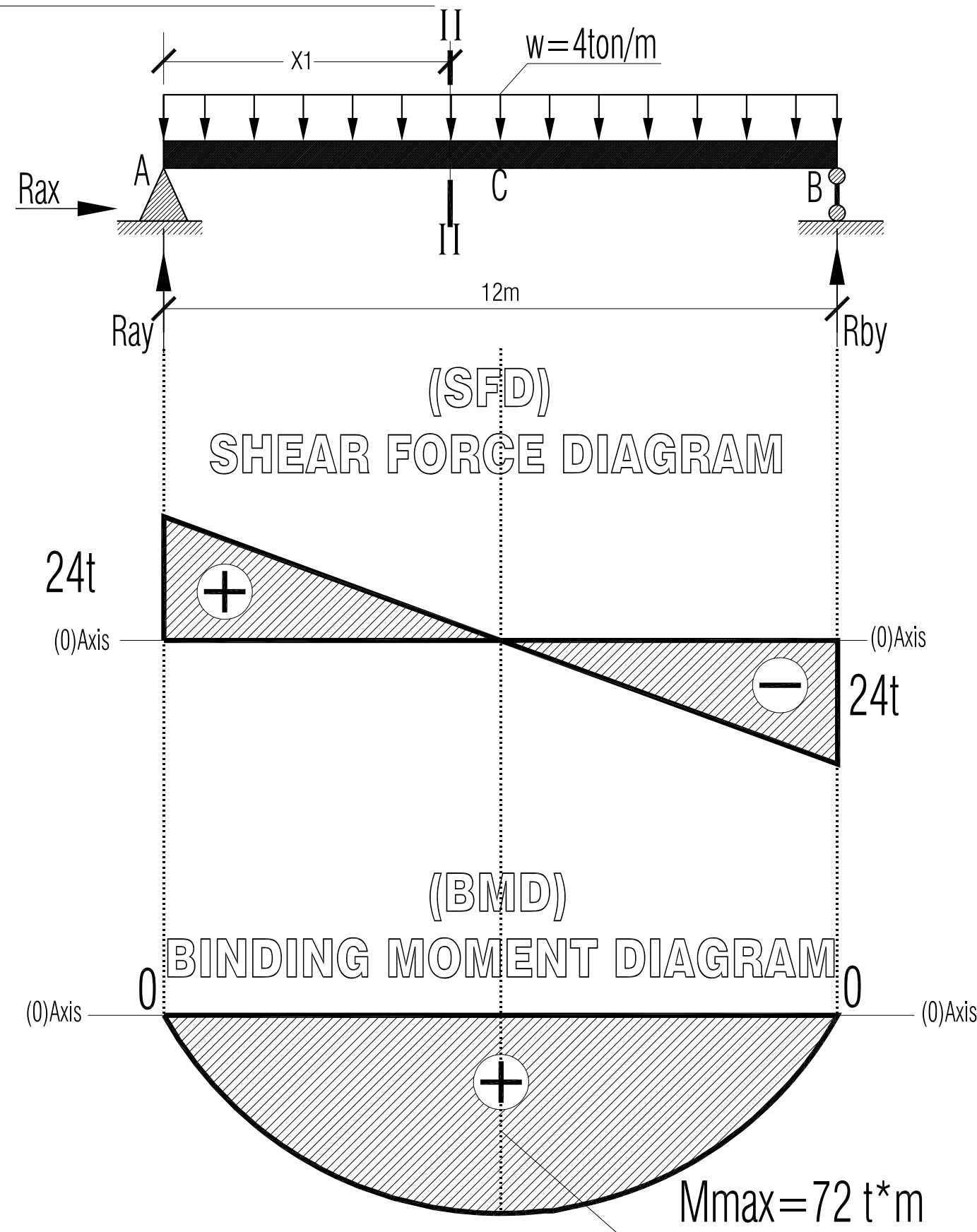
$$\text{f } X_1 = 6\text{m},$$

$$M = 24 \cdot 6 - 4 \cdot 6 \cdot 6 / 2 = 72 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$$

$$\text{If } X_1 = 12\text{m},$$

$$M = 24 \cdot 12 - 4 \cdot 12 \cdot 12 / 2 = 288 - 288 = 0. \text{ (at point B)}$$

.....END OF SECTION (II-II).....



REACTION CALCULATION

$$\Sigma M_b = 0,$$

$$R_{ay} \cdot 12 - W \cdot 12 \cdot 6 = 0$$

$$R_{ay} = (4 \cdot 12 \cdot 6) / 12 = 24 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$R_{ax} = 0.$$

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$R_{by} + R_{ay} - W \cdot 12 = 0,$$

$$R_{by} = W \cdot 12 - R_{ay},$$

$$R_{by} = 48 - 24 = 24 \text{ Ton.}$$

CONTROL:

$$\Sigma F_y:$$

$$R_{ay} + R_{by} - W \cdot 12 = 0,$$

$$24 + 24 - 48 = 0,$$

$$48 - 48 = 0,$$

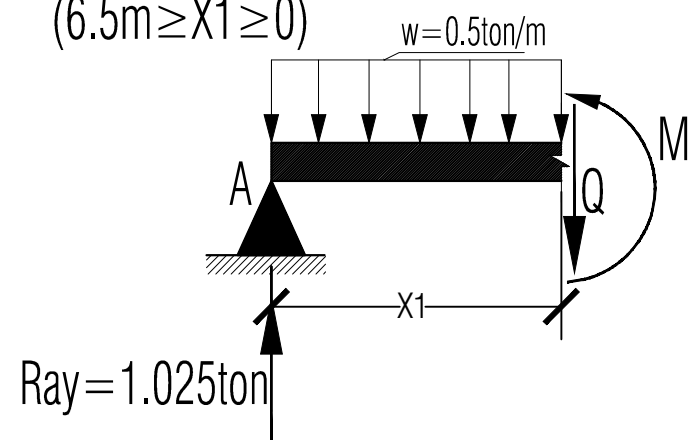
$$0 = 0 \text{OK}$$

EXAMPLE NO.6

SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT CALCULATION

SECTION(I-I)

$$(6.5m \geq X1 \geq 0)$$



$$Ray = 1.025 \text{ ton}$$

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = Ray - W * X1$$

$$\text{If } X1 = 0$$

$$Q = 1.025 - 0 = 1.025 \text{ Ton. (at point A)}$$

$$\text{If } X1 = 6.5m,$$

$$Q = 1.025 - 0.5 * 6.5 = -2.225 \text{ Ton. (at point B)}$$

$$\text{If } X1 = 3.25m,$$

$$Q = 1.025 - 0.5 * 3.25 = -0.6 \text{ Ton. (at point 6.5/2 under distribution load)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = Ray * X1 - W * X1 * X1 / 2$$

$$\text{If } X1 = 0,$$

$$M = 0. \text{ (at point A)}$$

$$\text{If } X1 = 6.5m,$$

$$M = 1.025 * 6.5 - 0.5 * 6.5 * 6.5 / 2 = -3.9 \text{ Ton} \cdot \text{m. (at point B)}$$

$$\text{If } X1 = 6.5/2 = 3.25m,$$

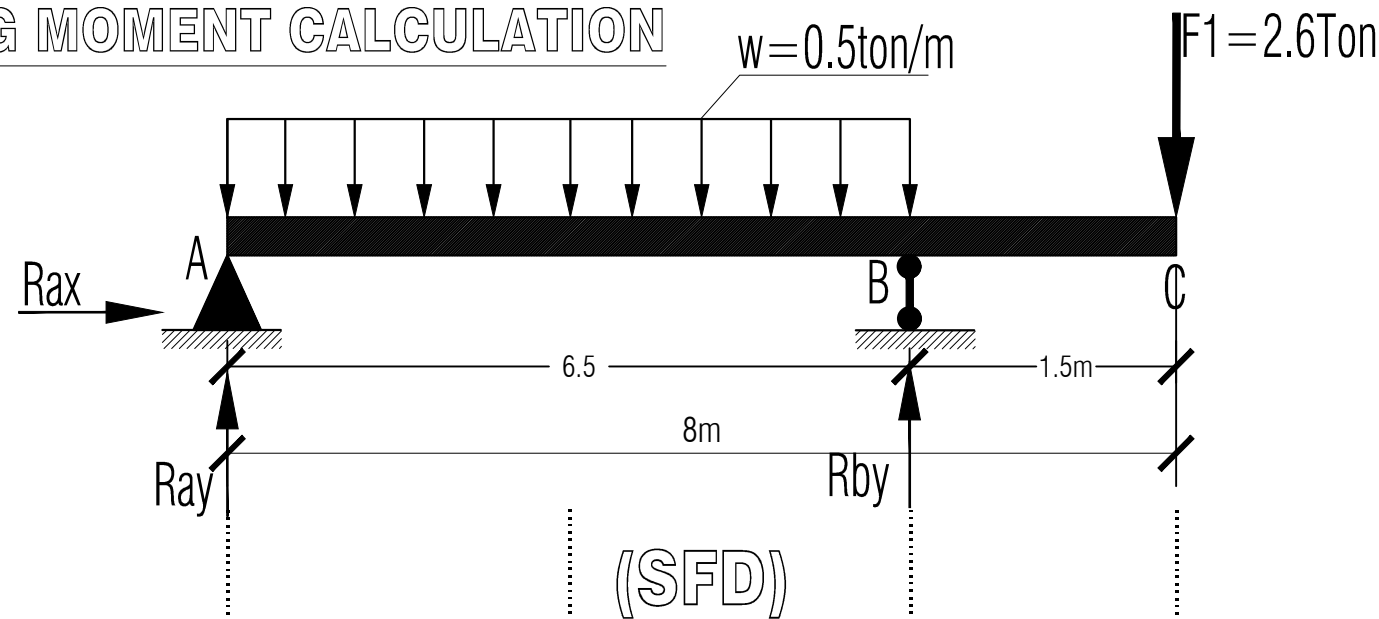
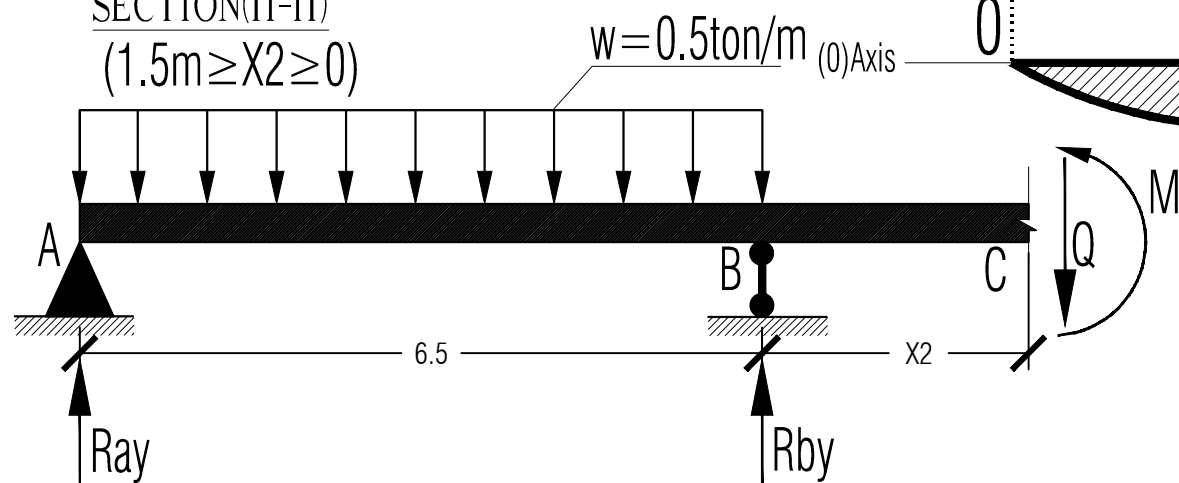
$$M = 1.025 * 3.25 - 0.5 * 3.25 * 3.25 / 2 = 0.690625 \text{ Ton} \cdot \text{m.}$$

$$\text{(at point 6.5/2 under distribution load)}$$

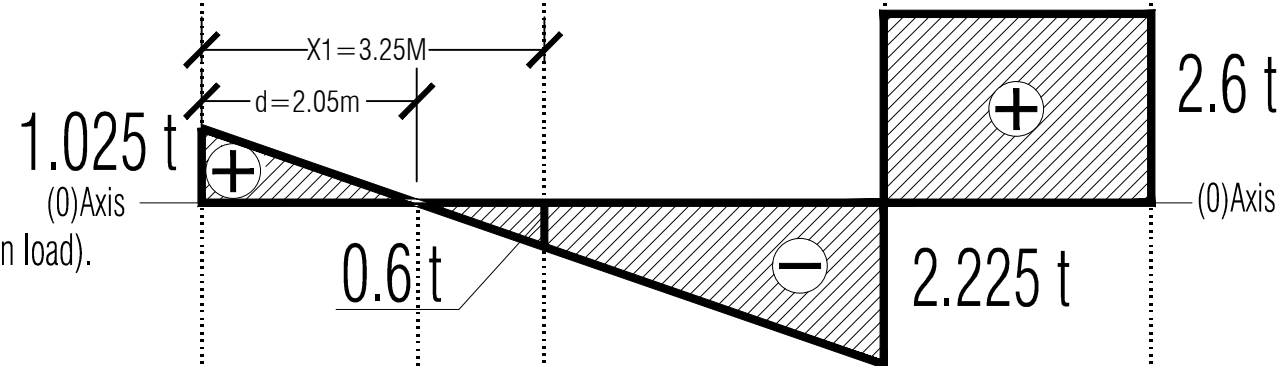
.....END OF SECTION (II-II).....

SECTION(II-II)

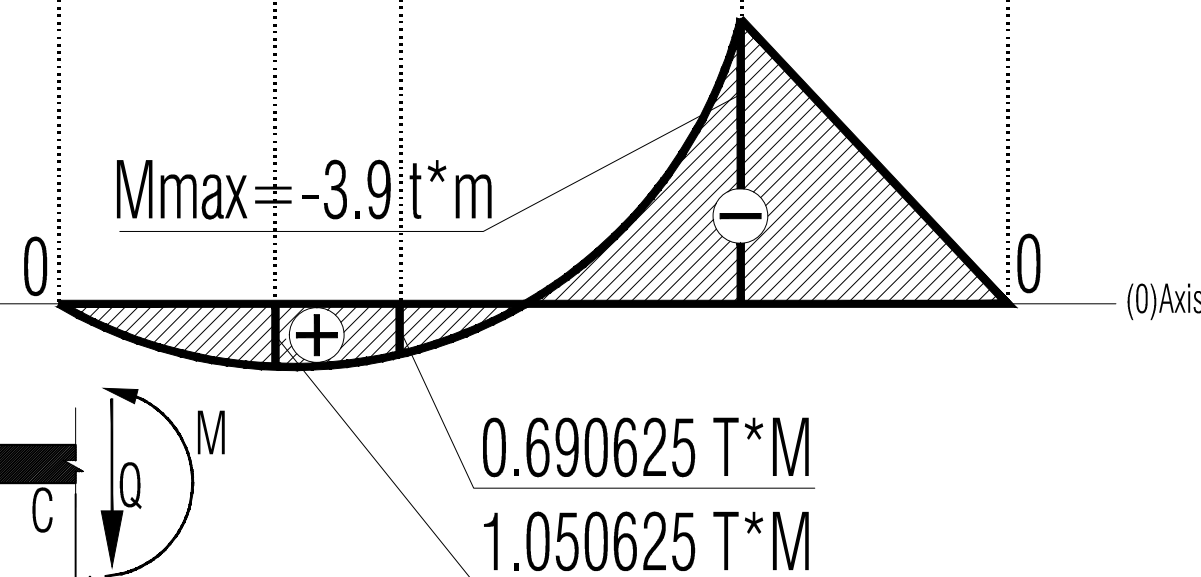
$$(1.5m \geq X2 \geq 0)$$



(SFD) SHEAR FORCE DIAGRAM



(BMD) BENDING MOMENT DIAGRAM



REACTION CALCULATION

$$\Sigma Mb = 0,$$

$$Ray * 6.5 - W * 6.5 * 6.5 / 2 + F1 * 1.5 = 0$$

$$Ray = (0.5 * 6.5 * 6.5 / 2) - 2.6 * 1.5 / 6.5 = 1.025 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma Fx = 0,$$

$$Rax = 0.$$

$$\Sigma Fy = 0,$$

$$Rby + Ray - W * 6.5 - f1 = 0,$$

$$Rby = W * 6.5 + f1 - Ray,$$

$$Rby = 0.5 * 6.5 + 2.6 - 1.025 = 4.825 \text{ Ton.}$$

CONTROL:

$$\Sigma Fy:$$

$$Ray + Rby - W * 6.5 - F1 = 0,$$

$$1.025 + 4.825 - 3.25 - 2.6 = 0,$$

$$5.85 - 5.85 = 0,$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

SECTION(II-II)

$$(1.5m \geq X2 \geq 0)$$

SHEAR FORCE CALCULATION:

$$Q = Ray + Rby - W * 6.5$$

$$Q = 1.025 + 4.825 - 3.25 = 2.6 \text{ Ton. (from point B to point C constant)}$$

BINDING MOMENT CALCULATION:

$$M = Ray * (6.5 + X2) + Rby * X2 - W * 6.5 * (3.25 + X2)$$

$$\text{If } X2 = 0,$$

$$M = 1.025 * 6.5 - 3.25 * 3.25 = -3.9 \text{ Ton. (at point B)}$$

$$\text{If } X2 = 1.5m,$$

$$M = 1.025 * (6.5 + 1.5) + 4.825 * 1.5 - 0.5 * 6.5 * (3.25 + 1.5) =$$

$$= 15.4375 - 15.4375 = 0. \text{ (at point C)}$$

.....END OF SECTION (II-II).....

EXAMPLE NO.7

SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT CALCULATION:

SECTION(I-I)

SHEAR FORCE CALCULATION

$Q=0$ (from D to A).

BINDING MOMENT CALCULATION

$M=-M_1$

$M=-35\text{ t}\cdot\text{m}$. (From point D to A)

.....END OF SECTION (I-I).....

SECTION(II-II)

SHEAR FORCE CALCULATION

$Q=R_{ay}-W\cdot X_2$.

If $X_2=0$

$Q=9.875\text{ Ton}$. (at point A).

If $X_2=8\text{m}$,

$Q=9.875-2\cdot 8=-6.125\text{ Ton}$. (at point B).

If $X_2=4\text{m}$,

$Q=9.875-2\cdot 4=1.875\text{ Ton}$. (at point AB/2).

BINDING MOMENT CALCULATION

$M=R_{ay}\cdot X_2-M_1-W\cdot X_2\cdot X_2/2$.

If $X_2=0$,

$M=-35\text{ t}\cdot\text{m}$. (at point A)

If $X_2=8\text{m}$,

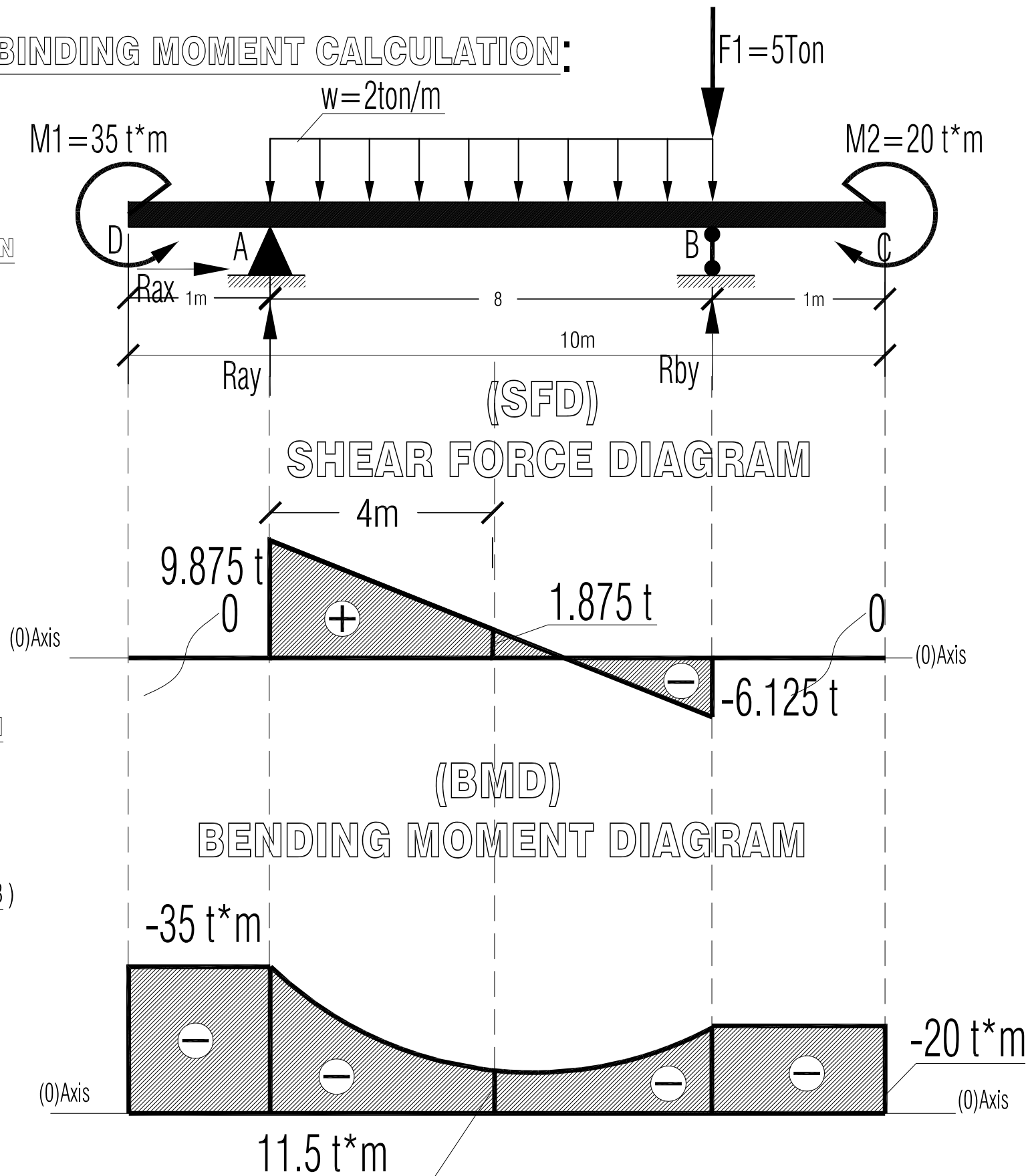
$M=9.875\cdot 8-35-2\cdot 8\cdot 4=-20\text{ Ton}\cdot\text{m}$. (at point B)

If $X_2=4\text{m}$,

$M=9.875\cdot 4-35-2\cdot 4\cdot 2=-11.5\text{ Ton}\cdot\text{m}$.

(at point AB/2).

.....END OF SECTION (II-II).....



REACTION CALCULATION

$$\Sigma M_b=0,$$

$$R_{ay} \cdot 8 - M_1 - W \cdot 8 \cdot 4 + M_2 = 0$$

$$R_{ay} = \frac{1}{8} (35 + 2 \cdot 8 \cdot 4 - 20) = 9.875 \text{ Ton}.$$

$$\Sigma F_x=0,$$

$$R_{ax}=0.$$

$$\Sigma F_y=0,$$

$$R_{by} + R_{ay} - W \cdot 8 - F_1 = 0,$$

$$R_{by} = 2 \cdot 8 + 5 - 9.875,$$

$$R_{by} = 16 + 5 - 9.875 = 11.125 \text{ Ton}.$$

CONTROL:

$$\Sigma F_y:$$

$$R_{ay} - R_{by} - W \cdot 8 - F_1 = 0,$$

$$9.875 + 11.125 - 16 - 5 = 0,$$

$$21 - 21 = 0,$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

SECTION(III-III)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = R_{ay} - W \cdot 8 - F_1 + R_{by}.$$

$$Q = 9.875 - 16 - 5 + 11.125 = 21 - 21 = 0 \text{ (from point B to C).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

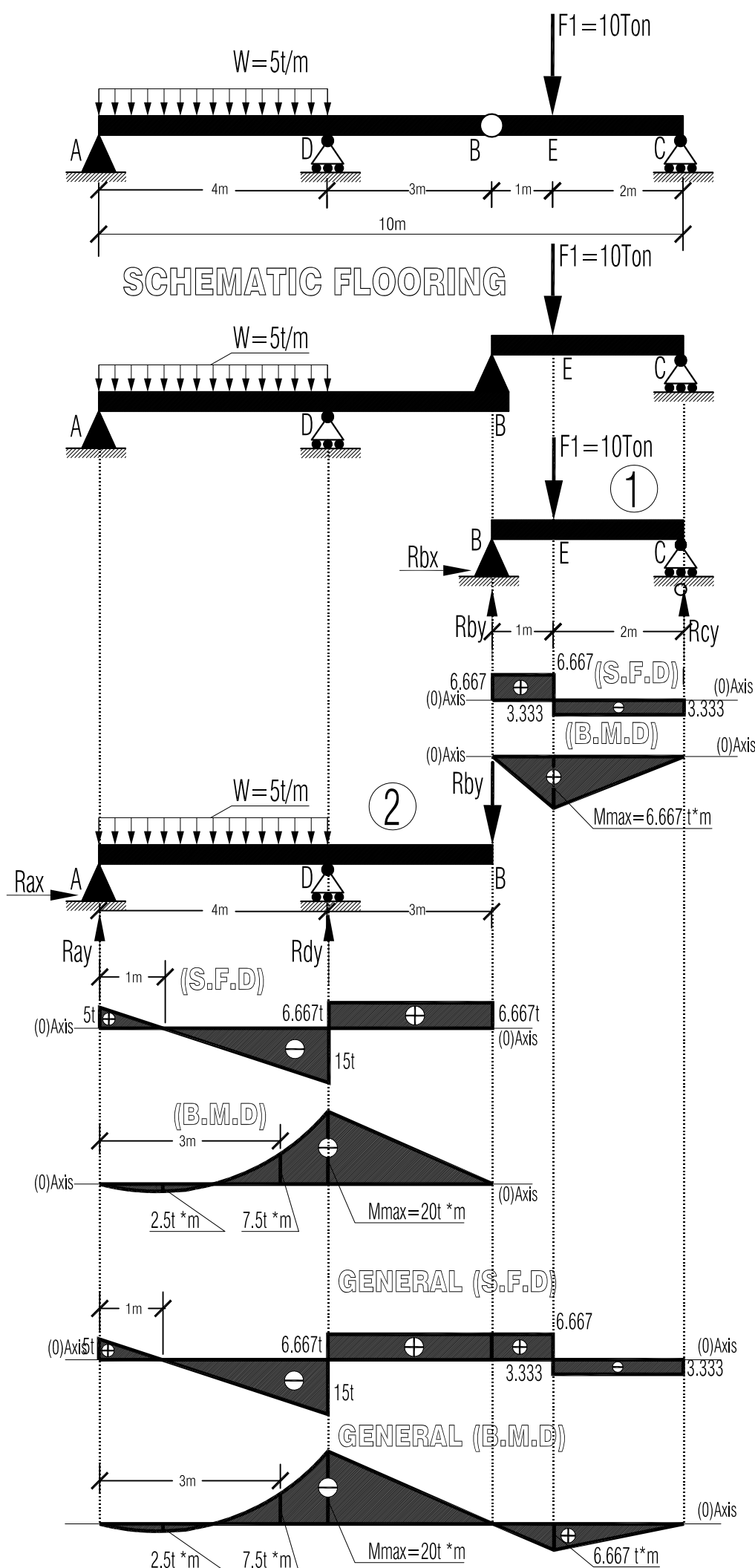
$$M = R_{ay} \cdot (8 + X_3) - M_1 - W \cdot 8 \cdot (4 + X_3) - F_1 \cdot X_3 + R_{by} \cdot X_3.$$

If $X_3=0$,

$$M = 9.875 \cdot 8 - 35 - 2 \cdot 8 \cdot 4 = -20 \text{ t}\cdot\text{m} \text{ (at point B)}$$

$$M = 88.875 - 35 - 80 - 5 + 11.125 = -20 \text{ Ton}\cdot\text{m} \text{ (at point C)}$$

.....END OF SECTION (III-III).....



PART ①
REACTION CALCULATION

$$\sum M_c = 0,$$

$$R_{by} \cdot 3 - F_1 \cdot 2 = 0$$

$$R_{by} = 6.667\text{Ton.}$$

$$\sum F_x = 0,$$

$$R_{bx} = 0.$$

$$\sum F_y = 0,$$

$$R_{by} + R_{cy} - f_1 = 0,$$

$$R_{cy} = 10 - 6.667 = 3.333\text{Ton}$$

CONTROL:

$$\sum F_y:$$

$$R_{by} + R_{cy} - f_1 = 0,$$

$$6.667 + 3.333 - 10 = 0,$$

$$10 - 10 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \text{OK}$$

PART ②
SECTION (I-I)
SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = R_{ay} - 5 \cdot X_1.$$

If $X_1 = 0$, $Q = 5\text{ Ton. (at point A)}$.
 If $X_1 = 4\text{m}$, $Q = 5 - 5 \cdot 4 = -15\text{ Ton.}$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = R_{ay} \cdot X_1 - 5 \cdot X_1^2 / 2.$$

If $X_1 = 0$, $M = 0\text{ t} \cdot \text{m. (at point A)}$.
 If $X_1 = 4\text{m}$, $M = 20 - 40 = -20\text{ Ton} \cdot \text{m. (at point D)}$.
 If $X_1 = 2\text{m}$, $M = 10 - 10 = 0\text{ Ton} \cdot \text{m. (at point 4/2)}$.
 If $X_1 = 1\text{m}$, $M = 5 - 2.5 = 2.5\text{ Ton} \cdot \text{m. (after 1m from point A)}$.
 If $X_1 = 3\text{m}$, $M = 15 - 22.5 = -7.5\text{ Ton} \cdot \text{m. (after 3m from point A)}$.
END OF SECTION (I-I).....

PART ①
SECTION (I-I)
SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = R_{by} = 6.667\text{ ton (Constant from B to E).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = R_{by} \cdot X_1$$

If $X_1 = 0$, $M = 0\text{ (at point B)}$.
 If $X_1 = 1\text{m}$, $M = 6.667\text{ t} \cdot \text{m. (at point E)}$.
END OF SECTION (I-I).....

SECTION (II-II)
SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = R_{by} - f_1.$$

$$Q = 6.667 - 10 = -3.333\text{ ton. (Constant from Point E to C).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = R_{by} \cdot (1 + X_2) - f_1 \cdot X_2.$$

If $X_2 = 0$, $M = 6.667\text{ t} \cdot \text{m. (at point E)}$
 If $X_2 = 2\text{m}$, $M = 6.667 \cdot 3 - 10 \cdot 2 = 0\text{ Ton} \cdot \text{m. (at point C)}$
END OF SECTION (II-II).....

PART ②
SECTION (II-II)
SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = R_{ay} - 5 \cdot 4 + R_{dy}.$$

$$Q = 5 - 20 + 21.667 = 6.667\text{Ton.}$$

(Constant from point D to point B).

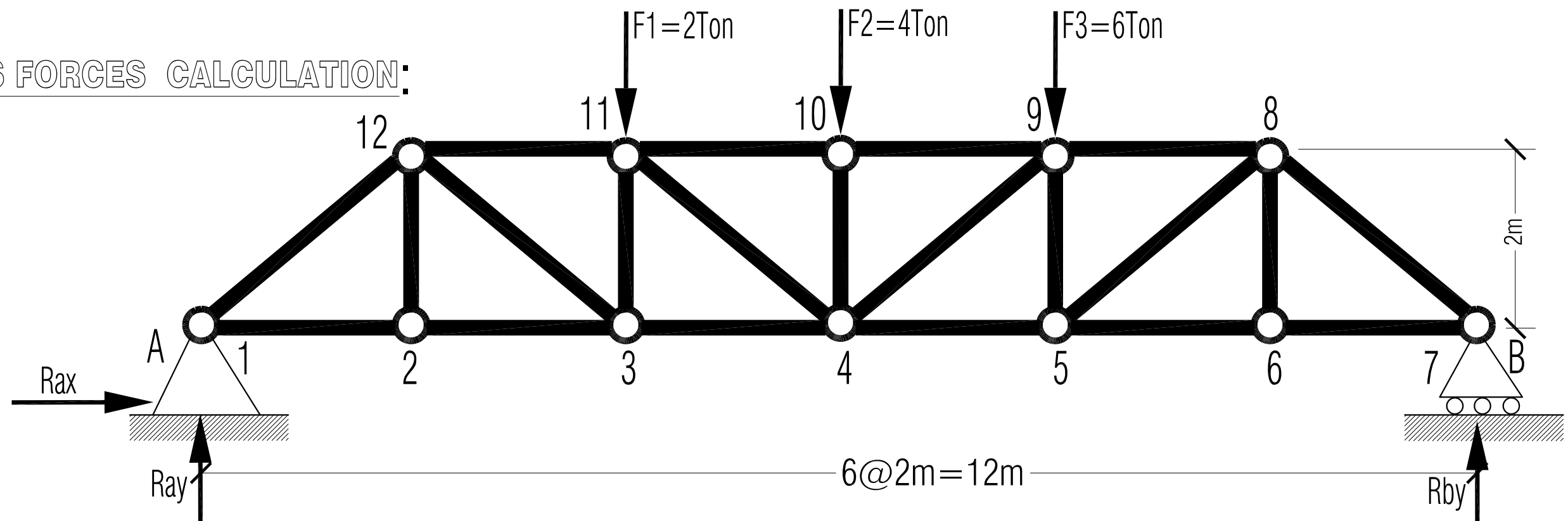
BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = R_{ay} \cdot (4 + X_2) - 5 \cdot 4 \cdot (2 + X_2) + R_{dy} \cdot X_2.$$

If $X_2 = 0$, $M = -20\text{ t} \cdot \text{m. (at point D)}$.
 If $X_1 = 3\text{m}$, $M = 35 - 100 + 65 = 0\text{ Ton} \cdot \text{m. (at point B)}$.
END OF SECTION (II-II).....

EXAMPLE NO.9

THE TRUSS MEMBERS FORCES CALCULATION:



CHECK STATIC DETERMINACY AND STABILITY:

1-Before we can use the equations of equilibrium to analyze this truss, we must first verify that it is statically determinate and stable. The mathematical condition for static determinacy and stability is

$$2J = m + r$$

(J) is the number of joints.

(m) is the number of members.

(r) is the number of couple.

$$2 \times 12 = 21 + 3$$

$$24 = 24 = 0. \text{ (determinacy and stability is satisfied).}$$

REACTION CALCULATION

$$\sum M_b = 0,$$

$$R_{ay} \times 12 - F_1 \times 8 - F_2 \times 6 - F_3 \times 4 = 0$$

$$R_{ay} = 5.334 \text{ Ton.}$$

$$\sum F_x = 0,$$

$$R_{ax} = 0.$$

$$\sum F_y = 0,$$

$$R_{ay} + R_{by} - F_1 - F_2 - F_3 = 0,$$

$$R_{by} = 12 - 5.334 = 6.666 \text{ Ton}$$

CONTROL:

$$\sum F_y = 0,$$

$$R_{ay} + R_{by} - F_1 - F_2 - F_3 = 0,$$

$$5.334 + 6.666 - 2 - 4 - 6 = 0,$$

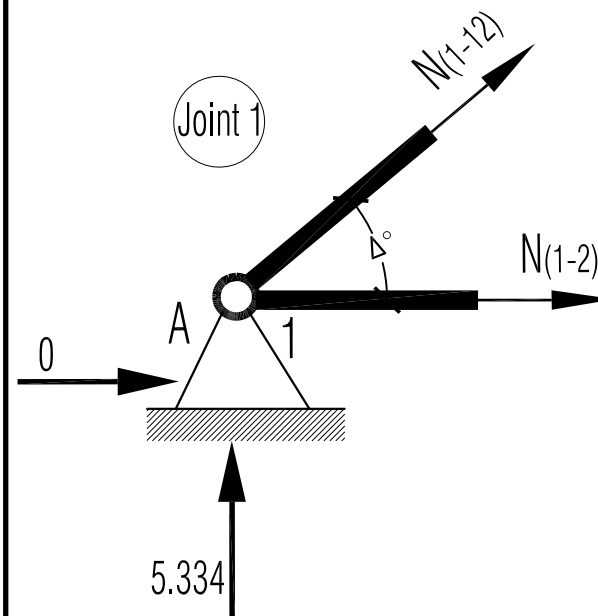
$$12 - 12 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \text{OK}$$

$$\sum F_x = 0,$$

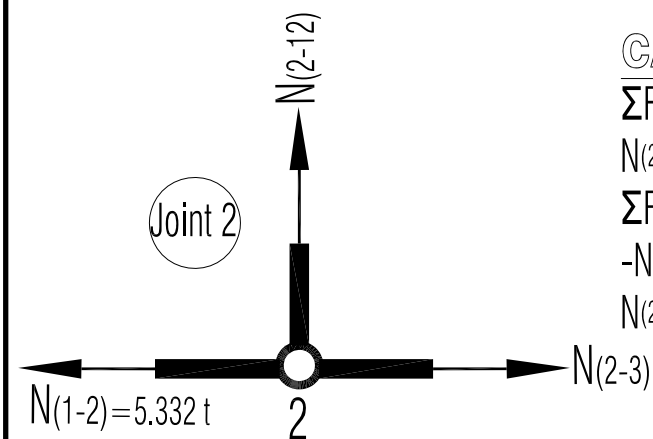
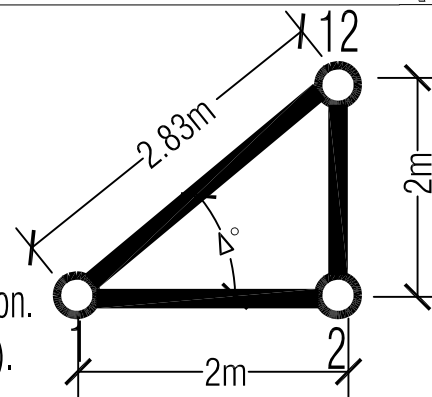
$$R_{ax} = 0,$$

$$0 = 0 \dots \text{OK}$$



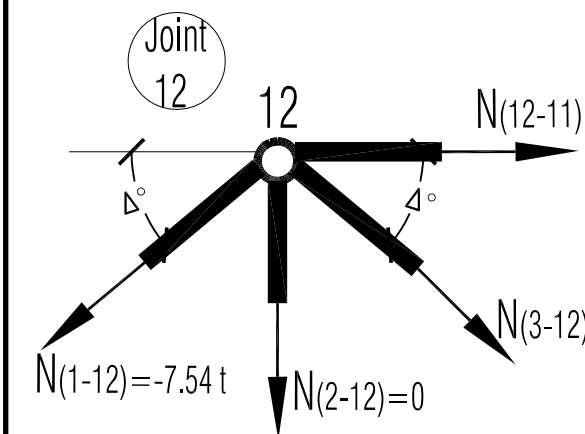
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-1)

$$\begin{aligned} \tan(\Delta^\circ) &= \frac{2}{2} = 1. \\ \arctan(1) &= 45^\circ \\ \sum F_y &= 0, \\ R_{ax} + N(1-12) \cdot \sin \Delta^\circ &= 0, \\ N(1-12) \cdot 0.7071 &= -5.334, \\ N(1-12) &= -5.334 / 0.7071 = -7.54 \text{ Ton.} \\ N(1-12) &= -7.54 \text{ Ton. (Compression).} \\ \sum F_x &= 0, \\ R_{ax} + N(1-12) \cdot \cos \Delta^\circ + N(1-2) &= 0, \\ N(1-2) &= -0 - (-7.54) \cdot 0.7071 = 5.332 \text{ Ton.} \\ N(1-2) &= 5.332 \text{ Ton. (Tension).} \end{aligned}$$



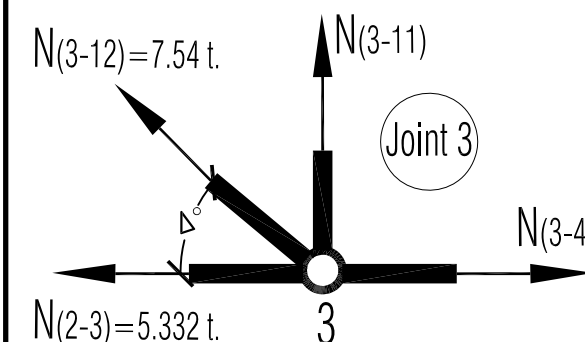
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-2)

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0, \\ N(2-12) &= 0 \\ \sum F_x &= 0, \\ -N(1-2) + N(2-3) &= 0, \\ N(2-3) &= 5.332 \text{ Ton. (Tension).} \end{aligned}$$



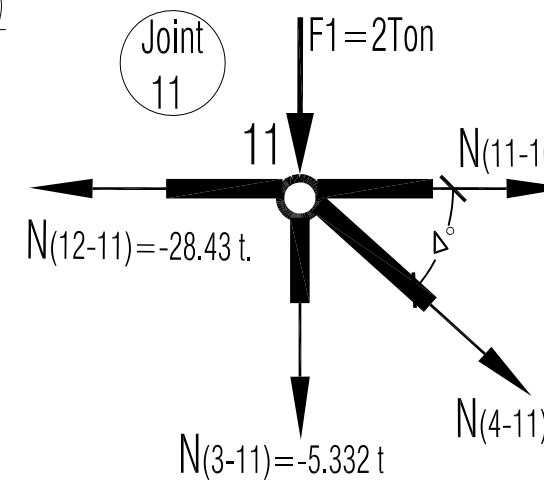
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-12)

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0, \\ -N(1-12) \cdot \sin \Delta^\circ - N(2-12) - N(3-12) \cdot \sin \Delta^\circ &= 0, \\ N(3-12) \cdot \sin \Delta^\circ &= -N(1-12) \cdot \sin \Delta^\circ - N(2-12) \\ N(3-12) &= -(-7.54 \cdot 0.7071) - 0 / 0.7071 \\ N(3-12) &= +7.54 \text{ Ton} = 7.54 \text{ Ton. (Tension).} \\ \sum F_x &= 0, \\ -N(1-12) \cdot \cos \Delta^\circ + N(3-12) \cdot \cos \Delta^\circ + N(12-11) &= 0, \\ N(12-11) &= +N(1-12) \cdot \cos \Delta^\circ - N(3-12) \cdot \cos \Delta^\circ \\ N(12-11) &= +(-7.54) \cdot 0.7071 - (+7.54) \cdot 0.7071 = -5.332 - 5.332 = \\ N(12-11) &= -28.43 \text{ Ton. (Compression).} \end{aligned}$$



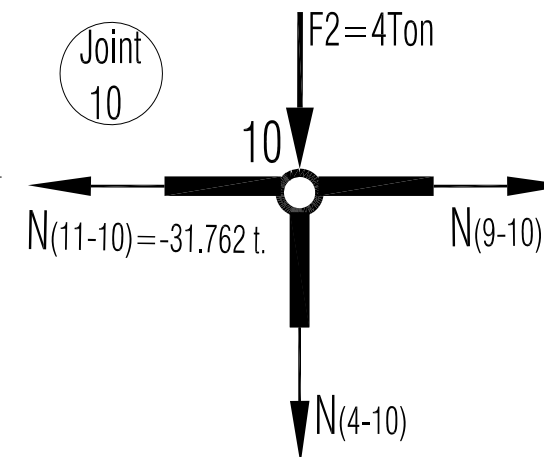
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-3)

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0, -N(3-12) \cdot \sin \Delta^\circ - N(3-11) = 0, \\ N(3-11) &= -N(3-12) \cdot \sin \Delta^\circ, N(3-11) = -(+7.54 \cdot 0.7071) = -5.332 \text{ Ton.} \\ N(3-11) &= -5.332 \text{ Ton} = -5.332 \text{ Ton. (Compression).} \\ \sum F_x &= 0, -N(3-4) + N(2-3) + N(3-12) \cdot \cos \Delta^\circ = 0, \\ N(3-4) &= +N(2-3) + N(3-12) \cdot \cos \Delta^\circ = 5.332 + 5.332 = +10.664 \text{ Ton.} \\ N(3-4) &= 10.664 \text{ Ton. (Tension).} \end{aligned}$$



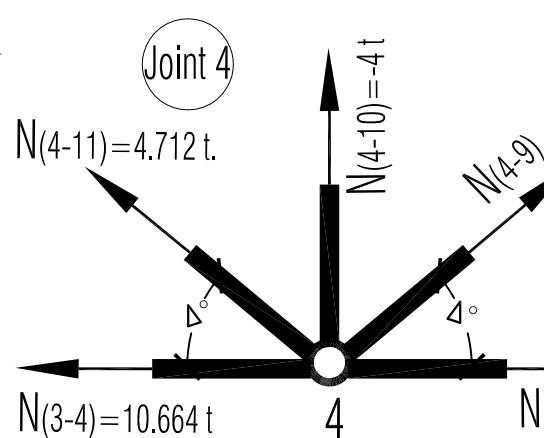
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-11)

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0, \\ -N(4-11) \cdot \sin \Delta^\circ - N(3-11) - F1 &= 0, \\ N(4-11) &= (-N(3-11) - F1) / \sin \Delta^\circ \\ N(4-11) &= -(-5.332) - 2 / 0.7071 = 3.332 / 0.7071 = +4.712 \text{ Ton.} \\ N(4-11) &= 4.712 \text{ Ton. (Tension).} \\ \sum F_x &= 0, \\ -N(12-11) + N(11-10) + N(4-11) \cdot \cos \Delta^\circ &= 0, \\ N(11-10) &= N(12-11) - N(4-11) \cdot \cos \Delta^\circ = +(-28.43) - (+4.712 \cdot 0.7071) = \\ &= -31.762 \text{ Ton.} \\ N(11-10) &= -31.762 \text{ Ton. (Compression).} \end{aligned}$$



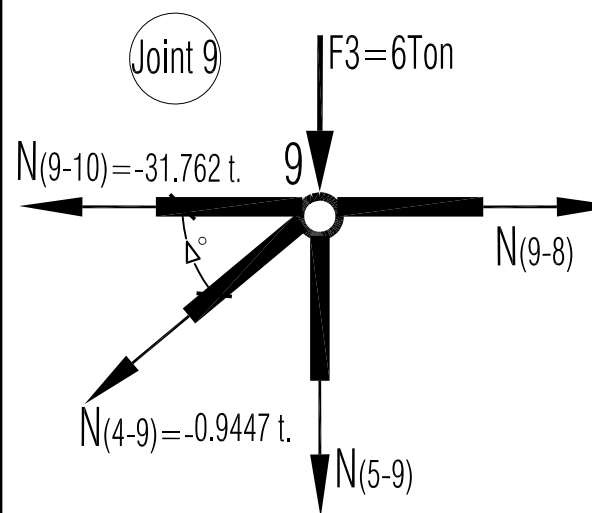
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-10)

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0, \\ F2 + N(4-10) &= 0, \\ N(4-10) &= -F2, \\ N(4-10) &= -4 \text{ Ton.} \\ N(4-10) &= -4 \text{ Ton. (Compression).} \\ \sum F_x &= 0, \\ -N(11-10) + N(9-10) &= 0, \\ N(9-10) &= +N(11-10) = +(-31.762) = -31.762 \text{ Ton.} \\ N(9-10) &= -31.762 \text{ Ton. (Compression).} \end{aligned}$$



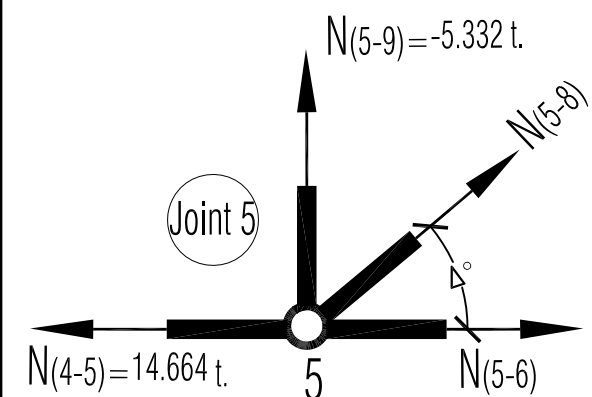
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-4)

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0, \\ -N(4-11) \cdot \sin \Delta^\circ - N(4-10) - N(4-9) \cdot \sin \Delta^\circ &= 0, \\ N(4-9) \cdot \sin \Delta^\circ &= N(4-11) \cdot \sin \Delta^\circ + N(4-10), \\ N(4-9) &= 4.712 \cdot 0.7071 + (-4) / 0.7071 = 3.332 - 4 / 0.7071 = -0.9447 \text{ Ton.} \\ N(4-9) &= -0.9447 \text{ Ton. (Compression).} \\ \sum F_x &= 0, N(3-4) + N(4-11) \cdot \cos \Delta^\circ - N(4-5) - N(4-9) \cdot \cos \Delta^\circ = 0, \\ N(4-5) &= N(3-4) + N(4-11) \cdot \cos \Delta^\circ - N(4-9) \cdot \cos \Delta^\circ = \\ &= 10.664 + 4.712 \cdot 0.7071 - (-0.9447) \cdot 0.7071. \\ N(4-5) &= 13.996 + 0.668 = +14.664 \text{ Ton.} \\ N(4-5) &= 14.664 \text{ Ton. (Tension).} \end{aligned}$$



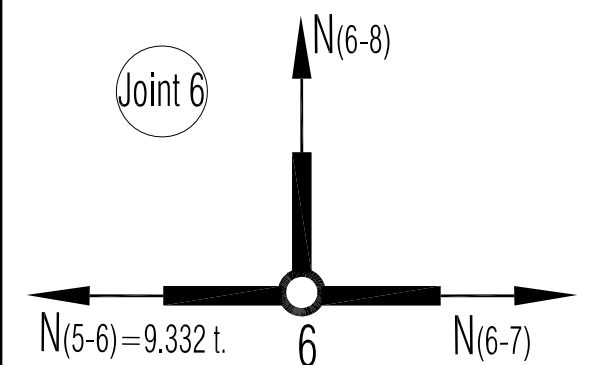
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-9)

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0, \\ -N(4-9) \cdot \sin \Delta^\circ - N(5-9) - F_3 &= 0, \\ N(5-9) &= -N(4-9) \cdot \sin \Delta^\circ - F_3, \\ N(5-9) &= -(-0.9447 \cdot 0.7071) - 6 = 0.668 - 6 = -5.332 \text{ Ton.} \\ N(5-9) &= -5.332 \text{ Ton. (Compression).} \\ \Sigma F_x &= 0, \\ N(9-10) + N(4-9) \cdot \cos \Delta^\circ - N(9-8) &= 0, \\ N(9-8) &= N(9-10) + N(4-9) \cdot \cos \Delta^\circ = +(-31.762) + (-0.9447 \cdot 0.7071) = \\ &= -31.762 - 0.668 = -32.43 \text{ Ton.} \\ N(9-8) &= -32.43 \text{ Ton. (Compression).}\end{aligned}$$



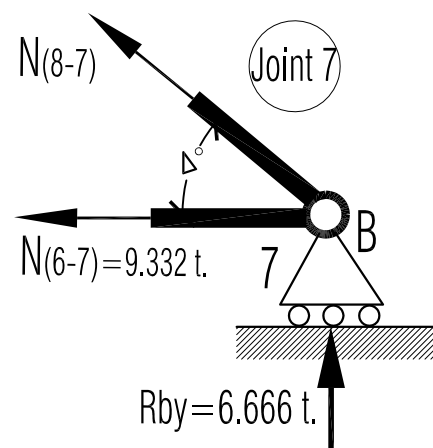
CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-5)

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0, \\ N(5-9) + N(5-8) \cdot \sin \Delta^\circ &= 0, \\ N(5-8) &= -N(5-9) / \sin \Delta^\circ, \\ N(5-8) &= -(-5.332) / 0.7071 = 7.54 \text{ Ton.} \\ N(5-8) &= 7.54 \text{ Ton. (Tension).} \\ \Sigma F_x &= 0, \\ -N(4-5) + N(5-8) \cdot \cos \Delta^\circ + N(5-6) &= 0, \\ N(5-6) &= N(4-5) - N(5-8) \cdot \cos \Delta^\circ = 14.664 - (7.54 \cdot 0.7071) = \\ &= 14.664 - 5.332 = 9.332 \text{ Ton.} \\ N(5-6) &= 9.332 \text{ Ton. (Tension).}\end{aligned}$$



CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-6)

$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0, \\ N(6-8) &= 0, \\ \Sigma F_x &= 0, \\ -N(5-6) + N(6-7) &= 0, \\ N(6-7) &= N(5-6) = 9.332 \text{ Ton.} \\ N(6-7) &= 9.332 \text{ Ton. (Tension).}\end{aligned}$$



CALCULATE INTERNAL MEMBER FORCES.(J-7)

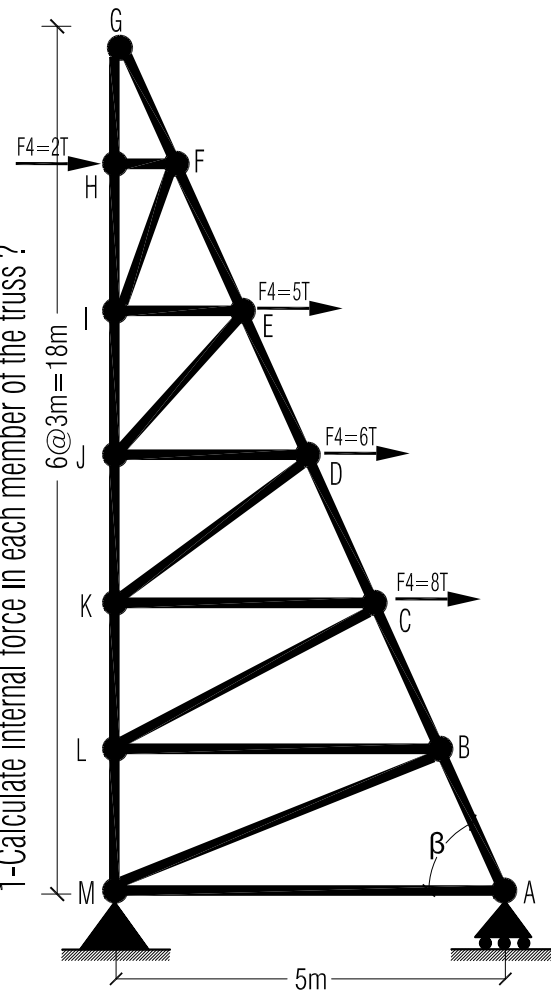
$$\begin{aligned}\Sigma F_y &= 0, \\ R_{by} + N(8-7) \cdot \sin \Delta^\circ &= 0, \\ N(8-7) \cdot \sin \Delta^\circ &= -R_{by} \\ N(8-7) &= -R_{by} / \sin \Delta^\circ \\ N(8-7) &= -(6.666) / 0.7071 = -9.43 \text{ Ton.} \\ N(8-7) &= -9.43 \text{ Ton. (Compression).}\end{aligned}$$

SUMMARY OF STRUCTURAL ANALYSIS RESULTS.

MEMBERS	FORCE
1 TO 12	7.54 Ton (compression)
1 TO 2	5.332 Ton (Tension)
2 TO 3	5.332 Ton (Tension)
2 TO 12	0
3 TO 12	7.54 Ton (Tension)
12 TO 11	28.43 Ton (compression)
3 TO 4	10.664 Ton (Tension)
3 TO 11	5.332 Ton (compression)
4 TO 11	4.712 Ton (Tension)
11 TO 10	31.762 Ton (compression)
9 TO 10	31.762 Ton (compression)
4 TO 10	4 Ton (compression)
4 TO 9	0.9447 Ton (compression)
4 TO 5	14.664 Ton (Tension)
5 TO 9	5.332 Ton (compression)
9 TO 8	32.43 Ton (compression)
5 TO 8	7.54 Ton (Tension)
5 TO 6	9.332 Ton (Tension)
6 TO 8	0
6 TO 7	9.332 Ton (Tension)
8 TO 7	9.43 Ton (compression)

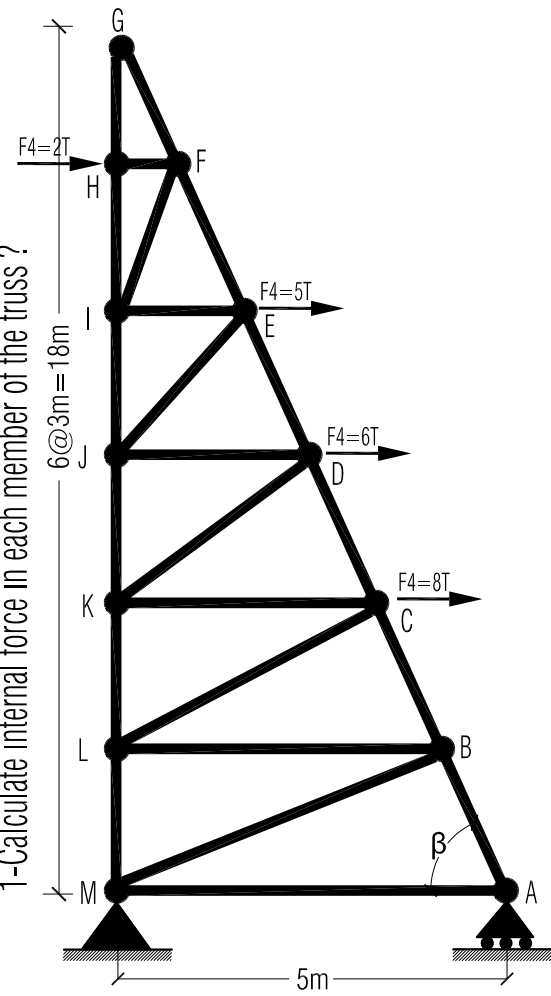
PROBLEM NO.10

1- Calculate internal force in each member of the truss ?



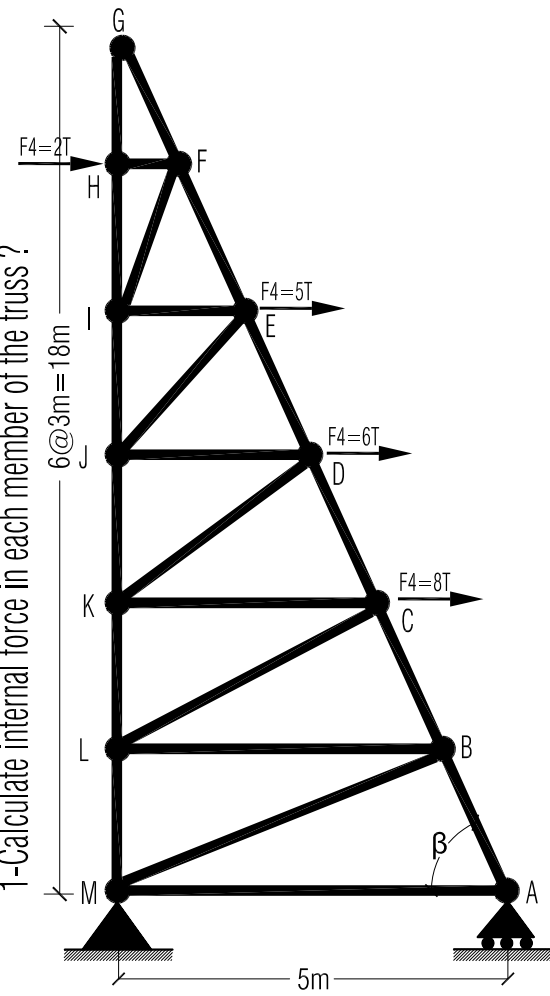
PROBLEM NO.10

1- Calculate internal force in each member of the truss ?



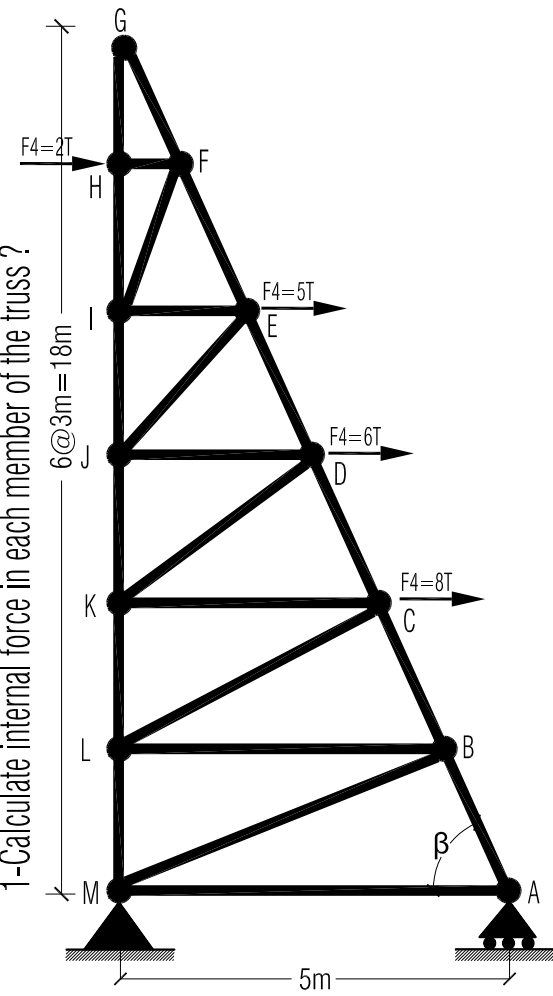
PROBLEM NO.10

1- Calculate internal force in each member of the truss ?



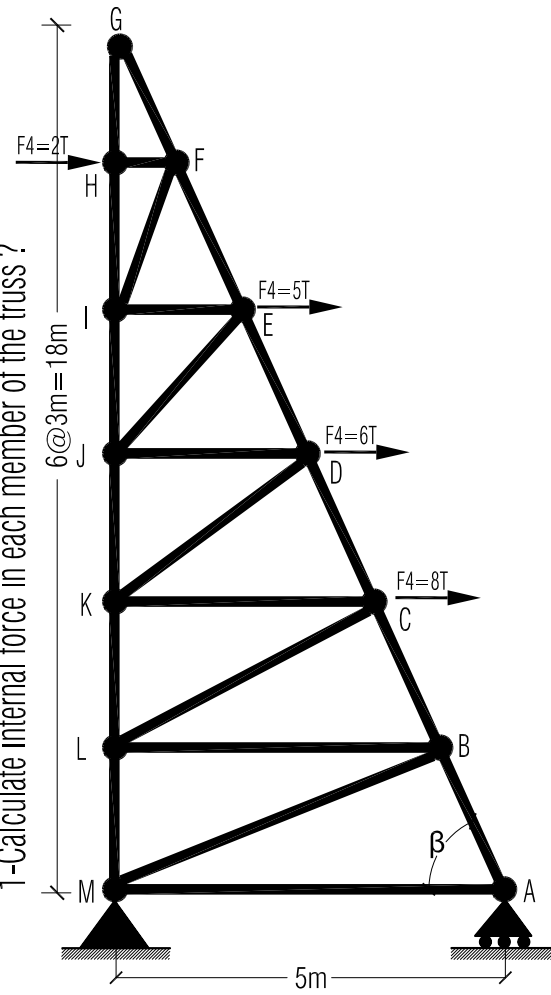
PROBLEM NO.10

1- Calculate internal force in each member of the truss ?



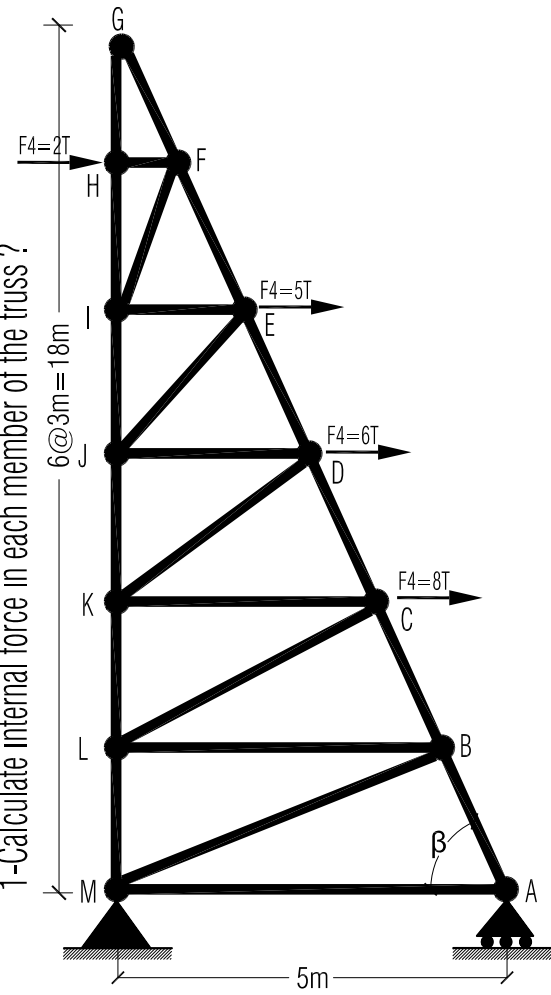
PROBLEM NO.10

1- Calculate internal force in each member of the truss ?



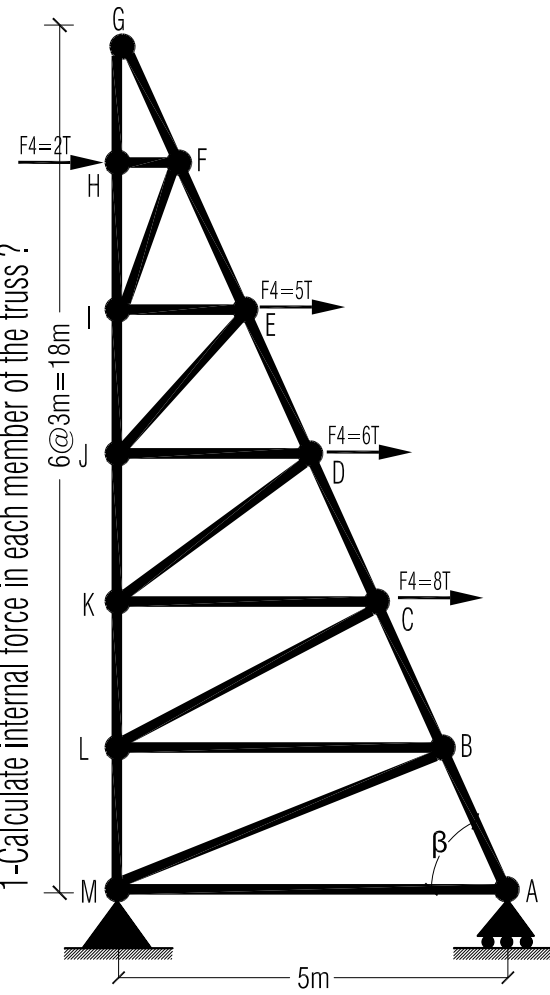
PROBLEM NO.10

1- Calculate internal force in each member of the truss ?



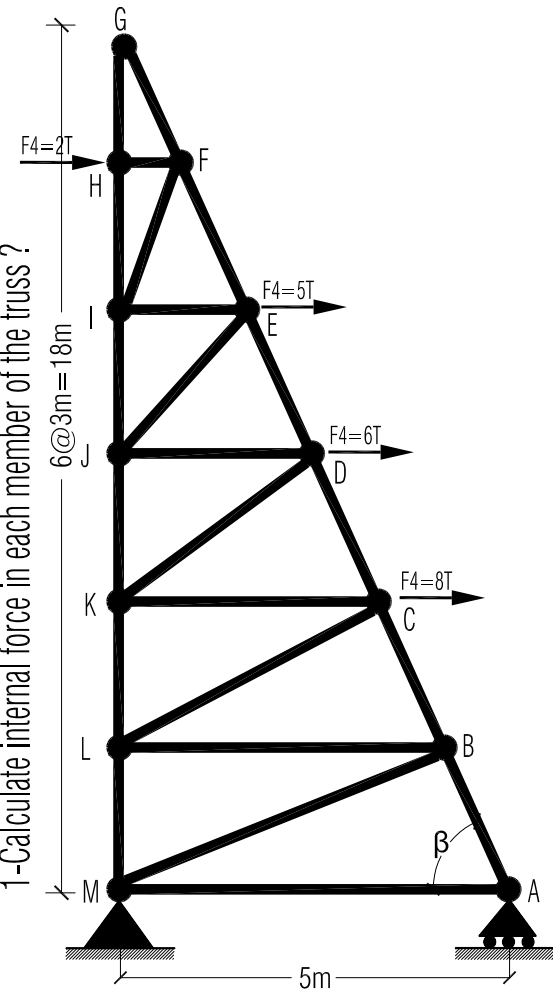
PROBLEM NO.10

1- Calculate internal force in each member of the truss ?



PROBLEM NO.10

1- Calculate internal force in each member of the truss ?



QUESTION NO.1

GROUP - A

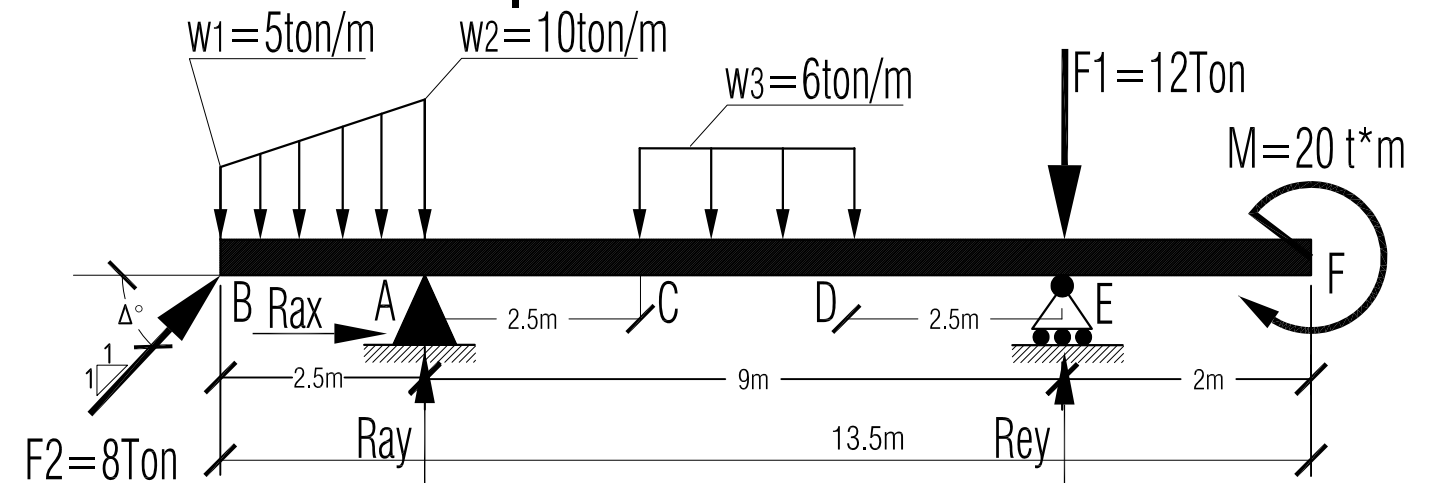
CALCULATE SHEAR FORCE , AXIAL FORCE AND BINDING MOMENT DIAGRAMS :

1- Reactions.....(1 point)

2- Shear Force.....(1 point)

3- Binding Moment.....(1 point)

4-(Q and M) diagrams.....(2 points)



REACTION CALCULATION

$$\sum M_b = 0, R_{ay} \cdot 9 + M + F_2 \cdot 0.7071 \cdot 11.5 - 5 \cdot 2.5 \cdot 10.25 - 10 \cdot 2.5 \cdot 0.5 \cdot 9.834 - 6 \cdot 4 \cdot 4.5 = 0,$$

$$R_{ay} = (359.05 - 85.0532) / 9 = 30.444 \text{ Ton.}$$

$$\sum F_x = 0, R_{ax} + 8 \cdot 0.7071 = 0. R_{ax} = -5.6568 \text{ Ton. (compression).}$$

$$\sum F_y = 0, R_{ey} + 30.444 + 5.6568 - 12.5 - 12.5 - 24 - 12 = 0, R_{ey} = 61 - 36.1008 = 24.8992 \text{ Ton.}$$

CONTROL:

$$\sum F_y = 0, 24.8992 + 30.444 + 5.6568 - 12.5 - 12.5 - 24 - 12 = 0, 61 - 61 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \text{OK}$$

SECTION(I-I)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = 5.6568 - 5 \cdot X_1 - 10 \cdot 0.5 \cdot X_1. X_1 = 0, Q = 5.6568 \text{ Ton. (at point B). } X_1 = 2.5\text{m, } Q = -19.3432 \text{ Ton. (at point A).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = 5.6568 \cdot X_1 - 5 \cdot X_1 \cdot X_1 / 2 - 10 \cdot 0.5 \cdot X_1 \cdot 0.334 \cdot X_1, X_1 = 0, M = 0. \text{ (at point B). } X_1 = 2.5\text{m, } M = -11.9005 \text{ t*m. (at point A).}$$

.....END OF SECTION (I-I).....

SECTION(II-II)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = 5.6568 - 12.5 - 12.5 + 30.444. , Q = 11.1008 \text{ Ton. (at point A constant to point C).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = 30.444 \cdot X_2 + 5.6568 \cdot (2.5 + X_2) - 5 \cdot 2.5 \cdot (1.25 + X_2) - 10 \cdot 0.5 \cdot 2.5 \cdot (0.8334 + X_2), X_2 = 0, M = -11.9005 \text{ t*m. (at point A).}$$

$$X_2 = 2.5\text{m, } M = 15.8415 \text{ t*m. (at point C).}$$

.....END OF SECTION (II-II).....

SECTION(III-III)

SHEAR FORCE CALCULATION

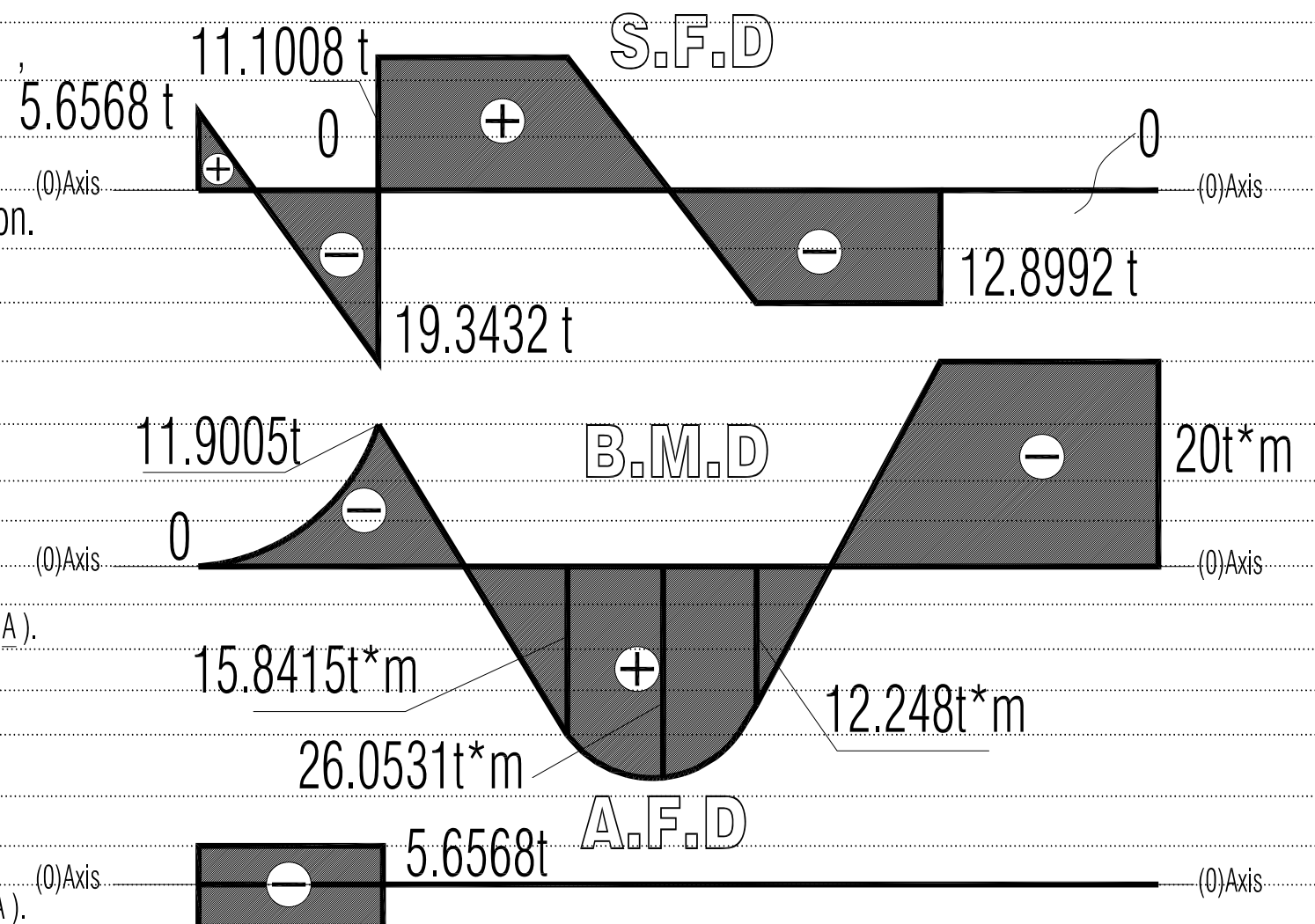
$$Q = 5.6568 - 12.5 - 12.5 - 6 \cdot X_3 + 30.444. , X_3 = 0, Q = 11.1008 \text{ Ton. (at point C). } X_3 = 4\text{m, } Q = -12.8992 \text{ Ton. (at point D).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = 30.444 \cdot (2.5 + X_3) + 5.6568 \cdot (5 + X_3) - 5 \cdot 2.5 \cdot (3.75 + X_3) - 10 \cdot 0.5 \cdot 2.5 \cdot (3.3334 + X_3) - 6 \cdot X_3 \cdot X_3 / 2, X_3 = 0, M = 104.394 - 88.5425 = 15.8415 \text{ t*m. (at point C).}$$

$$X_3 = 4\text{m, } M = 248.7972 - 236.5425 = 12.248 \text{ t*m. (at point D).}$$

.....END OF SECTION (III-III).....



SECTION(V-V)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = 0. \text{ (at point F to point E).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = -20 \text{ t*m, (at point F)}$$

.....END OF SECTION (V-V).....

SECTION(IV-IV)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = -24.8992 + 12 = -12.8992 \text{ Ton. (at point E to point D).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = 24.8992 \cdot X_4 - 20 - 12 \cdot X_4,$$

$$X_4 = 0, M = -20 \text{ t*m. (at point E).}$$

$$X_4 = 2.5\text{m, } M = 12.248 \text{ t*m. (at point D).}$$

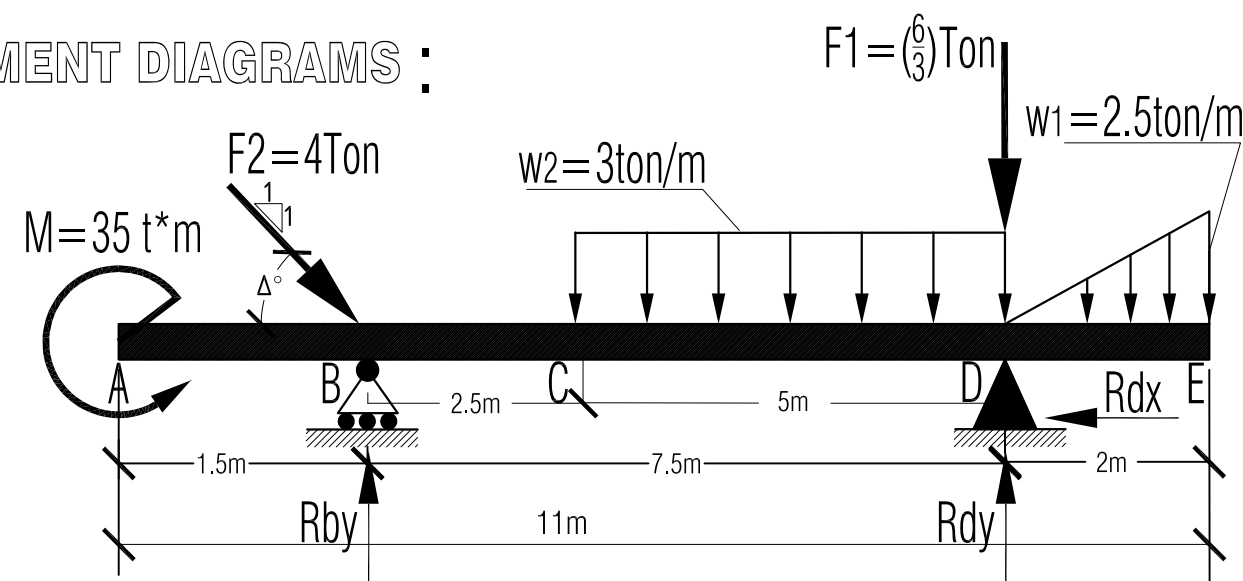
.....END OF SECTION (IV-IV).....

QUESTION NO.1

CALCULATE SHEAR FORCE , AXIAL FORCE AND BINDING MOMENT DIAGRAMS :

- 1- Reactions.....(1 point)
- 2- Shear Force.....(1 point)
- 3- Binding Moment.....(1 point)
- 4-(Q and M) diagrams.....(2 points)

GROUP- B



REACTION CALCULATION

$$\sum M_d = 0, R_{by} * 7.5 - M - F_2 * 0.7071 * 7.5 - W_2 * 5 * 2.5 + W_1 * 2 * 0.5 * 1.334 = 0,$$

$$R_{by} = (93.713 - 3.335) / 7.5 = 12.0504 \text{ Ton.}$$

$$\sum F_x = 0, R_{dx} - 4 * 0.7071 = 0, R_{dx} = +2.8284 \text{ Ton. (tension).}$$

$$\sum F_y = 0, R_{by} + R_{dy} - 2.8284 - 15 - 2 - 2.5 = 0, R_{dy} = 22.3284 - 12.0504 = 10.278 \text{ Ton.}$$

CONTROL:

$$\sum F_y = 0, R_{by} + R_{dy} - 2.8284 - 15 - 2 - 2.5 = 0, 22.3284 - 22.3284 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \text{OK}$$

SECTION(I-I)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = 0, \text{ (at point A to B).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = -35 \text{ t*m. (at point A).}$$

.....END OF SECTION (I-I).....

SECTION(II-II)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = R_{by} - F_2 * 0.7071, Q = 12.0504 - 2.8284 = 9.222 \text{ Ton. (at point B constant to point C).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = 12.0504 * X_2 - 35 - 2.8284 * X_2, X_2 = 0, M = -35 \text{ t*m. (at point B).}$$

$$X_2 = 2.5 \text{ m, } M = -11.945 \text{ t*m. (at point C).}$$

.....END OF SECTION (II-II).....

SECTION(III-III)

SHEAR FORCE CALCULATION

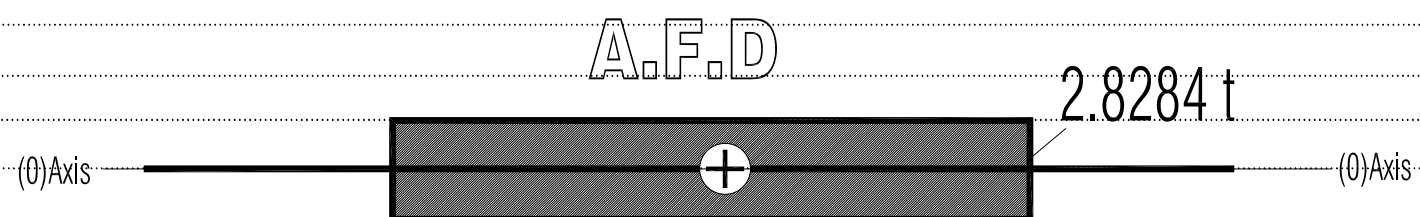
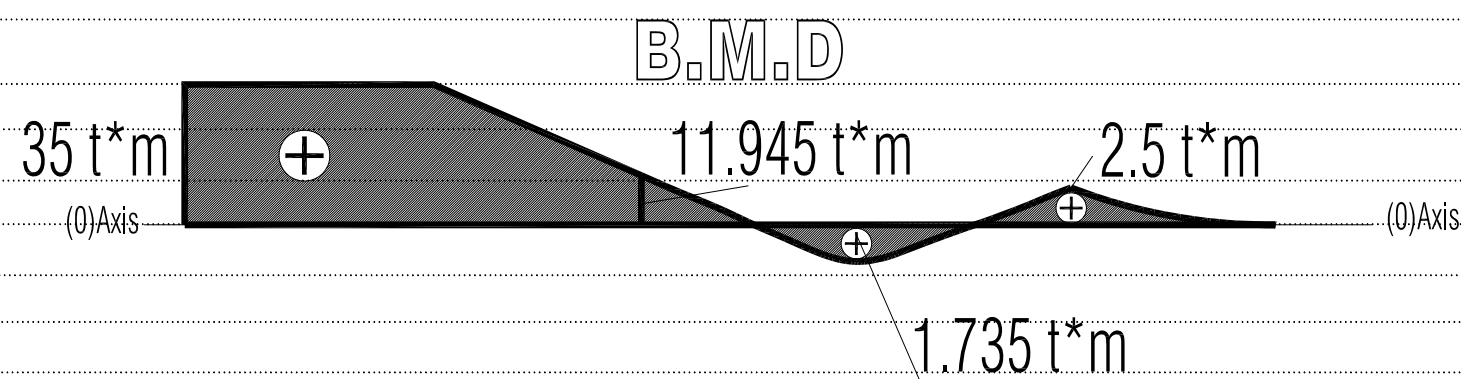
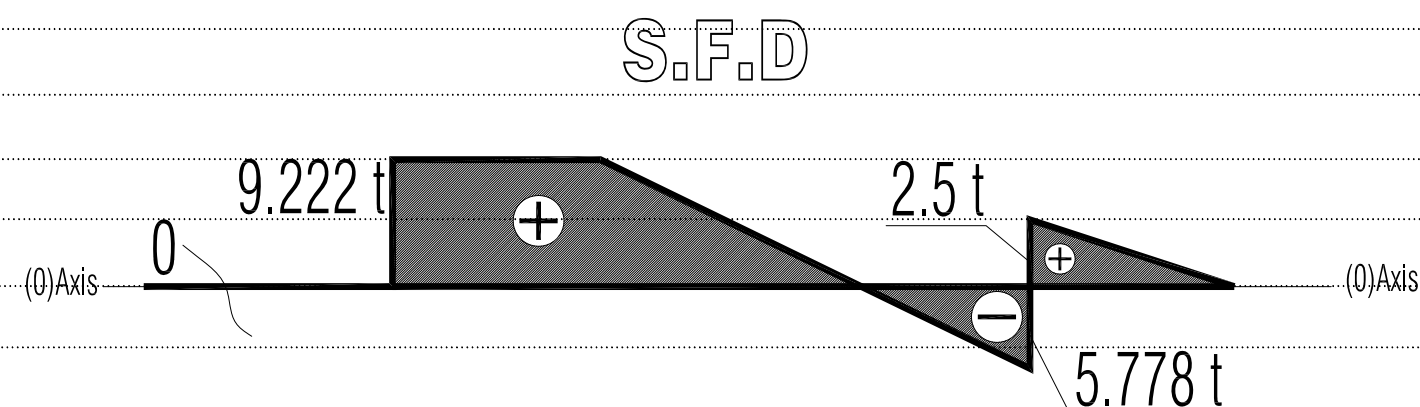
$$Q = 12.0504 - 2.8284 - 3 * X_3, X_3 = 0, Q = 9.222 \text{ Ton. (at point C).}, X_3 = 5 \text{ m, } Q = -5.778 \text{ Ton. (at point D).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = 12.0504 * (2.5 + X_3) - 2.8284 * (2.5 + X_3) - 3 * X_3 * X_3 / 2 - 35, X_3 = 0, M = -11.945 \text{ t*m. (at point C).}$$

$$X_3 = 5 \text{ m, } M = 90.378 - 93.713 = -3.335 \text{ t*m. (at point D).}$$

.....END OF SECTION (III-III).....



SECTION(IV-IV)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = 2.5 * X_4 * 0.5, X_4 = 0, Q = 0. \text{ (at point E). } X_4 = 2 \text{ m, } Q = 2.5 \text{ Ton. (at point D).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = -2.5 * 0.5 * X_4 * 0.6667 * X_4, X_4 = 0, M = 0. \text{ (at point E), } X_4 = 2 \text{ m, } M = -3.335 \text{ t*m. (at point D).}$$

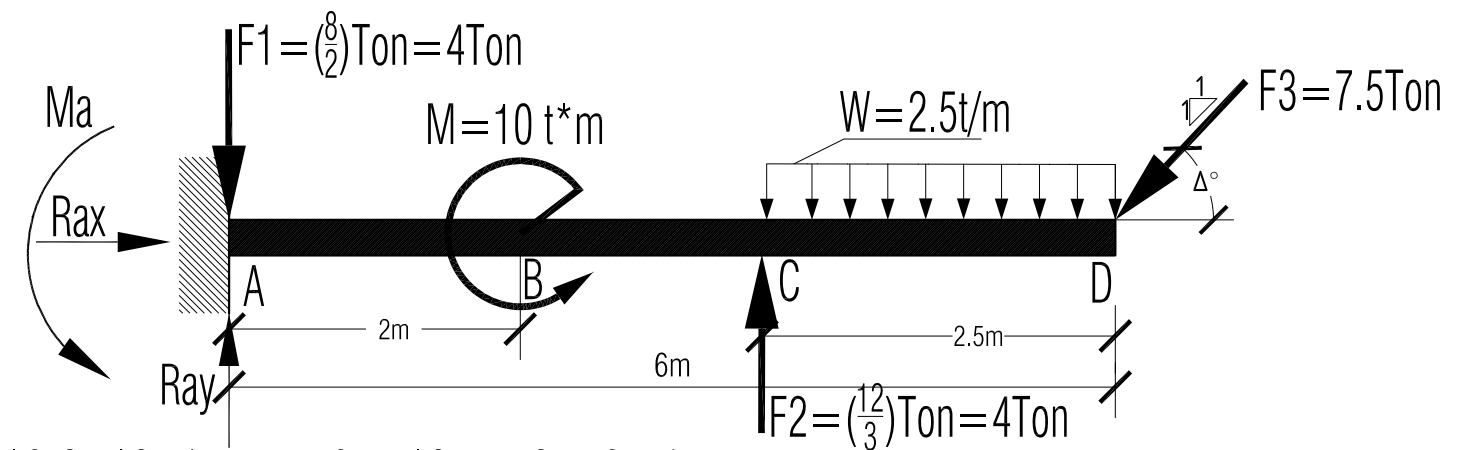
.....END OF SECTION (IV-IV).....

QUESTION NO.1

GROUP-C

CALCULATE SHEAR FORCE , AXIAL FORCE AND BINDING MOMENT DIAGRAMS :

- 1- Reactions.....(1 point)
- 2- Shear Force.....(1 point)
- 3- Binding Moment.....(1 point)
- 4-(Q and M) diagrams.....(2 points)



$$M_a = -7.5 \cdot 0.7071 \cdot 6 - 2.5 \cdot 2.5 \cdot 4.75 + 10 + 4 \cdot 3.5 = -37.507 \text{ t*m.}$$

REACTION CALCULATION

$$\sum M_d = 0, R_{ay} \cdot 6 - M + F_2 \cdot 2.5 - W \cdot 2.5 \cdot 1.25 - F_1 \cdot 6 - M_a = 0,$$

$$R_{ay} = (79.3195 - 10) / 6 = 11.55325 \text{ Ton.}$$

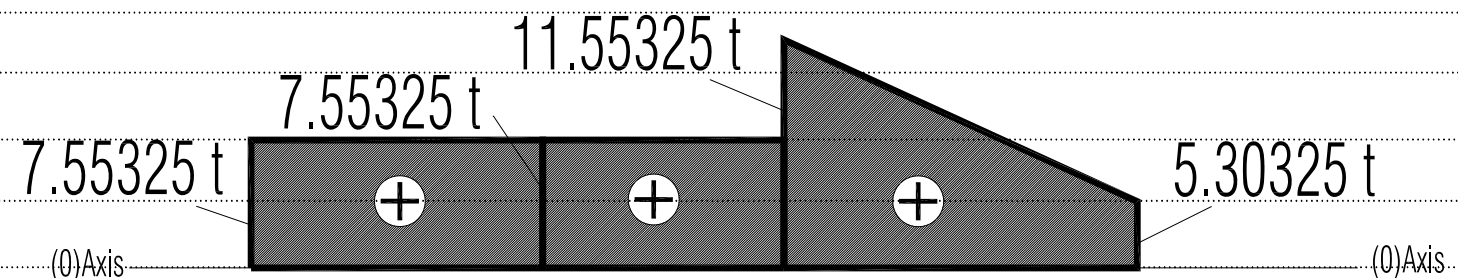
$$\sum F_x = 0, R_{ax} - 7.5 \cdot 0.7071 = 0. R_{ax} = +5.30325 \text{ Ton. (tension).}$$

CONTROL:

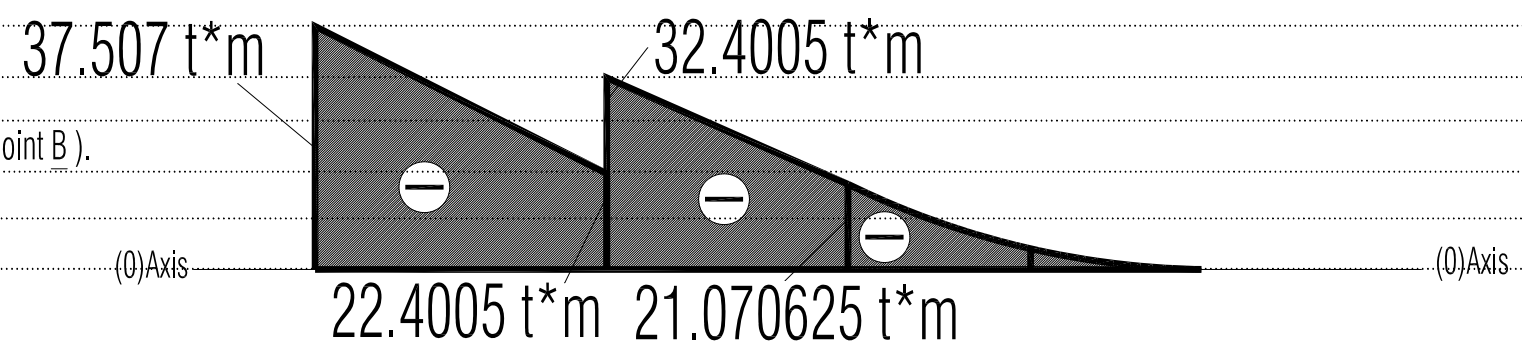
$$\sum F_y = 0, 11.55325 + 4 - 4 - 6.25 - 5.30325 = 0, 15.55325 - 15.55325 = 0.$$

$$0 = 0 \dots \dots \text{OK}$$

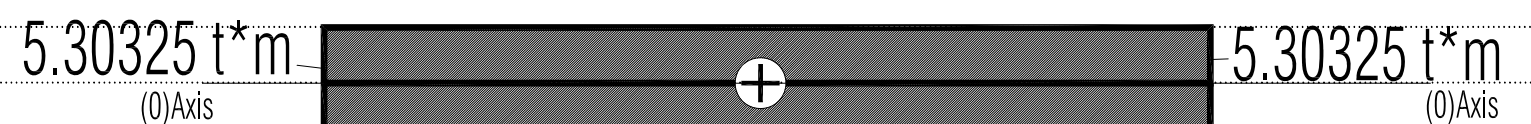
S.F.D



B.M.D



A.F.D



SECTION(I-I)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = 11.55325 - 4 = 7.55325 \text{ Ton (at point A to B).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = 11.55325 \cdot X_1 - 4 \cdot X_1 - 37.507, \quad X_1 = 0, \quad M = -37.507 \text{ t*m. (at point A).} \quad X_1 = 2\text{m}, \quad M = -22.4005 \text{ t*m. (at point B).}$$

.....END OF SECTION (I-I).....

SECTION(II-II)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = 11.55325 - 4 = 7.55325 \text{ Ton (at point B to C).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$M = 11.55325 \cdot (2 + X_2) - 4 \cdot (2 + X_2) - 37.507 - 10, \quad X_2 = 0, \quad M = -32.4005 \text{ t*m. (at point B).}$$

$$X_2 = 1.5\text{m}, \quad M = -21.070625 \text{ t*m. (at point C).}$$

.....END OF SECTION (II-II).....

SECTION(III-III)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$Q = 7.5 \cdot 0.7071 + 2.5 \cdot X_3, \quad X_3 = 0, \quad Q = 5.30325 \text{ Ton. (at point D).} \quad X_3 = 2.5\text{m}, \quad Q = 11.55325 \text{ Ton. (at point C).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

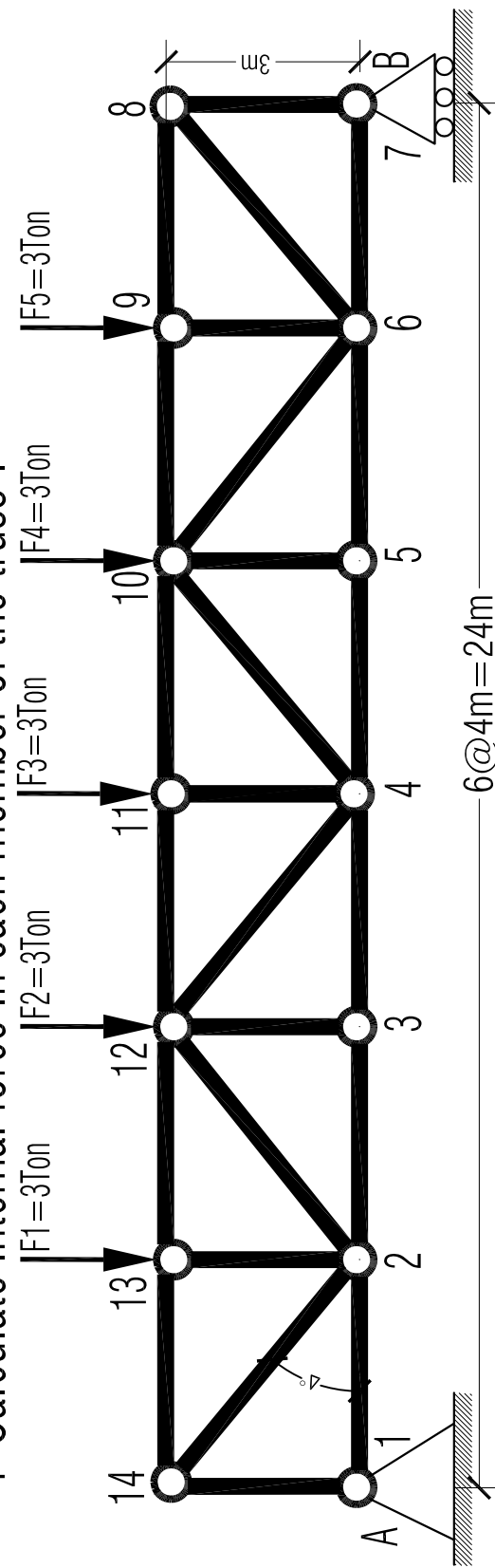
$$M = -5.30325 \cdot X_3 - 2.5 \cdot X_3 \cdot X_3 / 2, \quad X_3 = 0, \quad M = 0. \text{ (at point D).}$$

$$X_3 = 2.5\text{m}, \quad M = -21.070625 \text{ t*m. (at point C).}$$

.....END OF SECTION (III-III).....

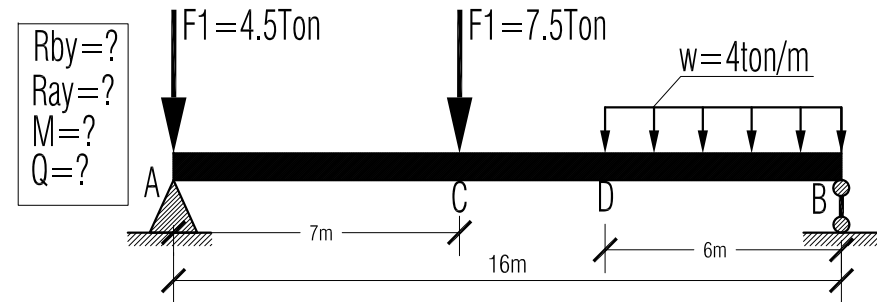
PROBLEM NO.9

1- Calculate internal force in each member of the truss?



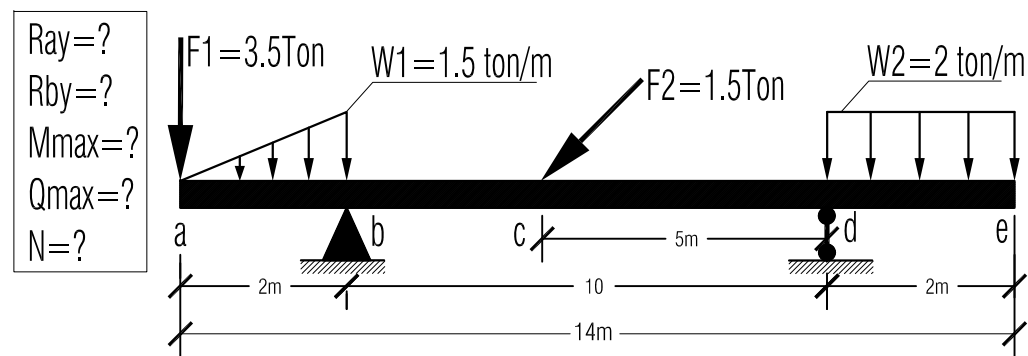
PROBLEM NO.5

Calculate and draw the (shear force and binding moment diagrams).



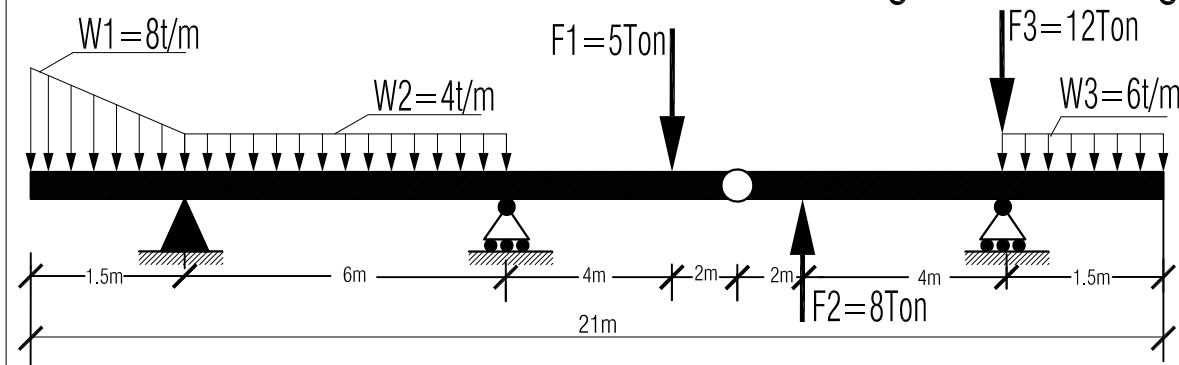
PROBLEM NO.6

1- Calculate and draw the (shear force and binding moment diagrams).



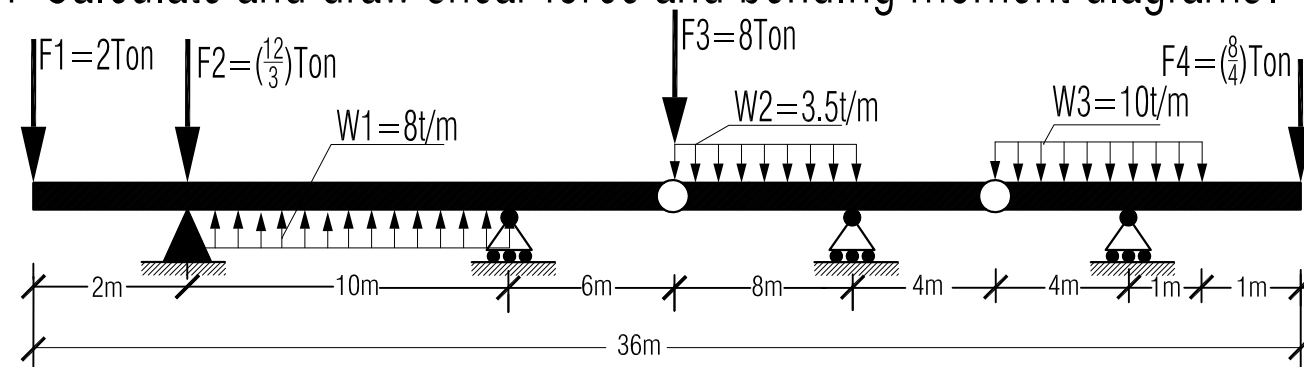
PROBLEM NO.7

1- Calculate and draw shear force and bending moment diagrams?



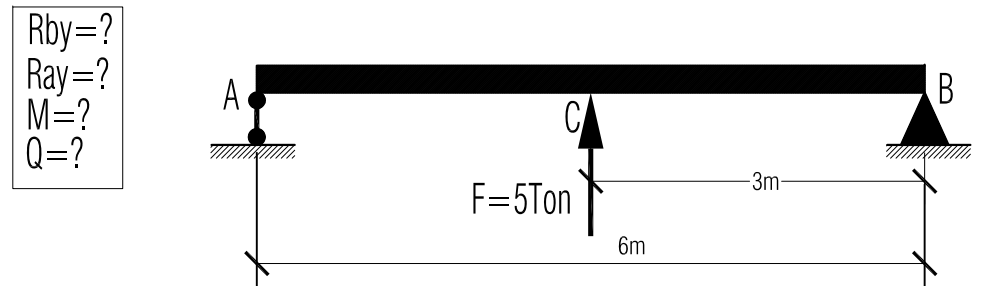
PROBLEM NO.8

1- Calculate and draw shear force and bending moment diagrams?



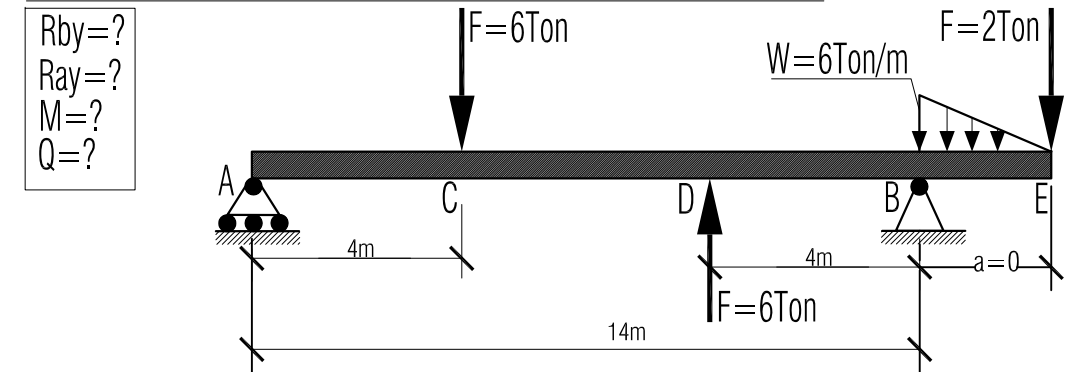
PROBLEM NO.1

Calculate and draw the (shear force and binding moment diagrams).



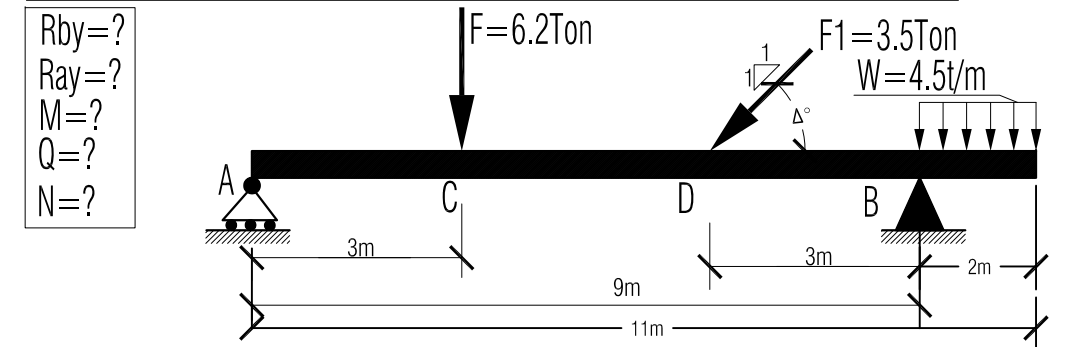
PROBLEM NO.2

Calculate and draw the (shear force and binding moment diagrams).



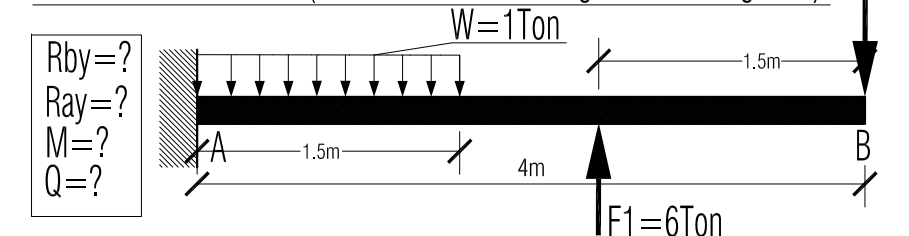
PROBLEM NO.3

Calculate and draw the (shear force, axial force and binding moment diagrams).



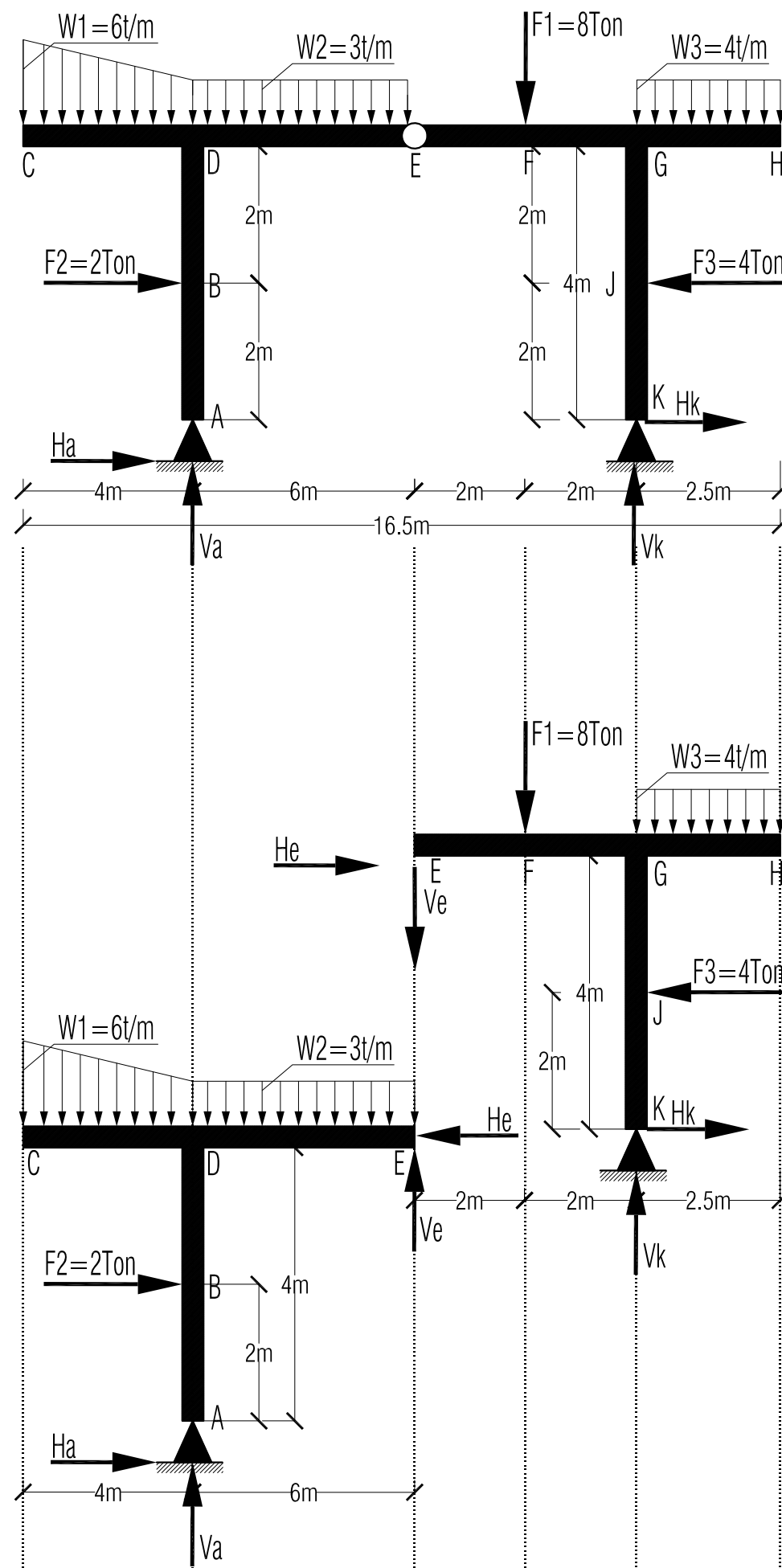
PROBLEM NO.4

Calculate and draw the (shear force and binding moment diagrams).



EXAMPLE NO.10

FRAME SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT CALCULATION:



REACTION CALCULATION

$W = 3D - 2H - R = 3 \times 2 - 2 \times 1 - 4 = 6 - 6 = 0$, (DETERMINATE STABLE).

$$\Sigma M_a = 0,$$

$$V_k \times 10 + F_3 \times 2 - F_1 \times 8 - W_3 \times 2.5 \times (1.25 + 10) - W_2 \times 6 \times 3$$

$$+ W_2 \times 4 \times 2 + 0.5 \times W_1 \times 4 \times \frac{2}{3} \times 4 - F_2 \times 2 = 0$$

$$V_k = (-8 + 64 + 112.5 + 54 - 24 - 16 + 4) / 10 = 18.65 \text{ Ton.}$$

$$V_k = 18.65 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$V_k + V_a - f_1 - 10 - 30 - 6 = 0,$$

$$V_a = 10 + 8 + 30 + 6 - 18.65 = 35.35 \text{ Ton.}$$

$$V_a = 35.35 \text{ Ton.}$$

CONTROL No 1:

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$V_k + V_a - f_1 - 10 - 30 - 6 = 0,$$

$$18.65 + 35.35 - 8 - 10 - 30 - 6 = 0,$$

$$54 - 54 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

REACTION CALCULATION

$$\Sigma M_e = 0,$$

$$V_k \times 4 - H_k \times 4 - F_3 \times 2 - F_1 \times 2 - W_3 \times 2.5 \times (1.25 + 4) = 0$$

$$H_k = (-8 - 16 - 52.5 + 74.6) / 4 = -0.475 \text{ Ton.}$$

$$H_k = -0.475 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$V_k - V_e - f_1 - 10 = 0,$$

$$V_e = 18.65 - 8 - 10 = 0.65 \text{ Ton.}$$

$$V_e = 0.65 \text{ Ton.}$$

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$H_k + H_e - f_3 = 0,$$

$$H_e = 4 - 0.475 = 3.525 \text{ Ton.}$$

$$H_e = 3.525 \text{ Ton.}$$

CONTROL No 2:

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$V_k - V_e - f_1 - 10 = 0,$$

$$18.65 - 0.65 - 8 - 10 - 30 - 6 = 0,$$

$$18.65 - 18.65 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$H_k - F_3 + H_e = 0,$$

$$0.475 - 4 + 3.525 = 0,$$

$$4 - 4 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

REACTION CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$H_a + F_2 - H_e = 0,$$

$$H_a = 3.525 - 2 = 1.525 \text{ Ton.}$$

$$H_a = 1.525 \text{ Ton.}$$

CONTROL No 3:

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$V_a + V_e - 30 - 6 = 0,$$

$$35.35 + 0.65 - 30 - 6 = 0,$$

$$36 - 36 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$H_a + F_2 - H_e = 0,$$

$$1.525 + 2 - 3.525 = 0,$$

$$3.525 - 3.525 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

SECTION (II-II)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$Q_2 = -H_k + F_3 = 3.525 \text{ ton (Constant from J to G).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O2} = M_2 - H_k \times (2 + X_2) + F_3 \times X_2$$

$$\text{If } X_2 = 0, \quad M_2 = 0.95 \text{ Ton. (at point J).}$$

$$\text{If } X_2 = 2\text{m}, \quad M_2 = -6.1 \text{ t}^*\text{m. (at point G).}$$

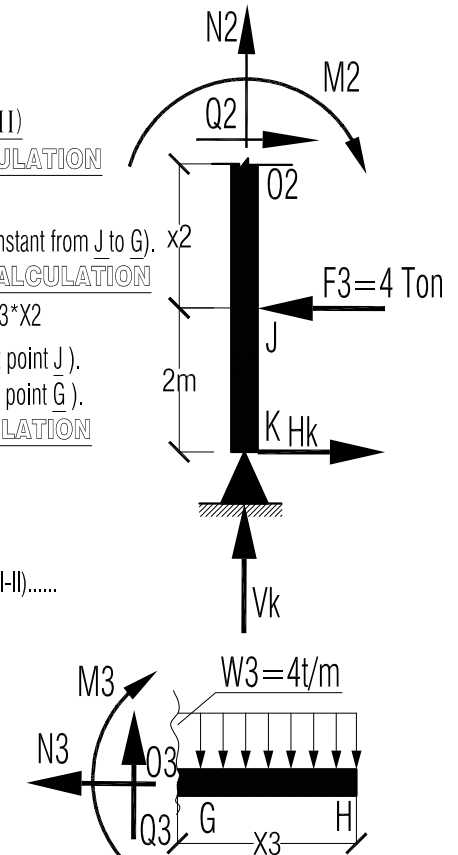
AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$N_2 + V_k = 0,$$

$$N_2 = -V_k = -18.65 \text{ Ton.}$$

.....END OF SECTION (II-II).....



SECTION (III-III)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$N_3 = 0 \text{ (Constant from H to G).}$$

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q_3 = W_3 \times X_3 = 0,$$

$$Q_3 = W_3 \times X_3. \quad X_3 = 0, \quad Q_3 = 0 \text{ (at point H).}$$

$$Q_3 = 2.5\text{m}, \quad Q_3 = 10\text{Ton (at point G).}$$

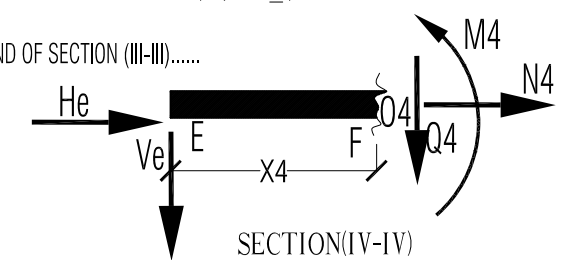
BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O3} = M_3 + W_3 \times X_3 \times X_3 / 2 = 0$$

$$\text{If } X_3 = 0, \quad M_3 = 0 \text{ (at point H).}$$

$$\text{If } X_3 = 2.5\text{m}, \quad M_3 = -12.5 \text{ t}^*\text{m. (at point G).}$$

.....END OF SECTION (III-III).....



SECTION (IV-IV)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$H_e + N_4 = 0, \quad N_4 = -H_e = -3.525 \text{ ton (Constant from E to F).}$$

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q_4 = -V_e = -0.65\text{Ton. (Constant from E to F).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O4} = M_4 + V_e \times X_4 = 0, \quad M_4 = -V_e \times X_4.$$

$$\text{If } X_4 = 0, \quad M_4 = 0 \text{ (at point E).}$$

$$\text{If } X_4 = 2\text{m}, \quad M_4 = -1.3 \text{ t}^*\text{m. (at point F).}$$

.....END OF SECTION (IV-IV).....

SECTION (I-I)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$Q_1 = -H_k = -0.475 \text{ ton (Constant from K to J).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O1} = M_1 - H_k \times X_1, \quad M_1 = H_k \times X_1$$

$$\text{If } X_1 = 0, \quad M_1 = 0 \text{ (at point K).}$$

$$\text{If } X_1 = 2\text{m}, \quad M_1 = 0.95 \text{ t}^*\text{m. (at point J).}$$

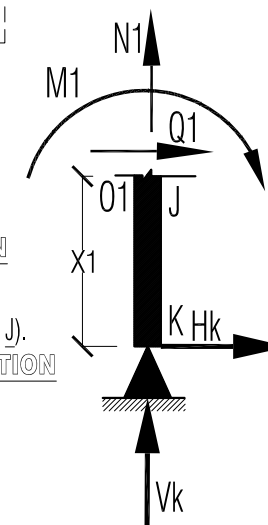
AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$N_1 + V_k = 0,$$

$$N_1 = -V_k = -18.65 \text{ Ton.}$$

.....END OF SECTION (I-I).....



SECTION (V-V)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$H_e + N_5 = 0, \quad N_5 = -H_e = -3.525 \text{ ton (Constant from F to G).}$$

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q_5 = -V_e - F_1 = -8.65\text{Ton. (Constant from F to G).}$$

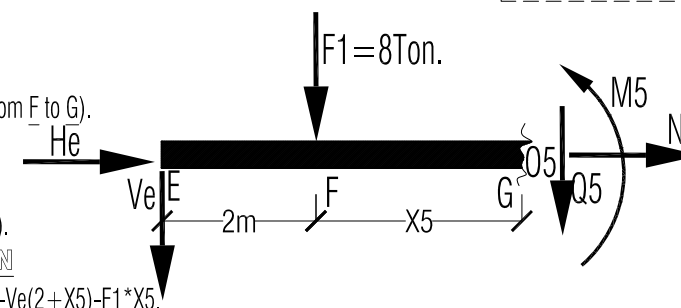
BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O5} = M_5 + V_e \times (2 + X_5) + F_1 \times X_5 = 0, \quad M_5 = -V_e \times (2 + X_5) - F_1 \times X_5.$$

$$\text{If } X_5 = 0, \quad M_5 = -1.3 \text{ (at point F).}$$

$$\text{If } X_5 = 2\text{m}, \quad M_5 = -18.6 \text{ t}^*\text{m. (at point G).}$$

.....END OF SECTION (IV-IV).....



SECTION(I-I)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$Q1 = -H_a = -1.525 \text{ ton (Constant from A to B).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O1} = M1 + H_a \cdot X1, \quad M1 = -H_a \cdot X1$$

$$\text{If } X1 = 0, \quad M1 = 0. \text{ (at point A).}$$

$$\text{If } X1 = 2\text{m}, \quad M1 = -3.05 \text{ t}\cdot\text{m. (at point B).}$$

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$N1 + V_a = 0,$$

$$N1 = -V_a = -35.35 \text{ Ton.}$$

.....END OF SECTION (I-I).....

SECTION(II-II)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$Q2 = -H_a - F2 = -1.525 - 2 = -3.525 \text{ ton (Constant from B to D).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O1} = M2 + H_a \cdot (2 + X2) + F2 \cdot X2 \quad F2 = 2 \text{ Ton}$$

$$\text{If } X2 = 0, \quad M2 = -3.05 \text{ Ton. (at point B).}$$

$$\text{If } X2 = 2\text{m}, \quad M2 = -10.1 \text{ t}\cdot\text{m. (at point D).}$$

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$N2 + V_a = 0,$$

$$N2 = -V_a = -35.35 \text{ Ton.}$$

.....END OF SECTION (II-II).....

SECTION(III-III)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$N3 + H_e = -3.525 \text{ Ton. (Compression).}$$

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q3 = -V_e + W2 \cdot X3 = 0,$$

$$Q3 = W2 \cdot X3 - V_e. \quad X3 = 0, \quad Q3 = -0.65 \text{ (at point E).}$$

$$Q3 = 6\text{m}, \quad Q3 = 17.35 \text{ Ton (at point D).}$$

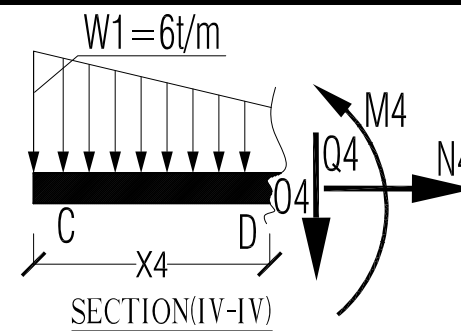
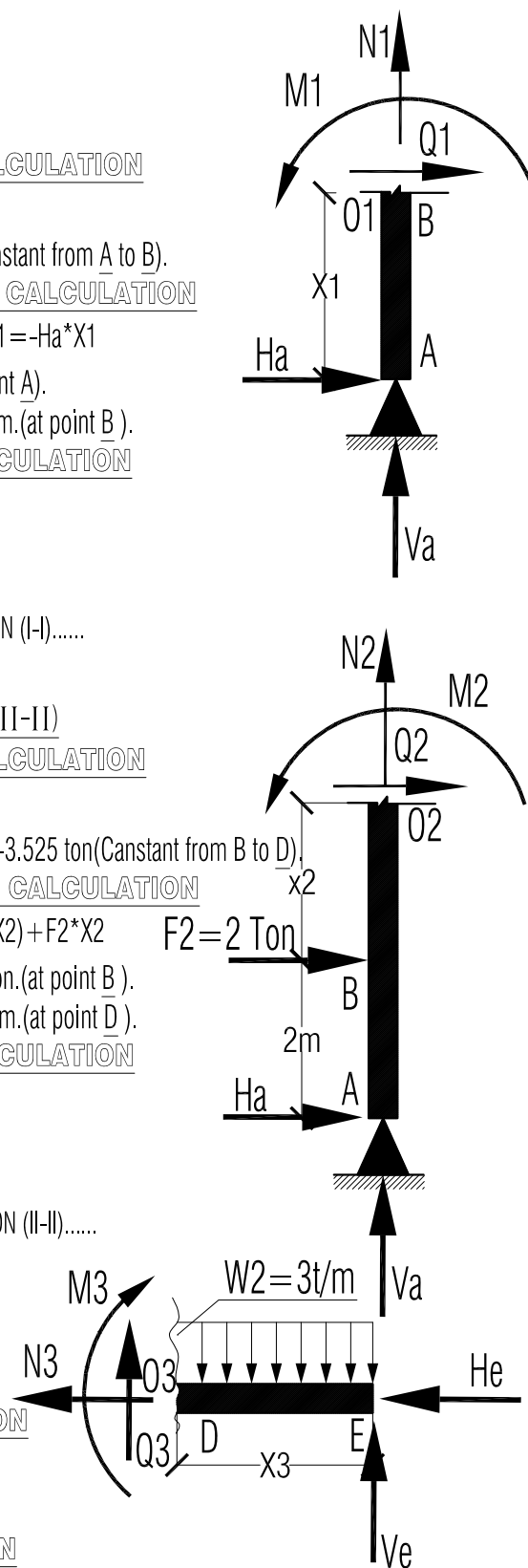
BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O3} = M3 - V_e \cdot X3 + W2 \cdot X3 \cdot X3/2 = 0$$

$$\text{If } X3 = 0, \quad M3 = 0. \text{ (at point E).}$$

$$\text{If } X3 = 6\text{m}, \quad M3 = -50.10 \text{ t}\cdot\text{m. (at point D).}$$

.....END OF SECTION (III-III).....



SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$N4 = 0.$$

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q4 = -W2 \cdot X4 - W1 \cdot X4/2 = 0,$$

$$Q4 = -W2 \cdot X4 - W1 \cdot X4/2$$

$$X4 = 0, \quad Q4 = 0 \text{ Ton. (at point C).}$$

$$X4 = 4\text{m}, \quad Q4 = -18 \text{ Ton. (at point D).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

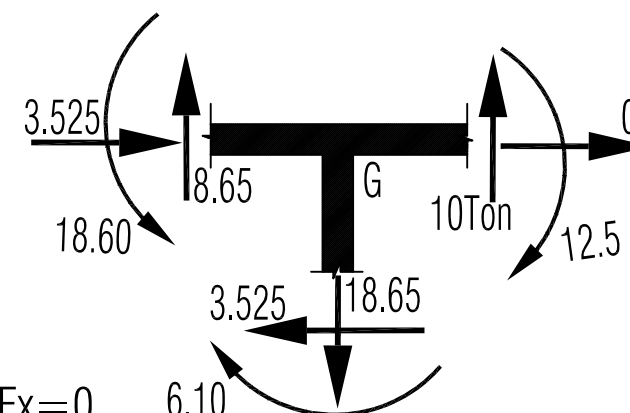
$$\Sigma M_{O4} = M4 + W2 \cdot X4 \cdot X4/2 + W1 \cdot X4 \cdot 0.5 \cdot X4/3 = 0$$

$$X4 = 0, \quad M4 = 0. \text{ (at point C).}$$

$$\text{If } X4 = 4\text{m}, \quad M4 = -40 \text{ Ton. (at point D).}$$

.....END OF SECTION (IV-IV).....

CONTROLS IN JOINT(G)



$$\Sigma F_x = 0,$$

$$3.525 + 0 - 3.525 = 0, \quad 3.525 - 3.525 = 0$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

$$\Sigma F_y = 0,$$

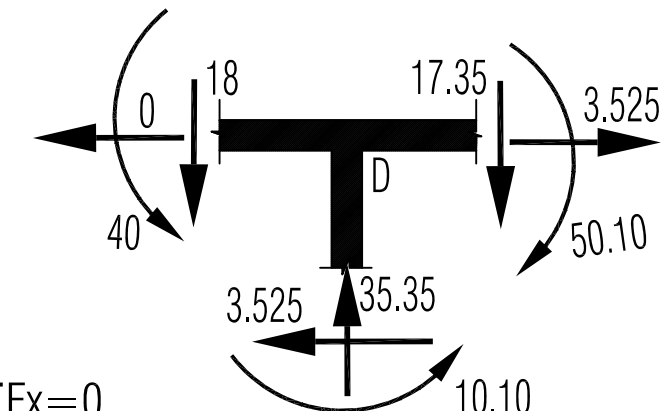
$$10 + 8.65 - 18.65 = 0, \quad 18.65 - 18.65 = 0$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

$$\Sigma M = 12.5 + 6.1 - 18.6 = 0, \quad 18.60 - 18.60 = 0$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

CONTROLS IN JOINT(D)



$$\Sigma F_x = 0,$$

$$3.525 + 0 - 3.525 = 0, \quad 3.525 - 3.525 = 0$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

$$\Sigma F_y = 0,$$

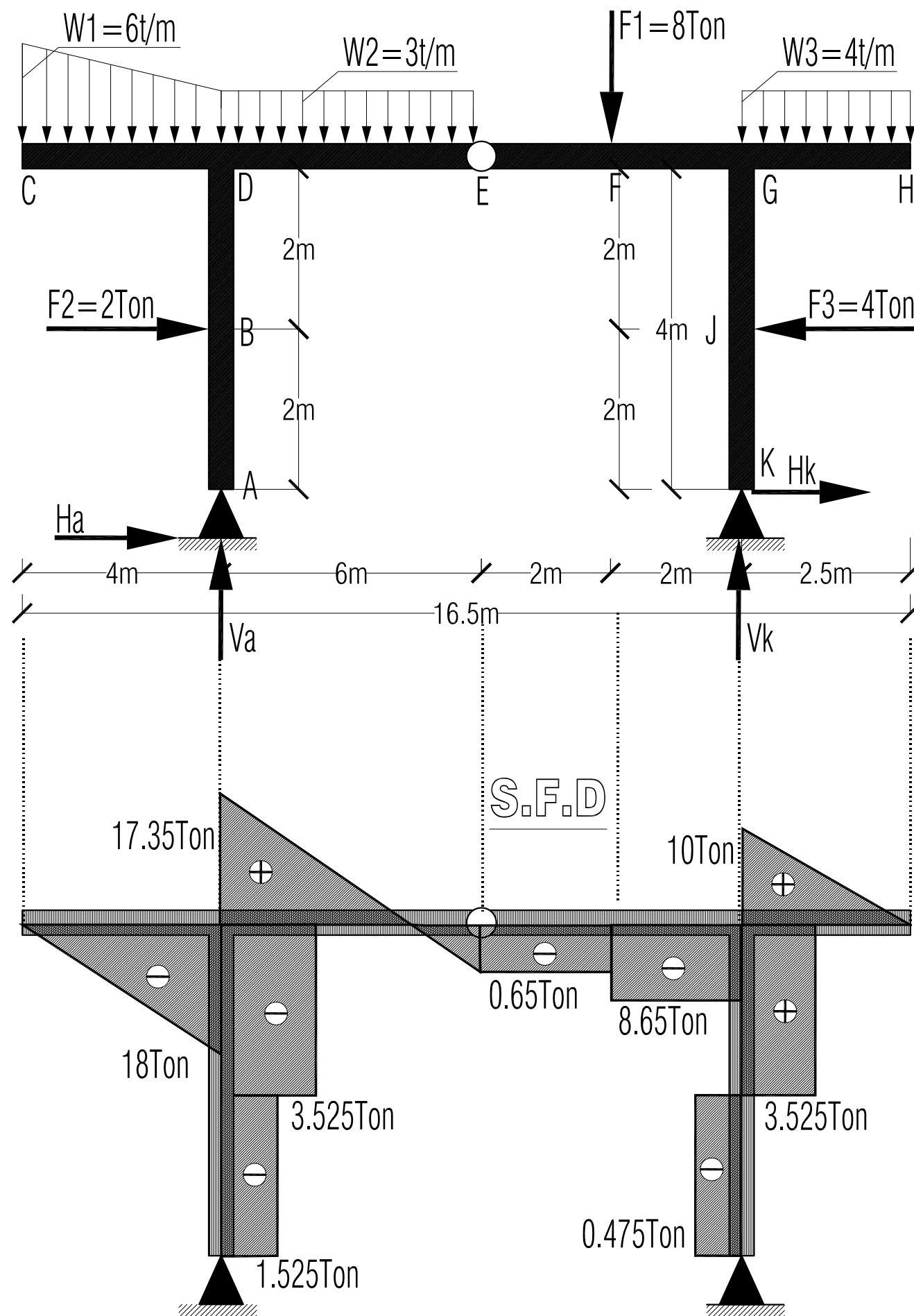
$$35.35 - 18 - 17.35 = 0, \quad 35.35 - 35.35 = 0$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

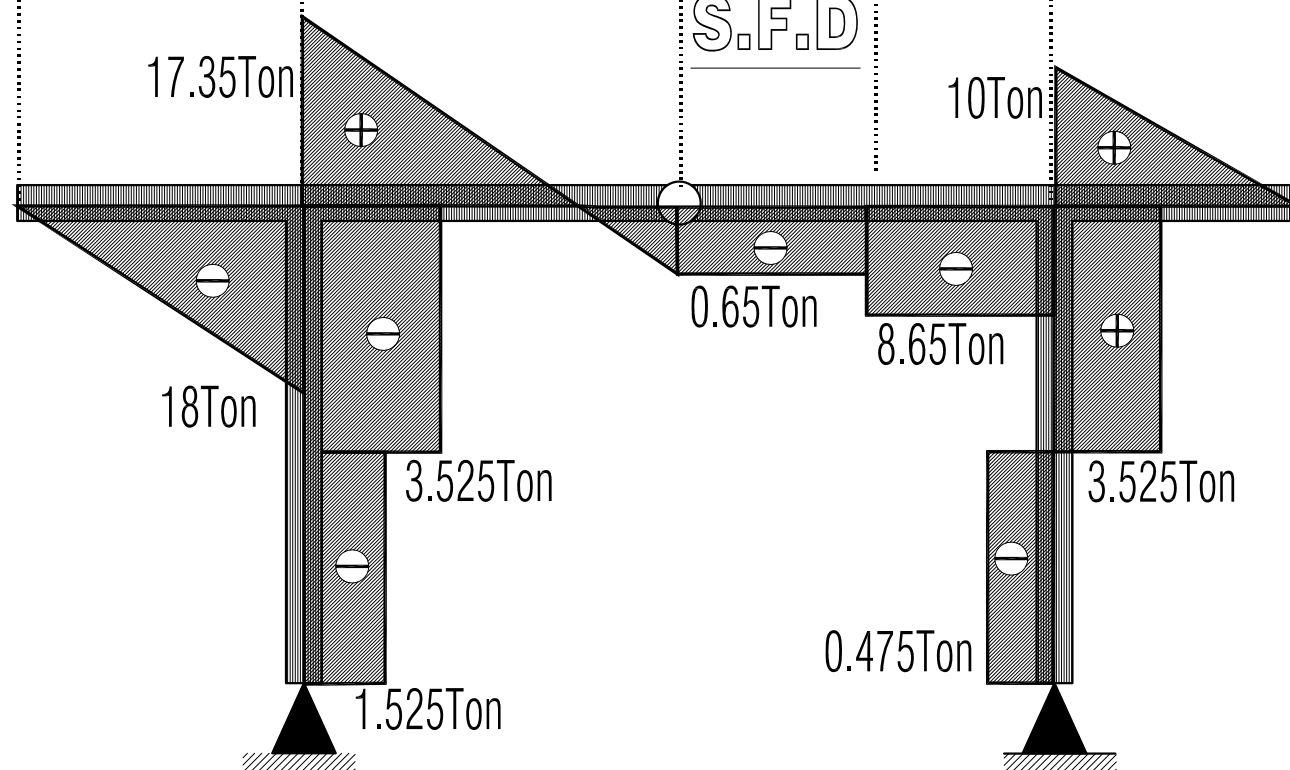
$$\Sigma M = 40 + 10.10 - 50.10 = 0, \quad 50.10 - 50.10 = 0$$

$$0 = 0 \text{OK}$$

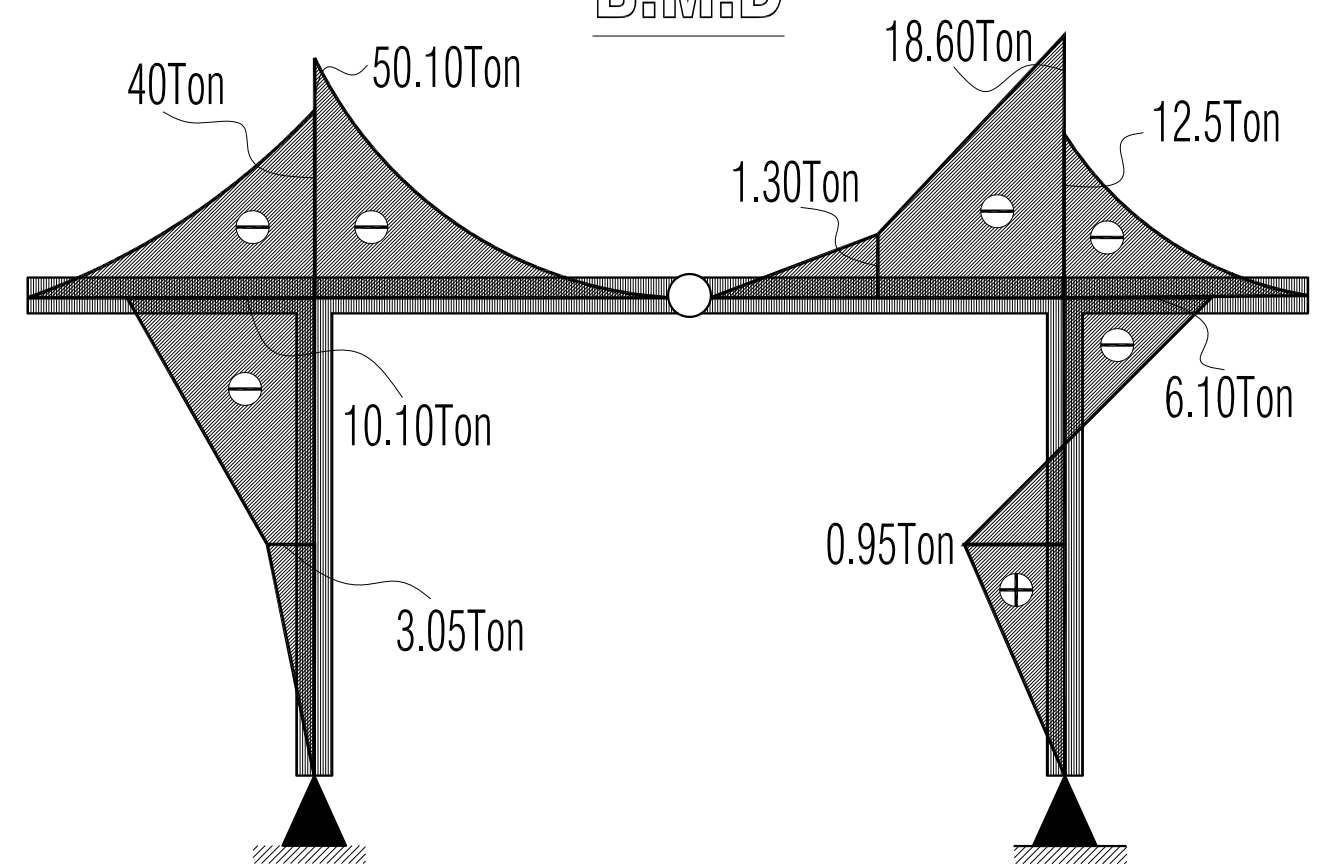
SHEAR FORCE, BINDING MOMENT AND AXIAL FORCE DIAGRAMS:



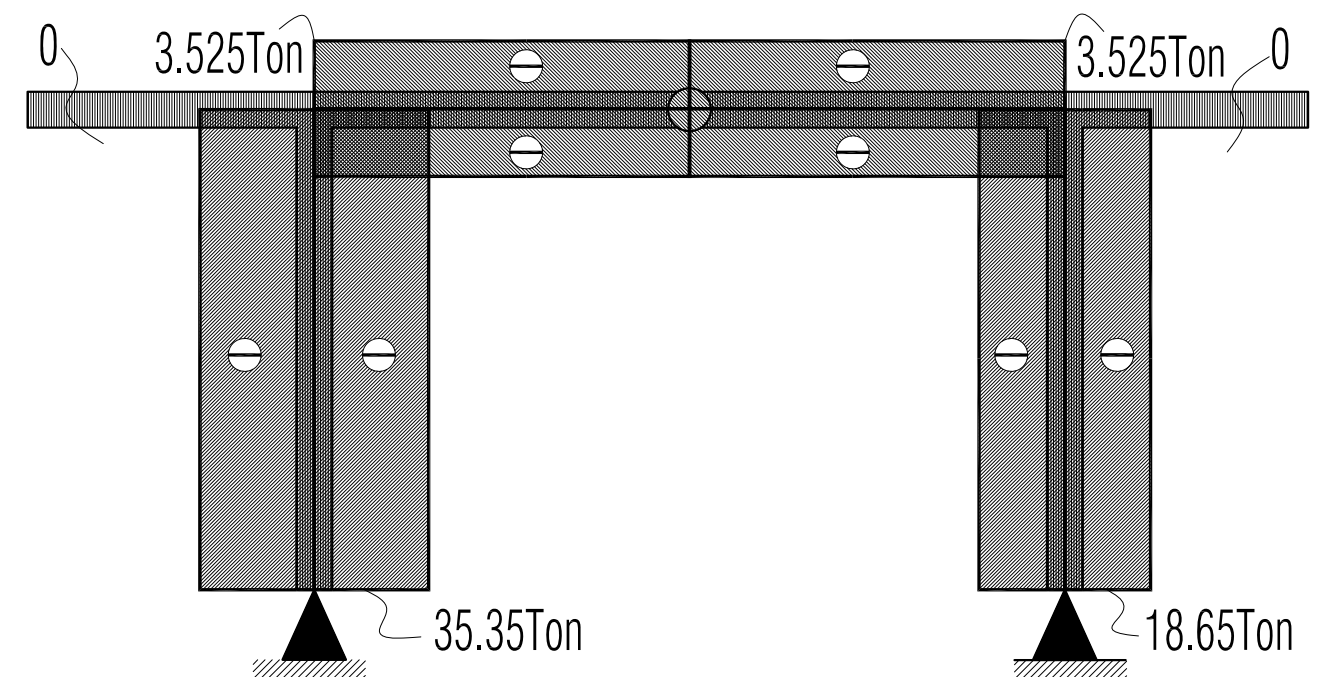
S.F.D



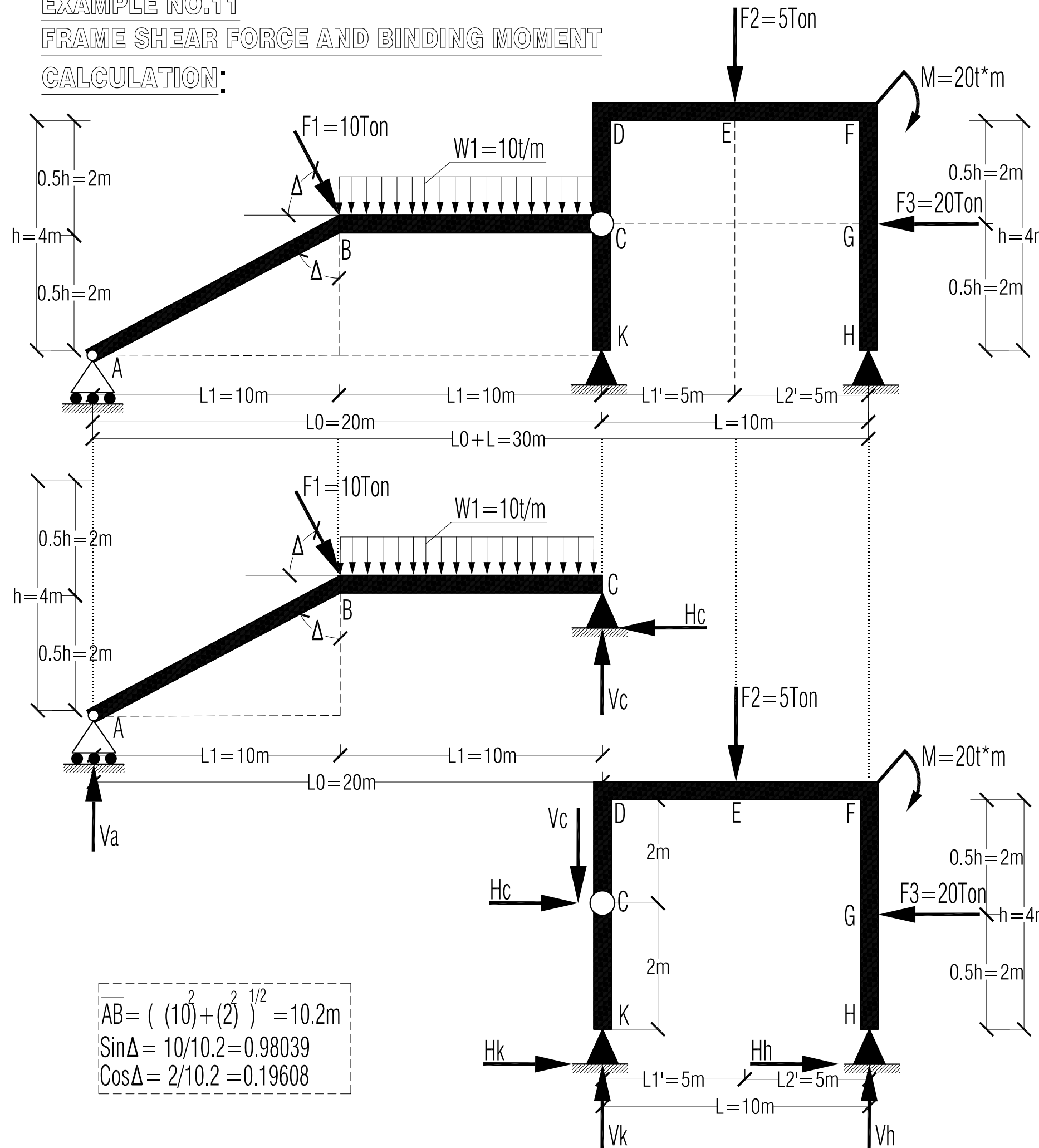
B.M.D



A.F.D



EXAMPLE NO.11
FRAME SHEAR FORCE AND BINDING MOMENT
CALCULATION:



PART I REACTION CALCULATION

$W = 3D - 2H - R = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 2 - 5 = 9 - 9 = 0$, (DETERMINATE STABLE).

$$\sum M_c = 0,$$

$$V_a \cdot 2L1 - f1 \cdot \sin \Delta \cdot L1 - W1 \cdot L1 \cdot L1/2 = 0$$

$$V_a = (f1 \cdot 0.98039 \cdot 10 + W1 \cdot 10 \cdot 5) \cdot \frac{1}{20} = 29.902 \text{ ton.}$$

$$\sum F_y = 0,$$

$$V_a + V_c - f1 \cdot \sin \Delta - 10 \cdot 10 = 0,$$

$$V_c = 10 \cdot 0.98039 + 100 - 29.902 = 79.902 \text{ Ton.}$$

$$\sum F_x = 0,$$

$$H_c - F1 \cdot \cos \Delta = 0$$

$$H_c = 10 \cdot 0.19608 = 1.9608 \text{ Ton.}$$

CONTROL No 1:

$$\sum F_y = 0,$$

$$V_c + V_a - f1 \cdot \sin \Delta - 10 \cdot 10 = 0,$$

$$79.902 + 29.902 - 9.8039 - 100 = 0,$$

$$109.804 - 109.804 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

PART II REACTION CALCULATION

$$\sum M_h = 0,$$

$$V_k \cdot L + H_c \cdot 0.5h - V_c \cdot L - f2 \cdot L2' + M - f3 \cdot 0.5h = 0$$

$$V_k = (-3.9216 - 20 + 799.02 + 25 + 40) \cdot \frac{1}{10} = 84 \text{ Ton.}$$

$$\sum M_k = 0,$$

$$V_h \cdot L + F3 \cdot 0.5h - M - f2 \cdot L1' - H_c \cdot 0.5h = 0$$

$$V_h = (-40 + 20 + 25 + 3.9216) \cdot \frac{1}{10} = 0.8922 \text{ Ton.}$$

$$\sum M_c = 0, \quad H_k = 0.$$

$$\sum F_x = 0, \quad H_h - f3 + H_c + H_k = 0,$$

$$H_h = 20 - 1.9608 - 0 = 18.04 \text{ Ton.}$$

CONTROL No 2:

$$\sum F_y = 0,$$

$$V_k + V_h - f2 - V_c = 0,$$

$$84 + 0.8922 - 5 - 79.902 = 0,$$

$$84.892 - 84.892 = 0,$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$\sum F_x = 0, \quad H_c - F3 + H_h + H_k = 0, \quad 1.9608 - 20 + 18.04 + 0 = 0,$$

$$20 - 20 = 0, \quad 0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

SECTION(1-1)

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$V_{ax1'} + N_1 = 0, N_1 = -5.86 \text{ ton (Constant from A to B).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O1} = M_1 - V_{ay1'} \cdot X_1, M_1 = V_{ay1'} \cdot X_1$$

$$\text{If } X_1 = 0, M_1 = 0. (\text{at point A}).$$

$$\text{If } X_1 = 10.2 \text{ m}, M = 299 \text{ t} \cdot \text{m}. (\text{at point B}).$$

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q_1 - V_{ay1'} = 0,$$

$$Q_1 = V_{ay1'} = 29.32 \text{ Ton. (Constant from A to B).}$$

.....END OF SECTION (1-1).....

SECTION(2-2)

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$N_2 + H_c = 0, N_2 = -H_c, N_2 = 1.9608 \text{ t. (Constant from C to B).}$$

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q_2 + V_c - W_1 \cdot X_2 = 0,$$

$$Q_2 = W_1 \cdot X_2 - V_c = 0,$$

$$\text{If } X_2 = 0, Q_2 = -79.902 \text{ t. (at point C).}$$

$$X_2 = 10 \text{ m}, Q_2 = 20.098 \text{ t. (at point B).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O2} = 0,$$

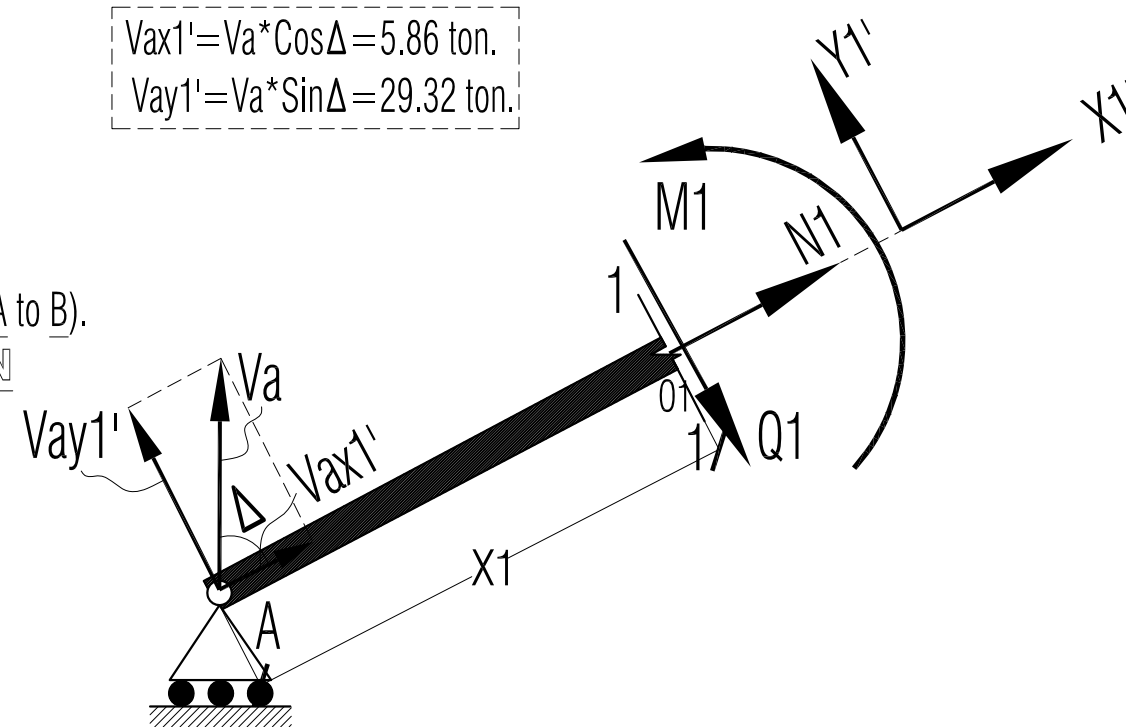
$$M_2 + W_2 \cdot X_2 \cdot X_2 \cdot \frac{1}{2} - V_c \cdot X_2 = 0$$

$$M_2 = V_c \cdot X_2 - W_2 \cdot X_2 \cdot X_2 \cdot \frac{1}{2},$$

$$\text{If } X_2 = 0, M_2 = 0. (\text{at point C}). X_2 = 5 \text{ m}, M_2 = 274.51 \text{ t} \cdot \text{m} (\text{at L1/2})$$

$$\text{If } X_2 = 10 \text{ m}, M_2 = 299 \text{ t} \cdot \text{m}. (\text{at point B}).$$

.....END OF SECTION (2-2).....



SECTION(4-4)

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$V_k + N_4 - V_c = 0, N_4 = V_c - V_k = -4.098 \text{ ton (Constant from C to D).}$$

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$Q_4 + H_c + H_k = 0,$$

$$Q_4 = -H_c - H_k = -1.9608 \text{ t. (Constant from C to D).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

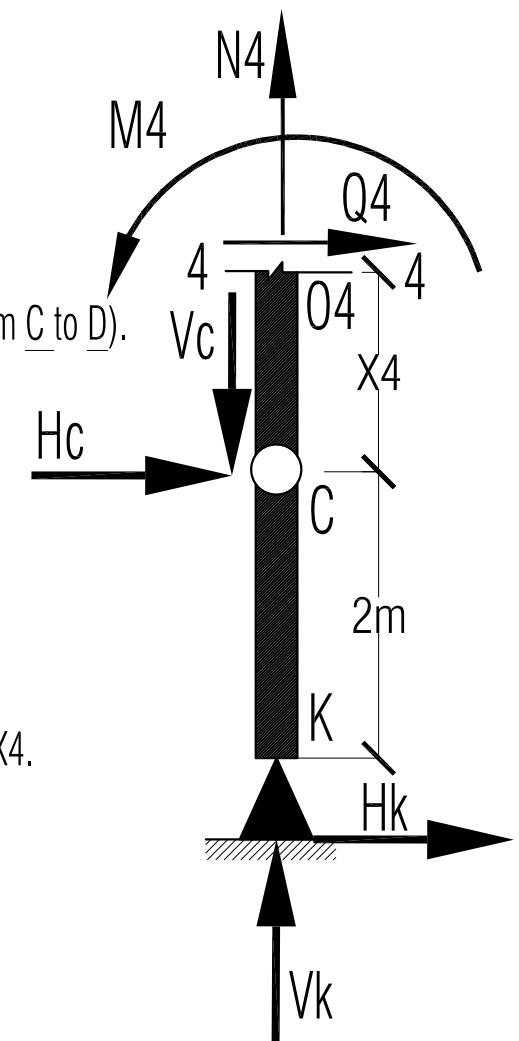
$$\Sigma M_{O4} = 0,$$

$$M_4 + H_k(2 + X_4) + H_c \cdot X_4 = 0, M_4 = -H_k(2 + X_4) - H_c \cdot X_4.$$

$$\text{If } X_4 = 0, M_4 = 0 (\text{at point C}).$$

$$\text{If } X_4 = 2 \text{ m}, M_4 = -3.922 \text{ t} \cdot \text{m}. (\text{at point D}).$$

.....END OF SECTION (4-4).....



SECTION(3-3)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$Q_3 + H_k = 0, Q_3 = -H_k,$$

$$Q_3 = 0 (\text{Constant from K to C}).$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_{O3} = 0,$$

$$M_3 + H_k \cdot X_3 = 0, M_3 = -H_k \cdot X_3$$

$$\text{If } X_3 = 0, M_3 = 0. (\text{at point K}).$$

$$\text{If } X_3 = 2 \text{ m}, M_3 = 0 (\text{at point C}).$$

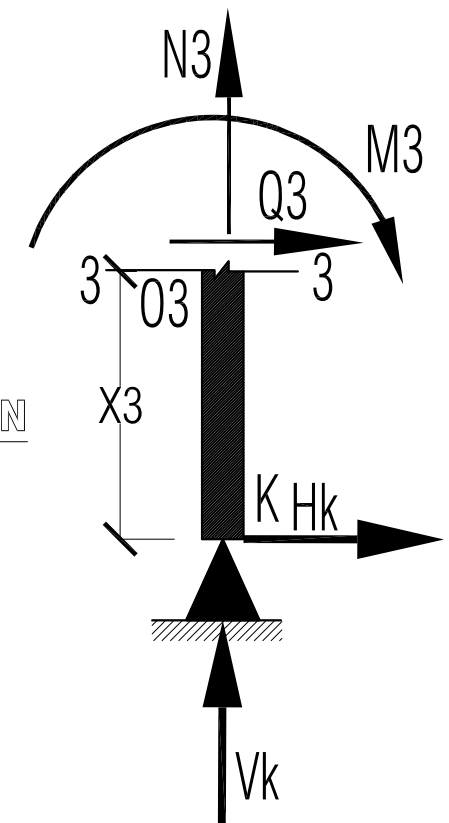
AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$N_3 + V_k = 0,$$

$$N_3 = -V_k = -84 \text{ t. (Constant from K to C).}$$

.....END OF SECTION (3-3).....



SECTION(5-5)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q_5 + V_c - V_k = 0, Q_5 = V_k - V_c,$$

$$Q_5 = 4.098 \text{ t (Constant from D to E).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_0 = 0,$$

$$M_5 + H_k \cdot 4 + H_c \cdot 2 + V_c \cdot X_5 - V_k \cdot X_5 = 0,$$

$$M_5 = -H_k \cdot 4 - H_c \cdot 2 - V_c \cdot X_5 + V_k \cdot X_5$$

If $X_5 = 0$, $M_5 = -3.922 \text{ t}\cdot\text{m. (at point D)}$.

If $X_5 = 5\text{m}$, $M_5 = 16.6 \text{ t}\cdot\text{m. (at point E)}$.

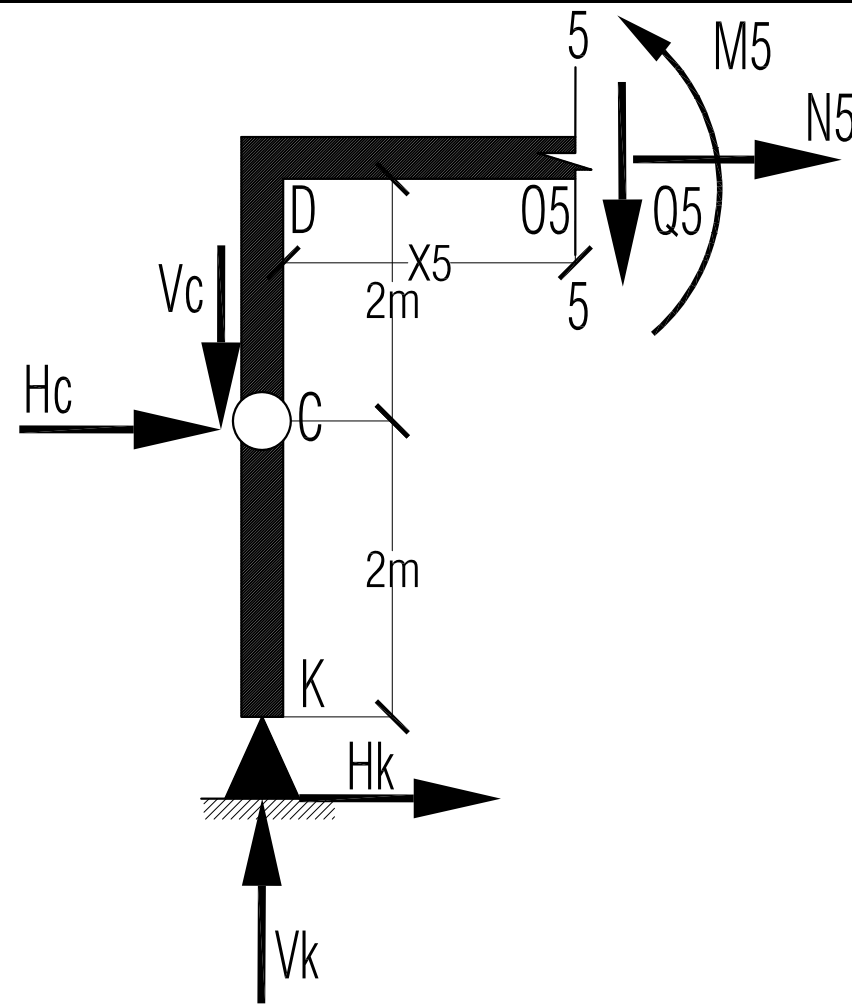
AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$N_5 + H_c + H_k = 0,$$

$$N_5 = -H_c - H_k = -1.9608 \text{ t. (Constant from D to E).}$$

.....END OF SECTION (5-5).....



SECTION(7-7)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$Q_7 + H_h - F_3 = 0, Q_7 = -H_h + F_3.$$

$$Q_7 = -18.04 + 20 = 1.96 \text{ ton (Constant from G to F).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_0 = 0,$$

$$M_7 - H_h \cdot (2 + X_7) + F_3 \cdot X_7, M_7 = +H_h \cdot (2 + X_7) - F_3 \cdot X_7$$

If $X_7 = 0$, $M_7 = 36.08 \text{ t}\cdot\text{m. (at point G)}$.

If $X_7 = 2\text{m}$, $M_7 = 32.16 \text{ t}\cdot\text{m. (at point F)}$.

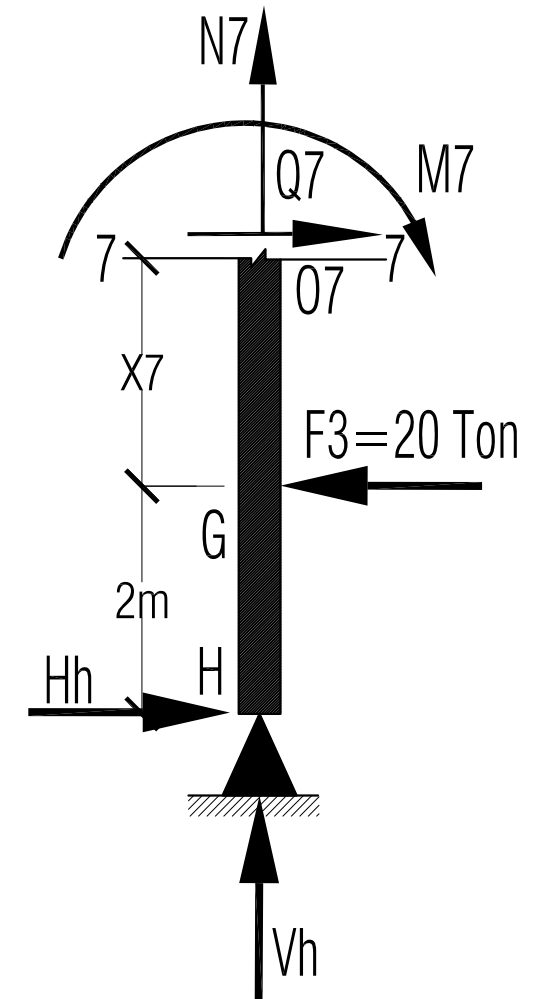
AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$N_7 + V_h = 0,$$

$$N_7 = -V_h = -0.8922 \text{ Ton. (Constant from G to F).}$$

.....END OF SECTION (7-7).....



SECTION(6-6)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_x = 0,$$

$$Q_6 + H_h = 0, Q_6 = -H_h,$$

$$Q_6 = -18.04 \text{ (Constant from H to G).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_0 = 0,$$

$$M_6 - H_h \cdot X_6 = 0, M_6 = H_h \cdot X_6$$

If $X_6 = 0$, $M_6 = 0 \text{ (at point H)}$.

If $X_6 = 2\text{m}$, $M_6 = 36.08 \text{ (at point G)}$.

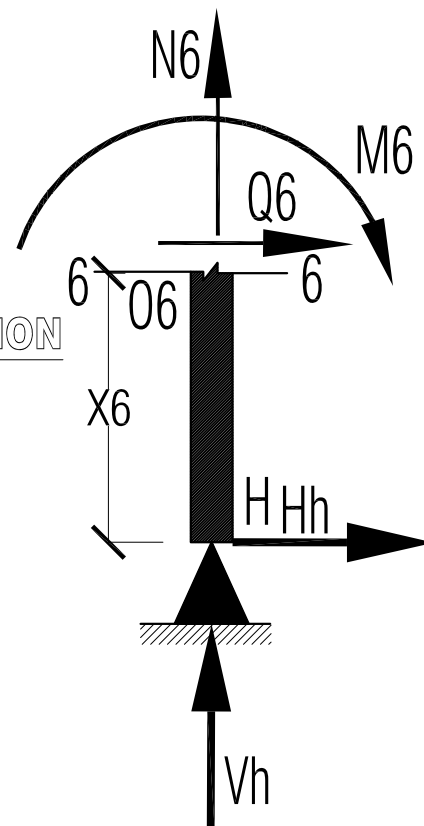
AXIAL FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$N_6 + V_h = 0,$$

$$N_6 = -V_h = -0.8922 \text{ t. (Constant from H to G).}$$

.....END OF SECTION (6-6).....



SECTION(8-8)

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\Sigma F_y = 0,$$

$$Q_8 + V_h = 0, Q_8 = -V_h.$$

$$Q_8 = -0.8922 \text{ ton. (Constant from F to E).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\Sigma M_0 = 0,$$

$$M_8 - H_h \cdot 4 - V_h \cdot X_8 + M + F_3 \cdot 2 = 0, M_8 = H_h \cdot 4 + V_h \cdot X_8 - M - F_3 \cdot 2.$$

If $X_8 = 0$, $M_8 = 12.16 \text{ t}\cdot\text{m. (at point F)}$.

If $X_8 = 5\text{m}$, $M_8 = 16.6 \text{ t}\cdot\text{m. (at point E)}$.

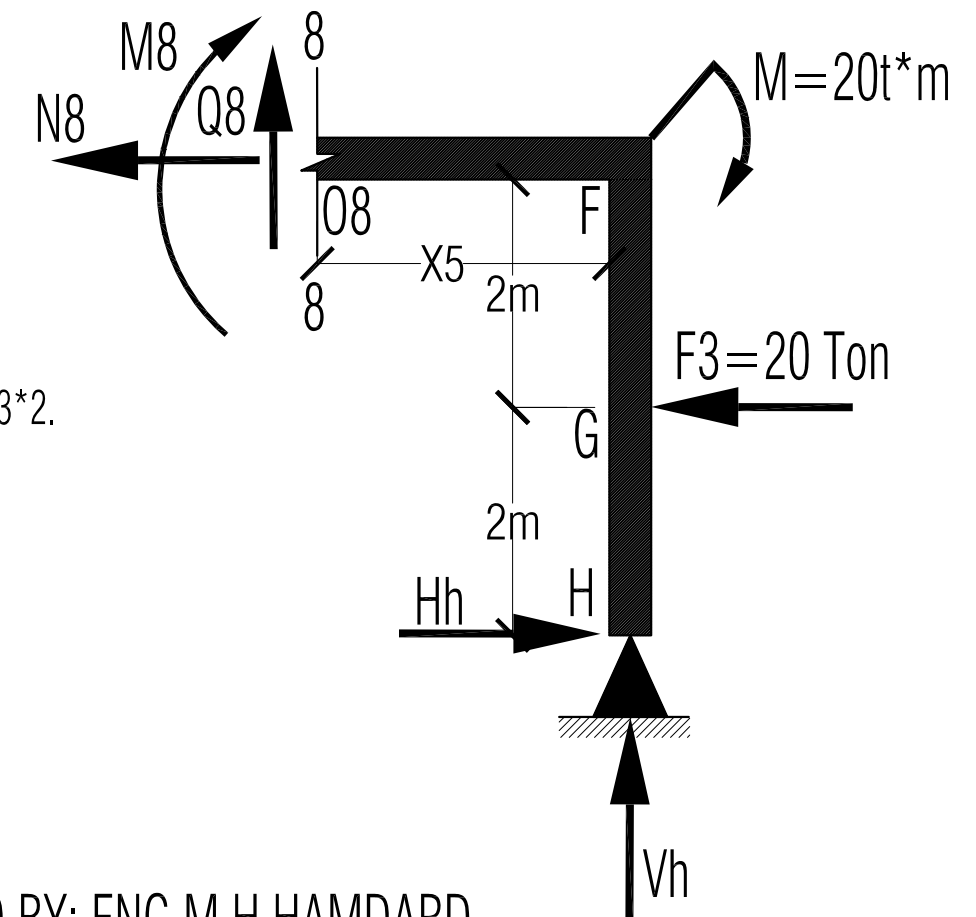
AXIAL FORCE CALCULATION

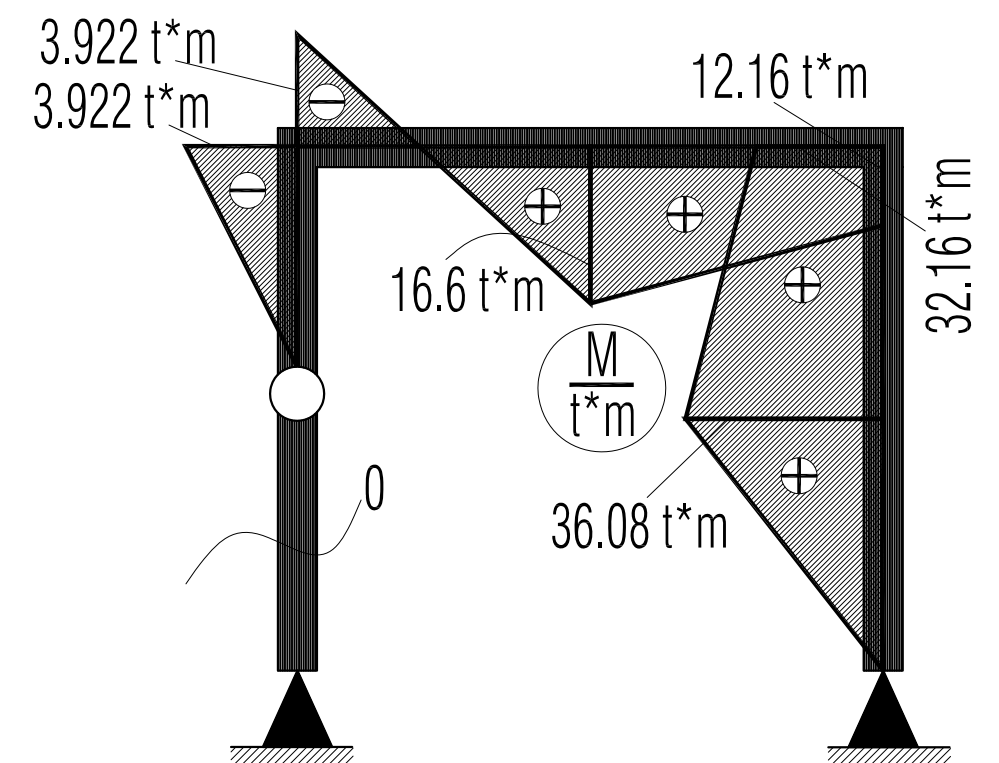
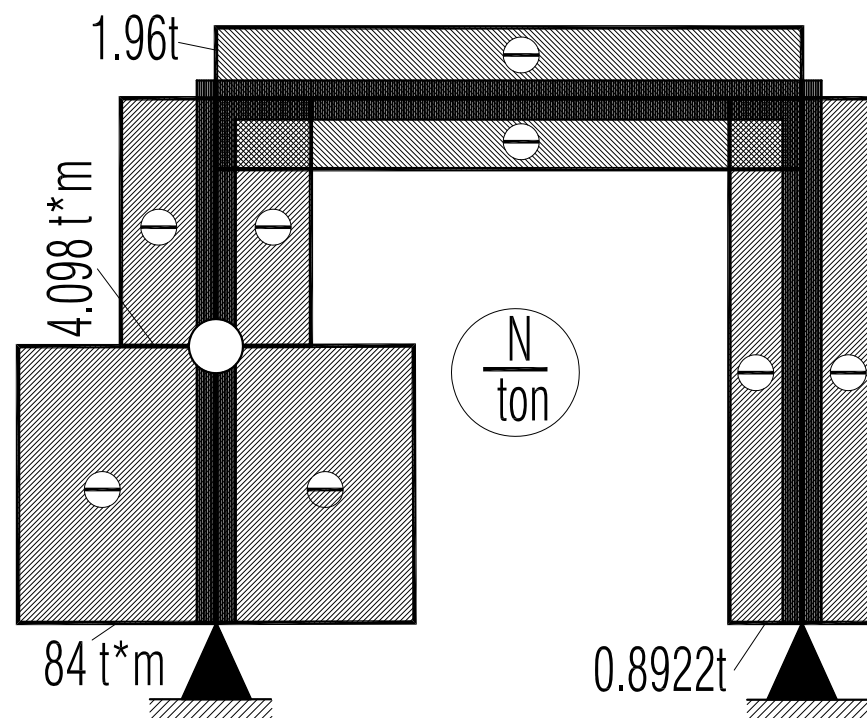
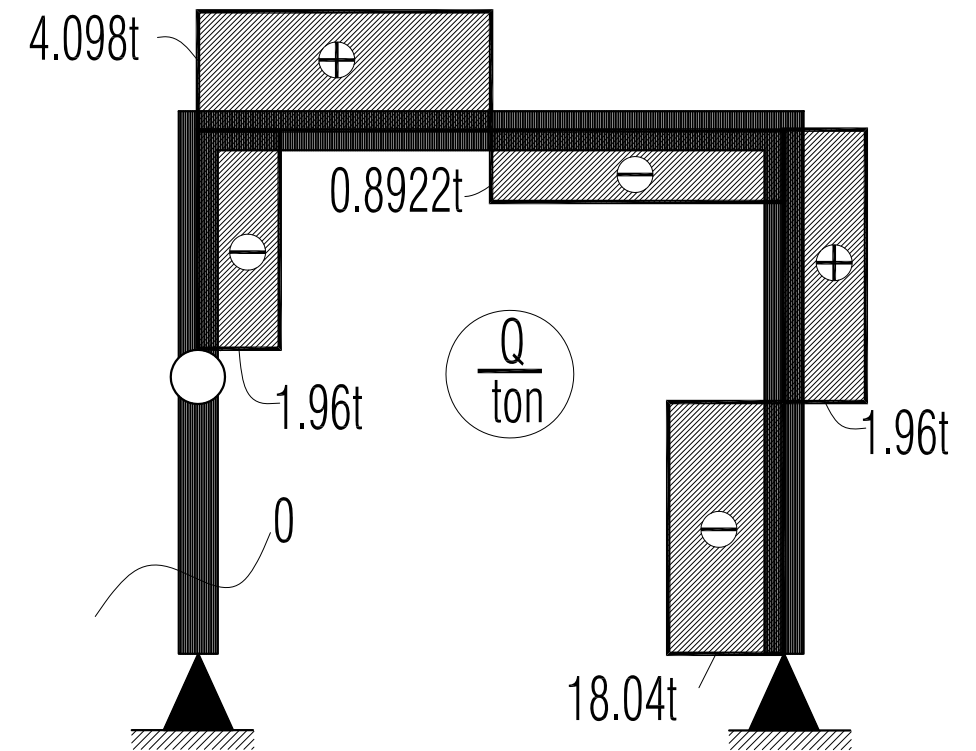
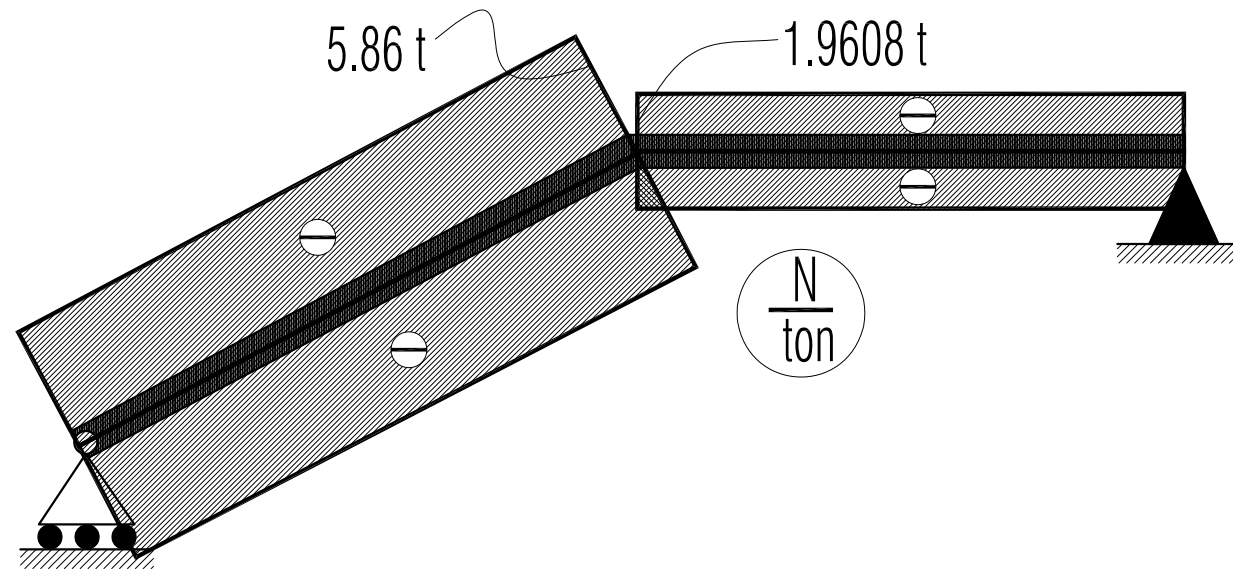
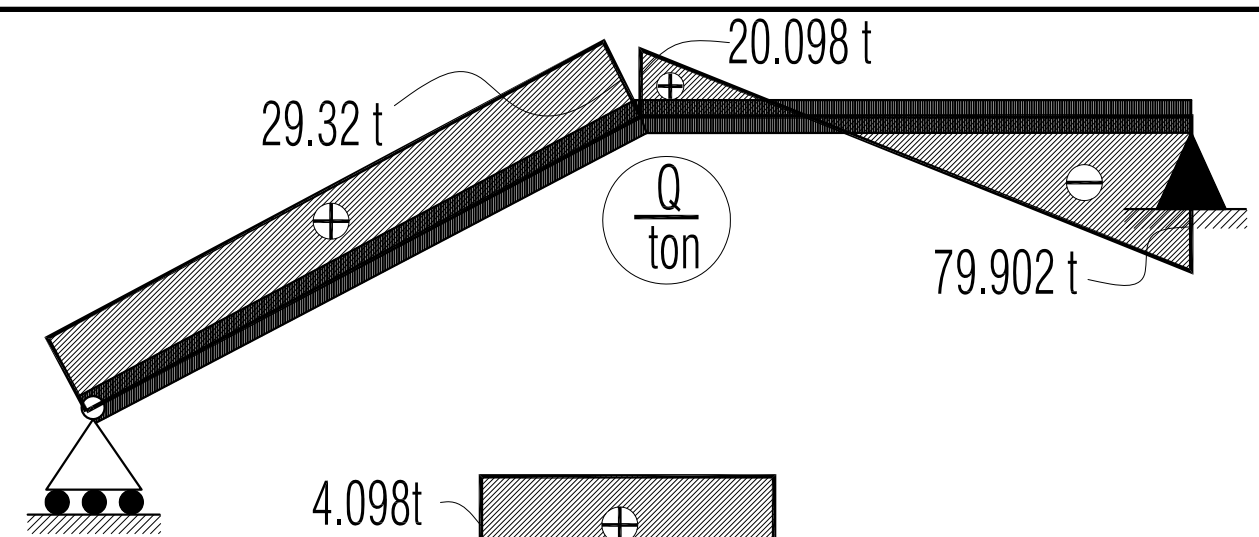
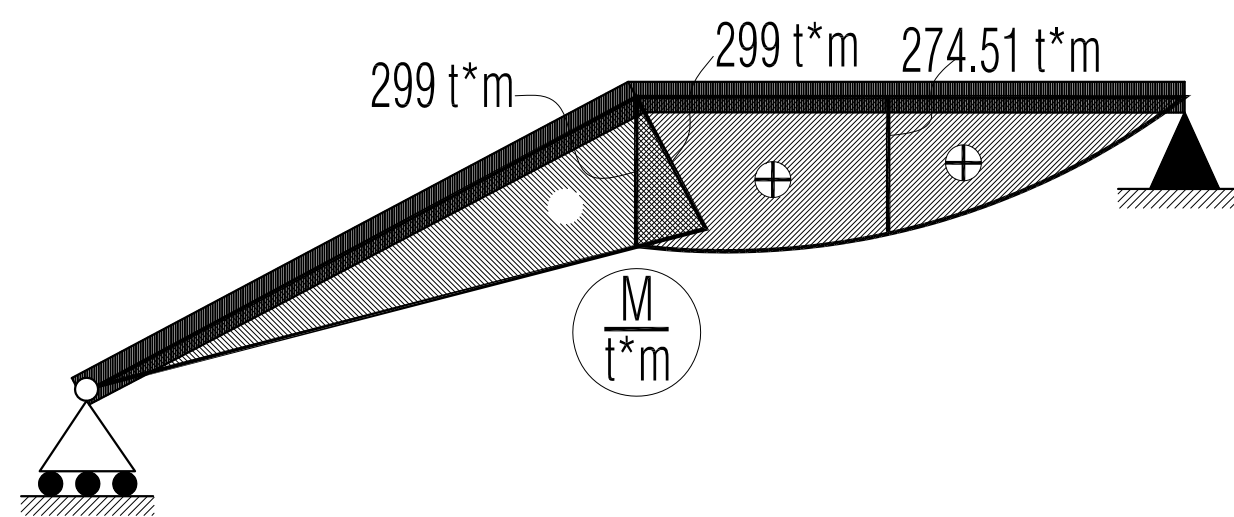
$$\Sigma F_x = 0,$$

$$N_8 - H_h + F_3 = 0,$$

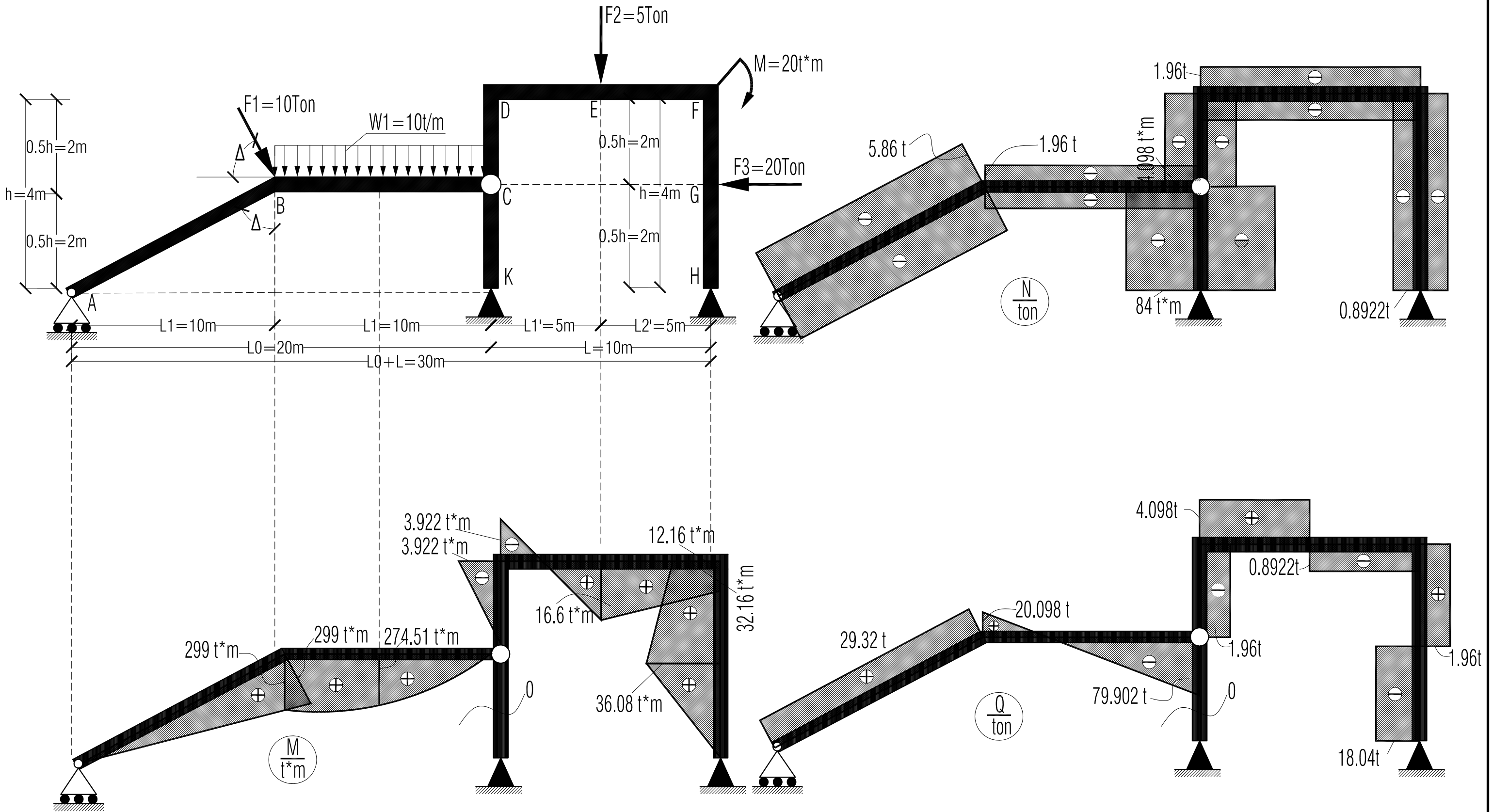
$$N_8 = -F_3 + H_h = -1.96 \text{ Ton. (Constant from F to E).}$$

.....END OF SECTION (8-8).....



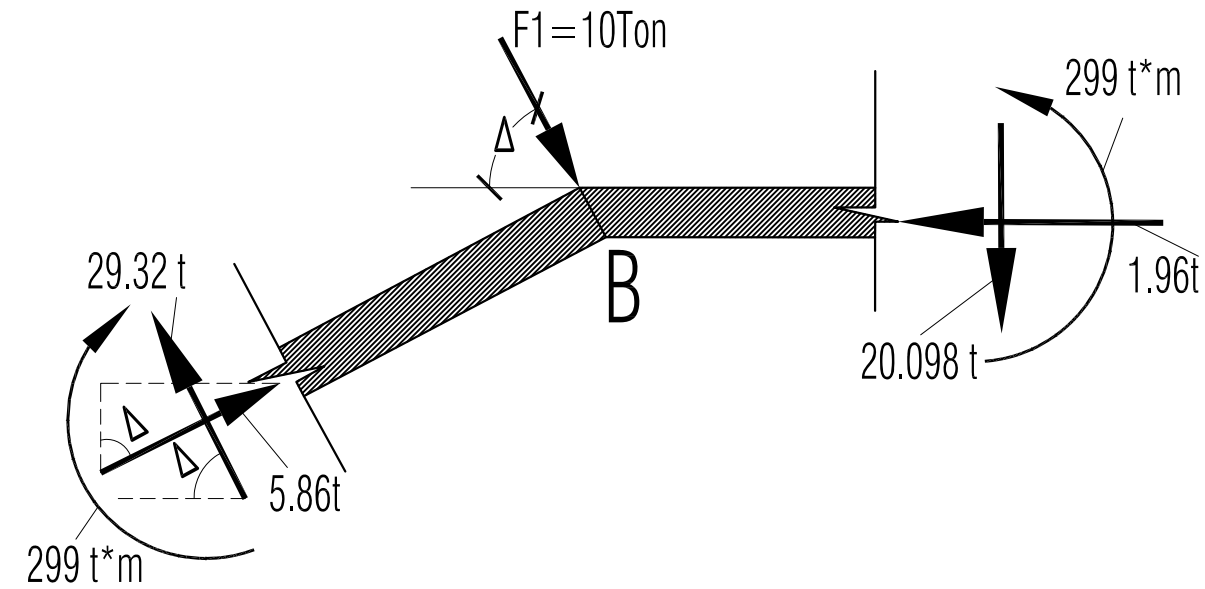


SHEAR FORCE, BINDING MOMENT AND AXIAL FORCE DIAGRAMS



SHEAR FORCE, BINDING MOMENT AND AXIAL FORCE DIAGRAMS:

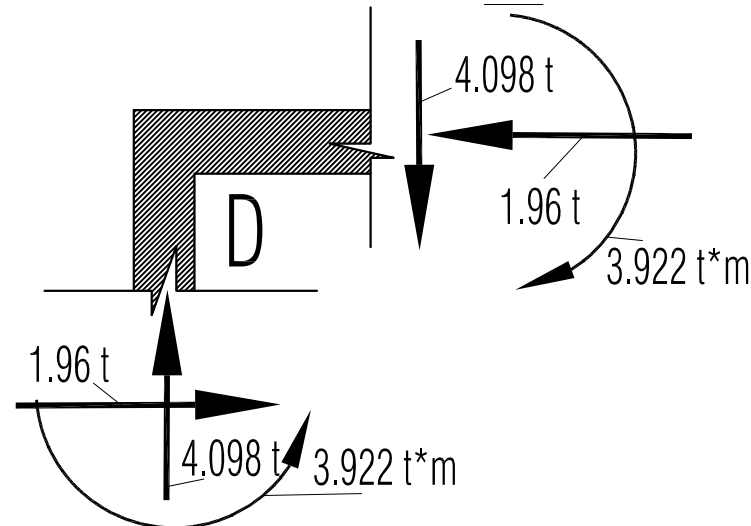
CONTROLS IN JOINT(B)



$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0, \\ 1.96 + 29.32 \cdot \cos \Delta - 5.86 \cdot \sin \Delta - 10 \cdot \cos \Delta &= 0 \\ 7.70 - 7.70 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

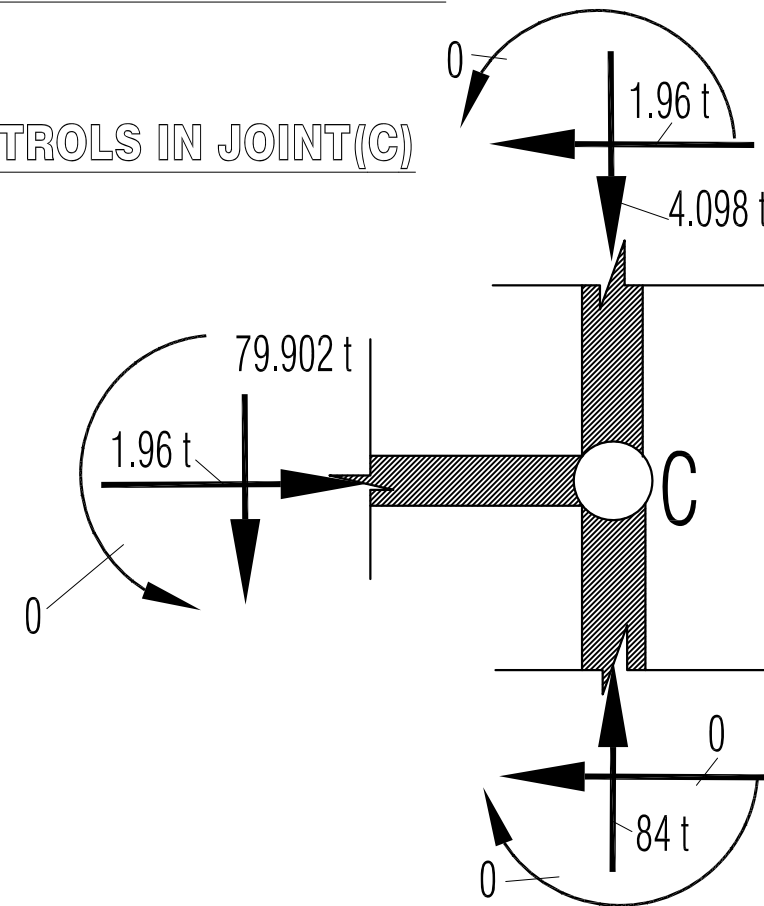
$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0, \\ 20.098 + 10 \cdot \sin \Delta - 29.32 \cdot \sin \Delta - 5.86 \cdot \cos \Delta &= 0, \\ 29.90 - 29.90 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_b &= 0, \\ 299 - 299 &= 0, \quad 0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

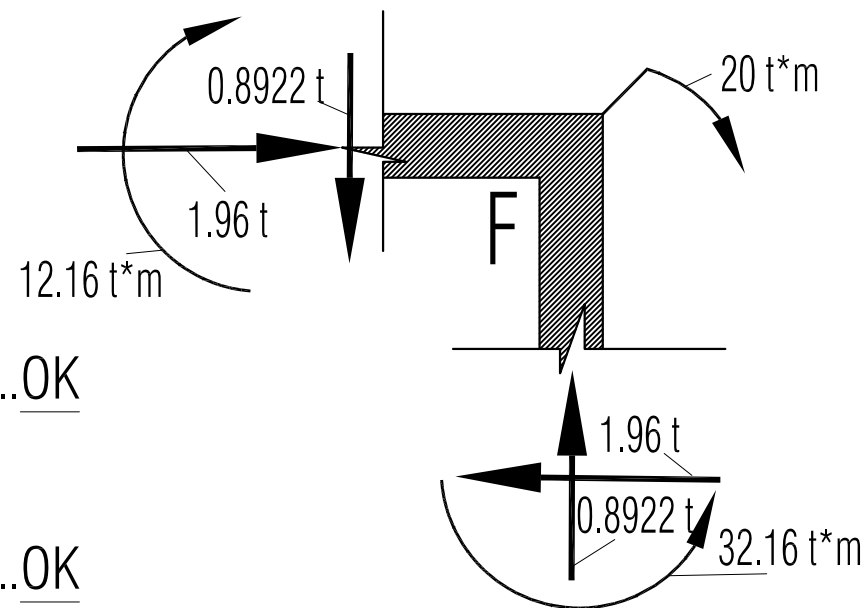


$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0, \\ 1.96 - 1.96 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \\ \Sigma F_y &= 0, \\ 4.098 - 4.098 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \\ \Sigma M_d &= 0, \\ 3.922 - 3.922 &= 0, \quad 0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

CONTROLS IN JOINT(C)



$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0, \\ 1.96 - 1.96 + 0 &= 0 \\ 1.96 - 1.96 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \\ \Sigma F_y &= 0, \\ 4.098 + 79.902 - 84 &= 0, \quad 84 - 84 = 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \\ \Sigma M_c &= 0, \\ 0 - 0 = 0, \quad 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

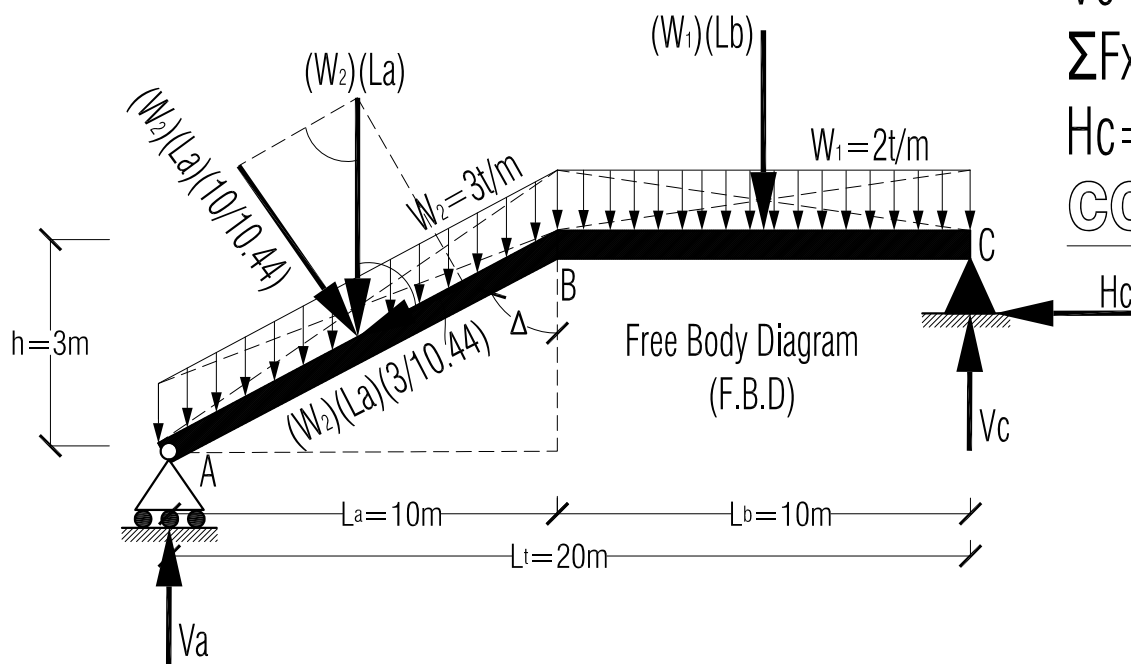
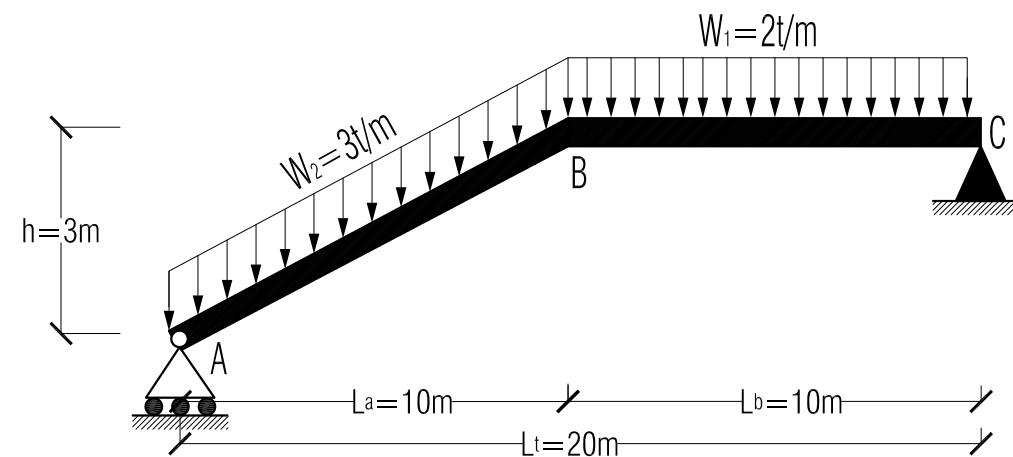


$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0, \\ 1.96 - 1.96 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \\ \Sigma F_y &= 0, \\ 0.8922 - 0.8922 &= 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \\ \Sigma M_f &= 0, \\ 32.16 - 12.16 - 20 &= 0, \quad 32.16 - 32.16 = 0 \\ 0 &= 0 \dots \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

PREPARED BY: ENG M.H.HAMDARD

EXAMPLE NO.12

REACTIONS, SHEAR FORCE, AXIAL FORCE AND BENDING MOMENT CALCULATION IN THE FRAME:



$$AB = \sqrt{(10)^2 + (3)^2} = 10.44\text{m}$$

$$\cos\Delta = 3/10.44 = 0.2873$$

$$\sin\Delta = 10/10.44 = 0.9578$$

REACTION CALCULATION

$$W = 3D - 2H - R = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 0 - 3 = 3 - 3 = 0, \text{ (DETERMINATE STABLE).}$$

$$\sum M_c = 0,$$

$$V_a \cdot L_t - W_2 \cdot L_a(L_a/2 + L_b) - W_1 \cdot L_b \cdot L_b/2 = 0$$

$$V_a = (3 \cdot 10 \cdot (5 + 10) + 2 \cdot 10 \cdot 5) \left(\frac{1}{20}\right) = 27.5 \text{ ton.}$$

$$\sum F_y = 0,$$

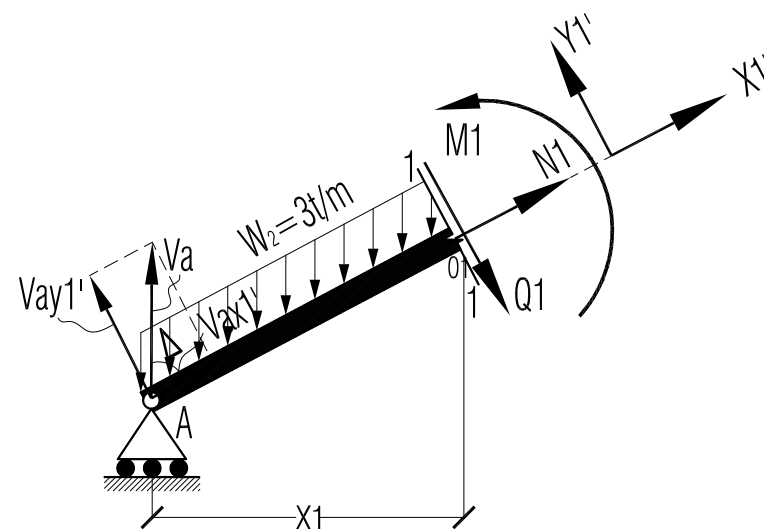
$$V_a + V_c - W_2 \cdot L_a - W_1 \cdot L_b = 0,$$

$$V_c = 3 \cdot 10 + 2 \cdot 10 - 27.5 = 22.5 \text{ Ton.}$$

$$\sum F_x = 0,$$

$$H_c = 0$$

CONTROL No 1:



BENDING MOMENT AND SHEAR FORCE CALCULATION

$$\sum M_{o1} = 0,$$

$$M_1 - V_a \cdot X_1 + W_2 \cdot X_1 \cdot X_1/2 = 0$$

$$M_1 = V_a \cdot X_1 - W_2 \cdot (X_1)(X_1/2) \cdot 2.$$

$$\text{if } X_1 = 0, \quad M_1 = 0 \dots \dots \text{(at point A).}$$

$$\text{if } X_1 = 5 \text{ m.}$$

$$M_1 = (27.5)(5) - (3)(5)(2.5)$$

$$M_1 = 137.5 - 37.5 = 100 \text{ ton} \cdot \text{m} \dots \dots \text{(at point AB/2).}$$

$$\text{if } X_1 = 10 \text{ m.}$$

$$M_1 = (27.5)(10) - (3)(10)(5)$$

$$M_1 = 275 - 150 = 125 \text{ ton} \cdot \text{m} \dots \dots \text{(at point B).}$$

$$\sum F_y = 0,$$

$$V_{ay1'} - W_2 \cdot X_1 \cdot 0.9578 - Q_1 = 0,$$

$$Q_1 = + V_a \cdot 0.9578 - 3 \cdot X_1 \cdot 0.9578.$$

$$\text{If } X_1 = 0, \quad Q_1 = 26.3395 \text{ ton} \dots \dots \text{(at point A)}$$

$$\text{If } X_1 = 10 \text{ m. } Q_1 = -2.3945 \text{ ton.}$$

$$\sum F_x = 0,$$

$$V_{ax1'} - W_2 \cdot X_1 \cdot \cos\Delta + N = 0$$

$$\text{If } X_1 = 0, \quad N = -7.9 \text{ Ton} \dots \dots \text{(Compression at point A).}$$

$$\text{If } X_1 = 10 \text{ m, } N = 0.72 \text{ ton} \dots \dots \text{(Tension at point B).}$$

.....END OF SECTION (1-1).....

SECTION(2-2)

AXIAL FORCE CALCULATION

$$\sum F_x = 0,$$

$$N_2 + H_c = 0, \quad N_2 = -H_c, \quad N_2 = 0 \dots \dots \dots (\text{Constant from point C to B}).$$

SHEAR FORCE CALCULATION

$$\sum F_y = 0,$$

$$Q_2 + V_c - W_1 \cdot X_2 = 0,$$

$$Q_2 = W_1 \cdot X_2 - V_c,$$

$$\text{If } \dots X_2 = 0, \quad Q_2 = -22.5 \text{ ton. (at point C).}$$

$$\text{If } \dots X_2 = 10 \text{ m,} \quad Q_2 = -2.5 \text{ ton. (at point B).}$$

BINDING MOMENT CALCULATION

$$\sum M_{O2} = 0,$$

$$M_2 + W_1 \cdot X_2 \cdot X_2 \cdot \frac{1}{2} - V_c \cdot X_2 = 0$$

$$M_2 = V_c \cdot X_2 - W_1 \cdot X_2 \cdot X_2 \cdot \frac{1}{2},$$

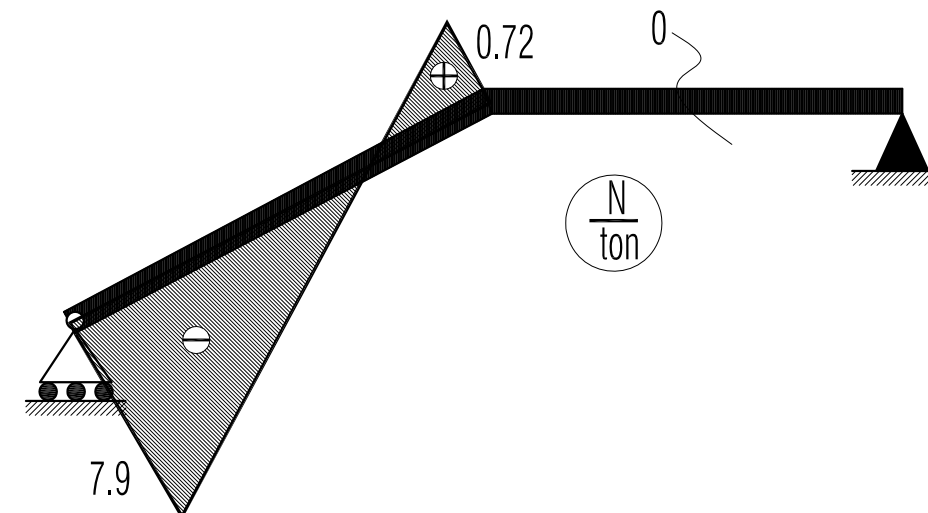
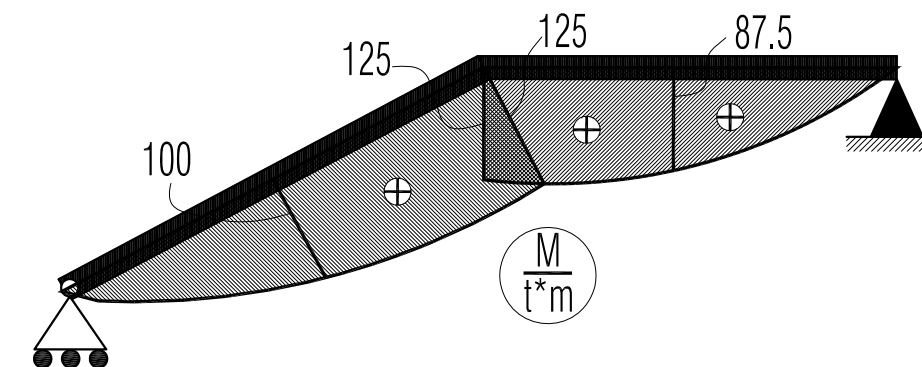
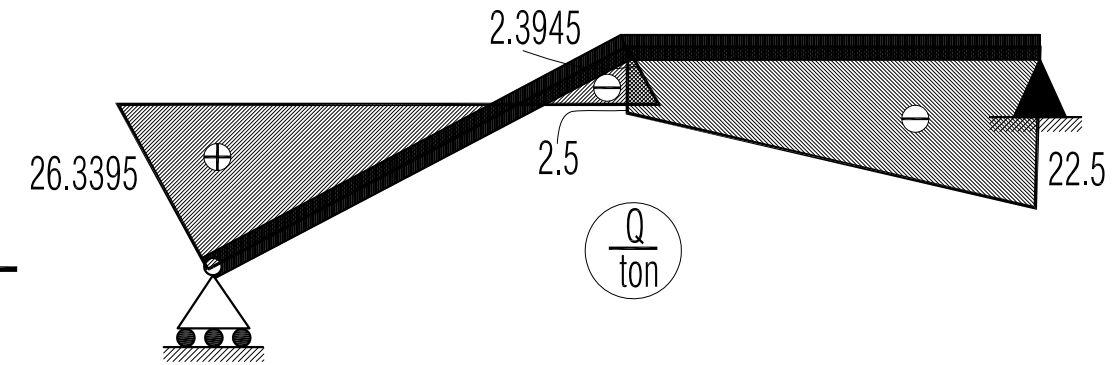
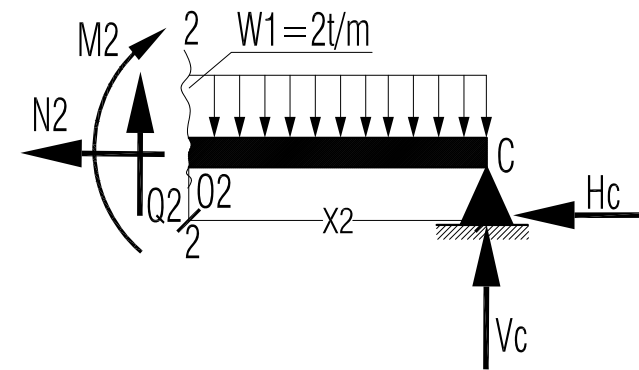
$$\text{If } \dots X_2 = 0, \quad M_2 = 0 \text{ (at point C).}$$

$$\text{If } \dots X_2 = 5 \text{ m,} \quad M_2 = 87.5 \text{ t} \cdot \text{m (at point Lb/2)}$$

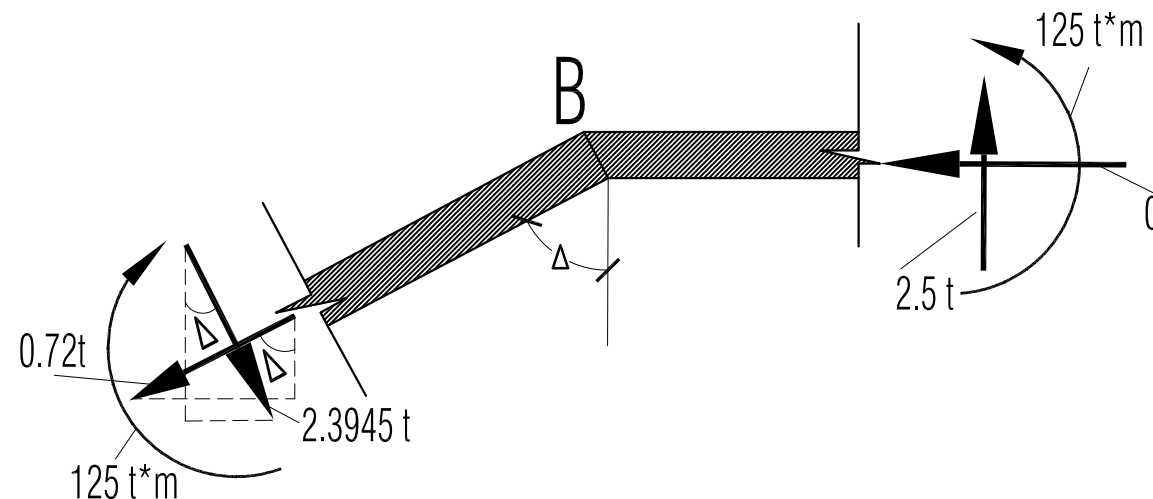
$$\text{If } X_2 = 10 \text{ m,} \quad M_2 = 125 \text{ t} \cdot \text{m (at point B).}$$

.....END OF SECTION (2-2).....

SHEAR FORCE, BINDING MOMENT AND AXIAL FORCE DIAGRAMS:



CONTROLS IN JOINT(B)



$$\sum F_x = 0,$$

$$0 + 0.72 \cdot \sin \Delta - 2.3945 \cdot \cos \Delta = 0$$

$$0.689 - 0.689 = 0$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$\sum F_y = 0,$$

$$2.5 - 0.72 \cdot \cos \Delta - 2.3945 \cdot \sin \Delta = 0.$$

$$2.5 - 2.5 = 0$$

$$0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

$$\sum M_b = 0,$$

$$125 - 125 = 0, \quad 0 = 0 \dots \dots \dots \text{OK}$$

PREPARED BY: ENG M.H.HAMDARD