ساختماني میخانیک (لومړی برخه)

Part:1

ساختماني ميخانيک (لومړی برخه)

Structural Analysis (part 1)

لیکوال :

انجینر قریب الله انوري

M.Sc (Structure) NUST Islamabad
B.Sc Civil (SUIT Peshawar)
B.A and M.A (I.R) Peshawar University

بسم الله الرحمن الرحيم

سریزه

له هر څه د مخه له لوي او بخونکی خدای جل جلاله څخه ډیر شکر ادا کوم چی ماته یې دومره صلاحیت او توان راوبخښلوچی د خپل ادنی علم رڼا د الفاظو په ژبه خپل ګران ملت او قدرمن متعلمینو ته ورسوم.

ساختمانی میخانیک هغه علم دی کوم چی د مختلف ساختمانونو تحلیل تر څیړني لاندی نیسی او د نوموړیو ساختمانونو ډیزاین لپاره مسیر برابروی .

د نوموړی کتاب لومړی فصل د انجینري ساختمانونو، د بارونو پیژندنه او د تحلیل په اړه عمومي معلومات وړاندي کوی او د ساختمانونو په تحلیل کي مهم رول لوبونکی نظریات او مفاهیم روښانه کوي ، دوهم فصل د مختلفو ساختمانو د معین والي او استواری په اړه بحث کوی ، دریم فصل د معین ستاتیکی چوکاټونو د تحلیل کړنلاره او عملي مثالونه وړاندي کوي، څلورم فصل کی د مختلفو معین ستاتیکي ګاډرونو د تاثیر خط په حکله بحث کیږي، پنځم فصل د کیبلونو او زوړند پلونو د تحلیل پروسه تشریح کوي او د متمرکز او ویشلي بارونو لاندي واقع کیبلونو تحلیل په دقیق ډول ترڅیړني لاندي نیسي، شپږم فصل د دري مفصلي کمانونو تحلیل په اړه بحث کوي ، همدارنګه اووم فصل د معین ستاتیکي ترسونو تحلیل ترڅیړني لاندي نیسي او اتم فصل د مختلفو معین ستاتیکي ساختمانونو د کږوپیدني میتودونه تشریح کوي . نوموړي موضوعات د ساختماني میخانیک د سترو منابعو څخه اخیستل شوی او محصیلینو لپاره په ساده میتود او الفاظو تشریح شوی .

په لومړي برخه کي زیاتره معین ستاتیکي ساختمانونه په نظر کي نیول شوي تر څو زده کونکي په صحیح ډول د معین او نامعین ساختمانونو په مفهموم پوهه شي، د کتاب په دویمه برخه کي د نامعین ساختمانونو د تحلیل په اړه بحث کیږی کوم چی د یو جلا کتاب په شکل کی ترتیب شوي.

فهرست

لومړی څپرکی

عنوان		مخ
1.1	تعارف	08
1.2	د ډیزاین اړتیاوي	08
1.3	تحلیل او ډیزاین تر منځ توپیر	09
1.4	په عملي ساحه کي د تحلیل او ډیزاین اهمیت	10
1.5	ساختماني عناصر	11
1.6	د ګاډرونو مختلف ډولونه	12
1.7	د ساختمان ډولونه	14
1.8	بار	18
1.9	د بارمختلف ډولونه	18
1.10	د مړ بار محاسبه	19
1.11	د سلب ډولونه	19
1.12	د ساختمان د ډیزاین میتودونه	19

دوهم څپرکی

معین والی او استواري

2.1	ایډیالی ساختمان	24
2.2	د اتکاء ډولونه	24
2.3	د تجمع قاعده	27
2.4	د تعادل معادلی	28
2.5	معین والی	29
2.6	معین او نامعین ساختمانونه	32
2.7	د ساختمانونو استواري	34

2.8 تمرین 34

دریم څپرکی
د معین ستاتیکی چوکاټونو تحلیل

3.1 تعارف 41
3.2 د چوکاټونو معین والی 41
3.3 د معین ستاتیکی چوکاټونو تحلیل 42
3.4 مثالونه 42
3.5 تمرین 54

څلورم څپرکی
د معین ستاتیکی ساختمانونو د تاثیر خط

4.1 د تاثیر خط اهمیت 57
4.2 د مومنټ دیاګرام او تاثیر خط تر منځ توپیر 57
4.3 تاثیر خط کارېدلو کړنلاره 58
4.4 تاثیر خط د معادلې په واسطه کارېدل 59
4.5 د معین ستاتیکی ګاډرونو تاثیر خط 60
4.6 د کنسول لرونکی ساده اتکایي ګاډرونو تاثیر خط 63
4.7 د غوڅونکو قوو تاثیر خط 64
4.8 د مومنټ تاثیر خط 67
4.9 د تاثیر خط کارېدلو لپاره د مولر برسلو قاعده 71
4.10 تمرین 76

پنخم څپرکی
دکیبلونو او زوړند پلونو تحلیل

5.1 تعارف 79
5.2 د کیبلونو ډولونه نظر باریدنی ته 79
5.3 کیبلونه د متمرکز بارونو لاندی 81
5.4 مثالونه 81
5.5 کیبلونه د منظم ویشل شوی بارونو لاندی 91
5.6 مثالونه 91
5.7 د زوړند پلونو تحلیل 98
5.8 تمرین 104

شپږم څپرکی
دمعین ستاتیکی کمانونو تحلیل

6.1 تعارف 105
6.2 د کمان ډولونه 106
6.3 د دری مفصل لرونکی کمانونوتحلیل 109
6.4 کړنلاره 110
6.5 مثالونه 111
6.6 تمرین 125

اووم څپرکی
دمعین ستاتیکی ترسونو تحلیل

7.1 تعارف 128
7.2 د ترسونو مختلف ډولونه 129

7.3 په چتونو کی استعمالیدونکی ترسونه 129
7.4 په پلونو کی استعمالیدونکی ترسونه 131
7.5 د ترسونو د تحلیل میتودونه 133
7.6 د غوټو طریقه 134
7.7 مثالونه 135
7.8 هغه میلي چي قوي پکي صفر وي 154
7.9 د قطعی طریقه 157
7.10 تمرین 166

اتم څپرکی

د کړوپیدنی محاسبه کولو میتودونه

8.1 تعارف 169
8.2 ایلاستیکي خط 170
8.3 دوه ګونی انتګراله میتود 172
8.4 مثالونه 173
8.5 مومنټ ایریا میتود 179
8.6 مثالونه 180
8.7 د مزدوج ګاډر میتود 183
8.7.1 د مزدوج ګاډر لومړی قضیه 183
8.7.2 د مزدوج ګاډر دوهمه قضیه 183
8.7.3 مثالونه 186
8.7.4 تمرین 193

1

لومړی څپرکی

د ساختمان او بار ډولونه

(Types of structure and Loads)

په نوموړی فصل کی د ساختمانونو د تحلیل په حکله اساسی معلومات وړاندی کیږی.
لومړی په عملی ساحه کی د تحلیل اهمیت روښانه کیږی او وروسته د ساختمان مختلف ډولونه ، د بار ډولونه ، د اتکاء ډولونه ، د ګاډرونو ډولونه او د مړبار محاسبه تر څیړني لاندی نیول کیږی .

1.1 تعارف (Introduction)

ساختمان عبارت دی د هغه وصل شو برخو څخه کوم چي یو خاص هدف ولری او وارده بارونه په منظمه توګه تهداب ته انتقال کړی. په سیول انجنیري کي د ساختمان مثالونه

i. تعمیر
ii. پل
iii. ډیم
iv. د فولادو پاي

تحلیل هغه پروسه ده په کوم کی چی د وارده بارونو اغیزه (غوځونکی قوی، د کوږوالي مومنټ ، کړوپیدنه ، تاویدنه ، او ګټه اخیستنه) د ساختمان په مختلفو برخو کی تر محاسبې لاندی نیول کیږی .

1.2 د ډیزاین اړتیاوي (Requirements of Design)

تحلیل او ډیزاین ډیره پیچلی پروسه ده او ډیر دقت ته اړتیا لری لهذا د ساختمانونو په ډیزاین کی باید ساختماني انجینر لاندینی نقاطو ته خاص پاملرنه وکړی .

۱. حفاظت (Safety)

۲. مهندسي ښکلا (Architecture)

۳. بهره برداري يا ګټه اخيستنه (Serviceability)

۴.اقتصاد (Economy)

۵.چاپيريال (Environment)

د بیلګې په توګه د سیمنټو په فابریکه کې کله چې سیمنټ تولیدیګی ترڅنګ یې مضر غازونه (کاربن ډايي اکسایډ) هم زمونږ چاپيريالي حلقی ته داخليږی کوم چې چاپيريال د يو شمير ستونځو سره مخامخ کوی.

دا خبره اړینه ده چې سیمنټ د ساختمانونو په جوړخت کې کلیدی رول لوبوي خو په داسی حال کې چې چاپيريال ته بدی اغیزی لري باید د متبادل پلټنه يې وشي. په نومورې موضوع تر دی دمه ډير تحقيق شوی چې په پایله کې يې مختلف علا ه کونکي مواد لکه سليکا فيوم ، بينټونايټ ، فلاي ايش ، رايس هسک ايش ، ماربل پاوډر او بيرايټ ځيني مفيد مواد چې په مارکيټ کې موجود دی د سیمنټو تر څه حده متابدل (partial replacement) په توګه معرفي شوی او ډير ښه نتايج ورکوی.نومورې مواد د سیمنټو په خواصو کې مثبت بدلون راوړی او د سیمنټو تولید کموی کوم چې په پایله کې د مضر غازونو تولید کموی او چاپيريال د بدو اثراتو څخه ژغوري.

1.3 تحلیل او ډیزاین ترمنځ توپیر (Difference b/w Analysis and Design)

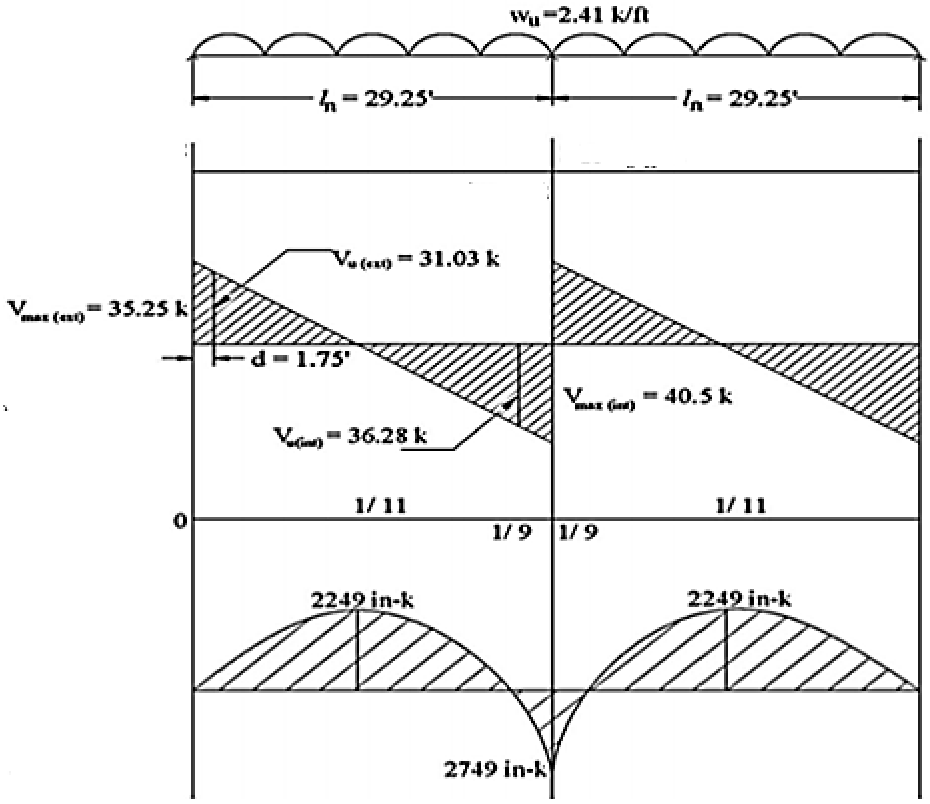
په ساختمانونو کې د سيخ يو خاص نسبت ځاي پر ځاي کول تر څو ساختمان دومره مقاومت ولرى چې خپل وزن (self weight) او ټول وارده بارونه په منظمه توګه اساس ته انتقال کړی ، عبارت دی له ډیزاین څخه .

تحليل د باريدني اغيزه (عرضی قوه ، انحنايي مومنټ ، تشنجات ، کړوپيدنه ، تاويدنه او ګټه اخيستنه) محاسبه کولو ته وايي او ډیزاین د نومورېو تشنجاتو په صحيح او اقتصادی ډول مخنيوي لپاره د مناسب موادو، ابعادو ، مقطعو او د سيخ قطرونوانتخابولو ته وايي.

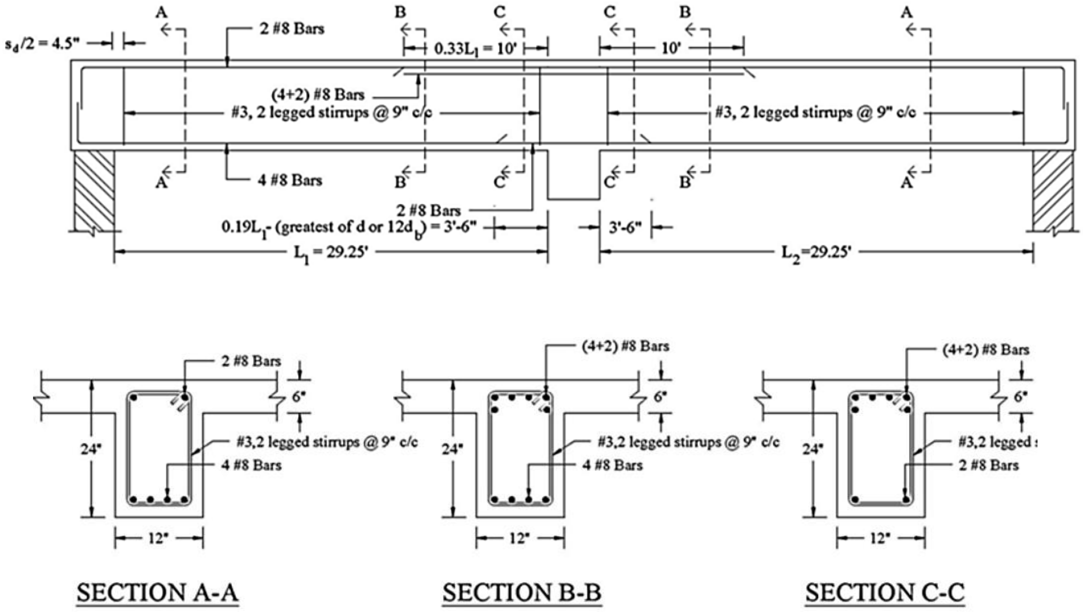
1.4 په عملی ساحه کی دتحلیل او ډیزاین اهمیت.

په عملی ساحه کی د ساختمان جوړخت تر هغه وخته نشی پشپړیدی تر څو په ساختمان عمل کونکی بارونه او هغه موخی د کوم لپاره چی ساختمان جوړیږی په دقیق ډول مطالعه نه شی.

د بارونو مشخص کیدو وروسته ساختمان د تحلیل مرحلی څخه تیریږی او هغه پایلی لاس ته راوړل کیږي کوم چی یو ساختمان د مختلفو تخنیکی ستونځو سره مخامخ کوی. (تشنجات، مومنټ ،پریکونکی قوی او ځینی نور) .وروسته له دی د ساختمان ظرفیت پیدا کولو لپاره د ډیزاین مرحله تر سره کیږي کوم کی چی د ګاډر مقاومت او ظرفیت مشخص کولو لپاره د سیخانو قطرونه او اندازی ټاکل کیږی او د مختلف ساختمانی عناصرو ابعاد او ډولونه ټاکل کیږی.پورتني معلومات لاندی ورکړل شوی بیلګی سره نور روښانه کوو.



د پورتني ګاډر د تحلیل څخه وروسته د عرضی قوی دیاګرام په اساس د نوموړی ګاډر ګرډمک ډیزاین کیږی او همدا راز د مومنټ دیاګرام پر اساس د ګاډر طولی سیخان ټاکل کیږی .



1.5 د ساختماني عناصرو ویش

(Classification of structural elements)

ساختماني انجنیر لپاره دا ډیر مهمه خبره ده چي د ساختمان ټولي برخي کوم چي د بار زغملو لپاره استعمالیږي وپیژني او نوموړي ساختماني عناصر د شکل او وظیفی پر بنیاد وویشي.

ساختماني عناصر (Structural Elements)

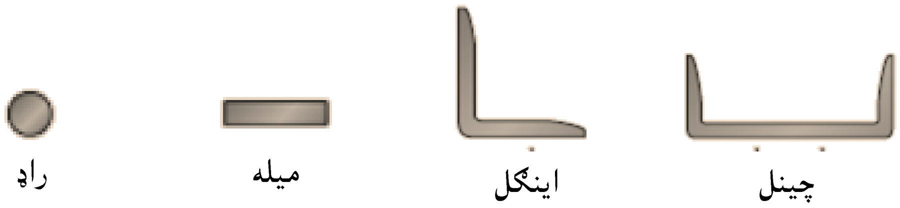
هغه بنستیز عناصر چي ساختمان تري جوړیږي عبارت دي له ساختماني عناصرو څخه. بیم ، پایه او ځیني نور.

۱. تاي راډ (Tie Rod)

تاي راډ د ساختمان هغه برخه وي کوم چي ده کششي قواو لاندي قرار لري.ده بار ده نوعیت له امله دا برخي ډیري نري (slender) وي.

مثال: راډ ، میله ، اینګل ، چینل

تايي راډ



۲. بیم (Beam)

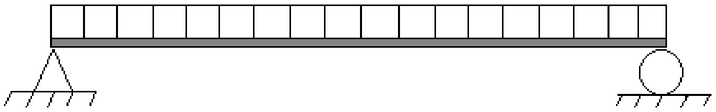
ګاډر له یوافقي خطي ساختماني عنصر شخه عبارت دي، کوم چي په کوږوالي کی کار کوی او په حقیقت کې د عمودي بارونو د ذغملو او انتقالولو دندي په غاړه لري، لکه د پوښښونو (Slab) وزنونه چي پربیم واقع وي.

د بیمونو ډولونه نظر اتکاګانو ته

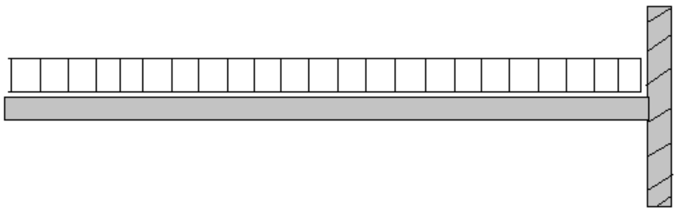
(Classification of beams based on supports)

نظر اتکاګانو ته بیمونه په لاندی ډول دی .

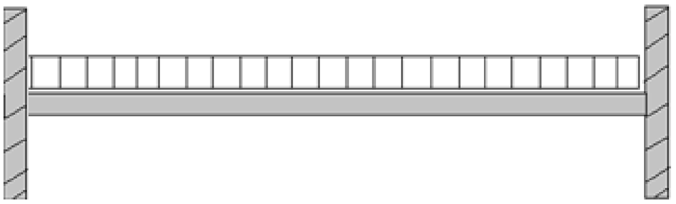
۱ساده اتکایي ګادر (Simply supported beam.)



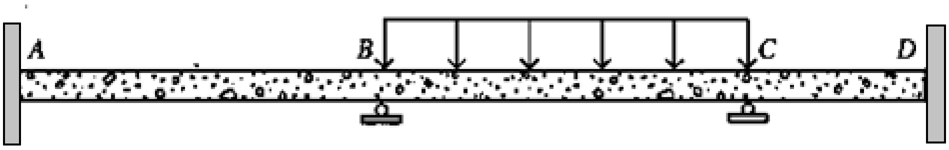
۲ کنسولي ګادر (Cantilever Beam.)



۳ سخت ګادر په دواړو انجامونو کي (Fixed supported Beam.)

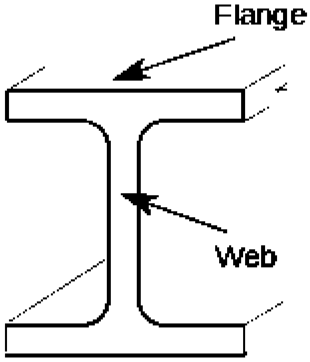


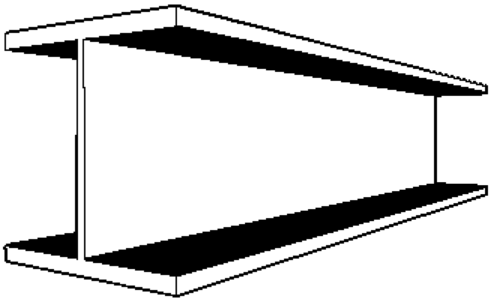
۴ مسلسل ګاډر(.Continuous Beam)



دا چې ګاډر زیاتره وخت د ساختمان په افقی برخه کی واقع کیږی لهذا د انحنايي مومنټ او عرضي قوو له امله پیداکیدونکی انحنائی تشنجات او غوڅونکی تشنجات ګاډر د ویجاړتیا سره مخامخ کوی او ګاډر د درزونو د پیداکیدو له امله ماتیږی .

که چیری ګاډر د فولادی موادو څخه جوړ وی په داسی حال کی لاندی بڼودل شوی (I) ډوله مقطع ډیر مناسب نتایج ورکوي.





د ګادر افقي برخه (Flange) د مومنت او همدا رنګه عمودي برخه (Web) دعرضي قوو په مقابل کې عکس العمل خايي.دا مقطع په عامه توګه د (Wide flange) په نامه يادیږي.

اوسپنیز کانکریټی ګاډر عموماً مستطیلي مقطع لري او په عملی ساخه کې يي جوړښت (construction) نسبتاً اسان وي.کانکریټ د کششی قواو پر ضد ډیر ضعیف وی همدا وجه ده د ګاډر په کششی ساحه کی سیخ کارول کیږی ، فشاری ساحه کی سیخ کارول دګاډر په اوږد مهاله خمش کی کموالي پیدا کوی .

پایه (Column)

پایه د ساختمان عمودي برخه وی کوم چي زیاتره فشاري قواوي په منظم ډول تهداب ته انتقاله وي.

ځیني وختونه د فشاري بارونو سربیره مومنتونه هم په پایي عمل کوي ، چي د مومنتونو او نارملي قواوو عمل په یو وخت کي په هغه چوکاټونو کې رامنځ ته کیږي ، چي سختي غوټي (Fixed joints) پکې موجودي وي.

څرنګه چي د ستنو ماتیدل د ودانیو د ماتیدو لامل ګرځي ، باید په ډیزاین کې یي له ډیر دقت (accuracy) څخه کار واخستل شي.

بنسټ (Foundation)

بنسټ د وداني هغه برخه ده چي د ساختمان بار یا وزن د خاوري هغه برخی ته انتقالوی چي بنسټ ورباندی پروت وی.

د بنسټ موخه دا ده چی د ودانی بار په یو پراخه ساحه وویشل شی تر څو په یوه نقطه کی د بار د تولیدو مخنیوی وشی او خاوره د زیات بار څخه وژغوری.

بنسټ د ودانی لپاره هواره سطح برابروی او د تاویدو څخه یی مخنیوی کوی

د ساختمان ډولونه (Types of structures)

د ساختماني ترکیب او هغه مواد چي دا عناصر تري جوړ وی د ساختماني سیستم په نامه بلل کیږی

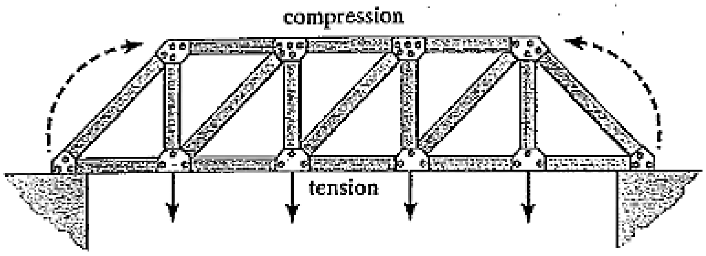
ترس (Truss)

د مثلثي برخوڅخه جوړ هغه ساختماني جوړخت چي د فلز یا لرګو نري میلي پکې په مثلثي شکل یو ځاي شوي وي او دا میلي د کششي یا فشاري قواو لاندي واقع وی عبارت دی له ترس څخه په ترس کې ټولي قواوي په محوري بڼه اساس ته انتقالیږي.

ترسونه په هغه ساختمانونو کښې استعمالیږي، چي وایه یي لوي وي او د ګادرونو استعمال پکی غیر اقتصادي وي.

ترس ته په ګادر هله فوقیت ورکول کیږي که مونږ د ساخمان په طول کې دلچسپي ولرونه په ژوروالي کې.دا به ډیر اقتصادي وي که مونږ ترس د 9m نه 30m فاصله کې استعمال کو، اګرچي دي نه زيات فاصلی ته هم استعمالیږي.

په ترسونو کې د عناصرو د هندسي شکله ترتیب له امله کوم بار چي د ترس د کوږوالي لامل ګیږي، د ترسونو په عناصرو کې په کششي او فشاري قواوبدلیږي.



کیبل او کمانونه (Cables and Arches)

د زیاتو فاصلو د پریکړي لپاره استعمالیږي .

کيبل د استواني شکل ته ورته دي اوارتجاعي عناصرو يي د قوي مقاومت لرونکو سيخانو ځخه جوړښت موندلي دي.

د کيبل ارتجاعيت ډير زيات وي او بارپه کششي توګه اتکاء ته انتقاله وي.

به کيبل کې قواوي د کششي ميلو په ځير په محور قرار نه لري او همدا وجه ده چي کيبل د قوس شکل اختياروي.

ځرنګه چي کيبل په اساني سره قات کيږي او د لږ بار له امله ميلان او کړوپيدنه پيدا کوي به همدي اساس د کوږوالي مومنټ او عرضاني قوي پکې صفر دي او يوائې نارملي کششي قوي پري عمل کوي.

کيبل د پلونو او تعميرونو چت موجود ساتلو کې استعماليږي.

د نورو ساختمانونو پرته کيبل ډير مقاومت لرونکي وي او همداراز د لويو وايو لپاره استعمالږي.

که چيرته فاصله د ۴۶متر نه زياته وي بايد د کيبل استعمل ته فوقيت ورکړي شي ځکه چي دا هميشه په کشش کې وي او د نااستواري امکانات يي ډير کم وي.ګادر او ترس سمدلاسه ويجاړيدو خاصيت لري .د کيبل واحد ستونذه د قوس شکل اختيارول او تړل دي.

کمان (Arch)

کمان د يو منحني ګادر څخه عبارت دي ، چي محدب شکل لري او خپله قوه په فشار کې ذغمي.

د خپل شکل ساتلو لپاره بايد کمان شخ وي.

کمان نسبتاً ګادر ته ډير مقاومت لري او اکثر په لويو وايو کې استعماليږي.

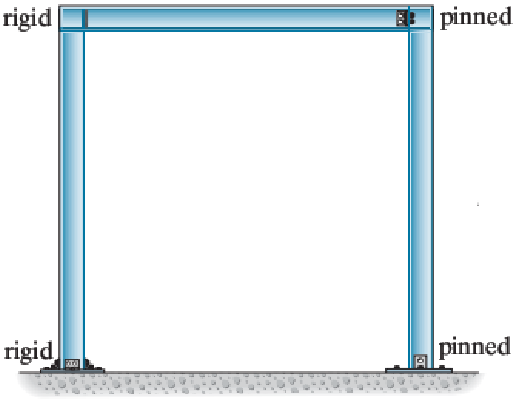
کمان په دواړو انجامونو کې اتکاګانو سره وصل وي چي په همدي ټکو کې افقي او عمودي فشارونه منځ ته راځي .

کمانونونه هغه ساختمانونوکې چي د زيات بار لاندي واقع وي او يا هم مهندسي ښکلا په خاطر ور څخه استفاده کيږي.

چوکاټ (Frame)

که چيري دوه يا له دوو څخه ډيري عمودي او افقي يا عمودي او مايلي ميلي خپلو منځونو کې سره د سخت يا ساکني اتکا په واسطه وتړل شي له چوکاټ څخه عبارت دي.

چوکاټ د ګادر او پايو څخه جوړ وي چي په اکثر تعميرونو کې استعماليږي. دا چوکاټونه د اساس سره په سخته ،متحرکه اويا په ساکني



اتکاء وصل وي چي وارده بار په منظم ډول ، بدون د څه ويجاړتيه ، اساس ته انتقاله وي.د چوکاټ په افقي او عمودي برخه (ګادر او پايه) کې د بار له امله انحناي مومنت پيدا کيږي خو کچيرته د چوکاټ اتکاء سخته وي تحليل يي ده نامعين ساختمان په څير کيږي.

سطحي ساختمان (Surface structure)

سطحي ساختمان د هغه موادو څخه جوړ وي چي پنډوالي (thickness) يي ډير کم وي نسبتاً د نورو ابعادو(Dimensions).

د زيات ارتجاعيت له امله دا مواد ډير انحنا قبلونکي دي، چي کيدايشي ، د يو خيمي شکل اختيارکي.

په دواړو حالاتو کې دغه ماده د يو پردي په شکل کار کوي.

بار (Load)

هر کله چي د يو ساختمان د عناصرو اندازه وټاکل شي ؛ نو لاذمه ده چي هغه بارونه پيدا شي کوم چي ساختمان يي ذغمي.

يو ساختمان د مختلف بارونو لاندي قرار لري ، د بار مختلف ډولونه لاندي تشريح شوي.

دايمي بار يا مړ بار (Dead Load)

د يو ساختمان د مختلفو برخو خپل وزن اود هغه اجسامو وزن چي په ساختمان مستقل قرار لري عبارت دي ده مړ وزن څخه.

ده مړ وزن مقدار او موقيعت ثابت وي.

په ساده الفاظو د ساختمان مړ وزن په هغي کې ده موجود ګادر، پايي ، سلب، ديوال، کړکۍ ، او د ډبرو وزن دي.

د ساختمان مړ وزن پيدا کول يو خاص پروسه لري ، پدي پروسي کې د مختلف موادو د کثافت څخه کار اخستل کيږي.
د مړ بارونو د محاسبي لپاره د ساختمان د بيلا بيلو برخو اندازي معلوميږي او بيا د نومړو برخو وزن نظر د نومړو موادو کثافت ته پيدا کيږي.

د مړ بارونو پيدا کول

Determination of Dead Load

څرنګه چې پوښبنونه (Slab) خپل وزنونه بيمونو (Beam) ته انتقالوي او بيمونه خپل وزنونه ستنو ته (Column) او ستني يي تهداب (Foundation) ته نو په دي اساس هغه بار چې د سلب په واسطه ګاډرنو ته انتقاليږي بايد په هغه پوه شو.

موقتي بارونه په ودانيو کي دسلب (Slab) په واسطه زغمل کيږي او ګاډرونو ته انتقاليږي نو له دي امله بايد نظر د بارونو ويشني ته د سلبونو ډولونه وپيژنو .

سلب (Slab)

د يوافقي ورقه اي جسم څخه عبارت دي چې په کشش کي واقع وي . هغه وزن چې په سلب عمل کوي واحد يي عبارت دي له Kg/m^2 ، KN/m^2 ، T/m^2 او داسي نور.

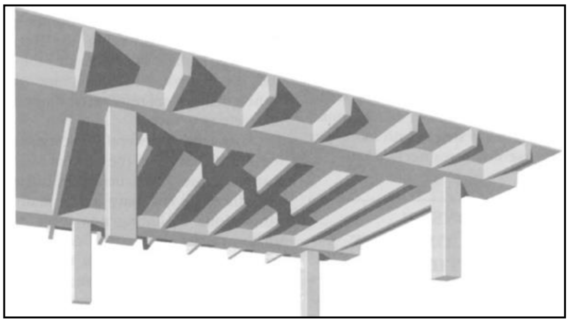
سلبونه نظر د بارونو ويشلو ته په دوه ډوله دي :

۱ – يو اړخيزسلب (One Way Slab)

۲ – دوه اړخيزسلب(Two Way slab)

۱ – یو اړخیزسلب (One Way Slab)

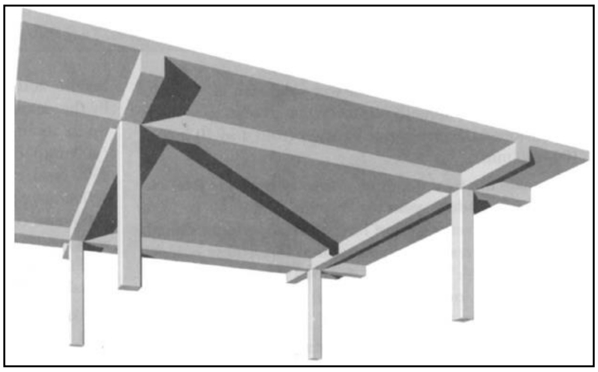
له هغي سلبونو څخه عبارت دي چي خپل بار په دوه لورو ویشي ، چي هغه لوري د لنډو لورو څخه عبارت دي که چیري د یو سلب د اوږود لوري او لنډ لوري نسبت د دوو څخه ډیر شي نو د اد یو اړخیز سلب په نوم یادیږي.



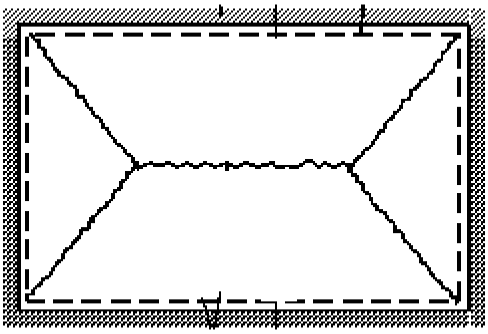
$$\frac{\text{Long side}}{\text{Short Side}} = \frac{b}{a} > 2$$

۲ – دوه اړخیزسلب (Two Way slab)

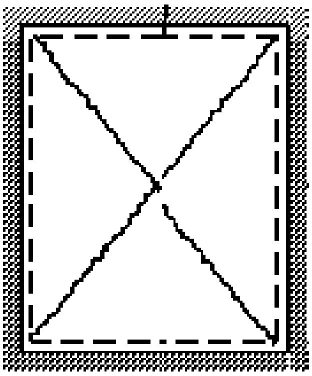
له هغي سلب څخه عبارت دي چي خپل بار په څلورو لورو ویشي ، که د یو سلب د اوږود لوري او لنډ لوري نسبت له دوه او یا له دوو څخه کوچني شي له دوه اړخیزي سلب په نوم یادیږي. په دي سلبونو کي بارونه په اوږود لوري د ذوذنقي په شکل او په لنډ لوري د مثلث شکل عمل کوي لکه د شکل په څیر



$$\frac{\text{Long side}}{\text{Short Side}} = \frac{b}{a} < 2$$



که چیري د اوږود لوري او لنډ لوري نسبت د یو بل سره مساوي شي یعني دواړه لوري عیني ابعاد ولري په دي صورت کي په ټولو لورو د مثلث په شکل عمل کوي لکه د شکل په څیر

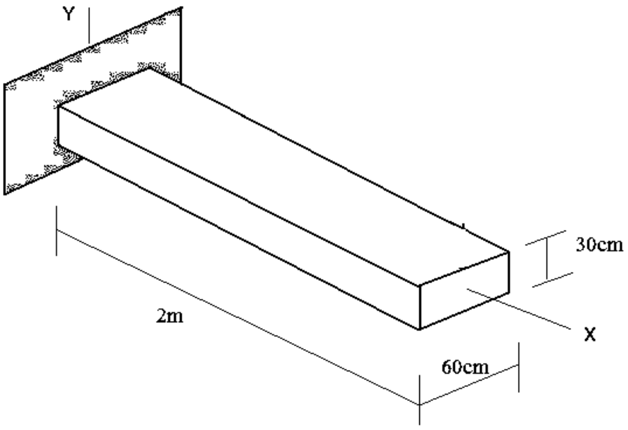


مثال: ۱

که ده یو کنسولي ګادر اوږدوالي 2 متره او د عرضي مقطع اندازه یي (30x60)cm وي تاسي یي ده مقطعي وزن پیدا کړي که چیري ګادر له اوسپنیز کانکریتو څخه جوړ وي.

حل:

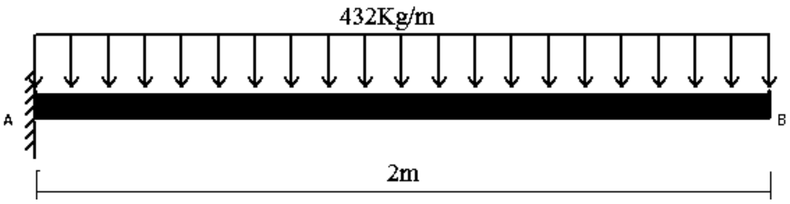
Specific weight of RCC, $\gamma_{RCC} = 2400 Kg/m^3$

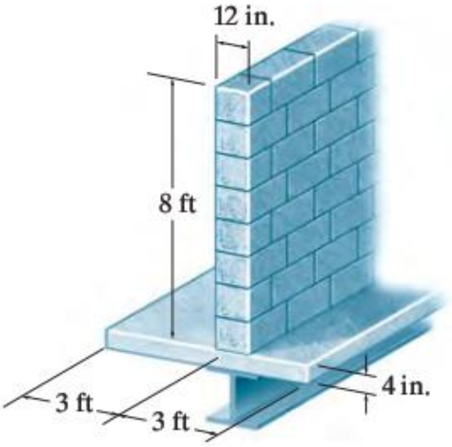


$w = (bh).\ \gamma_{RCC}$

$= (0.3x0.6).\ (2400)$

$= 432 Kg/m$





مثال : يوګادرچي (6ft x 4in) ابعاد لرونکي سلب د وزن برداشت کولو لپاره استعمال شوي.که چيرته سلب د پاسه 8m لوړه کانکريټو بلاکي ديوال چي عرض يي 12in وي، قرار ولري. تاسي د ګادر په في فټ کې وارده بار پيدا کړې.د مواده کثافت په لاندې ډول دي.

کانکريټ سلب: $8\ lb/ft^3$

ديوال : $105\ lb/ft^3$

حل :

کانکريټ سلب وزن : مخصوصه وزن x حجم

$6 \times (4/12) \times 8 = 16\ lb/ft$

ديوال وزن: $105 \times 8 \times 1 = 840 lb/ft$

مجموعي بار = $16+840 = 856\ lb/ft$

ژوندی بار (Live Load)

له هغي بارونو څخه عبارت دي، چي ده هغوي مقدار او موقيعت ثابت نه وي.

ژوندی بار په ساختمان موقّتي قرار لرونکي اجسامو د وزن ، د انسانانو وزن ده عراده جاتو (Vehicles) وزن، زلزله او يا د باد له وجي مينځ ته راځي.

د ژوندي بار تعين د ساختمان سابقه تاريخ او هغه قوانين کوم چي د امريکا کانکريټ انستيتوت (ACI) وضع کړي، کيږي.

څرنګه چي د موقعتي بارونو مقدار بدلون مومي په همدي اساس په دي بارونو کې د ساتني د اضافه باري ضريب (Factor of safety) په پام کې نيول کيږي.

$$W=1.2(D.L) + 1.6(L.L)$$

د باد بار (wind load)

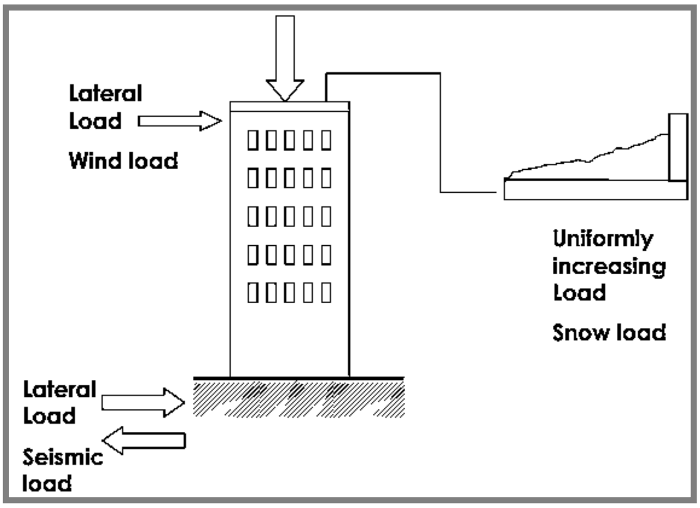
هغه بارونه چې د باد له امله په ساختمان واریدیږي، عبارت دی له wind load څخه.

هغه ساختمانونه چې د سمندر په غاړه موقیت لري یا هم لوړه ارتفاع ولري له دی ډول ستونځو سره مخامخ کیږي او په ډیزاین کی یي ده باد بار له پاره خاص د خوندیتوب ضریب په نظر کی نیول کیږي.

عادی ودانیو لپاره د باد بار په نظر کی نه نیول کیږي.نوموړی بارونه د ساختمان په موقیعت ، ارتفاع ، شکل ، سایز او د هوا شدت پوری اړه لري.

د زلزلی بار (Earthquake or seismic load)

په موجوده وخت کی د سول انجنری ، Earthquake برخی ډیر پرمختلك کړی او د هر ساختمان په ډیزاین کی د زلزلی بار په نظر کی نیول مهم کنټرل کیږي.دا عبارت دی له هغه بارونو څخه کوم چې د زلزلی موجونو له امله د ساختمان په بنسټ واردیږی او زیاتره د ګاډرو او ستنو تر منځ جاینتونه د ویجاړتیا سره مخامخ کوي.



زلزله یا داتش فشان volcanic eruptions) له وجی مینځ ته راځی یا د تیکټونک طبقی tectonic plates) د حرکت له امله.

نوموړي بارونه د ساختمان په موقیعت (Siesmic Zones) پوری اړه لري.

2

دوهم څپرکی

د ساختمانونو معین والی او استواری

(Determinacy and stability of structures)

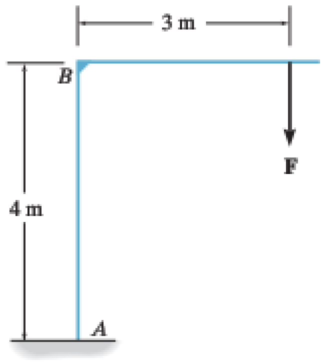
هغه ساختمانونه چي په عملی ساحه کی تری ډیره استفاده کیږی او روزمره ژوند کې مهم رول لوبوي ، په د فصل کې يي د تحليل مختلف اړخونه تر څيړني لاندي نيول کيږی.معين ساختمانونه د تحليل يو ساده پروسه لر ي کوم کې چي تعادل معادلي د تحليل لپاره کافي کيږي.تر څو ډير دقيق نتايج لاس ته راوړو بايد اول تحليل لپاره د ساختمان يو مناسب موډل په نظر کې اونيسواو بيا د ساختماني استواري اړتياوي پوره کو.

ایډيالي ساختمان (idealized structure)

د يو ساختمان تحليل هيڅ کله کاملاً دقيق نشي کيدلي تر څه حده پيچلتوب حتماً پکې موجود وي پر د مهال د بارونو اومواد مقاومت لپاره وضع شوو اټکلونو (estimates) څخه بايد کار واخستل شي.

د ایډيالي ساختمان جوړولو لپاره د مختلف تخنيکونوڅخه استفاده کيږي.د بيلګي په ډول

په شکل کی يو کرين ښودل شوی ، که چيرته د نوموړی کرين ایډيالی ساختمان جوړول وغواړو لومړی په B نقطه اتکاء فرض کوو چی شخه ده او همداراز د A ټکی اتکاء سخته فرض کوو نو مونږ سره د ایډيالي ساختمان برخی د يو دوه وصل شوو خطونو په واسطه په لاندی ډول جوړيږي.

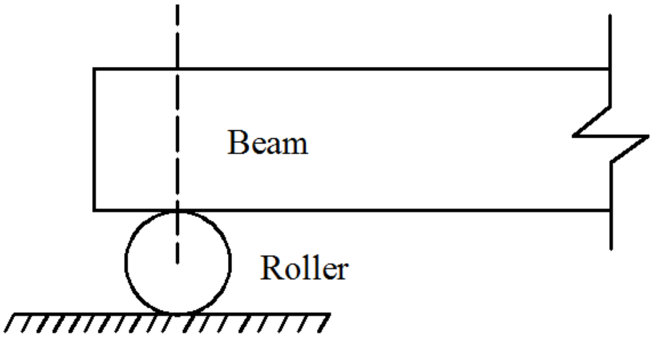


د اتکاء ډولونه (Types of support)

په ساختمان وارده بار د اتکاء په ذریعه باید په یو منظم ډول اساس ته انتقال شي.په عمومي ډول مروجي اتکاګاني په لاندي ډول دي.

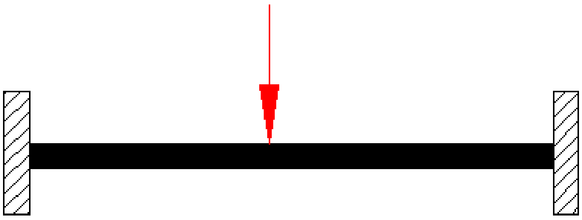
۱.ازاده یا متحرکه اتکاء (Roller support)

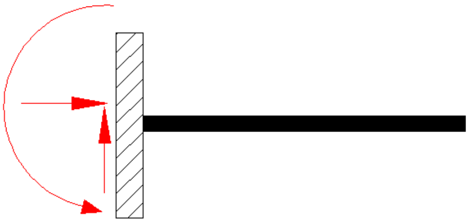
متحرکه اتکاء عبارت ده له هغي اتکا څخه چي په یو لوري د جسم د حرکت مانع وي او یو عکس العمل لرونکي وي. متحرکه اتکاء د افقي قواو(Horizontal forces) او مومنټ (Moment) په مقابل کي عکس العمل نه شي ښودلي فقط د عمودي قواوو پر مقابل کی د ځانه مقاومت ښائي.



۲.سخته اتکاء (Fixed support)

سخته اتکاء له هغي اتکا څخه عبارت ده چي یو ساختماني عنصر له بل ساختماني عنصر سره داسي وصل کي چي هیڅ حرکت پکي پاتي نه شي.



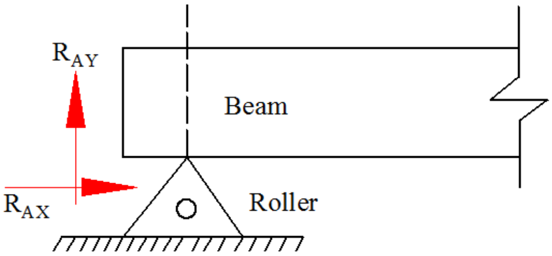


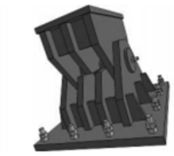
سخته اتکاء د افقي قواو ، عمودي قواو اودوراني قواو(مومنت) مقابل کې دخپل ځانه مقاومت ښايي

دغه ډول اتکا داوسپنيزو کانکريټو ، ويلډنګ ، نټ او بولټ او داسي نورو په پواسطه لاس ته رازي. دغه اتکاء دري عکس العملونه لري.

۳. ساکنه اتکاء (Hinge Support)

له هغي اتکا څخه عبارت ده چي په دوه لورو د حرکت مانع وي او دوه عکس العملونه ولري.

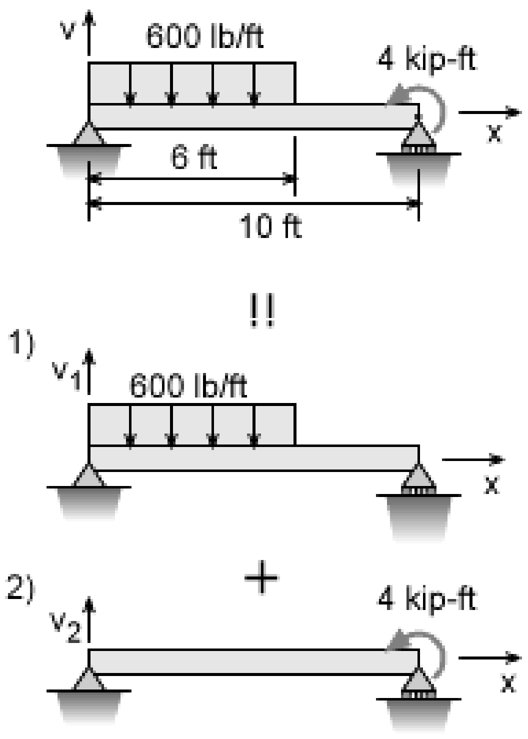




د تجمع قاعده (Principle of Superposition)

د ساختمان په يو نقطه کې مجموعي تشنج مساوي کيږی د مختلفو وارده قواو جلا جلا تاثير سره .

کله کله يو جسم د يو زيات شمير قوو لاندې عمل کوي چې د جسم په انجامي مقطعو او هم د جسم په اوږدو کې په مختلفو مقطعو باندې قوې تاثير کوي. په داسې حالتونو کې قوې بيل بيل محاسبه کيږي او تاثير يې د جسم په ټاکلي مقطعې باندې مطالعه کيږي. او د جسم مجموعي د شکل بدلون په ټولو مقطعو کې د شکل د بدلونونو د الجبري مجموعې څخه په لاس راځي.چې د شکل د بدلونونو دمجموعې پيدا کولو دغه قاعده د تجمع قاعده بلل کيږي.



د تجمع قانون مطابق په پورتنی بيلګه کی د ويشلي بار او مومنت لپاره د تشنج جلا جلا تاثير پيدا کيږی او دنوموړيو تشنجاتو مجموعی څخه اصلي قيمت په لاس راوړل کيږی.

په ساختمان د تجمع قاعده عملي کولو لپاره مهم دي چې د هوک قانون بايد پرې عملي شي.

د تعادل معادلي (Equilibrium Equations)

یو ساختمان یا د ساختمان یوه برخه هغه وخت په تعادل کې وي که چیرى دخارجي قواو په پائله کې جسم خپل توازن برقرار وساتي.

$$\sum F_X = 0 \qquad \sum F_y = 0 \qquad \sum M = 0$$

$$\sum M_X = 0 \qquad \sum M_Y = 0 \qquad \sum M_Z = 0$$

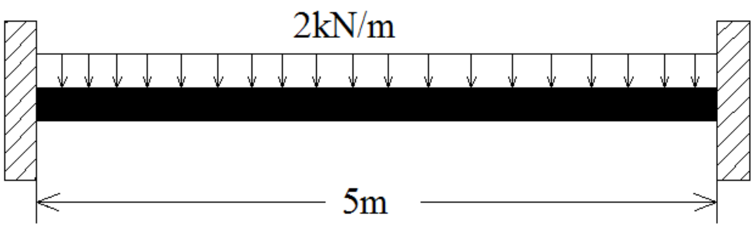
د ساختمانونو معین والي
(Determinacy of structures)

۱.نامعين ستاتيکي ساختمان (Statically indeterminate structure)

له هغه سیستمونو څخه عبارت دي، چي د سيستم اتکایزي قوي د ستاتيک د تعادلي معادلوپه مرسته پيدا نه شي یعني ساختمان کې د نامعلومو قواو تعداد د تعادل معادلو څخه زيات وي.

د ستاتيک تعادلي معادلي عبارت دي له

$$\sum Fx = 0 \qquad \sum Fy = 0 \qquad \sum Mx = 0$$



تعادل معادلی > نامعلومی قوی

4 > 2

نامعين ستاتييکی سيستم

يادونه : ګاډرونو لپاره افقی قواوی په نظر کی نه نيول کيږی او همدارنګه $\sum Fx = 0$ معادله .

کولی شو د لاندی فورمولونو په مرسته د مختلف ساختمانونومعین والي پیدا کړو.

1) ګاډرونه (Beams)

معین ستاتیکی ساختمان $r = 3n$

نا معین ستاتیکی ساختمان $r > 3n$

2) چوکاټونه (Frames)

معین ستاتیکی ساختمان $r = 3n$

نا معین ستاتیکی ساختمان $r > 3n$

3) ترسونه (Trusses)

$b + r = 2j$ ………….determinate truss

$b + r > 2j$……….Indeterminate Truss

د ساختمان معین والیۍ پیدا کولو لپاره لومړی د ساختمان د ټولو غړیو یا د یو څو برخو Free body diagram کاړل کیږی او د دیاګرام په مرسته نامعلومی قوی د سیستم تعادلی معادلو سره پر تله کیږی او یا هم د فورمول په واسطه د ساختمان معین والئ لاس ته راوړل کیږی.

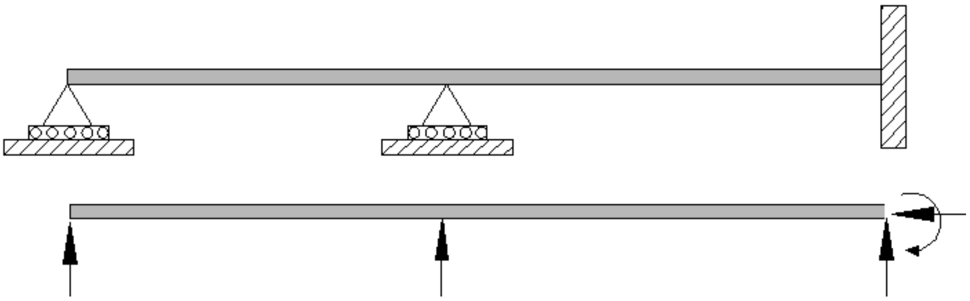
معین ستاتیکی ساختمان $r = 3n$

نا معین ستاتیکی ساختمان $r > 3n$

پورتنی فورمولونو کی n د ساختمان د برخو شمیر او r د نامعلومو قوو تعداد دی.

که چیری یو ساختمان نامعین وی یعنی 2 < 3 دا په د معنی چی ساختمان یو اضافی معادلی ته اړتیا لری تر څو د ساختمان مکمل تحلیل تر سره شی.

مثال : 1

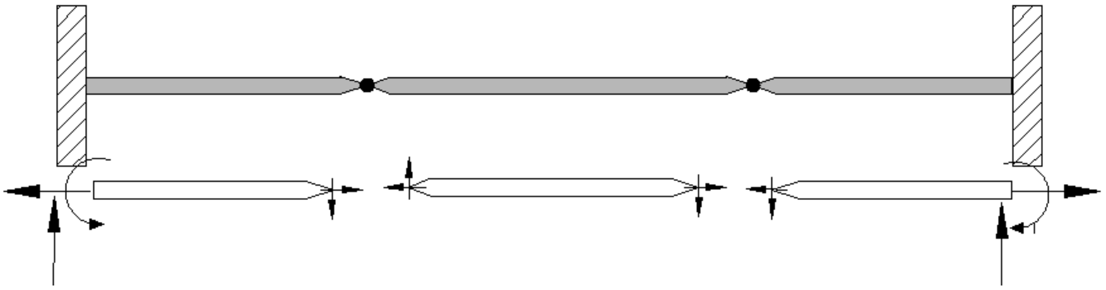


$n = 1, \quad r = 5$

$r > 3n \rightarrow 5 > 3(1) \rightarrow 5 > 3$

2درجه نا معين ستاتيكي سيستم

مثال : 2

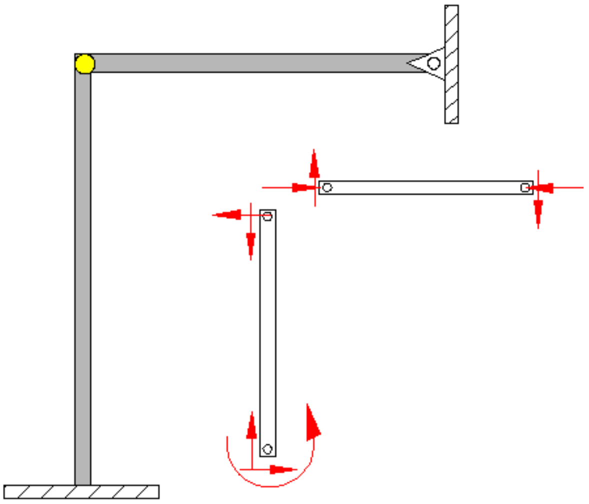


$n = 3, \quad r = 10$

$r > 3n \rightarrow 10 > 3(3) \rightarrow 10 > 9$

1 درجه نا معين ستاتيكي سيستم

مثال : 3

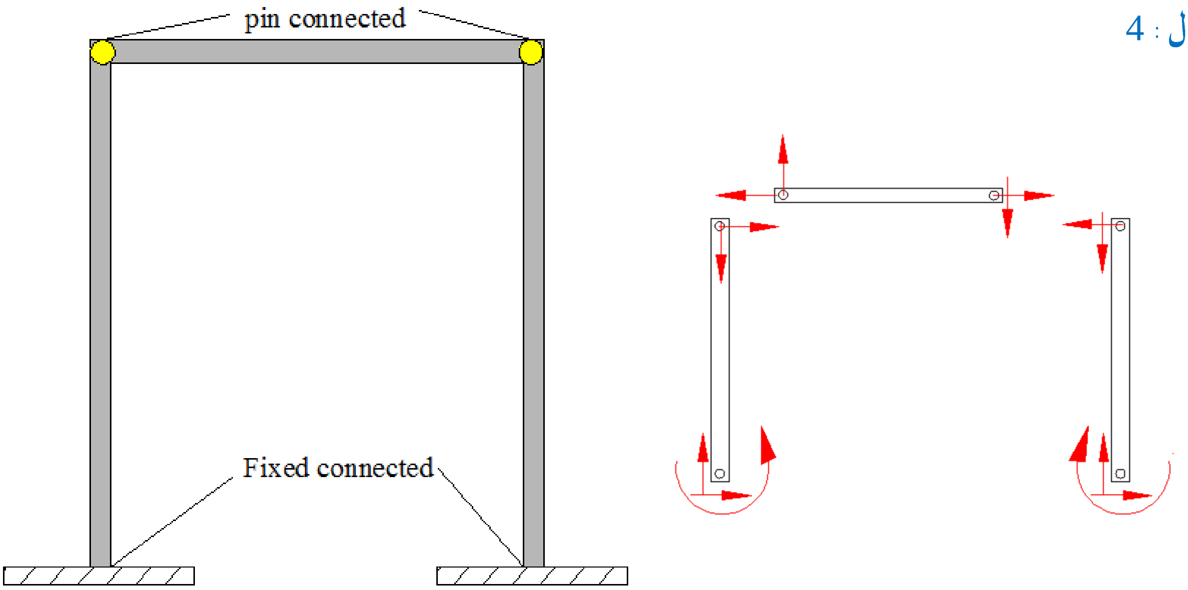


$n = 2, \quad r = 7$

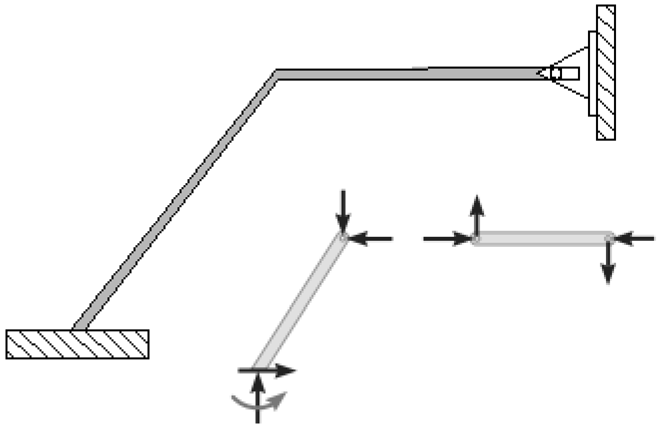
$r > 3n \rightarrow 7 > 3(2) \rightarrow 7 > 6$

1 درجه نا معين ستاتيكي چوكاټ

مثال : 4



مثال : 5

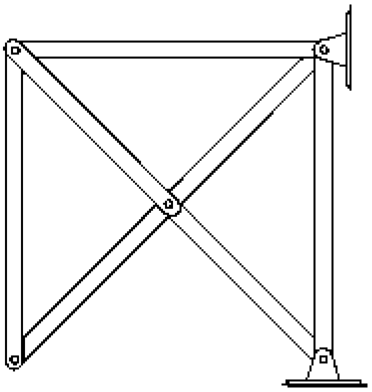


$n = 2, \quad r = 7$

$r > 3n \rightarrow 7 > 3(2) \rightarrow 7 > 6$

1 درجه نا معين ستاتيکي چوکاټ

مثال :6



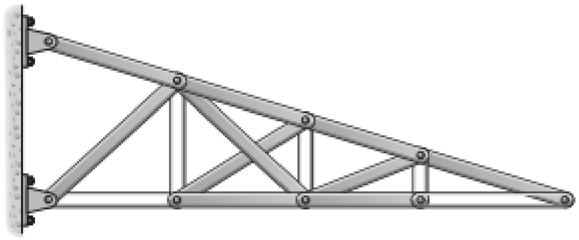
$b=7, \; r=4 , \; j=5$

$b + r = 2j \rightarrow 7+4 = (2x5)$

$11 = 10$

1درجه نامعين ستاتيکي سيستم

مثال :7



b=15, r=4 ,   j=9

b + r = 2j →15+4 = (2x9)

19 = 18

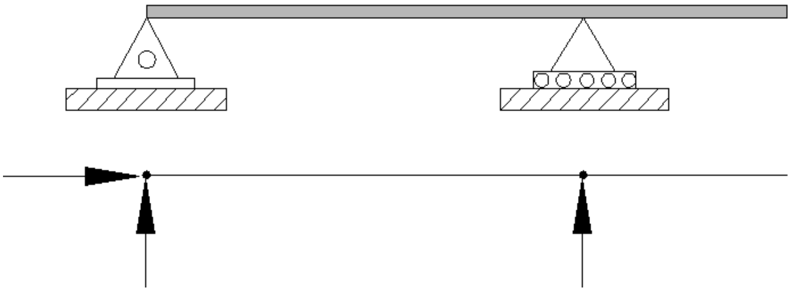
1درجه نامعين ستاتيکي سيستم

۲.معين ستاتيکي ساختمان (Statically determinate structure)

له هغه ستاتيکي سيستمونو څخه عبارت دي، چي ده سيستم اتکايزي قوي د ستاتيک د تعادلي معادلو په مرسته پيدا شي يا هغه ساختمان چي تحليل لپاره يي د تعادل معادلي کافي وي يا د نامعلومو قواو تعداد د تعادل معادلو سره مساوي يا کم وي.

Ra < Equilibrium equations

مثال:1

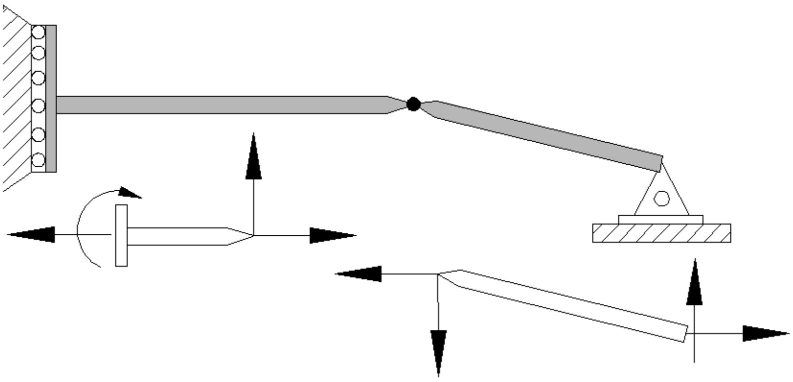


n = 1,   r = 3

r = 3n → 3 = 3(1) → 3 = 3

معين ستاتيکي سيستم

مثال:2



r=6   n=2

r = 3n → 6 = 3(2) → 6 = 6

معين ستاتيکي سيستم

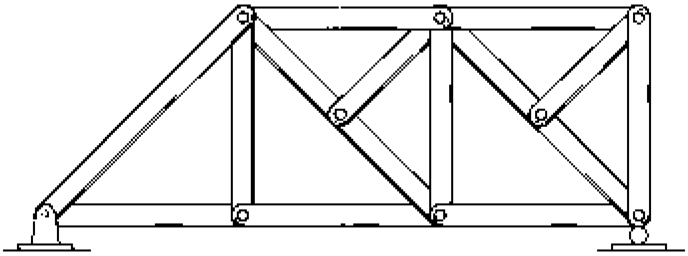
مثال:3

r=3   n=1

r = 3n → 3 = 3(1) → 3 = 3

معين ستاتيكي سيستم

مثال:4



(a)

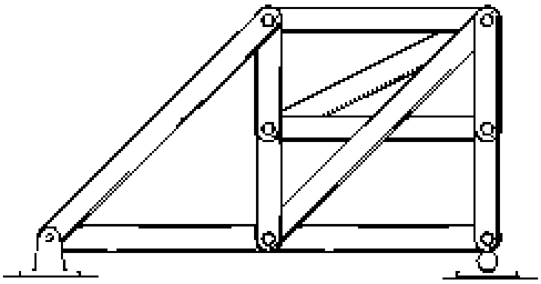
b=15, r=3 ,   j=9

b + r = 2j →15+3 = (2x9)

18 = 18

معين ستاتيكي سيستم

مثال:5



(b)

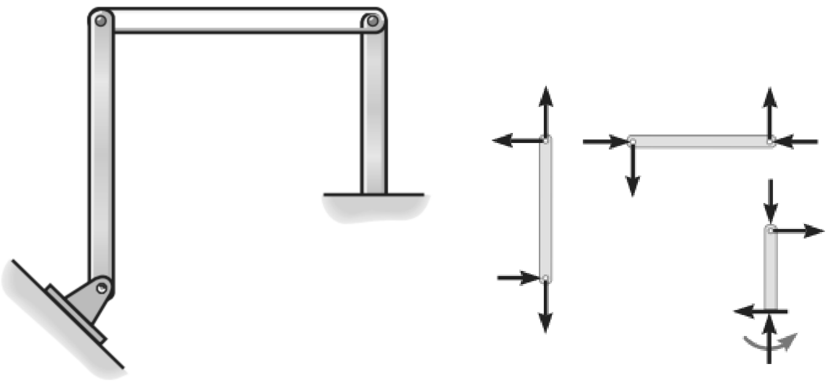
b=11, r=3 ,   j=7

b + r = 2j →11+3 = (2x7)

14 = 14

معين ستاتيكي سيستم

مثال: 6



r=9   n=3

r = 3n →9=9

معين ستاتيكي سيستم

Stability of Structures

هندسي تغير نه منونکي ساختمانونه (Stable Structures)

هندسي تغير نه منونکي ساختمانونه له هغي سيستمونو څخه عبارت دي ، چي د بهرنيو قوو د عمل په پايله کې خپله پايداري له ځانه وښيي.

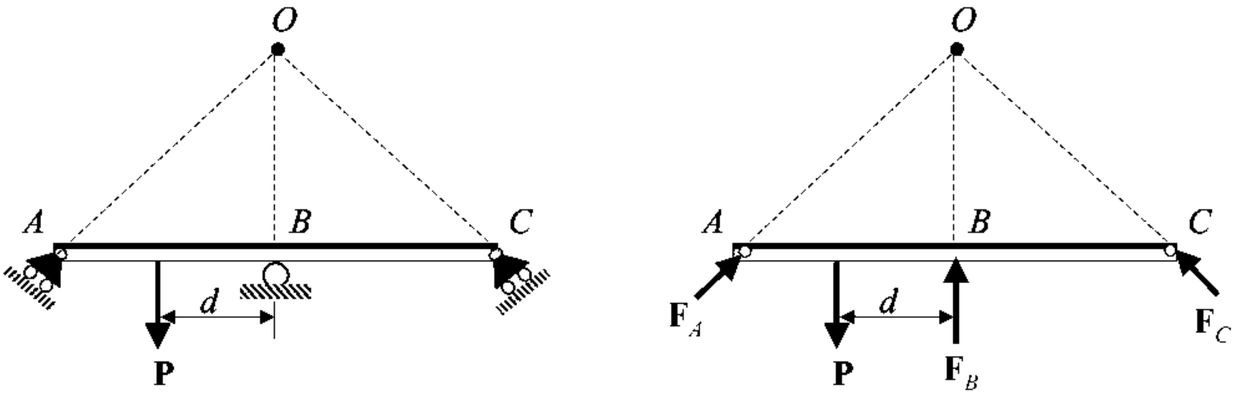
هندسي تغير منونکي ساختمانونه (Unstable Structures)

هندسي تغير منونکي ساختمانونه له هغي سيستمونو څخه عبارت دي ، چي د بهرنيو قوو د عمل په پايله کې خپله پايداري له ځانه ونه وښيي.

تغير ناپزيروالي په لاندي ډول د څيړني لاندي نيسو.

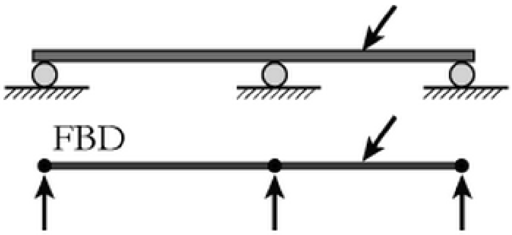
هندسي تغير نا پزير والي لپاره شرايط

1. When all the forces are concrent in structure as shown in fig



Force P tends to produce moment in whole structure about the origion.

2. When all forces are parallel in structure



Structure has no restraints for lateral forces

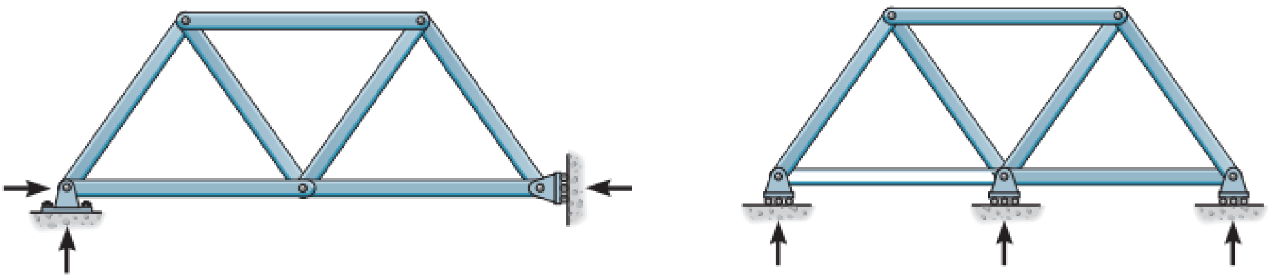
۱.بهرني تغير ناپزيروالي (External Stability)

هغه ساختمانونه کوم کی چې اتکایز عکس العملونه خپلو کی سره موازی وی او همدارنګه ټولی قوی د یوی نقطی څخه تیریږی .

د سیستم د بهرني معین والي د حالات د معلومولو لپاره د لاندي فورمول څخه ګټه اخلو.

n=R-3

په پورتني فورمول کي n د نامعین والي درجه او R د اتکا یزو غبرګونونو شمیر دي دلته دري حالته موجود دي.

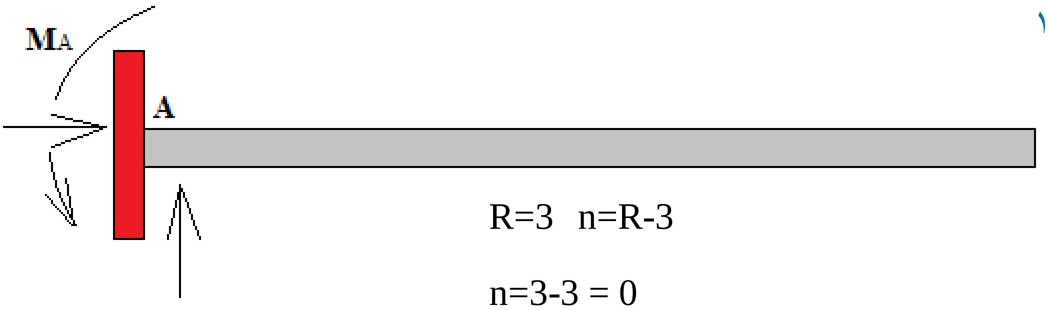


۱ – N=0 نو (Determinate and stable)

۲ – N>0 نو (Indeterminate and stable)

۳ – N<0 نو (Determinate and unstable)

مثال:۱

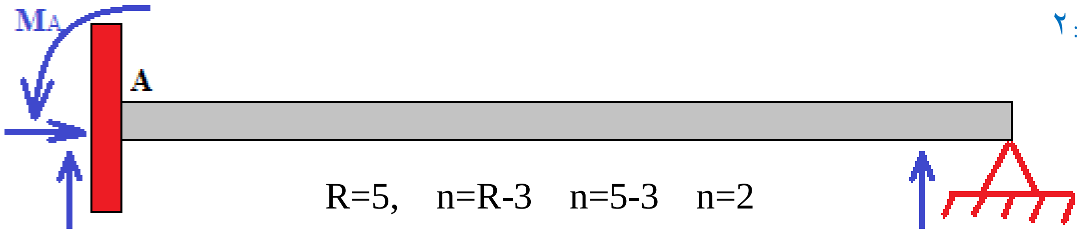


R=3   n=R-3

n=3-3 = 0

ځرنګه چې د n=0 شو نو سیستم معین او هندسي تغیر نه منونکي (Stable) دي.

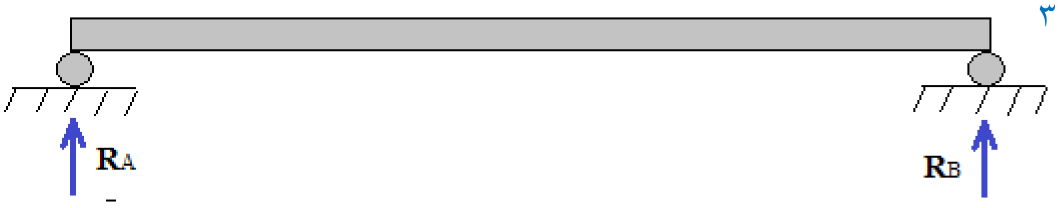
مثال:۲



R=5,   n=R-3   n=5-3   n=2

ځرنګه چې د n=2>0 شو نو سیستم نامعین او هندسي تغیر نه منونکي (Stable) دي.

مثال:۳



R=2,   n=R-3,   n=2-3

n=-1

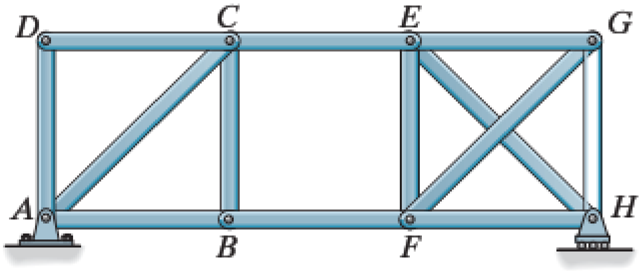
ځرنګه چې د n=-1< 0 شو نو سیستم معین ستاتیکي او هندسي تغیر منونکي (Unstable) دي.

۱.داخلي تغیر ناپزیروالي (internal Stability)

په سیستمونو کې داخلي تغیر ناپزیروالي د عناصرو په شمیر او ده هغوي د ځاي په ځاي کیدو پوري اړه لري،

داخلي تغیر ناپزیروالي په لاندي فورمول پیدا کیږي.

M = 2j-b-r



پورتني فورمول کې

m = دناټکلي والي درجه

j = د غوټو شمیر

b = د میلو شمیر

r= داتکایزو غبرګونونو شمیر

۱ – m=0 نو (Determinate and Stable)

۲ – m>0 نو (Indeterminate and Unstable)

۳ – m<0 نو (Determinate and Stable)

پورتني فورمول یوائي ترسونو لپاره د استعمال وړ دي.

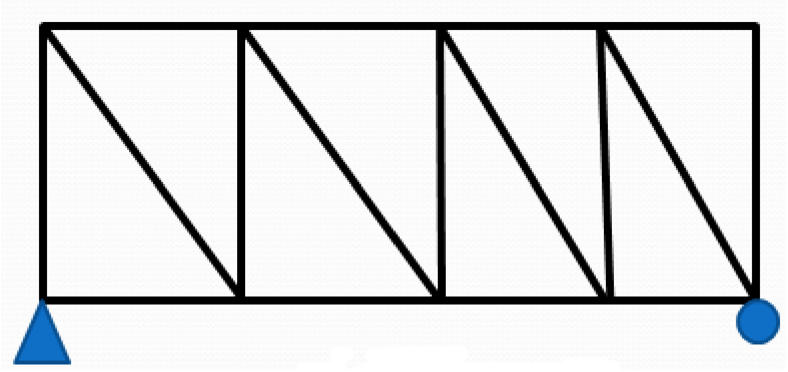
مثال ۱:

r=3 j=10 b=17

m=2j-b-r

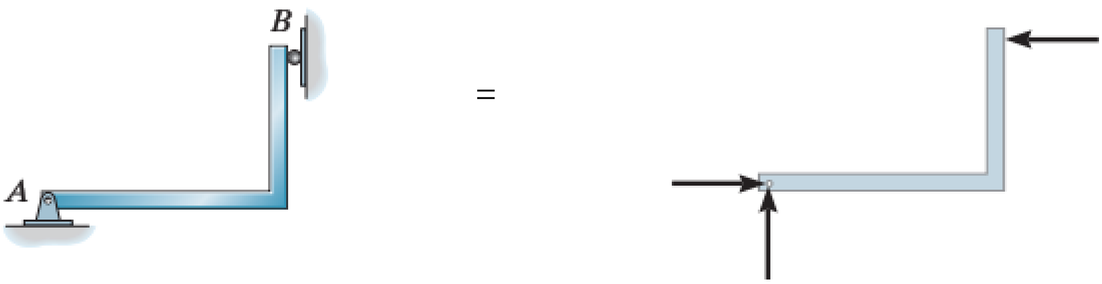
m=2(10)-17-3

m=0

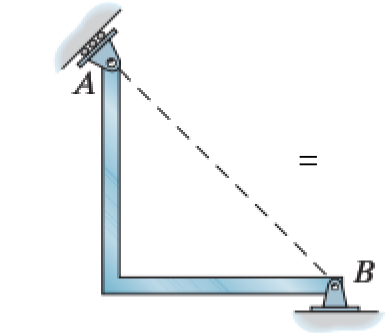


خرنګه چي د m=0 شو نو سیستم معین ستاتیکي او هندسي تغیر نه منونکي (Unstable) دي.

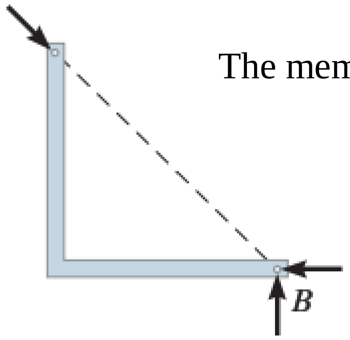
Classify each the following structure as stable or unstable



The member is stable since the reactions are noncurrent and non parallel.

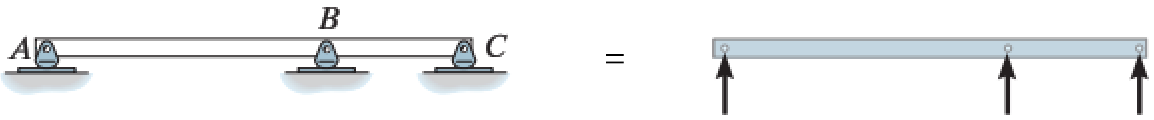


=

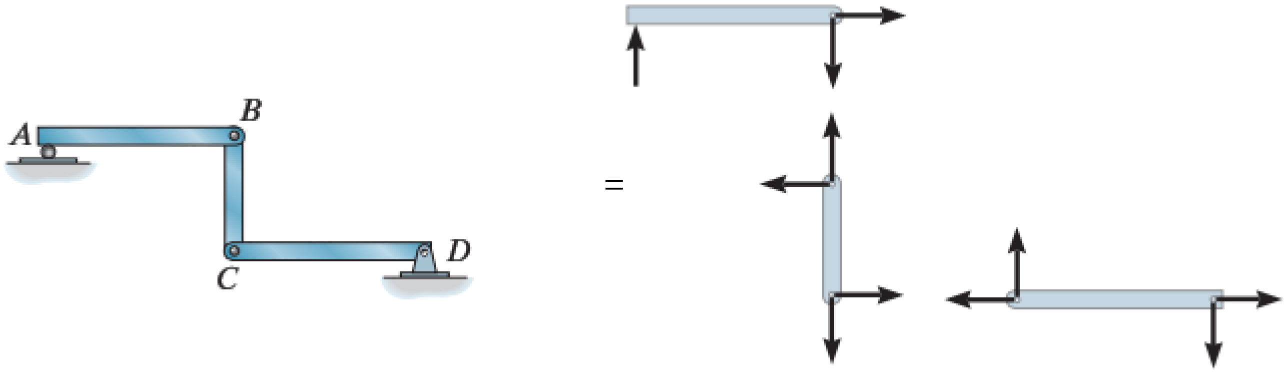


The member is unstable since the

Reactios are cuncurrent



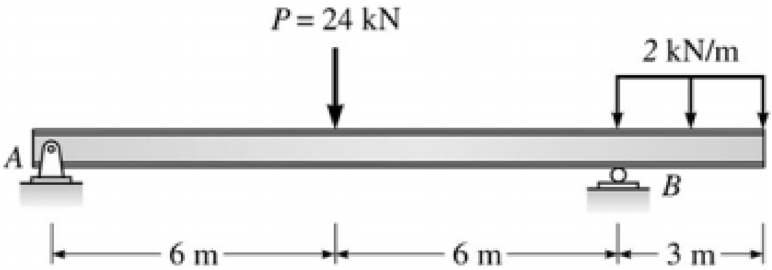
The beam is unstable since the reactions are parallel.



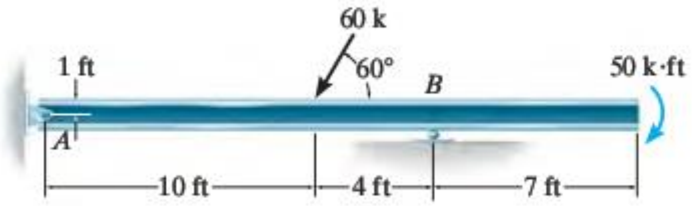
The structure is unstable since r=7, n=3 n=r-3 = 7-3 = 4 > 0

Draw the free body diagram and determine the reactions for the following structure.

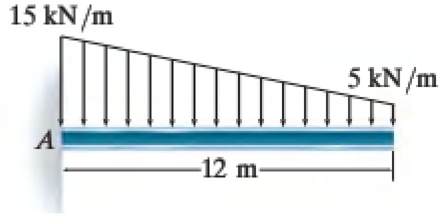
1)



2)



3)

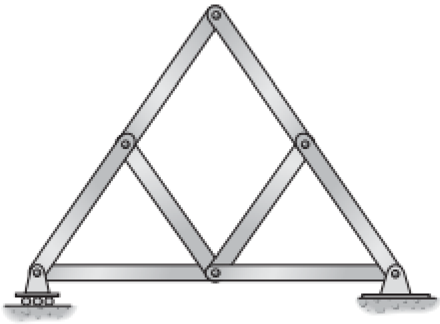


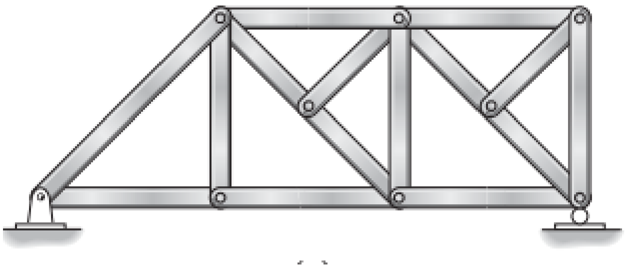
حل:

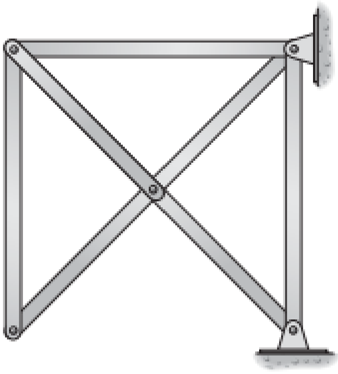
- ✓ پورتنی بیمونه کولی شو د تعادل معادلو په واسطه تحلیل کړو .
- ✓ لومړی پړاو کی په A ټکی کی د مومنټونو مجموعه صفر کوو تر څو R_B لاس ته راوړو.
- ✓ همدا رنګه $\sum F_Y$ په استعمال سره کولی شو R_A لاس ته راوړو.

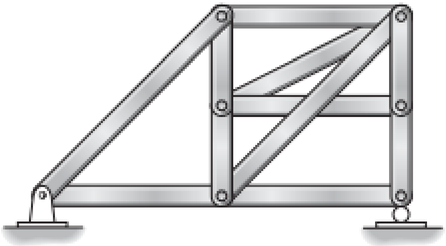
تمرین (Exercise)

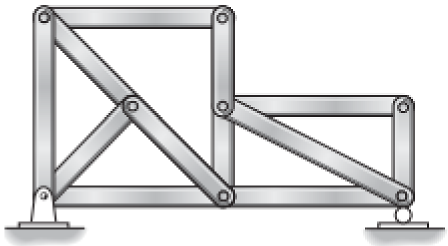
1) په لاندې ښودل شوې ترسونو کې معین ، نامعین ، هندسي تغیر نه منونکې (Stable) او هندسي تغیر منونکې (Unstable) ترسونه بیل کړی .

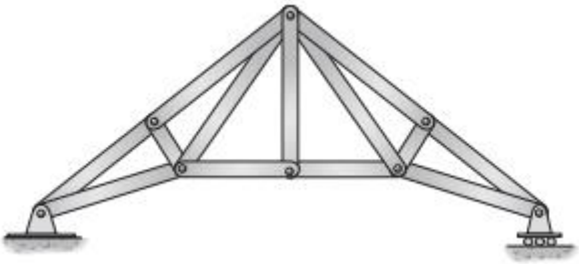












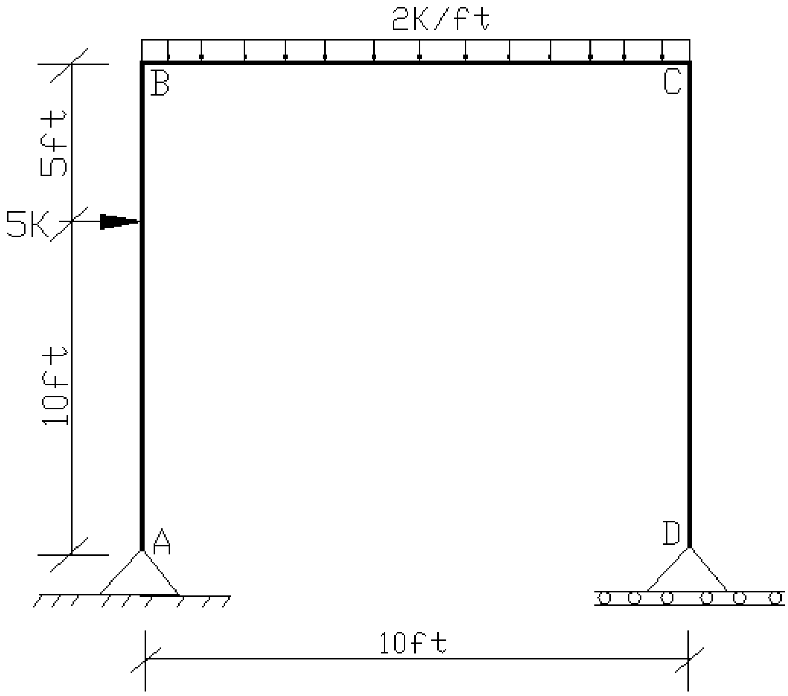
3

دریم څپرکی
د معین ستاتیکی چوکاټونو تحلیل
(Analysis of determinate Frames)

که چیري دوه یا له دوو څخه ډیري عمودي او افقي یا عمودي او مایلي میلي خپلو منځونو کې سره د سخت یا ساکني اتکا په واسطه وتړل شي له چوکاټ څخه عبارت دي.

چوکاټ د ګادر او پایو څخه جوړ وي چي په اکثر تعمیرونو کې استعمالیږي. دا چوکاټونه د اساس سره په سخته ،متحرکه اویا په ساکني اتکاء وصل وي چي وارده بار په منظم ډول ، بدون د څه ویجاړتیه ، اساس ته انتقاله وي.د چوکاټ په افقي او عمودي برخه (ګادر او پایه) کې د بار له امله انحناي مومنت پیدا کیږي خو کچیرته د چوکاټ اتکاء سخته وي تحلیل یي ده نامعین ساختمان په څیر کیږي.

مثال۱: د ورکړ شوی چوکاټ معین والي معلوم کړی او تحلیل يي کړی.؟



حل:

Step: 01 معين والي

S.I = 3m + r - 3j = 3(3) + 3 - 3(4) = 0 معين سيستم

Step: 02 اتکايی عکس العملونه پيدا کول

$\sum M_A = 0$

$+(5 . 10) + (2 . 10 . 5) - 10R_{DY} = 0$ ⟹ $R_{DY} = 15K$

$\sum F_y = 0$

$R_{AY} + R_{DY} = 20$

$R_{AY} = 20 - 15$ ⟹ $R_{AY} = 5K$

Step: 03 د هری برخی جلا جلا تحلیل کول

$\sum F_x = 0$

$H_B + 5 - 5 = 0$

$H_B = 0$

$\sum M_B = 0$

$-(5 \cdot 5) + (5 \cdot 15) - M_B = 0$

$M_B = 50K\text{-}ft$

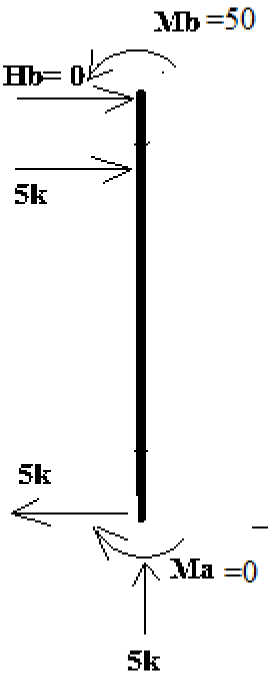
$\sum M_A = 0$

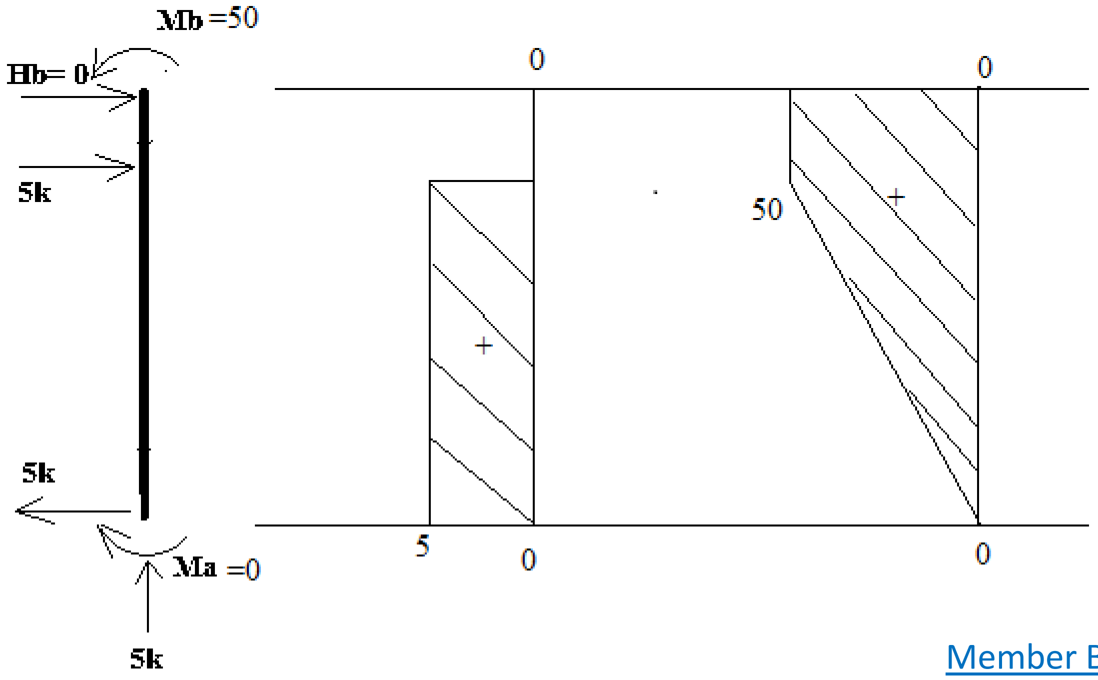
$+(5 \cdot 10) + M_A - M_B = 0$

$50 - 50 + M_A = 0$

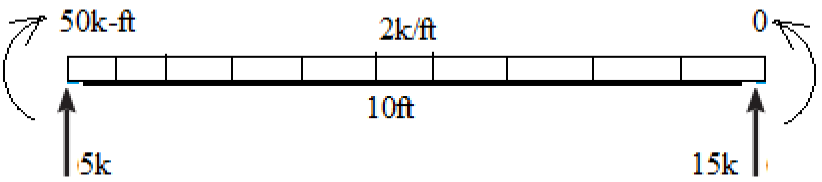
$M_A = 0$

Member AB





Member BC



$\sum F_y = 0$

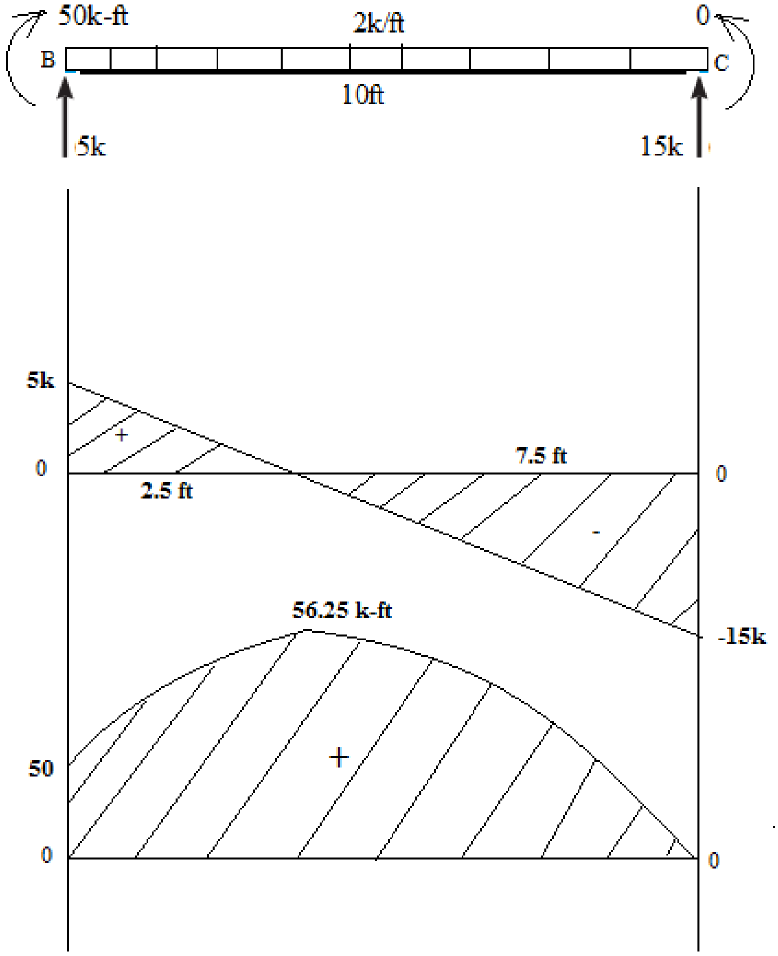
$5 - (2x10) + R_C = 0$

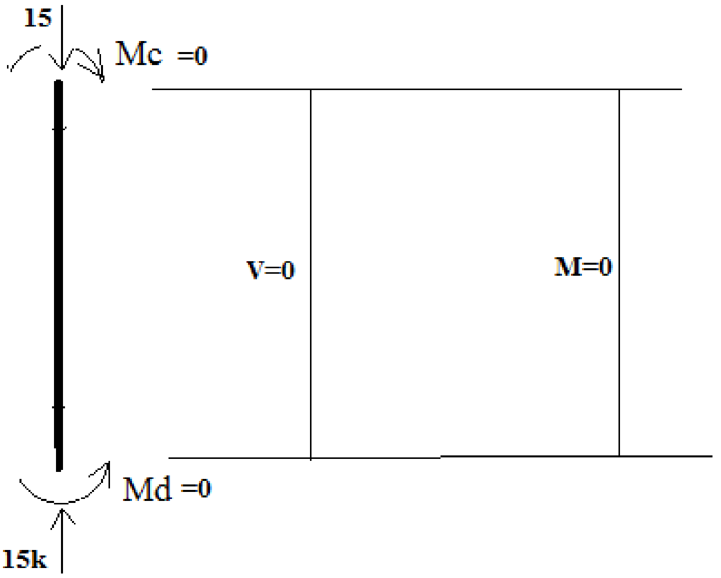
$R_C = 15K$

$\sum M_C = 0$

$(5x10) - (2x10x5) + 50 - M_C = 0$

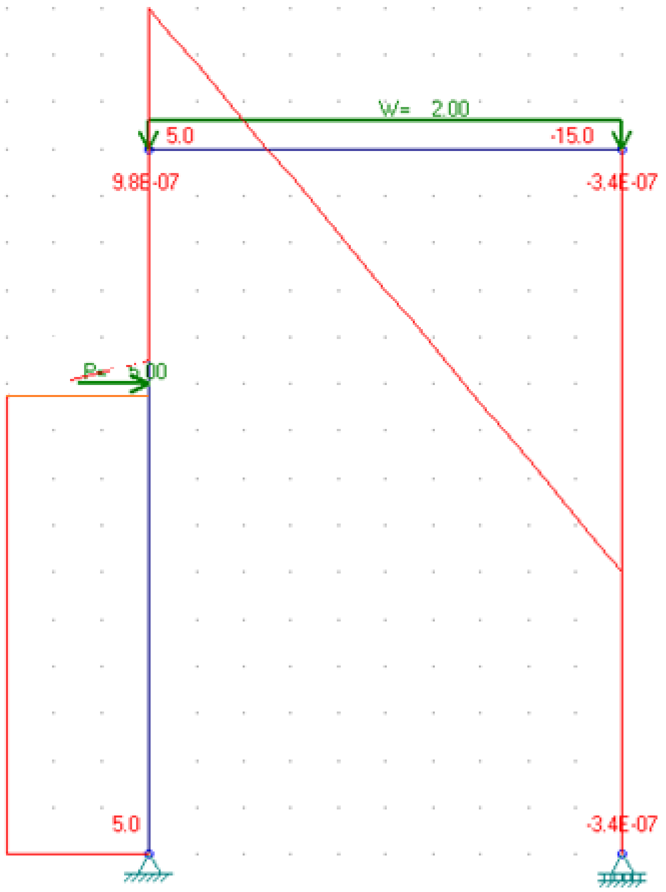
$M_C = 0$



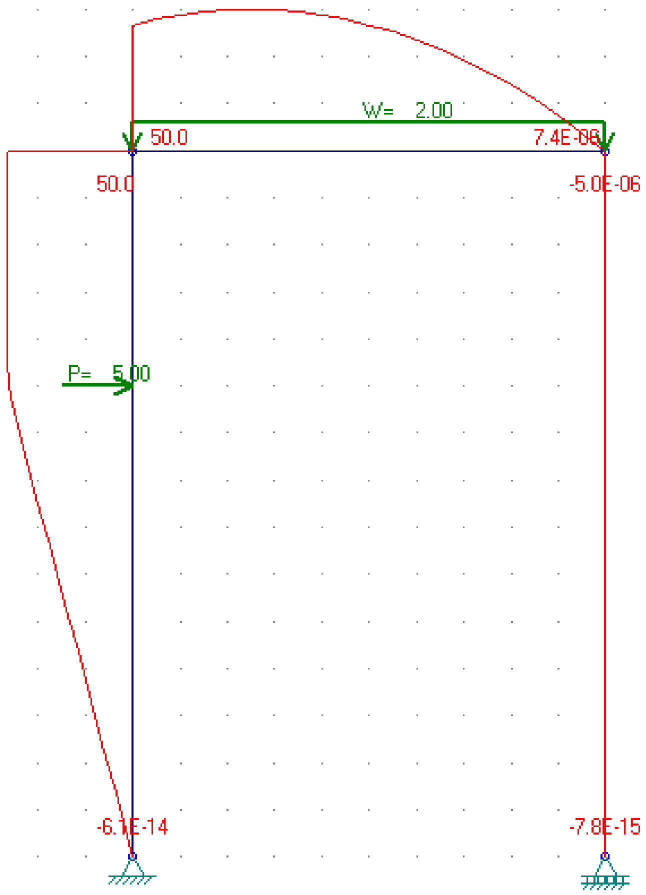


Member CD

Final shear force and bending moment diagrams

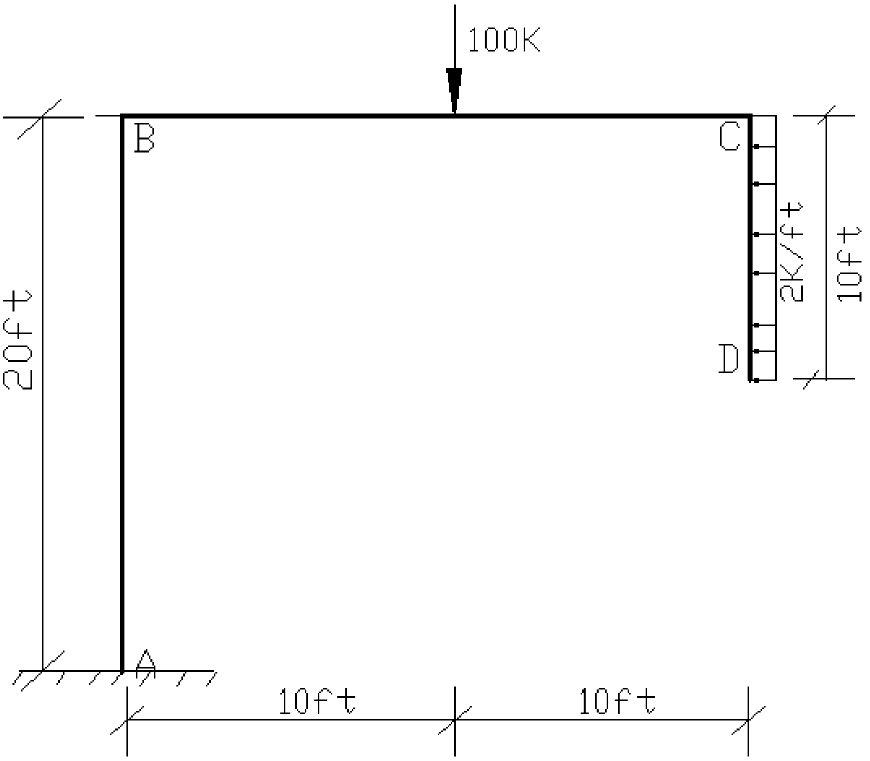


عرضی قوی دیاګرام



انحنایي مومنټ دیاګرام

مثال۲: د ورکړل شوی چوکاټ معین والي معلوم کړی او تحلیل یي کړی.



حل:

<u>Step: 01</u> Determinacy

$S.I = 3m + r - 3j = 3(3) + 3 - 3(4) = 0$ معین سیستم

<u>Step: 01</u> free body diagram and reactions

$\sum F_y = 0$

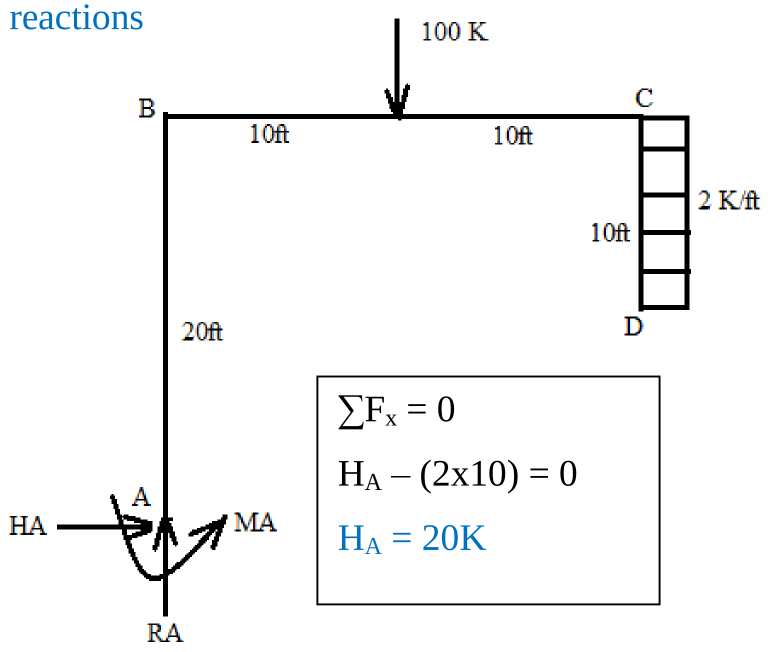
$R_A - 100 = 0$

$R_A = 100K$

$\sum M_A = 0$

$-M_A + (100.\ 10) – (2.\ 10.\ 15) = 0$

$M_A = 700K\text{-}ft$



$\sum F_x = 0$

$H_A – (2x10) = 0$

$H_A = 20K$

Step: 03   Shear force and bending moment diagram for each member

Member AB

$\sum F_x = 0$

$-H_B + (20) = 0$

$H_B = 20K$

$\sum F_y = 0$

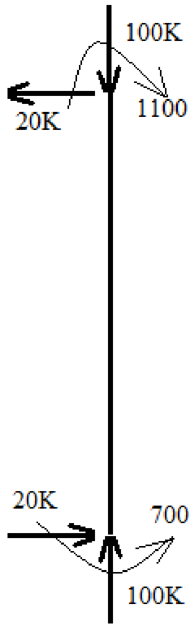
$100 - R_B = 0$

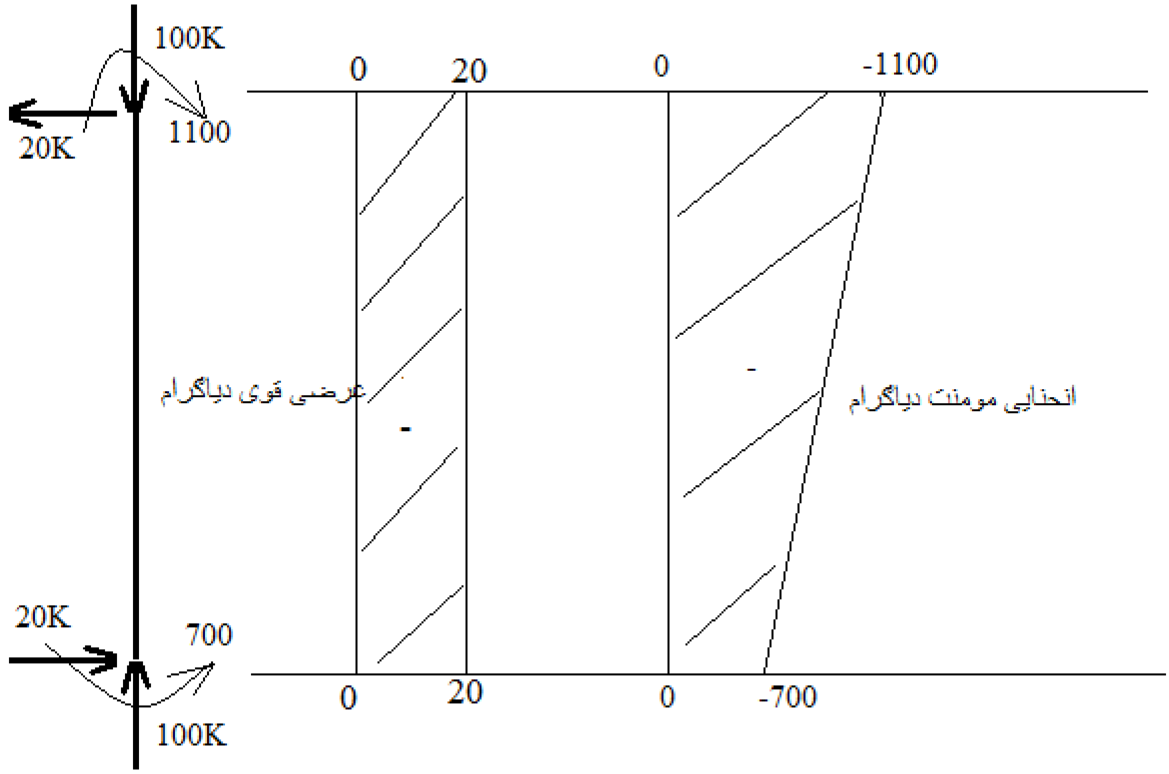
$R_B = 100k$

$\sum M_B = 0$

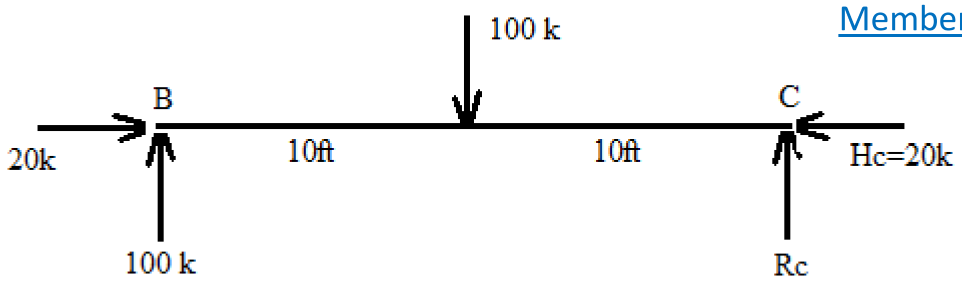
$M_B - 700 - (20x20) = 0$

$M_B = 1100K\text{-ft}$





Member BC



$\sum F_y = 0$

$100 - 100 + R_C = 0$

$R_C = 0$

$\sum M_C = 0$

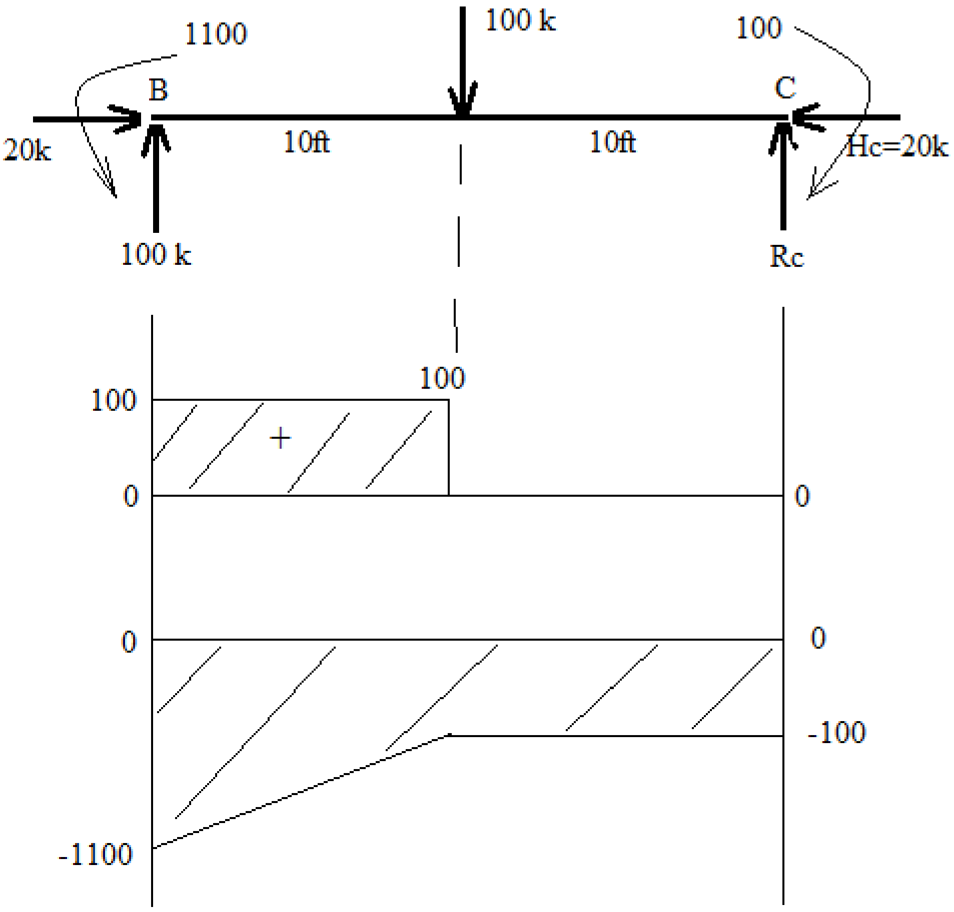
$M_C - 1100 - (100x10) + (100x20) = 0$

$M_C = 100K\text{-}ft$

$\sum F_x = 0$

$-H_C + 20 = 0$

$H_C = 20K$



Member CD

$\sum F_x = 0$

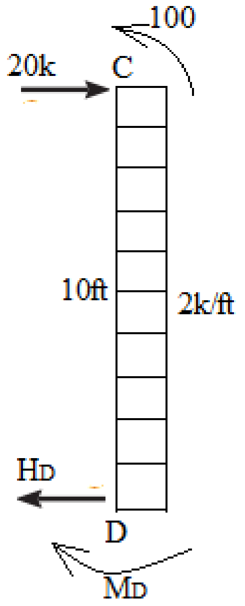
$20 - (2x10) + H_D = 0$

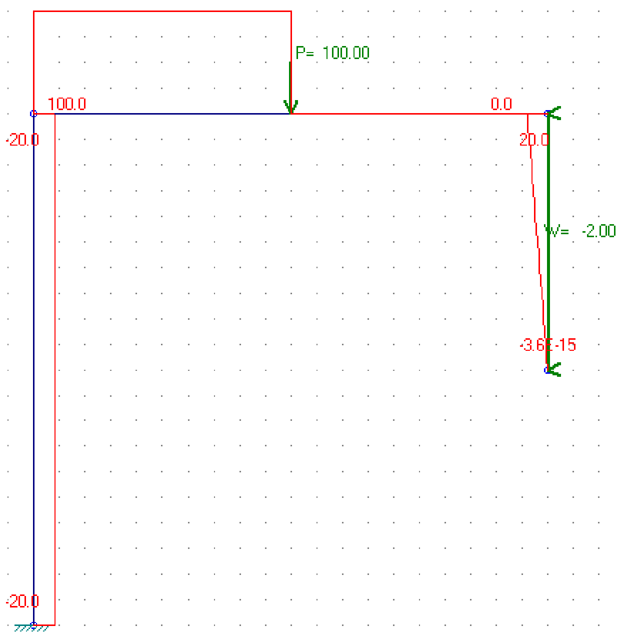
$H_D = 0$

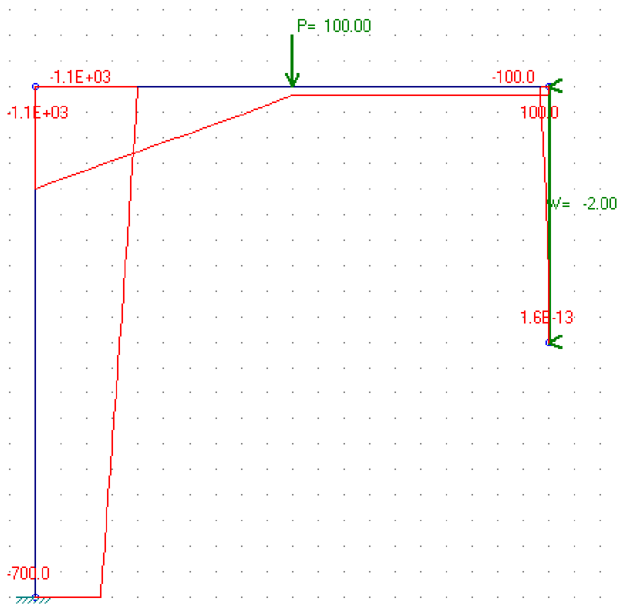
$\sum M_D = 0$

$+M_D + (20x10) - (2x10x5) - (100) = 0$

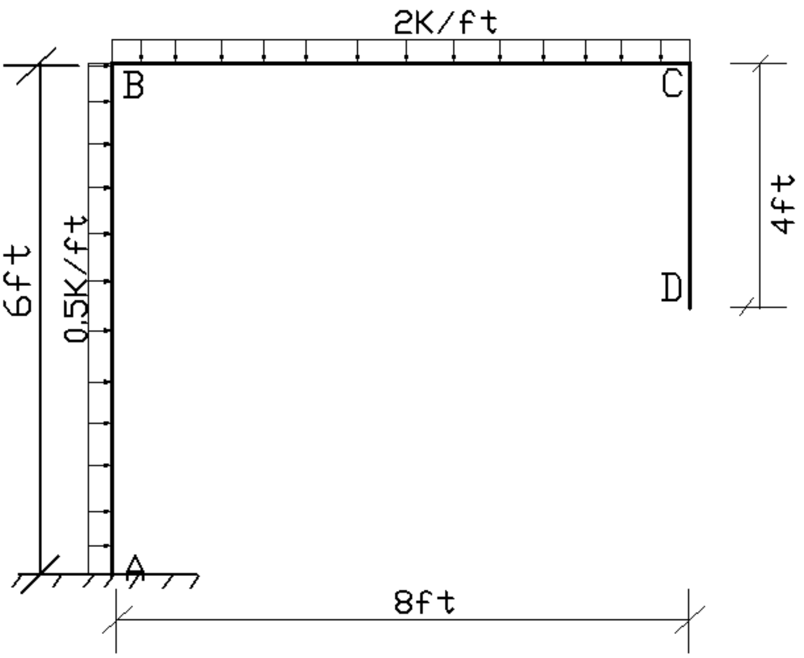
$M_D = 0$







مثال ۳: ورکړل شوی چوکاټ تحلیل کړی او د هری برخی د عرضی قوی او مومنټ ډیاګرام یی رسم کړی.



حل:

Step: 01 Determinacy

S.I = 3m + r - 3j = 3(3) + 3 - 3(4) = 0 معین سیستم

Step: 01 free body diagram and reactions

$\sum F_y = 0$

$R_A - 16 = 0$

$R_A = 16K$

$\sum M_A = 0$

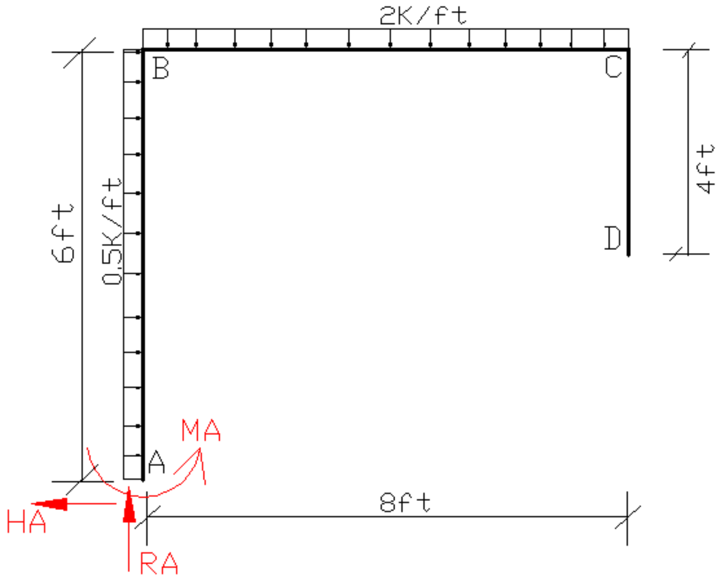
$-M_A + (0.5x6x3) + (2x\ 8x\ 4) = 0$

$M_A = 73K\text{-}ft$

$\sum F_x = 0$

$-H_A + (0.5x6) = 3K$

$H_A = 3K$



Step: 03 Shear force and bending moment diagram for each member

Member AB

$\sum F_x = 0$

$H_B - 3 += 0$

$H_B = 3K$

$\sum F_y = 0$

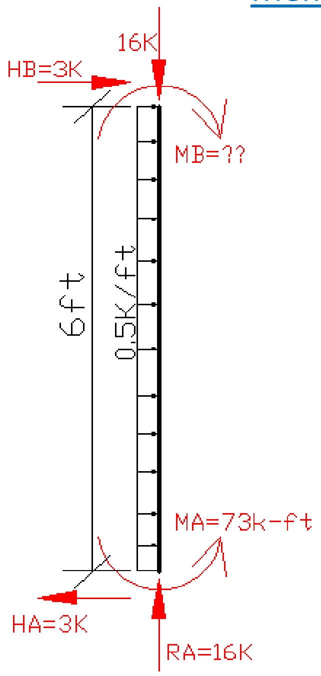
$16 – R_B = 0$

$R_B = 16k$

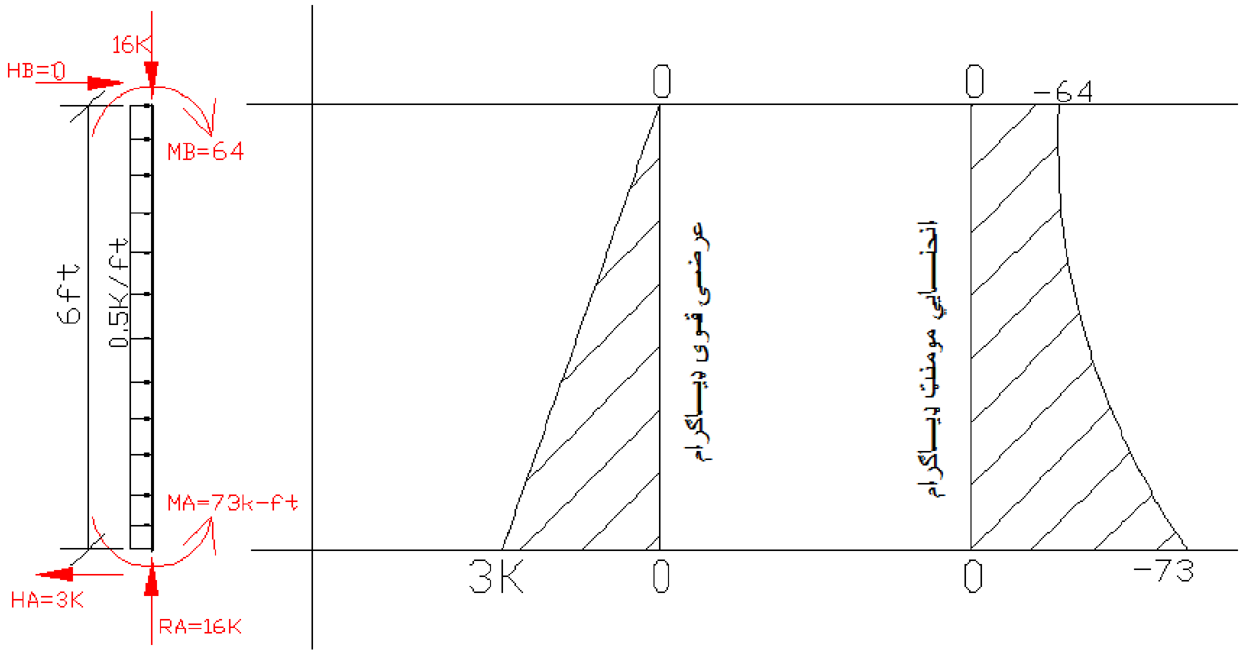
$\sum M_B = 0$

$M_B - 73 + (0.5x6x3) = 0$

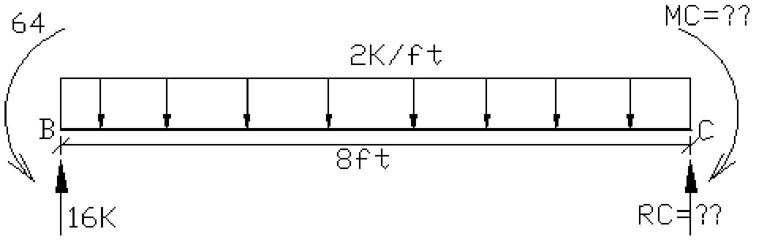
$M_B = 64K\text{-}ft$



Shear force and Bending Moment Diagrams



Member BC



$\sum F_y = 0$

$16 - 16 + R_C = 0$

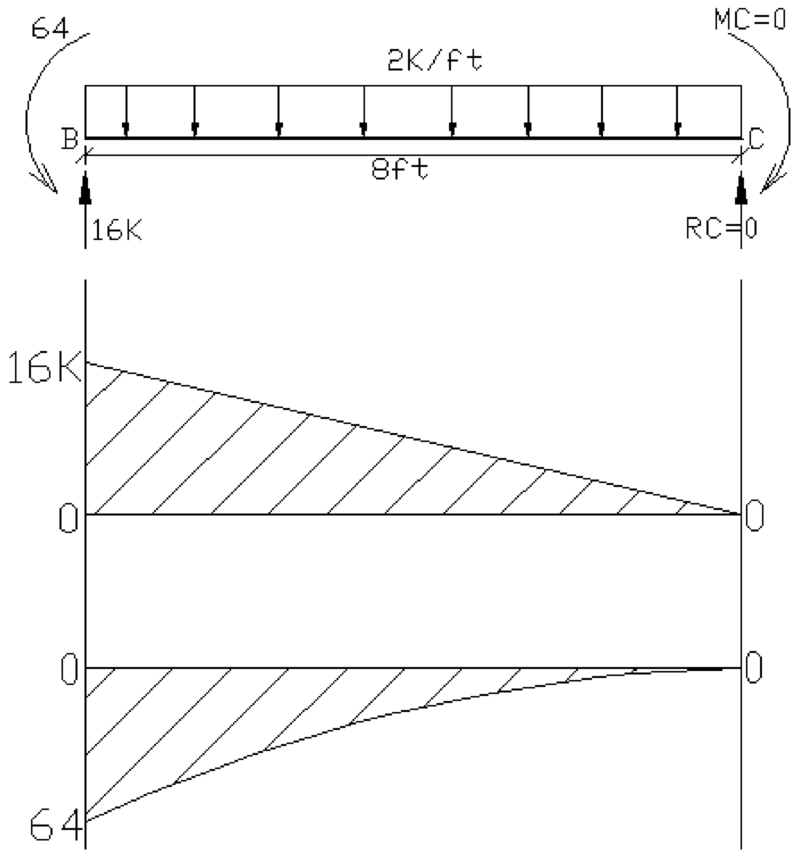
$R_C = 0$

$\sum M_C = 0$

$M_C - 64 - (2x8x4) + (16x8) = 0$

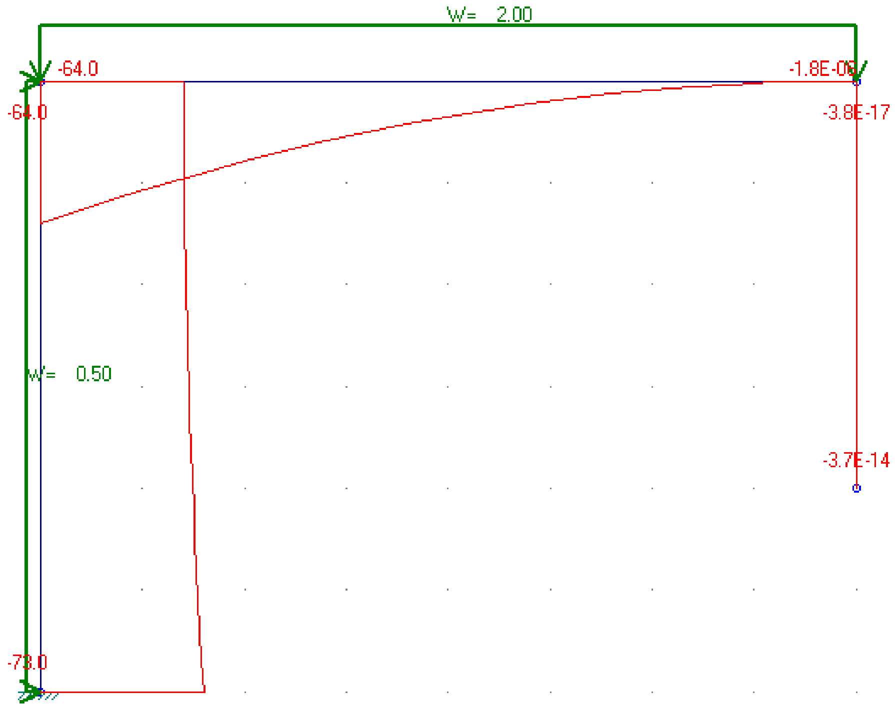
$M_C = 0$

Shear force and Bending Moment Diagrams



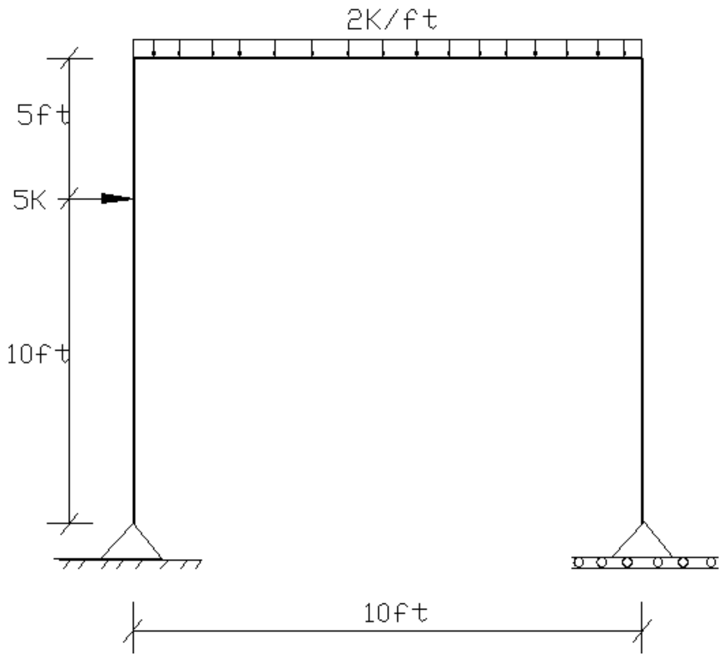
Member CD

There is no force acting on this member

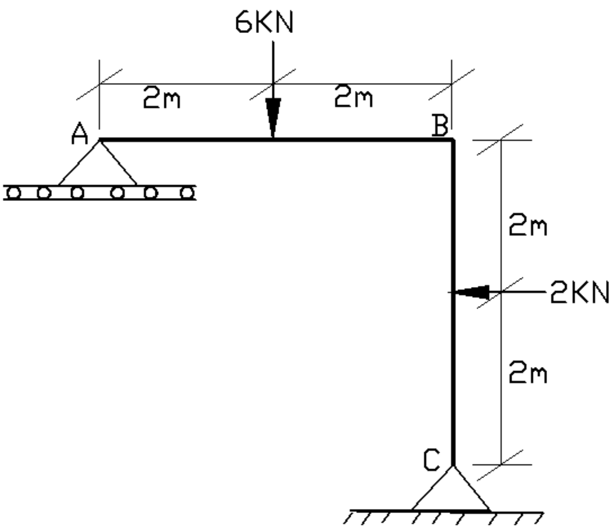


Exercise (تمرین)

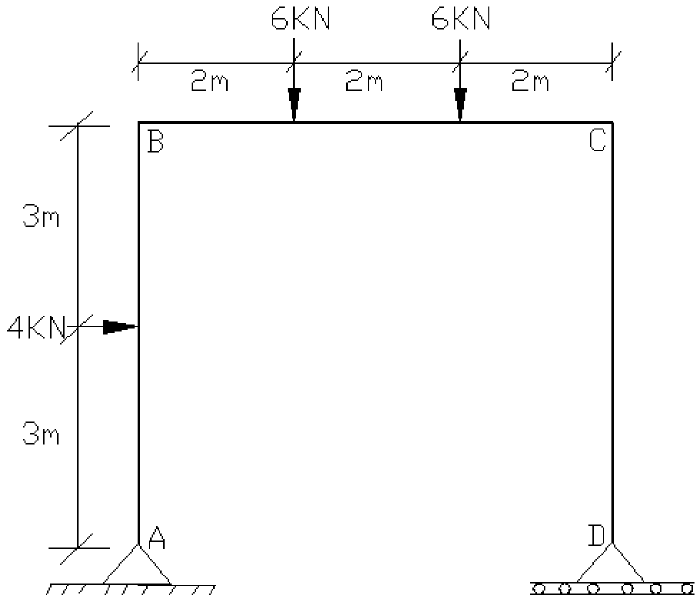
1) ورکړل شوی چوکاټ تحلیل کړی او د هری برخی د عرضی قوی او مومنټ ډیاګرام یی رسم کړی.



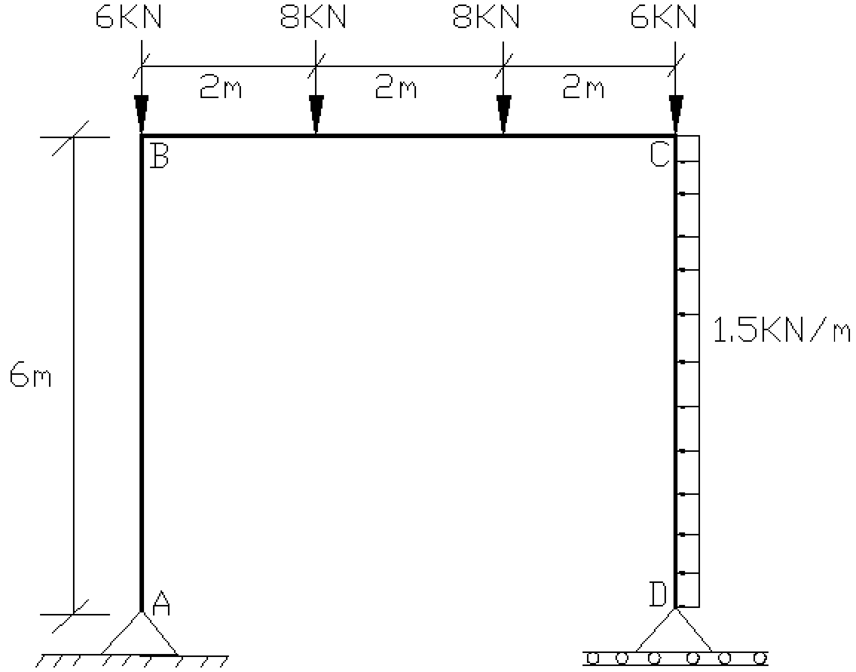
2) ورکړل شوی چوکاټ تحلیل کړی او د هری برخی د عرضی قوی او مومنټ ډیاګرام یی رسم کړی.



3) ورکړل شوی چوکاټ تحلیل کړی او د هری برخی د عرضی قوی او مومنټ ډیاګرام یی رسم کړی



4) ورکړل شوی چوکاټ تحلیل کړی او د هری برخی د عرضی قوی او مومنټ ډیاګرام یی رسم کړی



4

څلورم څپرکی
دمعین ساختمانونو تاثیر خط
Influence line of statically determinate Structures

پلونه د عراده جاتو وزن او ځیني نور چاپیریالی بارونو لپاره ډیزاین کیږی ، د نوموړی ساختمان د ډیزائن په وخت بائد هغه ټول بارونه کوم چی د ریل ګاړی له امله په پل واردیږی په پام کی ونیول شی ، په داسی حال کی تاثیر خط د پل د مختلفو برخو په ډیزائن کی ډیر مهم رول لوبوی.

تاثیر خط

Influence Line

تاثیر خط د یو ګراف څخه عبارت دي، کوم چي د متحرک عامل د قیمت تغیر (اتکایز عکس العملونه او داخلي قوي لکه عرضي قوه ، انحنایي مومنټ) د ساختمان په مختلفو ټکو کي ښیي

غیرمتحرک بارونه :په ساختمانونو باندی غیرمتحرک بارونه عبارت دي له ساختمان خپل وزن ، او د هغه عناصرو وزن څخه کوم چي په ساختمان باندی موقتی یا دائمي قرارلری.

متحرک بارونه : په ساختمانونو باندی متحرک بارونه عبارت دي له هغه ترانسپورتي وسایلو د وزن څخه چي په پلونو باندی تیریږي

د تاثیر خط اهمیت :

تاثیر خط د هغه ساختمانونو په ډیزاین کی ډیر مهم رول لوبه وی کوم چی له ډیر دروند بار(ژوندی بار) زغملو لپاره پکار وی .

څرنګه چی پوهیږو د عرضی قوی او مومنټ ډیاګرام د خارجی عاملو د اغیزی ډیر دقیق معلومات راکوی همدا راز تاثیر خط د متحرک بارونود اغیزی تغیرات د ساختمان په مختلفو ټکو کی راښایی چی کله یو متحرک بار ساختمان څخه تیریږی د نوموړی ساختمان په مختلفو نقطو کی یی تاثیر په څه ډول تغیر خوری او کوم ټکی یی اعظمی او اصغری تاثیر لری.

تاثیر خط د ساختمان په یو معلوم ټکی کی د غبرګون ، پریکونکو قوو ، مومنټ او همدا رنګه د deflection په اړه ډیر مناسب معلومات راکوی .

د پورته تشریح شویو وجوهاتو پر بنسټ وئیلی شو چی تاثیر خط د پلونو ، ریل پټلی او ځینی نور ساختمانونه چی د متحرک بارونو لپاره استعمالیږی، په ډیزاین کی ډیر ارزښت لری.

د مومنټ ډیاګرام او تاثیر خط تر منځ توپیر

دا ډیر مهم دی چی د عرضی قوی یا مومنټ ډیاګرام او تاثیر خط تر منځ توپیر وپیژنو.

تاثیر خط د متحرک بارونو اغیزه د ساختمان په مختلفو ټکو کې ښودلو لپاره استعمالیږی او مومنټ ډیاګرام یا د پریکونکو قوو ډیاګرام د ساکنو یا ځای پر ځای ولاړ بارونو اغیزه د ساختمان په ټولو نقطو کې ښودلو لپاره تری استفاده کیږی.

د تاثیر خط کارېلو کړنلاره

د ساختمان په یوه ټاکلی نقطه کې د عکس العمل ، عرضی قوی یا مومنټ تاثیر خط رسمولو لپاره لاندی دوه طریقی لرو.

1) واحد متحرک بار څخه په استفاده او ټول قیمتونه په جدول کې راغونډول.

- ✓ د ساختمان په مختلفو ځائنو کې په یوه ټاکلی فاصله (X) واحدمتحرک بار کیښودل او د ستاتیک څخه په استفاده د هر تابع (عرضی قوه ، مومنټ ، غبرګون) قیمت پیدا کول.
- ✓ که چیرته د اتکائی غبرګون تاثیر خط رسمول مطلوب وی ، هغه عکس العملونه چې جهت ئی پورته وی مثبت بلل کیږی.
- ✓ که چیرته د عرضی قوی یا د مومنټ تاثیر خط په یوه ټاکلی نقطه کې کارېل مطلوب وی هغه سیستم څخه استفاده کیږی کوم چې د مومنټ یا د پریکونکو قوو دیاګرامونه رسمولوو لپاره استعمال شوی وو.
- ✓ د ټولو معین ستاتیکی ګاډرونو تاثیر خط به په مستقیم خطی برخو مشتمل وی.
- ✓ د غلطیو مخنیوی لپاره بائد لومړی یو جدول کې ټول قیمتونه یوځاي شی او بیا ئی ګراف رسم شئ.

2) د تاثیر خط معادلی په واسطه :

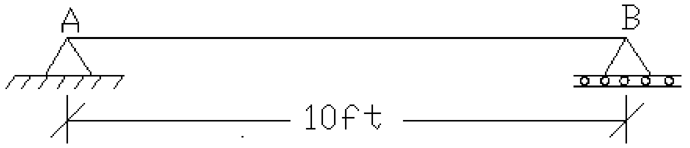
کولی شو چی تاثیر خط رسم کړو که چیرته لومړی یو ځای بدلیدونکئ واحد بار د ساختمان په یوه نقطه د یوی اتکاء څخه په یو څه فاصله (x) فرض کړو او بیا د مطلوب تابع (عرضی قوه ، انحنایی مومنټ یا عکس العمل) لپاره یوه رابطه لاس ته راوړو تر څو وکولی شو د ساختمان په هره نقطه کی د M ، V یا R قیمتونه پیدا کړو او ګراف یی رسم کړو.

په همدی ډول مختلفو خطی برخو لپاره رابطی لاس ته راوړو او تاثیر خط ئی رسموو.

د اتکايزو غبرګونونو د تاثير خط کاږل
(Influence line of support reactions)

۱ . د ساده اتکايي ګاډرونو د تاثير خط کاږل:

مثال: ۱ د ورکړل شوي ساده اتکايي ګاډر په A اتکاء د عمودي غبرګون (vertical reaction) تاثير خط وکاږي.



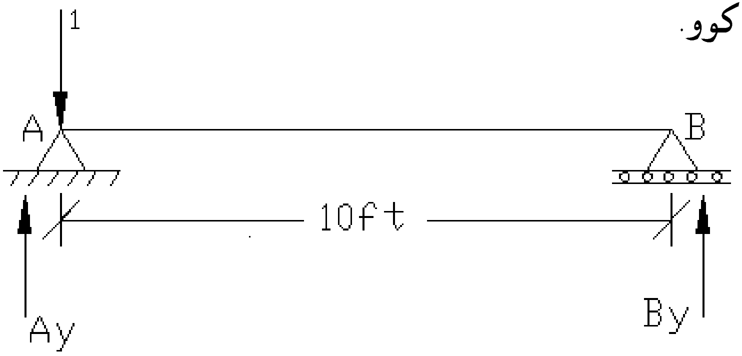
حل: کله چې (x=0) وی واحد متحرک بار له امله په A تکيي کي عکس العمل (A_y) پيدا کوو.

$\sum M_B=0$

Ay (10) – 1(10) = 0

Ay = 1

B_y = 0



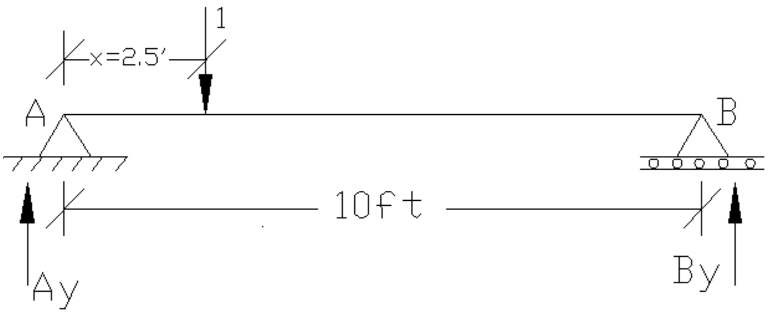
2) کله چې (x=2.5ft) وی واحد متحرک بار له امله په A تکيي کي عکس العمل (A_y) پيدا کوو.

$\sum M_B=0$

Ay (10) – 1(7.5) = 0

Ay = 0.75

B_y = 0.25



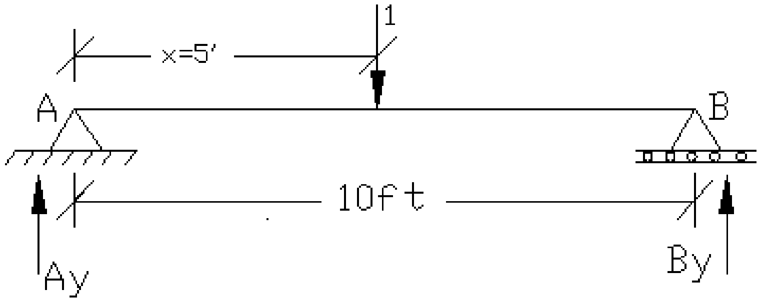
3) کله چی (x=5ft) وی واحد متحرک بار له امله په A تکي کي عکس العمل (A_y) پیدا کوو.

$\sum M_B=0$

Ay (10) – 1(5) = 0

Ay = 0.5

B_y = 0.5



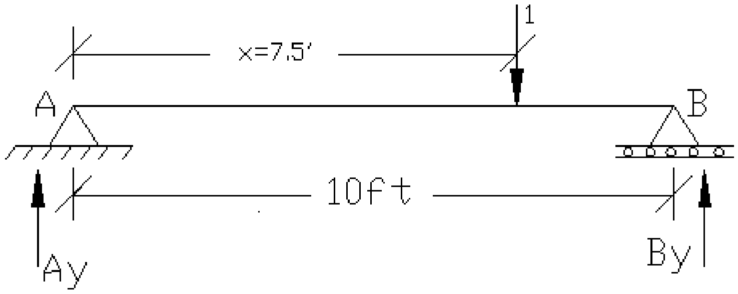
4) کله چی (x=7.5ft) وی واحد متحرک بار له امله په A تکي کي عکس العمل (A_y) پیدا کوو..

$\sum M_B=0$

Ay (10) – 1(2.5) = 0

Ay = 0.25

B_y = 0.75



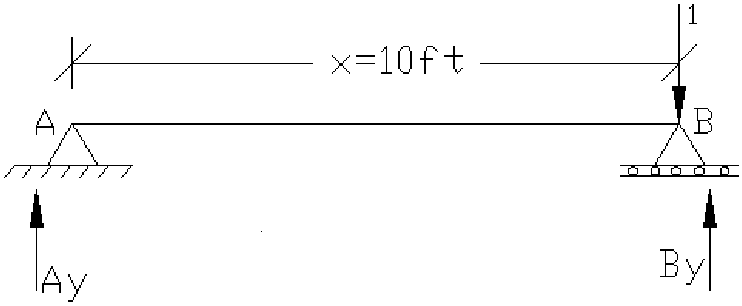
5) کله چی (x=10ft) وی واحد متحرک بار له امله په A تکي کي عکس العمل (A_y) پیدا کوو.

$\sum M_B=0$

Ay (10) – 1(0) = 0

Ay = 0

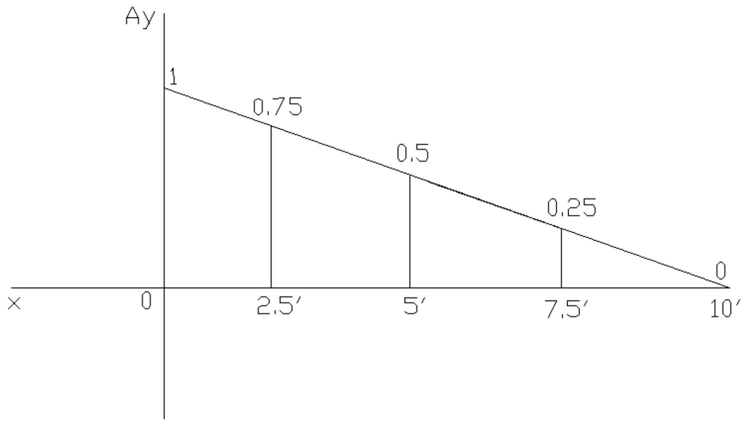
B_y =1



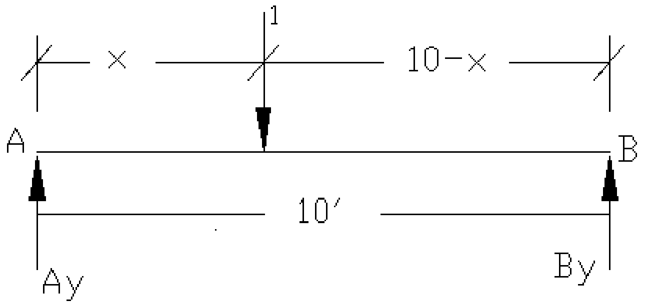
جدول:

X(ft)	A_y
0	**1**
2.5	**0.75**
5	**0.5**
7.5	**0.25**
10	**0**

تاثیر خط:



تاثیر خط معادله (Influence line equation)



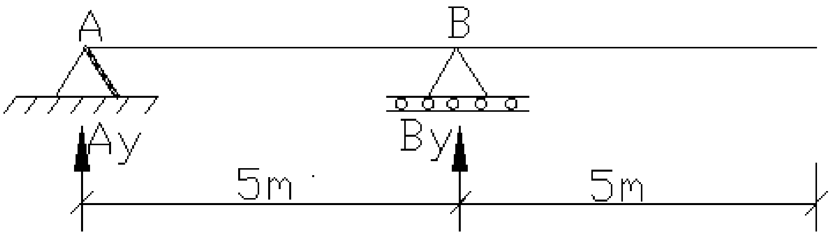
$\sum M_B=0$

$A_y(10) - 1(10-x) = 0$

$$A_y = 1 - \frac{x}{10}$$

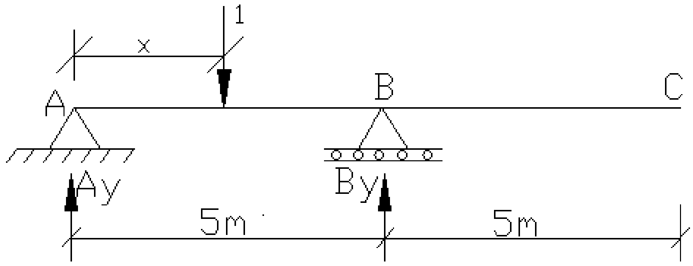
۲. کنسول لرونکي ساده اتکا لرونکي ګاډرونو تاثیر خط

مثال: ۲ د ورکړل شوي کنسول لرونکي ساده اتکا لرونکي ګاډر په B اتکا د عمودي عکس العمل (vertical reaction) تاثیر خط وکاږي.



حل:

د تاثیر خط معادله (Influence line equation)



$\sum M_A = 0$

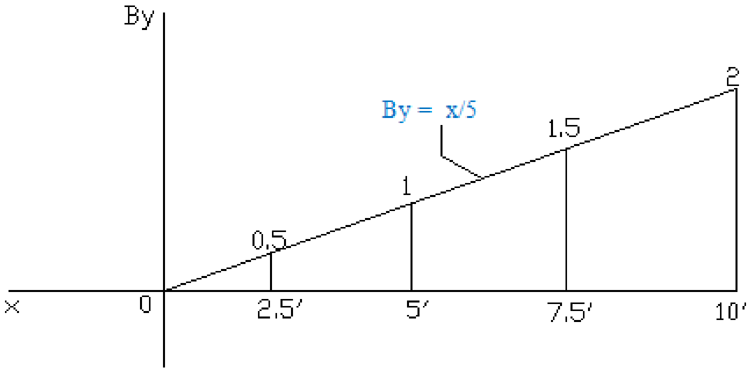
$-B_y(5) + 1(x) = 0$

$$B_y = \frac{x}{5}$$

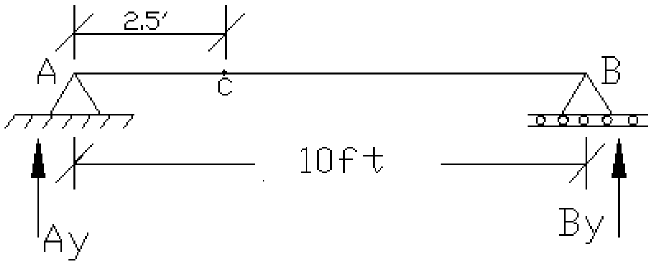
جدول:

X(ft)	B_y
0	0
2.5	0.5
5	1
7.5	1.5
10	2

تاثیر خط:

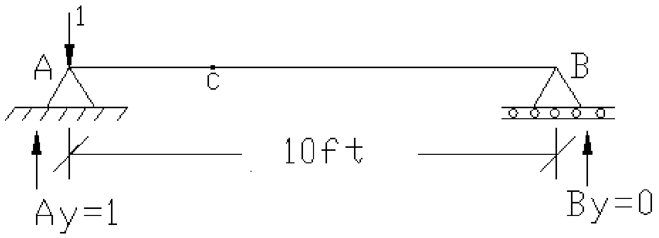


مثال: ۳ د ورکړل شوي بیم په c ټکي کې د عرضي قوي تاثیر خط وکاږي.



حل:

1) $x=0$ $V_C=??$

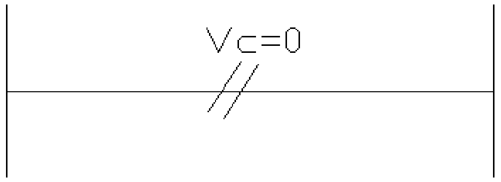


$\sum M_A=0$

$-B_y(10)+1(0)=0$

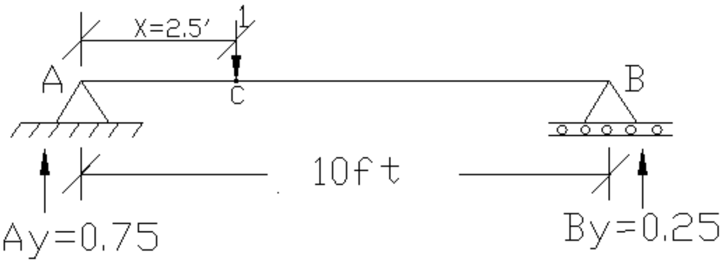
$B_y=$ **0**

$A_y=$ 0



2) $X=2.5ft$ $V_C=??$

پوهیږو چې په C ټکی کی مثبت او منفی عرضی قوه موجوده ده لهذا اول منفی او بیا مثبت شییر پیدا کوو.

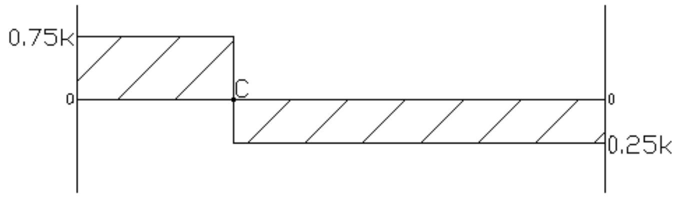


$\sum M_A=0$

$-B_y(10)+1(2.5)=0$

$By=0.25$

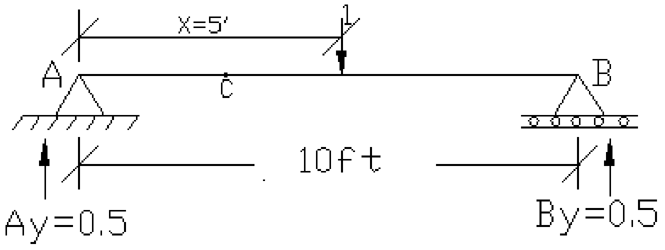
$Ay=0.75$



$X=0$

$V_C=+0.75,\ -0.25$

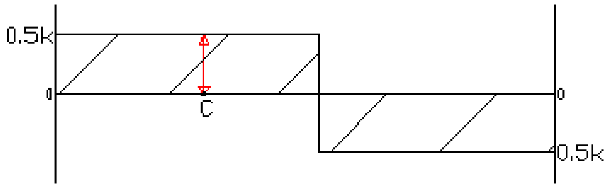
3) X=5ft V_C= ??



$\sum M_A=0$

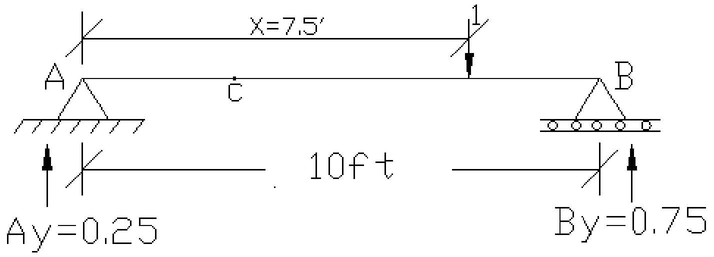
$-B_y(10) + 1(5) = 0$

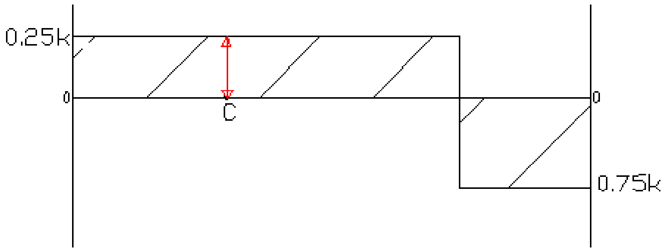
By = 0.5
Ay = 0.5



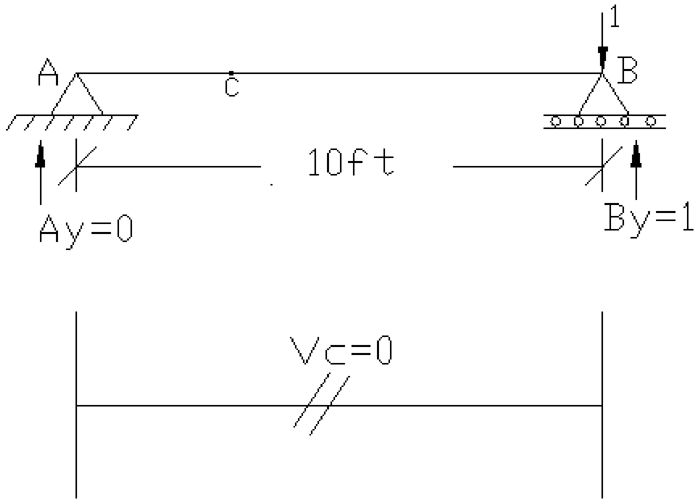
X=0
V_C= + 0.5

4) X=7.5ft V_C= ??





5) X=10ft V_C=??



$\sum M_A=0$

$-B_y(10) + 1(0) = 0$

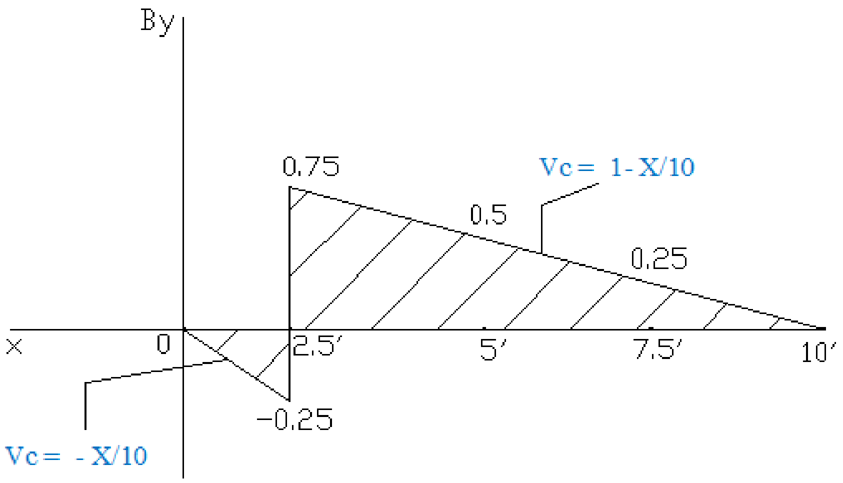
By = 1
Ay = 0

X=10
V_C= 0

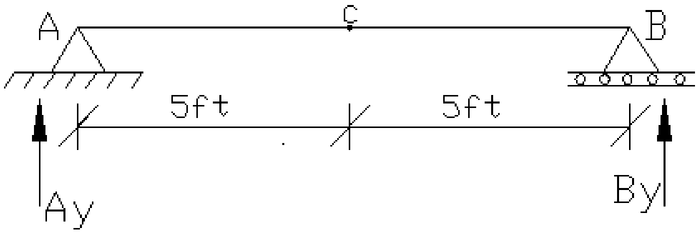
جدول:

X(ft)	V_C
0	0
2.5	-0.25, +0.75
5	0.5
7.5	0.25
10	0

V_C لپاره د تاثیر خط:



مثال: د ورکړل شوی بیم په C تکي کي د مومنټ لپاره تاثیر خط وکاږي.



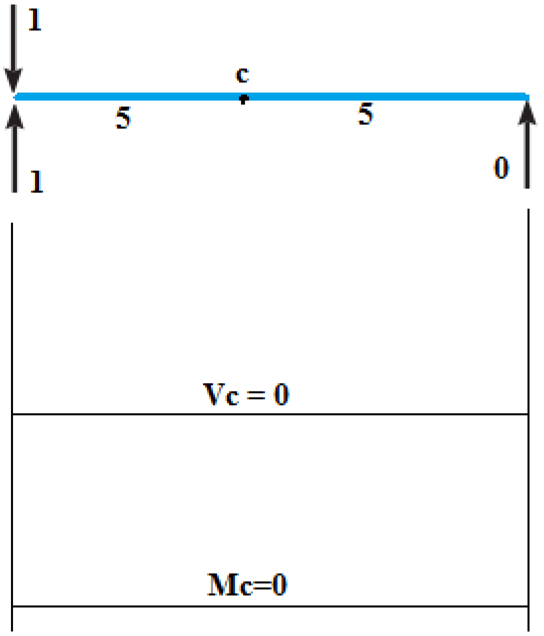
حل:

لومړی پړاو:

Apply unit load at x=0

$R_A=1$

$R_B=0$



دوئم پړاو:

Apply unit load at x=2.5ft

$\sum M_B=0$

$10R_A-(1x0.75)=0$

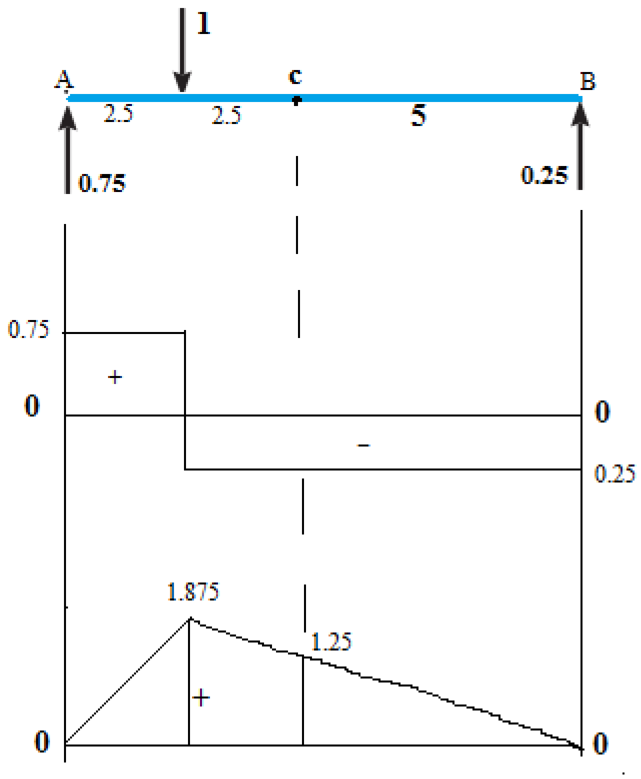
$R_A = 0.75$

همدارنګه

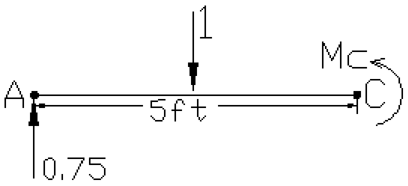
$\sum F_y=0$

$0.75-1+R_B=0$

$R_B=0.25$



Section at C



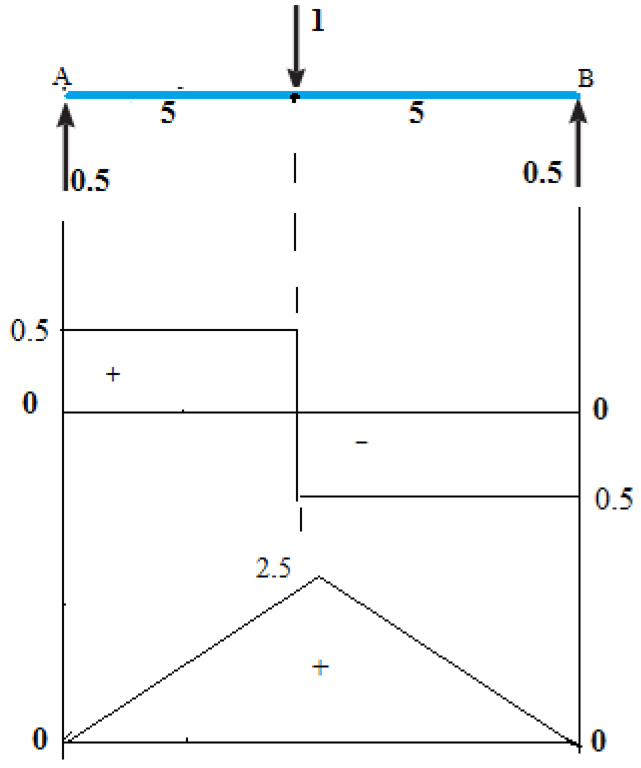
$\sum M_c=0$

$-M_c - 1(2.5) + 0.75(5) = 0$

$M_c=1.25$

دريم پړاو:

Apply unit load at x=5ft



$\sum M_B=0$

$10R_A - (1x5) = 0$

$R_A=0.5$

$\sum F_y=0$

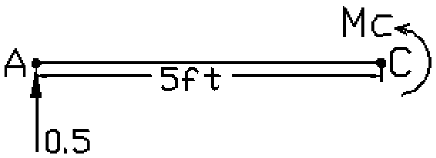
$0.5-1+R_B = 0$

$R_B=0.5$

$\sum M_C=0$

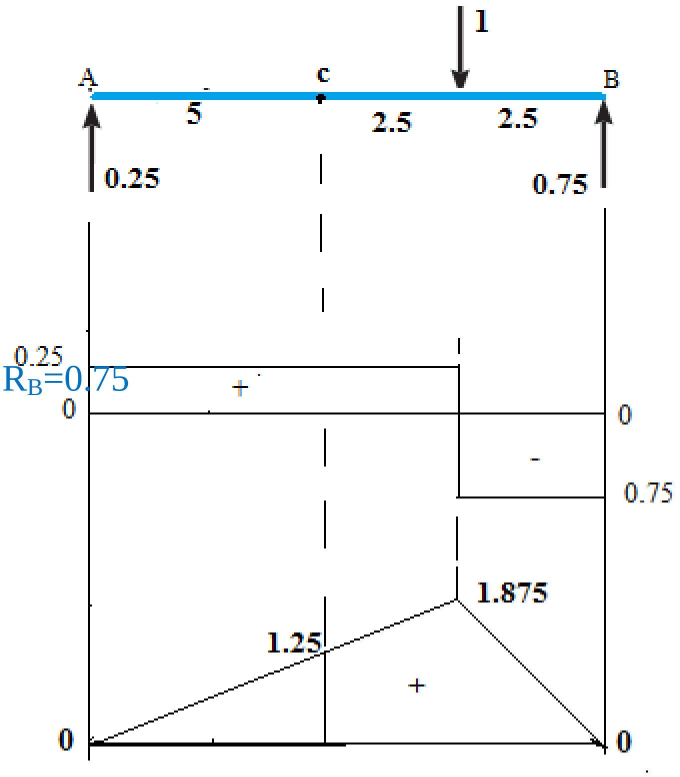
$-M_C+0.5(5) = 0$

$M_C = 2.5$



ثلورم پړاو:

Apply unit load at x=7.5ft



$\sum M_B=0$

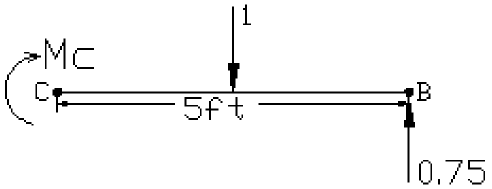
$10R_A - (1x2.5) = 0$

$R_A = 0.25$ همدارنګه

$\sum M_c=0$

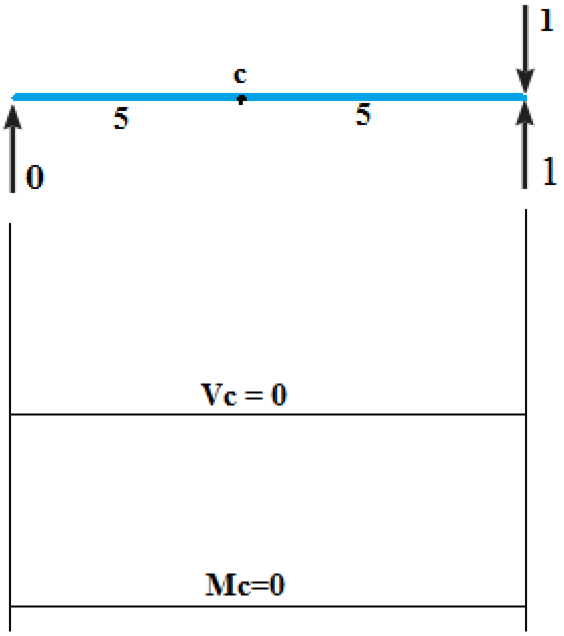
$M_c + 2.5 - 0.75(5) = 0$

$M_C = 1.25$



پنځم پړاو:

Apply unit load at x=10ft



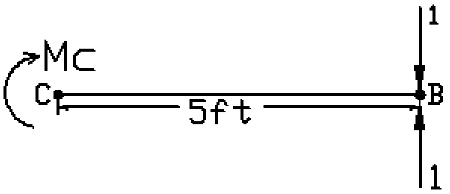
$R_A=0$

$R_B=1$

$\sum M_c=0$

$M_c + 1(5) - 1(5) = 0$

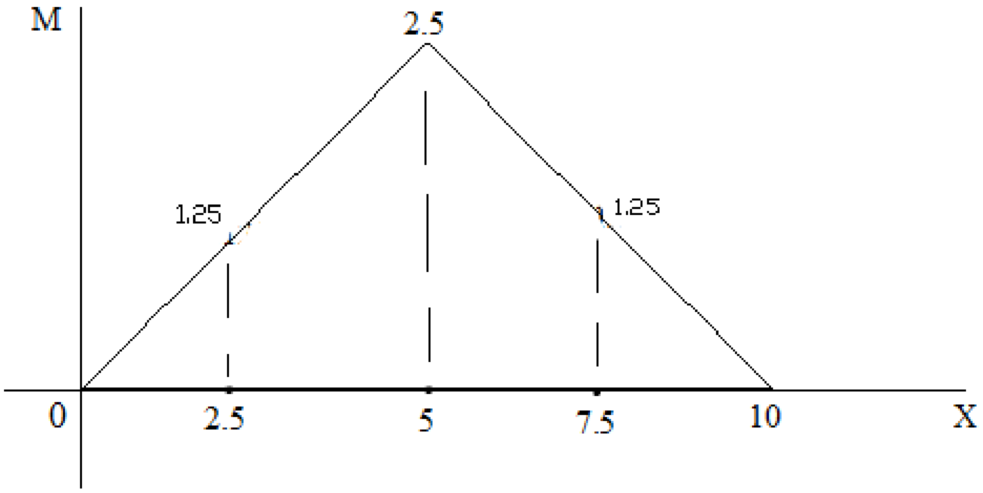
$M_C = 0$



جدول:

X	M_C
0	0
2.5	1.25
5	2.5
7.5	1.25
10	0

تاثير خط



دتاثیر خط کاږلو لپاره د مولر برسلو قاعده
(Muller-Breslau Principle)

په کال ۱۸۸۶ کی مولر برسلو د تاثیر خط په اسانی او چټک شکل کاږلو لپاره یو قاعده وړاندی کړه چی ده عکس العمل ، عرضانی قوی ، یا ده مومنټ (Reactions, Shear, moment) تاثیر خط ده ساختمان کوږ شوی شکل (deflected shape) سره مشابهت لری کله چی پری هغه قواوی عمل وکړی د کوم لپاره چی ګراف رسمول مطلوب وی.

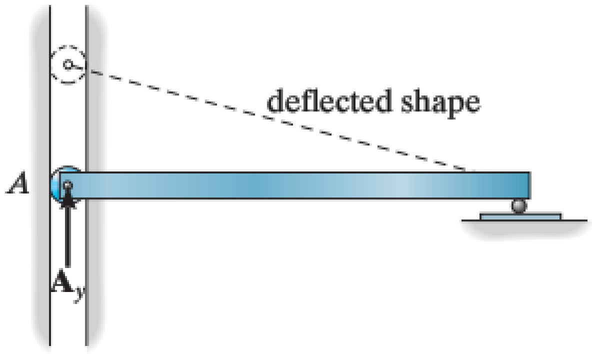
کړنلاره (Procedure)

د یوی تابع (عرضانی قوی ، مومنټ ، یا عکس العمل) کوږ شوی شکل کاږلو لپاره لومړی ګاډر هغه ظرفیت چی نوموړی تابعګانی مزاحم کړی، د منځه وړل کیږی یعنی هغه ټکی چیرته چی تابع لپاره ګراف کاږل مطلوب وی د هغه ټکی څخه اتکاء د مینځه وړل کیږی (که چیرته موجوده وی) تر څو د قواو په استعمال د ګاډر شکل تغیروخوری او د تاثیر خط ئی په لاس راشی.

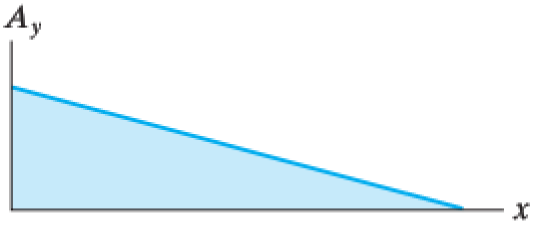
بیلګه:

1. د ورکړل شوی ساده اتکائی ګاډر په A اتکاء عمودی غبرګون لپاره که چیرته د تاثیر خط کاږل غواړو، لومړی بائد د A ټکی څخه اتکاء لری کړو او همدارنګه ساکنه اتکاء په عمودی رولر بدله کړو تر څو ګاډر په اسانۍ سره کوږ شی.

2. کله چی د A ټکی څخه ساکنه اتکاء په عمودی رولر بدله شی او هغه عکس العمل کوم لپاره چی د تاثیر خط رسمول مطلوب وی پری ولګول شی ، ګاډر د شکل په خیر کوږوالی پیدا کوی او همدا کوږ شوی شکل د تاثیر خط وی.



3. دا کوږ شوی شکل A_y لپاره د تاثیر خط عمومي شکل دی.



influence line for A_y

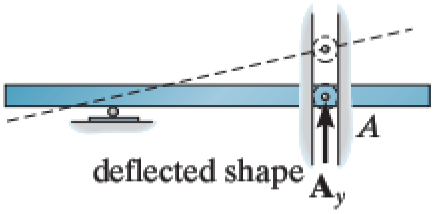
نوټ:

د یادونی وړ ده چې نوموړی قاعده د تاثیر خط عمومی اشکالو لپاره د استعمال وړ ده او نور هیڅ ډول معلومات نه څرګندوی.دقیق معلوماتو لپاره پورته تشریح شوی میتودونو څخه استفاده کیږی.

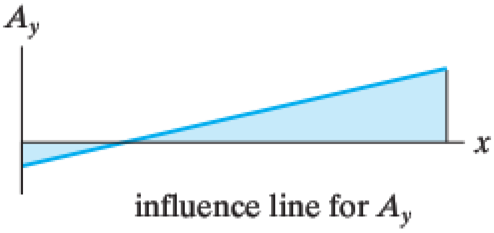
مثال : ۱ د ورکړل شوی بیم په A تکي کی د عمودی غبرګون تاثیر خط وکاږی. (مولر برسلو قاعده)

حل:

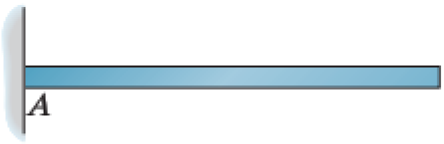
۱. د A تکی اتکاء په یو عمودی رولر بدلیږی.

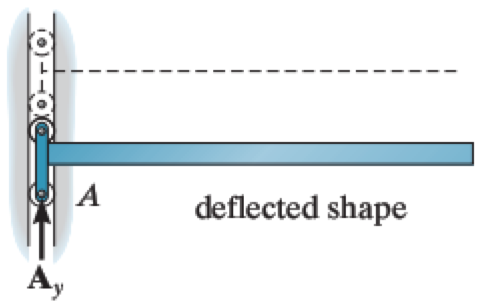


۲. دا کوږشوی شکل (Deflected shape) د نوموړی بیم د تاثیر خط دی.



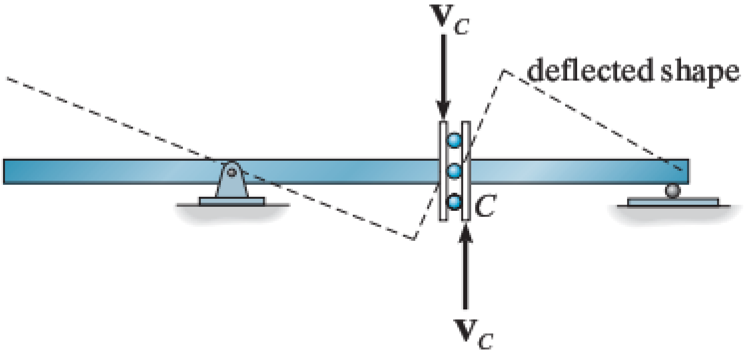
مثال ۲: د ورکړل شوی بیم په A تکي کی د عمودی غبرګون تاثیر خط وکاږی. (مولر برسلو قاعده)



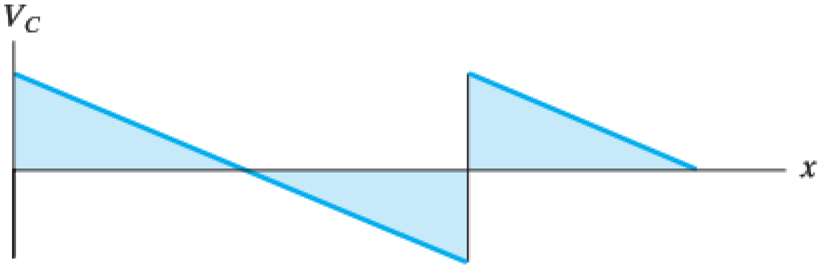


مثال: ۳ د ورکړل شوی بیم په C نقطه کی د عرضی قوی تاثیر خط وکاږی. (مولر برسلو قاعده)

(a)



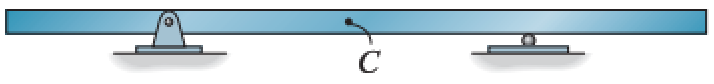
(b)



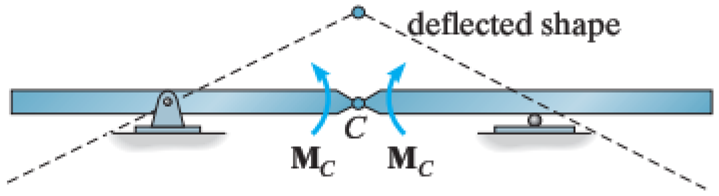
influence line for V_C

(c)

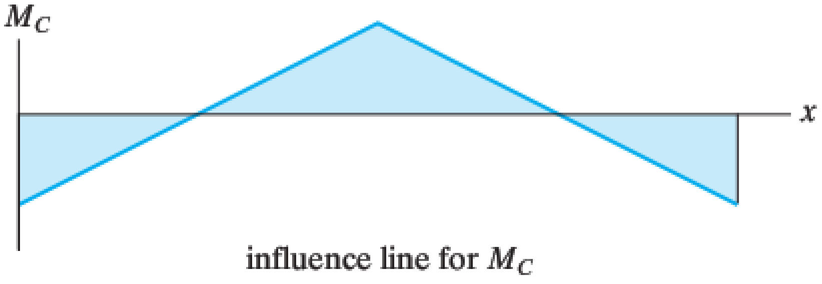
مثال ۴: د ورکړل شوی بیم په C نقطه کی د مومنټ تاثیر خط وکاږی.(مولر برسلو قاعده)



(a)

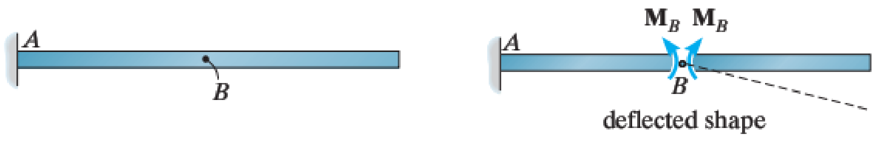


(b)



(c)

مثال ۵: د ورکړل شوی بیم په B نقطه کی د مومنټ تاثیر خط وکاږی.(مولر برسلو قاعده)



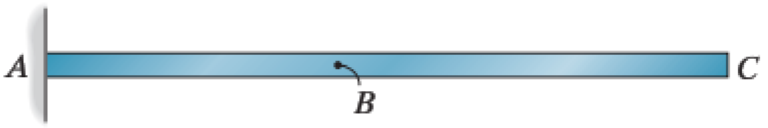
تمرین (Exercise)

1. د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم د A اتکاء د عکس العمل او په C نقطه د عرضی قوی او مومنټ تاثیر خط وکاږي.

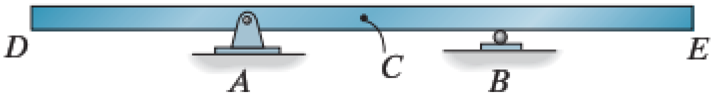
2. د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم په A اتکاء د عکس العمل او په D نقطه د عرضی قوی او مومنټ تاثیر خط وکاږي.

3. د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم د A اتکاء د عکس العمل او په D نقطه د عرضی قوی او مومنټ تاثیر خط وکاږي.

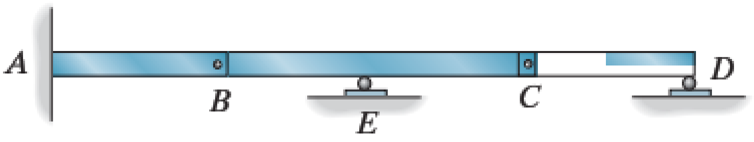
4. د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم په A اتکاء عکس العمل او په B نقطه د عرضی قوی او مومنټ تاثیر خط وکاږي.



5. د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم په A اتکاء د عکس العمل او په C نقطه د عرضی قوی او مومنټ تاثیر خط وکاږي.



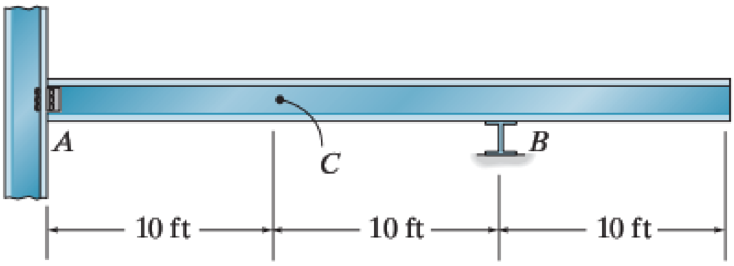
6. د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم په A اتکاء د عکس العمل او په A نقطه کی د مومنټ تاثیر خط وکاږي.



7. د تاثیر خط رسم کړی.

a.په C نقطه مومنټ لپاره

b په B نقطه عکس العمل لپاره



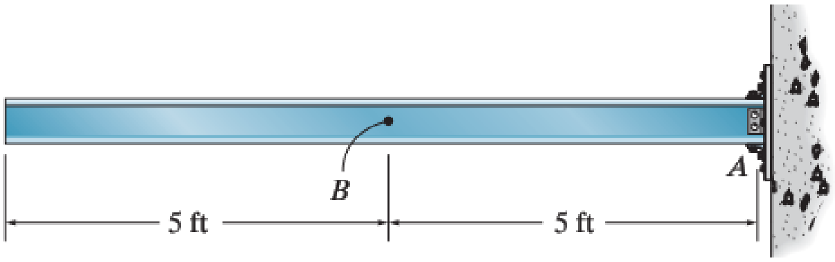
8.

د تاثیر خط رسم کړی.

a.په A نقطه عکس العمل لپاره

b په A نقطه مومنټ لپاره

C په B نقطه شیر فورس لپاره



5

پنځم څپرکی
کیبلونه او زوړند پلونه
Cables and suspension bridges

کیبلونه اکثر په ساختمانونو کی د یو برخی څخه بلې برخی ته ده قواو انتقال لپاره استعمالیږی.

په کیبلونو کی انحنايي مومنټ او عرضاني قوی صفر وي همدا رنګه فشاری قوی هم په کیبلونو کی صفر وي ،یوائې کششی قواوی پری عمل کوی .

د ډیر زیات ارتجاعیت له امله کیبلونه د عرضانی قواو او مومنټ په مقابل کی مزاحمت نه شی ښودلی او ټول بارونه په کششی توګه پائو او تهداب ته انتقالوی.

د کیبلونو څخه په ځوړند پلونواو زوړند چتونو کی ډیره استفاده کیږی چی په لاندی حالتونو کی يي تر څیړ نی لاندی نیسو .

په تحلیل کی اسانتیا لپاره دا فرضیږی چی کیبل په مکمله توګه ارتجاعیت لرونکی دی او د وزن په لګیدو ئی په طول کی تغیر نه راځی.

ده دی سستمونو په تحلیل کی ده کیبلونو خپل وزن په نظر کی نه نیول کیږی.

1) کیبلونه د متمرکز بارونو لاندی
2) کیبلونه دمنظم ویشل شوی بارونو لاندی

کیبلونه د متمرکز بارونو لاندی

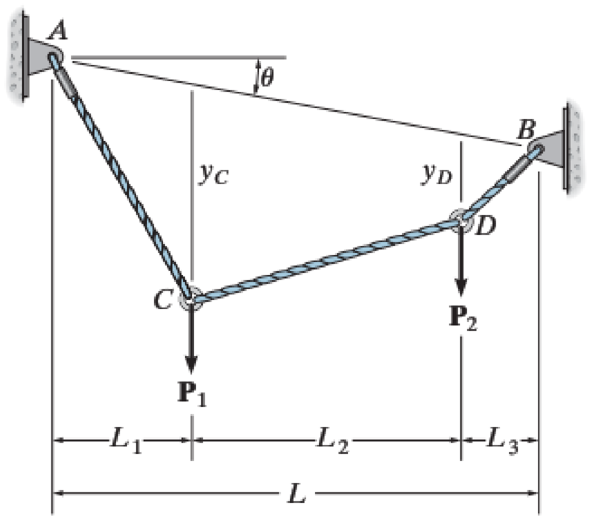
Cables subjected to concentrated loads

کله چی په کیبل یوشمیر متمر کز بارونه عمل کوی ،کیبل د شکل په خیر په مختلفوخطی برخو تقسیمیږی په کوم کی چی هره برخه د یو ثابت اندازه کششی قواو لاندي واقع کیږی. په لاندی ورکړ شوی شکل کی θ د کیبل د رسی(AB) زاویه او L د کیبل طول دی.که چیرته

فاصلی L_1 ، L_2 ، L_3 او P_1 ، P_2 له مخکی نه معلوم وی نو بیا نهه نامعلومی قوی بائد محاسبه شی.

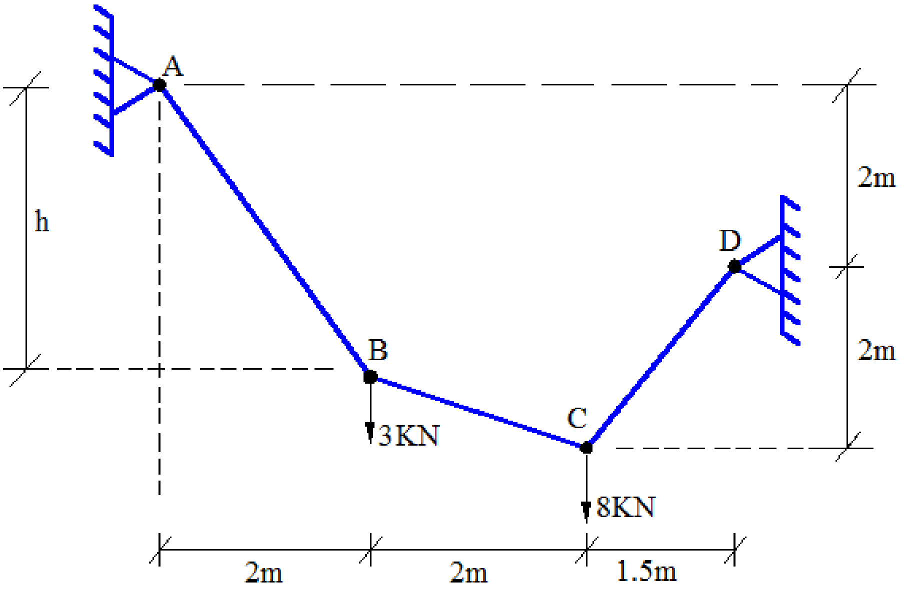
نامعلومی قوی په لاندی ډول دی.

- ✓ د کیبل د هری برخی کششی قوه (دری)
- ✓ په A او B اتکاء د غبرګون دوه ترکیبات (څلور)
- ✓ په C او D ټکو کی کړوبیدنه (sag) y_C او y_D (دوه)



تحلیل لپاره د کیبل په هره نقطه کی د قواو تعادل په پام کی نیسو او هر ټکی لپاره دوه معادلی په کار راوړو تر څو مجموعی اته معادلی جوړی شی.نهمه معادله جوړولو لپاره بائد د کیبل جیومیتړی باره کی معلومات ولرو.

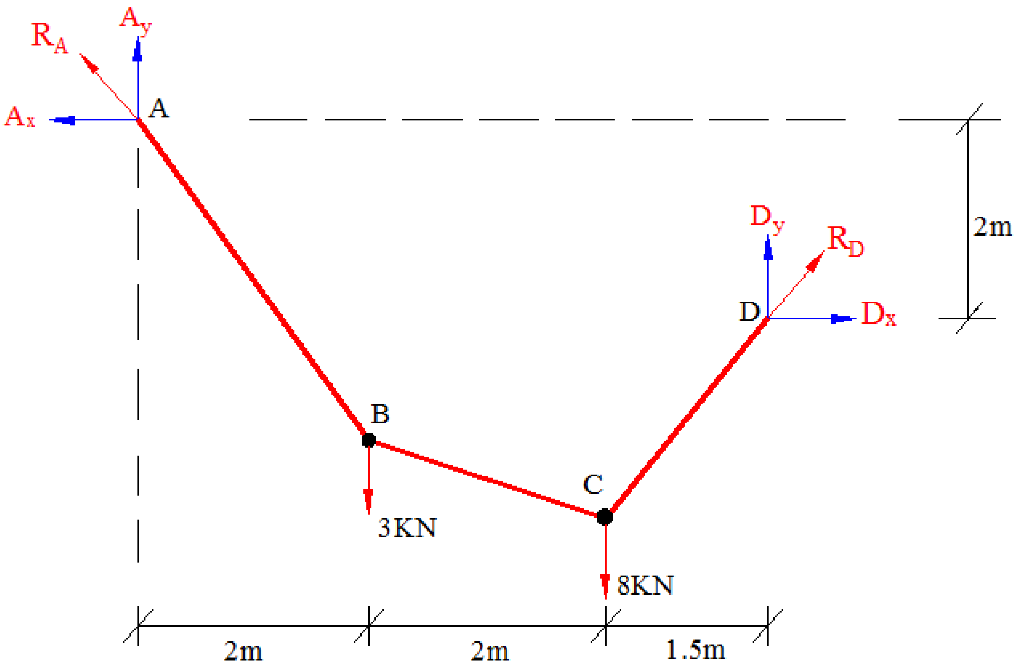
مثال 1: د ورکړ شوی کیبل په ټولو برخو کی کششی قواوی، اتکایز غبرګونونه ، او h د نامعلوم لوړوالی محاسبه کړی.



$R_A=?$ $A_x=?$ $A_y=?$, $R_D=?$ $D_x=?$ $D_y=?$ $T_{AB}=?$ $T_{BC}=?$ $T_{CD}=?$ $H=?$

حل:

1) اتکایز عکس العملونه :



$\sum M_A = 0$

$-D_y (5.5) + 8(4) + 3(2) - D_x (2) = 0$

$5.5D_y + 2D_x = 38$……..1

$\sum M_C = 0$

$D_x (2) - D_Y (1.5) = 0$

$2 D_x - 1.5 D_Y = 0$……….2

د 1 او 2 معادلو څخه لرو

$D_Y = 5.43KN$

$D_x = 4.07KN$

$R_A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} = \sqrt{4.07^2 + 5.57^2}$

$R_A = 6.9KN$

$R_D = \sqrt{D_x^2 + D_y^2} = \sqrt{4.07^2 + 5.43^2}$

$R_D = 6.79KN$

$\sum F_Y = 0$

$A_Y + D_Y - 8 - 3 = 0$

$A_Y + 5.43 - 8 - 3 = 0$

$\rightarrow A_Y = 5.57KN$

$\sum F_X = 0$

$D_x - Ax = 0$

$A_x = D_x \quad \rightarrow A_x = 4.07KN$

$T_{AB} = R_A = 6.9KN$

$T_{DC} = R_B = 6.79KN$

$\sum F_Y = 0$

$6.79\sin 53.13 - 8 + T_{CB}\sin\theta_{CB} = 0$

$T_{CB}\sin\theta_{CB} = 2.57 \ldots\ldots 1$

$\sum F_X = 0$

$6.79\cos 53.13 - T_{CB}\cos\theta_{CB} = 0$

$T_{CB} = \dfrac{4.07}{\cos\theta_{CB}}$ putting in eq (1)

$4.07\dfrac{\sin\theta_{CB}}{\cos\theta_{CB}} = 2.57$

$4.07\tan\theta_{CB} = 2.57$

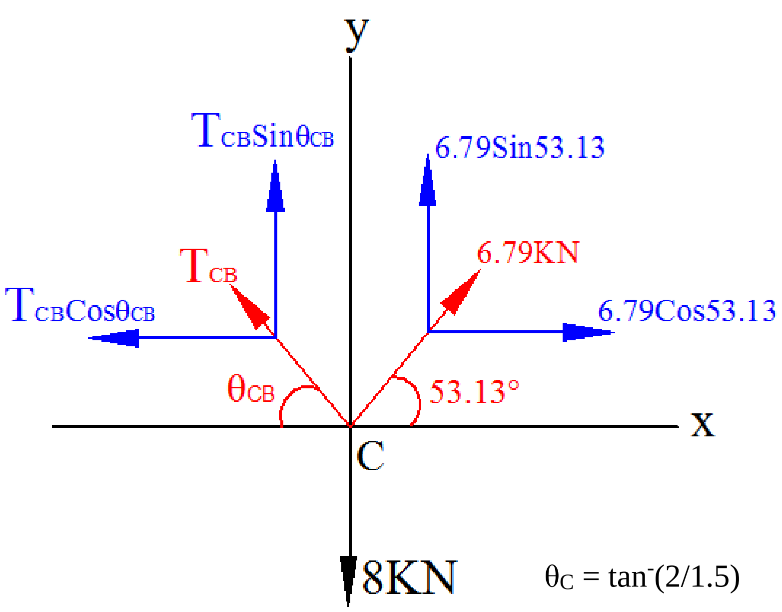
$\theta_{CB} = 32.3^\circ$ put this in above equation to get T_{BC}

$6.79\cos 53.13 - T_{CB}\cos 32.3 = 0$

$4.07 - 0.845T_{CB} = 0$

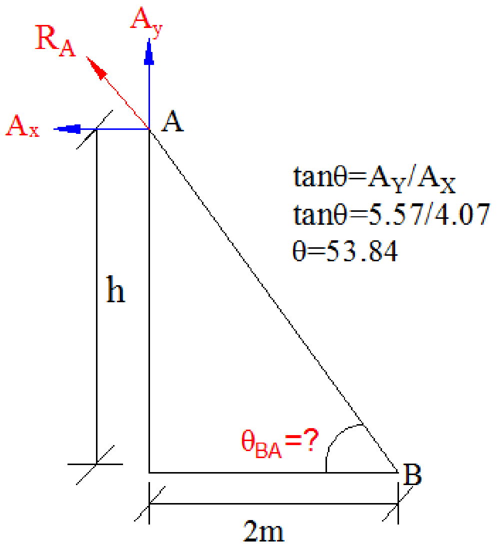
$T_{CB} = 4.82KN$

2) په هری برخی کی د کششی قوی پیدا کول:



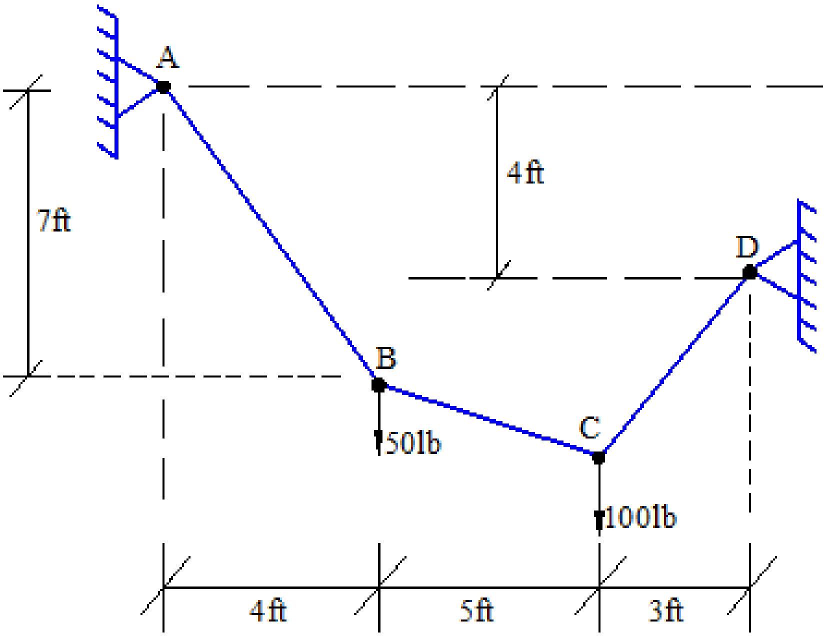
$\theta_C = \tan^{-}(2/1.5)$

$\theta_C = 53.13$



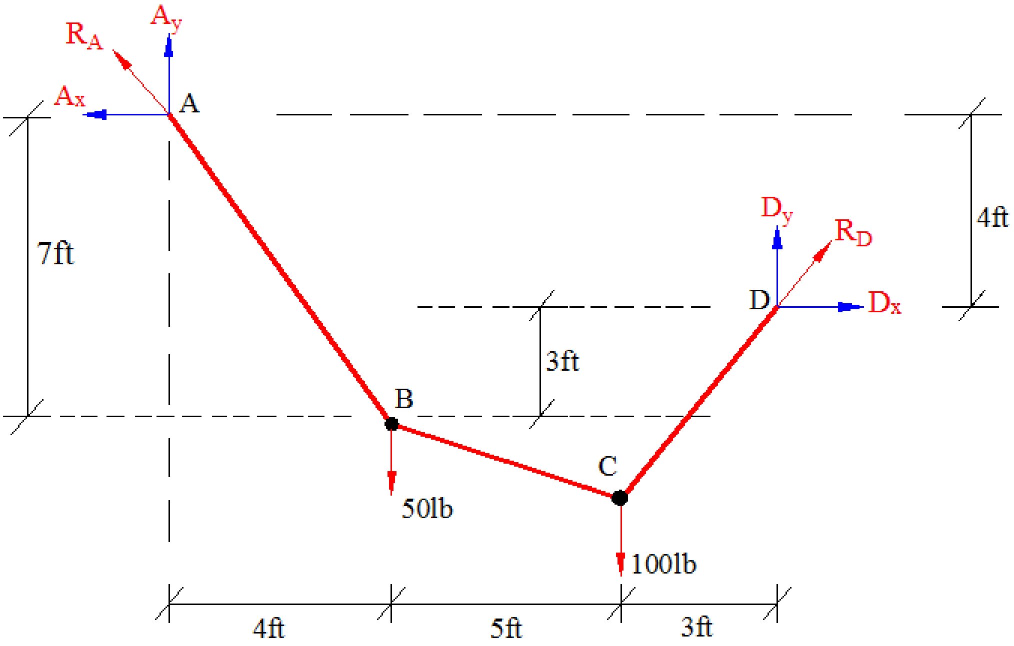
$h = 2\tan 53.8 = 2.74$ m

مثال 2: په شکل کی د ښودل شوی کیبل په ټولو برخو کی کششی قواوي، اتکایز غبرګونونه او د کیبل مجموعي اوږدوالي پیدا کړي



حل:

1) اتکایز عکس العملونه:



$\sum M_A = 0$

$-D_y(12) + 50(4) + 100(9) - D_x(4) = 0$

$4D_x + 12D_y = 1100........1$

$\sum M_B = 0$

$D_x(3) - D_Y(8) + 100(5) = 0$

$3D_x - 8D_Y = -500..........2$

د 1 او 2 معادلو څخه لرو

$D_Y = 77.94lb$

$D_x = 41.2lb$

$$R_D = \sqrt{{D_x}^2 + {D_y}^2} = \sqrt{41.2^2 + 77.94^2}$$

$R_D = 88.1lb$

$\sum F_Y = 0$

$A_Y + D_Y - 50 - 100 = 0$

$A_Y + 77.94 - 50 - 100 = 0$

$\rightarrow A_Y = 72.06KN$

$\sum F_X = 0$

$D_x - Ax = 0$

$A_x = Dx \quad \rightarrow A_x = 41.2KN$

$$R_A = \sqrt{{A_x}^2 + {A_y}^2} = \sqrt{41.2^2 + 72.06^2}$$

$R_A = 83lb$

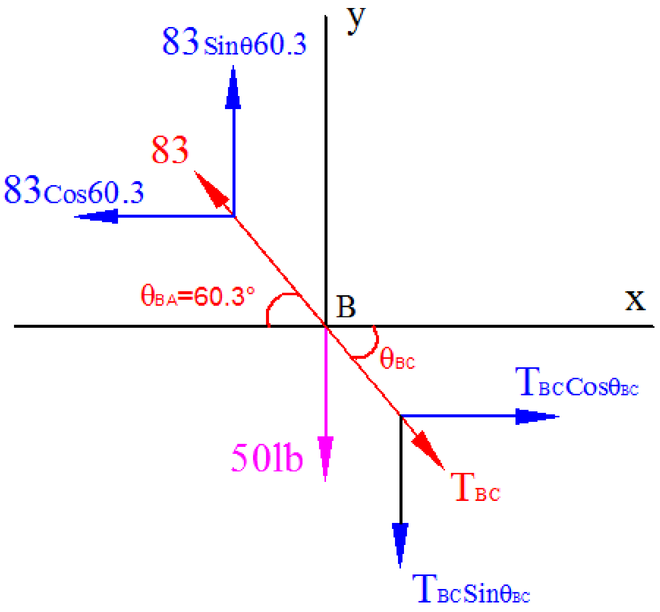
2) په هرې برخې کې د کشش قوې پیدا کول:

برخه AB

$T_{AB} = R_A = 83lb$

برخه DC

$T_{DC} = R_B = 88.1lb$



برخه BC

$\sum F_Y = 0$

$83\sin 60.3 - 50 - T_{BC}\sin\theta_{BC} = 0$

$T_{BC}\sin\theta_{BC} = \quad 22.096 \ldots\ldots(2)$

$\sum F_X = 0$

$-83\cos 60.3 + T_{BC}\cos\theta_{BC} = 0$

$T_{BC} = \dfrac{41.12}{\cos\theta_{BC}}$ putting in eq (2)

$41.12\,\dfrac{\sin\theta BC}{\cos\theta_{BC}} = 22.096$

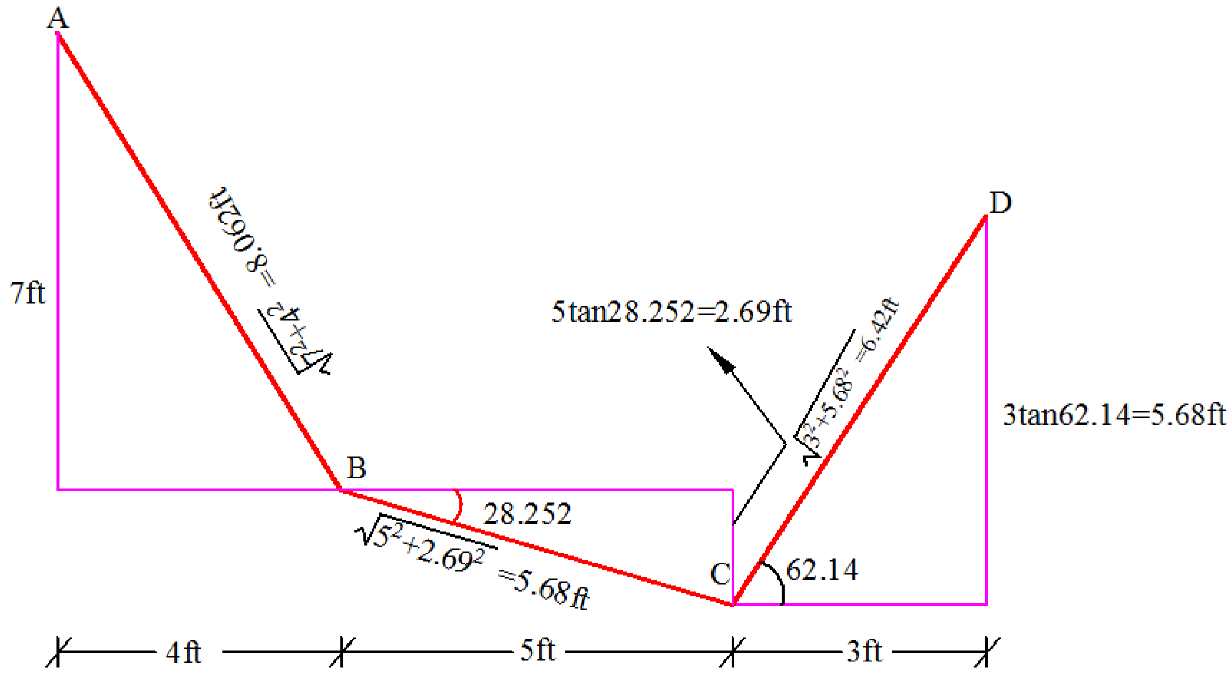
$41.12\tan\theta_{BC} = 22.096$

$\theta = 28.252^\circ$

$\theta_{BC} = 28.252^\circ$ put this in above equation to get T_{BC}

$T_{BC}\sin\theta_{BC} = \quad 22.096$
$T_{BC} = 19.5/\sin 25.37$
$T_{BC} = 46.7lb$

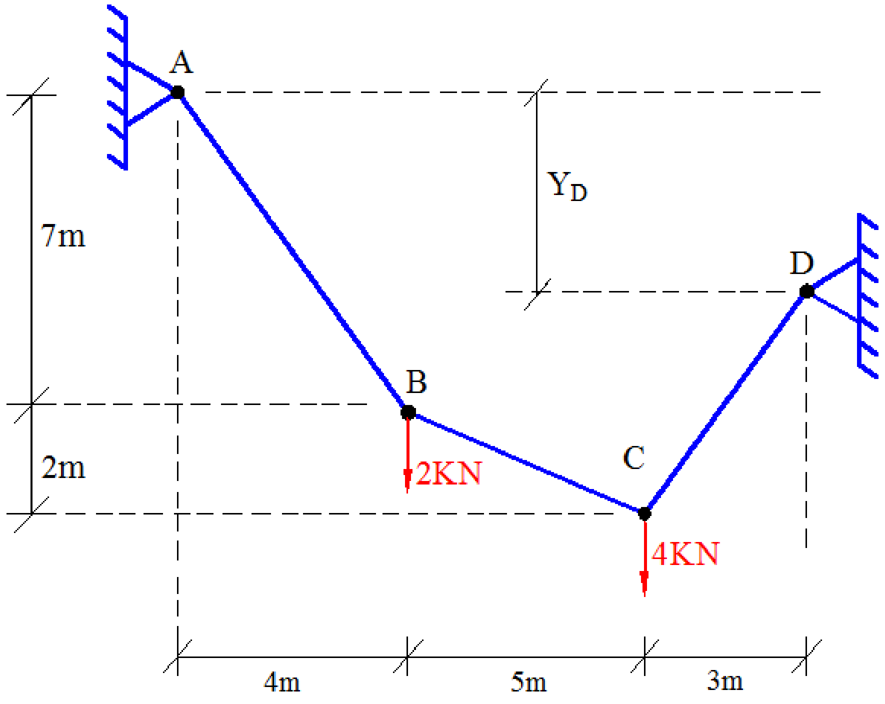
3) د کیبل مجموعی اوږدوالي:



$\text{Tan}\theta_{CD} = \frac{D_Y}{D_X} = \frac{77.94}{41.2}$ $\theta_{CD}=62.14$

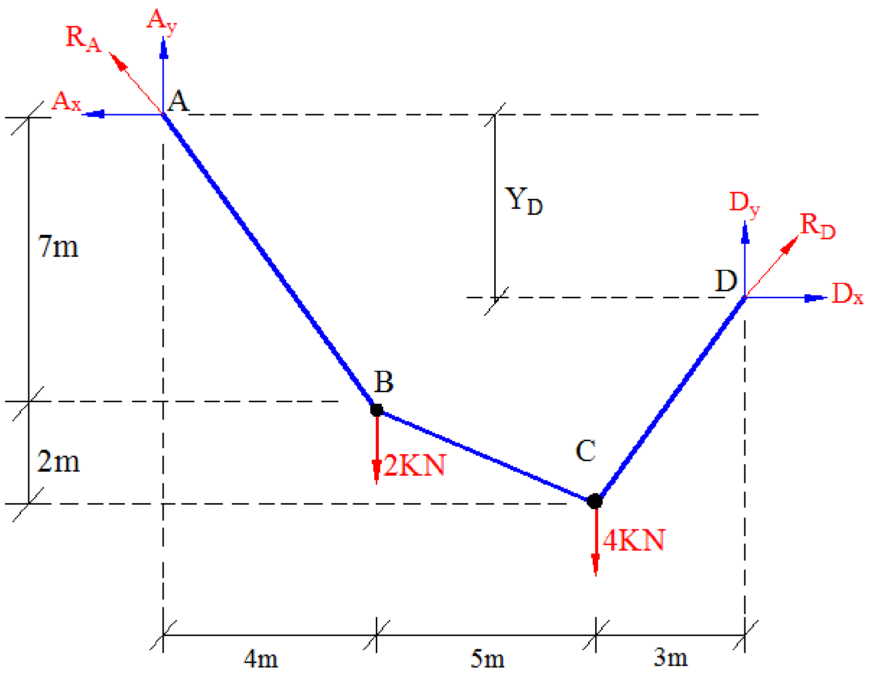
$L=\sqrt{7^2+4^2}+\sqrt{5^2+2.69^2}+\sqrt{3^2+5.68^2} = 20.2\text{ft}$

مثال3 : د کیبل په ټولو برخو کې کششي قواوې، اتکایز غبرګونونه ،د کیبل مجموعی اوږدوالي، او د y_D نامعلومه ارتفاع پیدا کړي.؟



حل:

1) اتکایز عکس العملونه :



$\sum M_B = 0$

$-7A_X + 4A_Y = 0$..............1

$\sum M_C = 0$

$-9A_X + 9A_Y - 2(5) = 0$........2

د 1 او 2 معادلو څخه لرو

$A_Y = 2.593KN$

$A_x = 1.48KN$

$R_A = \sqrt{A_x{}^2 + A_y{}^2} = \sqrt{2.593^2 + 1.48^2}$

$R_A = 2.986KN$

$\sum F_Y = 0$

$A_Y + D_Y - 2 - 4 = 0$

$2.593 + D_Y - 2 - 4 = 0$

$\rightarrow D_Y = 3.41KN$

$\sum F_X = 0$

$D_x - Ax = 0$

$D_x = Ax \quad \rightarrow D_x = 1.48KN$

$R_D = \sqrt{D_x{}^2 + D_y{}^2} = \sqrt{3.41^2 + 1.48^2}$

$R_D = 3.72KN$

2) په هرې برخې کې د کششې قوې پیدا کول:

AB برخه

$T_{AB} = R_A = 2.986KN$

DC برخه

$T_{DC} = R_B = 3.72KN$

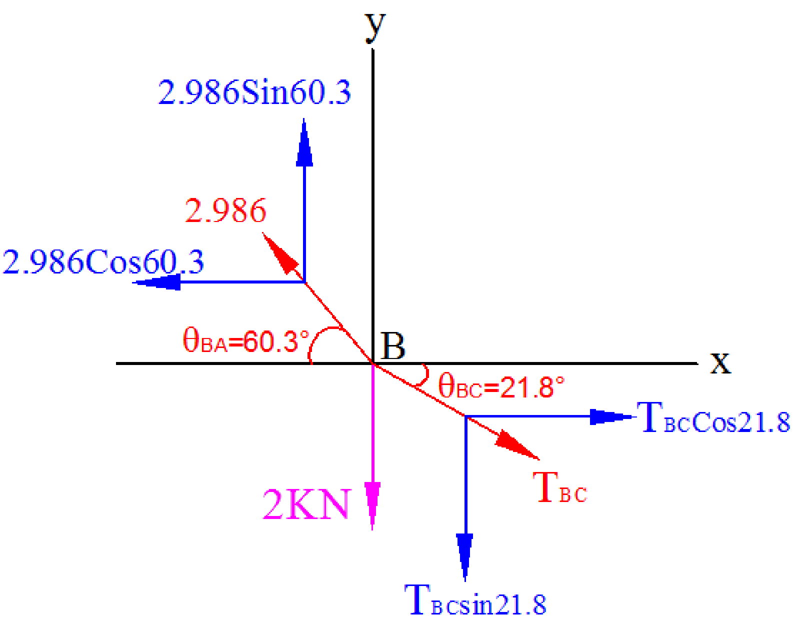
BC برخه

$\sum F_Y = 0$

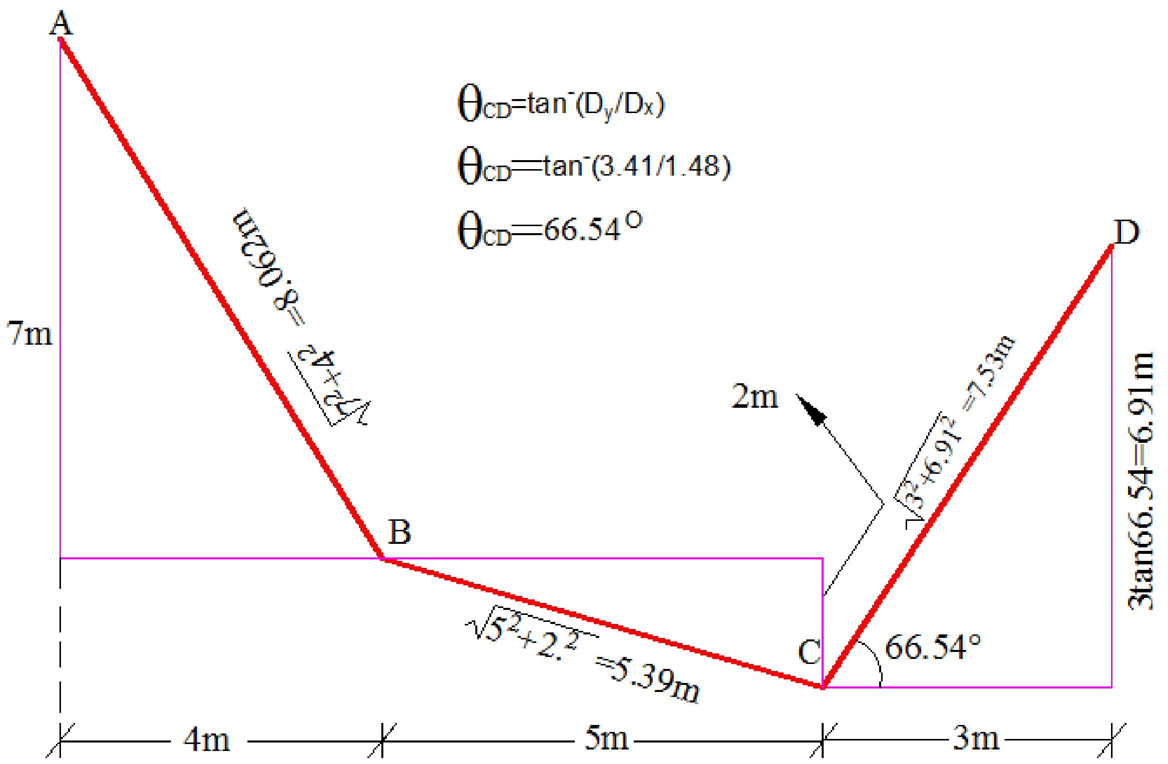
$-T_{BC}Sin21.8 - 2 + 2.986Sin60.3 = 0$

$0.37T_{BC} = 0.594$

$T_{BC} = 1.6KN$



3) د کیبل مجموعی اوږدوالي:



$$L=\sqrt{7^2+4^2}+\sqrt{5^2+2.^2}+\sqrt{3^2+6.91^2}=20.1m$$

4) د Y_D نامعلوم اوږدوالي:

$$Y_D + 3\tan\theta_{CD} = 9$$

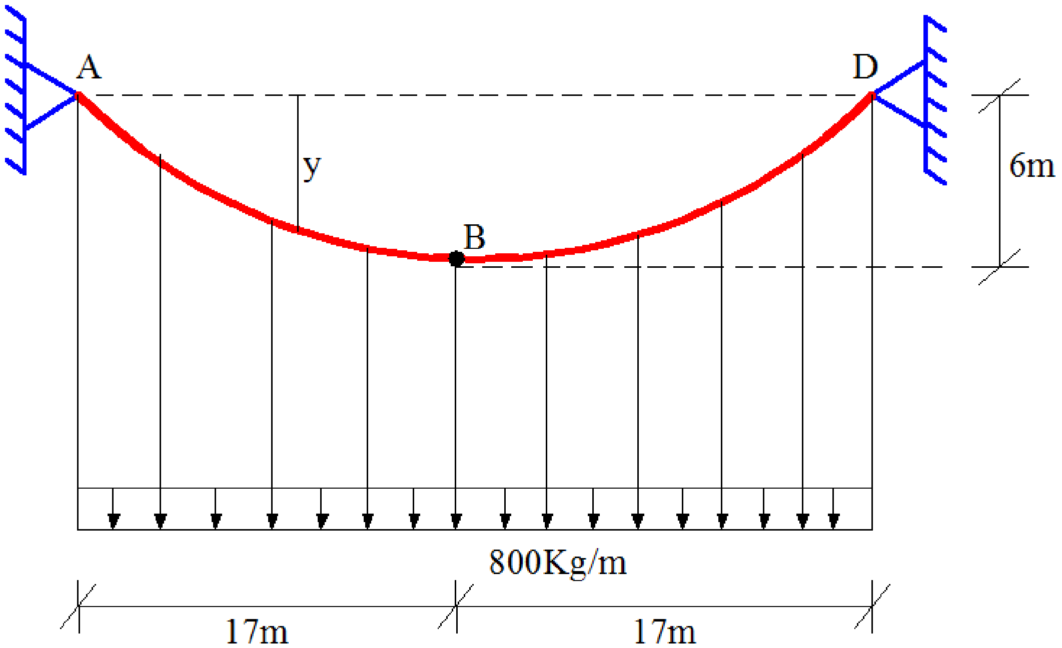
$$Y_D = 9 - 3\tan 66.54$$

$$Y_D = 2.1m$$

کیبلونه د منظم ویشل شوی بارونو لاندی

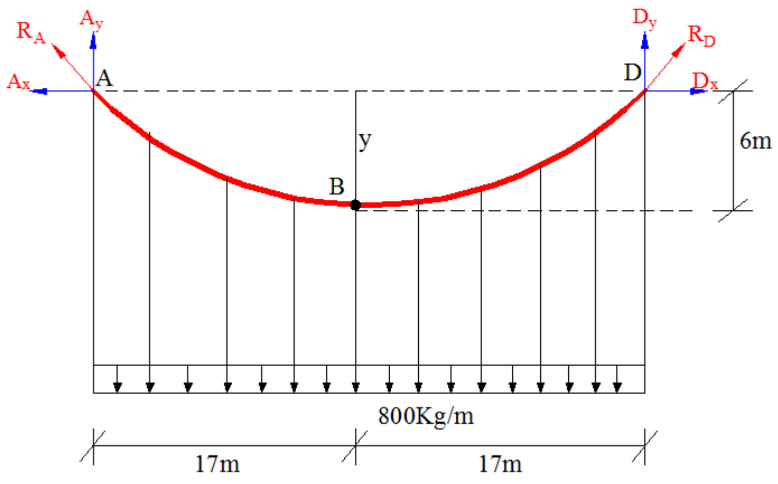
Cables subjected to uniformly distributed load

مثال : په شکل کی ښودل شوی کیبل د 800Kg/m منظم ویشل شوی بار برداشت کولو لپاره استعمال شوی .تاسی د کیبل په A,B,D ټکو کی کششی قواوي، اتکایز غبرګونونه ، Y لپاره رابطه او د کیبل مجموعی اوږدوالي پیدا کړي.



حل:

1) اتکایز عکس العملونه :



$\sum M_{ي} = 0$

$A_y(34) - (800x34)17 = 0$

$A_y = 13600Kg$

$\sum F_y = 0$

$13600 + D_y - (800*34) = 0$

$D_y = 13600Kg$

$\sum M_B = 0$

$-6A_x + (13600*17) - (800*17*8.5) = 0$

$A_X = 19266.7kg$

$\sum F_X = 0$

$-A_X + D_X = 0$

$D_X = A_X \rightarrow D_X = 19266.7kg$

$A_X = D_X = H$

$R_A = \sqrt{{A_x}^2 + {A_y}^2} = \sqrt{19266.7^2 + 13600^2}$

$R_A = 23583.2Kg$

$R_D = \sqrt{{D_x}^2 + {D_y}^2} = \sqrt{19266.7^2 + 13600^2}$

$R_D = 23583.2Kg$

2) کششی قوي پیدا کول:

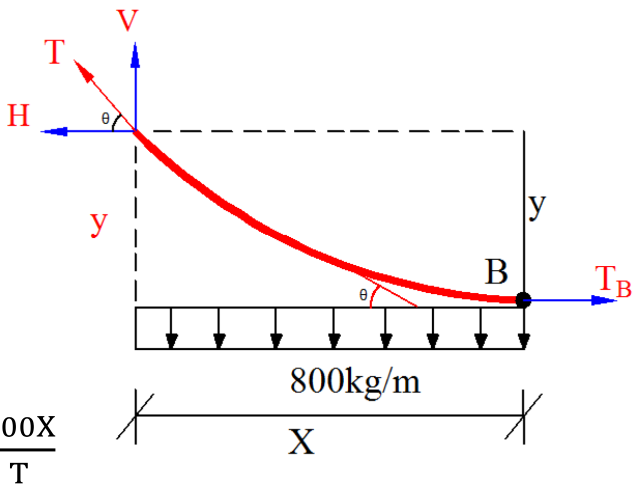
$T_A = R_A = 23583.2Kg$

$T_D = R_B = 23583.2Kg$

$T_B = H = 19266.7kg$

$A_X = D_X = H$

3) Y لپاره رابطه جوړول:



$\sum F_y = 0$

$V - 800X = 0 \rightarrow V = 800X$

$\sum F_x = 0$

$-H + T_B = 0 \rightarrow T_B = H$

$Sin\theta = \frac{V}{T} \rightarrow V = Tsin\theta$

$V = Tsin\theta \quad \rightarrow \quad 800X = Tsin\theta \quad \rightarrow sin\theta = \frac{800X}{T}$

$Cos\theta = \frac{H}{T}$

$tan\theta = \frac{sin\theta}{Cos\theta} \rightarrow \frac{\frac{800X}{T}}{\frac{H}{T}} = \frac{800X}{H}$

$\tan\theta = \dfrac{800X}{H}$ پوهيږو چې $\tan\theta = \dfrac{d_y}{d_x}$

$$\frac{d_y}{d_x} = \frac{800X}{H} \rightarrow \int \frac{d_y}{d_x} = \int \frac{800X}{H}.d_x \rightarrow = \frac{800x^2}{2H} = \frac{400x^2}{H}$$

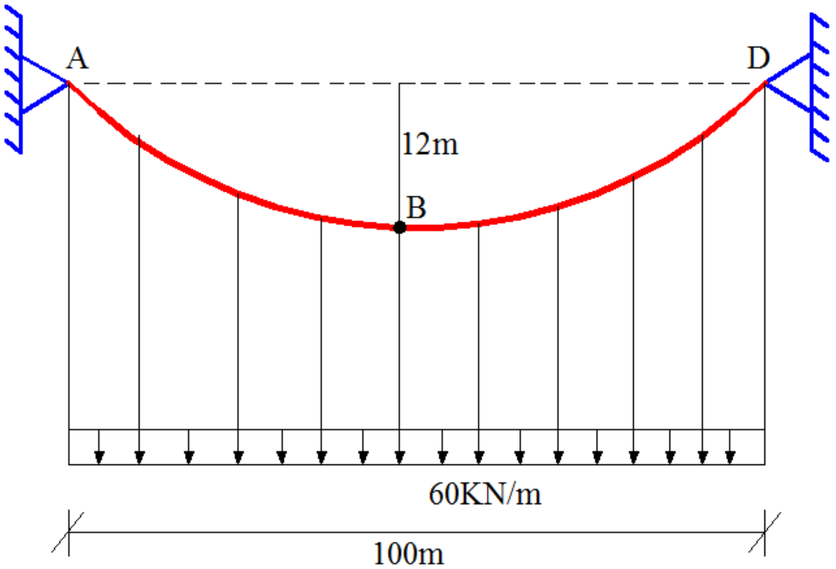
$Y= \dfrac{400x^2}{H}$ د H قیمت وضع کوو $Y= \dfrac{400x^2}{19266.7} = 0.021X^2$

$Y= 0.02076X^{2}$

4) د کیبل اوږدوالي:

$$\text{اوږدوالي} = L + \frac{8H_B{}^2}{3L} = 34 + \frac{8.6^2}{3.34} = 36.8m$$

مثال : په شکل کی ښودل شوي کیبل کی اعظمی او اصغری کششی قواوي پیدا کړي؟؟



حل:

1) اتکایز عکس العملونه :

$\sum M_D = 0$

$A_y (100) - (60*100*50) = 0$

$A_y = 3000$ KN

$\sum F_y = 0$

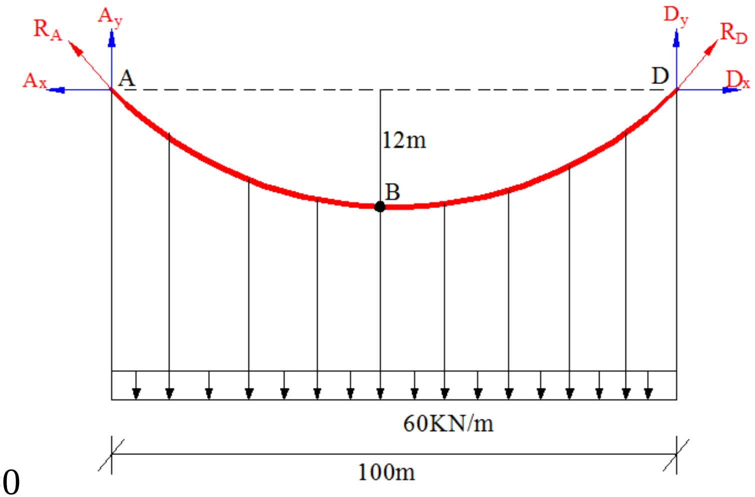
$3000 + D_y - (60*100) = 0$

$D_y = 3000$ KN

$\sum M_B = 0$

$-12A_x + (3000*50) - (60*50*25) = 0$

$A_X = 6250$KN



$\sum F_X = 0$

$-A_X + D_X = 0$

$D_X = A_X \rightarrow DX = 6250KN$

$H = D_X = AX = 6250KN$

$$R_A = \sqrt{{A_x}^2 + {A_y}^2} = \sqrt{6250^2 + 3000^2}$$

$R_A = 6932.7KN$

$$R_D = \sqrt{{D_x}^2 + {D_y}^2} = \sqrt{6250^2 + 3000^2}$$

$R_D = 6932.7KN$

2) اصغری کششی قوه

ځرنګه چې پوهیږو تر ټولو کوچنۍ کششی قواوی په هغه ټکی کی موجود وی چیرته چې د کیبل میلان (Slope) صفر وی.نوموړی سوال کی تر ټولو کوچنۍ قواوی په B نقطه کی موجود دی او دا محاسبه شوی H سره مساوی کیږی.

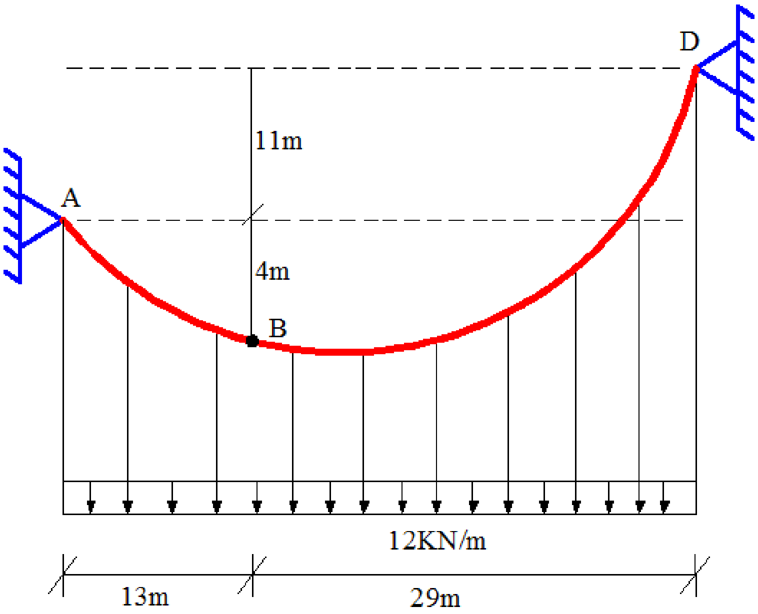
$$T_{Min} = H = 6250KN$$

3) اعظمی کششی قوه

په نوموړی سوال کی دواړه اتکاګانی په یو لیول موجود دی لهذا کششی قواوی به هغه برخو کی اعظمی وی کوم چې له اتکاګانو سره تړلي وی.او په لاندی ډول پیدا کیږی .

$$T_{Max} = R_A = R_D = 6932.7KN$$

مثال: په شکل کی د ښودل شوی کیبل اتکایز غبرګونونه او اصغری او اعظمی کششی قواوی محاسبه کړی.؟



حل:

1) اتکایز عکس العملونه:

$\sum M_D = 0$

$A_y (42) + A_X(11) - (12*42*21) = 0$

$42A_y - 11A_X = 10584......1$

$\sum M_B = 0$

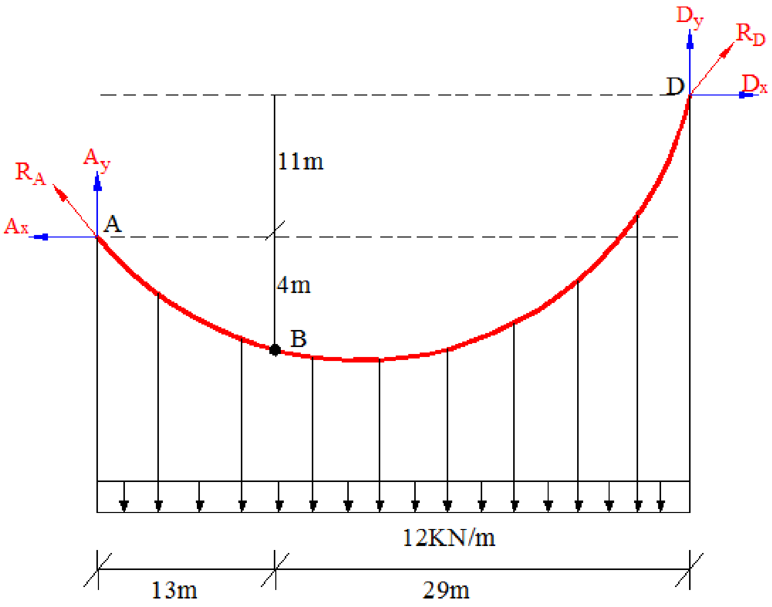
$-4A_x + (A_Y*13)) - (12*13*6.5) = 0$

$13A_Y - 4A_X = 1014......2$

د لومړی او دوهمی معادلی حلولو څخه لرو

$A_X = 305.5KN$

$A_Y = 172KN$



$172 + D_y - (12*42) = 0$

$D_y = 332$ KN

پوهیږو چې A_X او D_X سره مساوي دي. ($\sum F_X=0$)

$D_X = 305.5$KN

2) اصغری کششی قواوی:

$$T_A = \sqrt{{A_x}^2 + {A_y}^2} = \sqrt{305.5^2 + 172^2}$$

$R_A = 351$KN

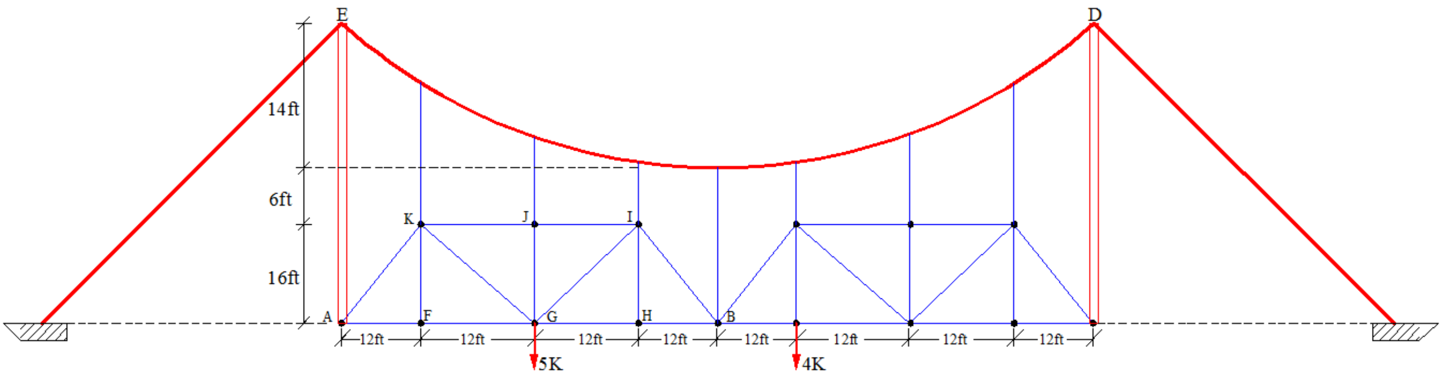
3) اعظمی کششی قواوی:

$$T_D = \sqrt{{D_x}^2 + {D_y}^2} = \sqrt{305.5^2 + 332^2}$$

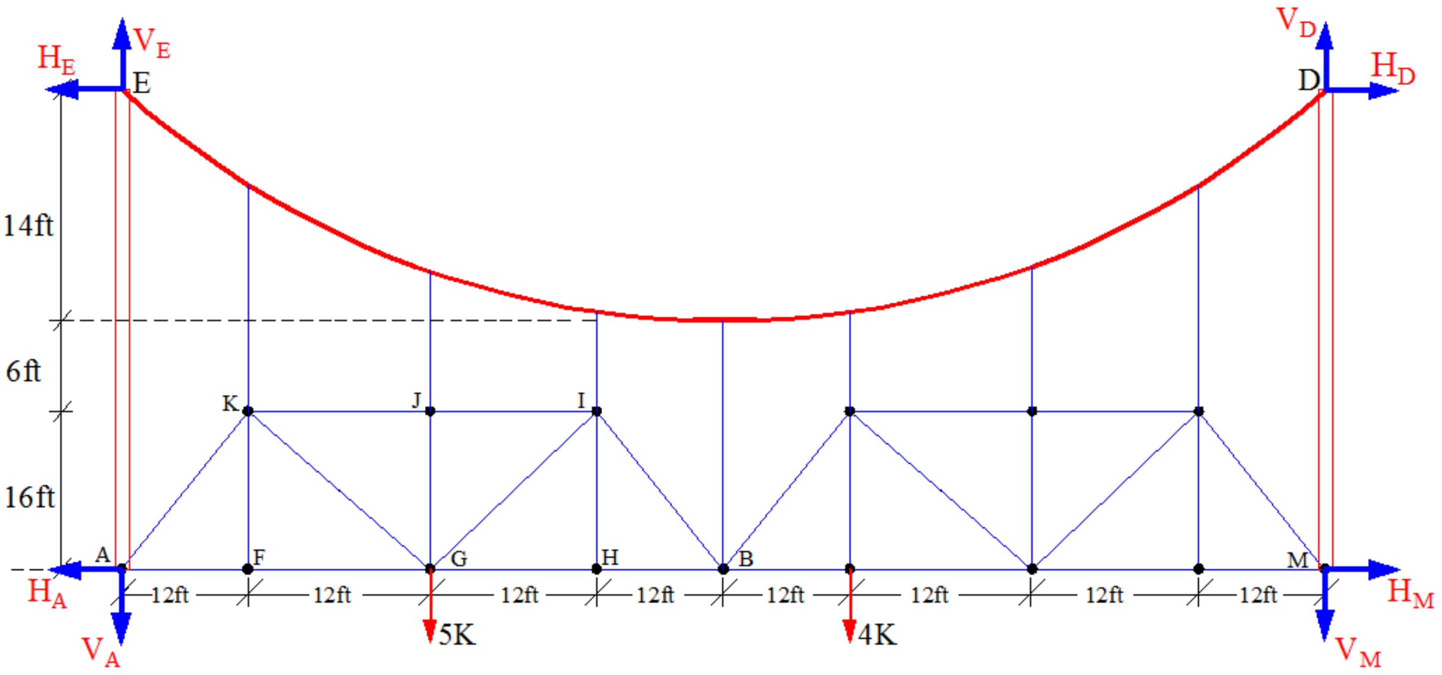
$R_D = 451.2$KN

(Suspension Bridges) زوړند پلونه

مثال:په شکل کی د ترسونو څخه جوړ یو زوړند پل ښودل شوی کوم چی له کیبل سره په عمودی ډول تړل شوی که چیری په ساختمان ښودل شوی بارونه عمل وکړی په پائله کی به ئی د کیبل اعظمی کششی قواوی څومره وی؟



حل:

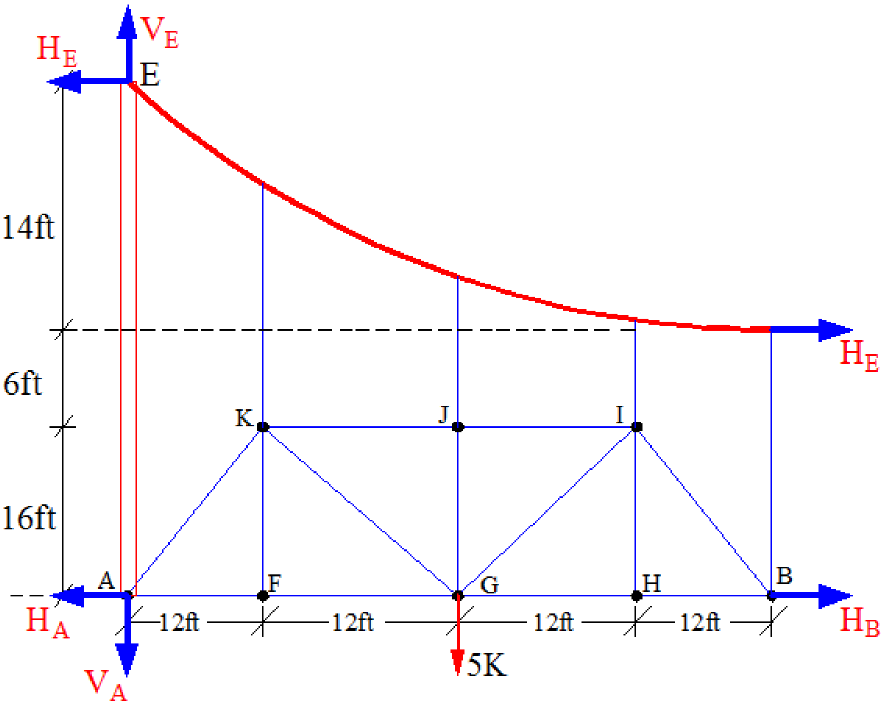


$\sum M_M = 0$

$-96V_A - (5*72) - (4*36) - 36H_E + 96V_E + 36H_D = 0$

خرنګه چی پوهیږو $H_D = H_E$

$96V_E - 96V_A = 504$ ....(1)



$\sum M_B = 0$

$-48V_A - (5*24) - 36H_E + 48V_E + 22H_E = 0$

$48V_E - 48V_A - 14H_E = 120$ ....(2)

$96V_E - 96V_A = 504$ ....(1)

$48V_E - 48V_A - 14H_E = 120$ ....(2)

د ۱ او ۲ معادلو حلولو وروسته $H_E =$ 9.43K

د اعظمی کششی قوی پیدا کولو لپاره د W_0 قیمت پیدا کوو.

$$W_0 = \frac{2 \cdot H_E \cdot h}{Z^2}$$

پورتنی معادلی کی H_E د پائی په سر کی افقی عکس العمل h د کیبل ژوروالي Z د A او B تر منځ فاصله ده.

$$W_0 = \frac{2\,.H_{E.}\,h}{Z^2} = \frac{2*9.43*14}{48^2} = 0.115K/ft$$

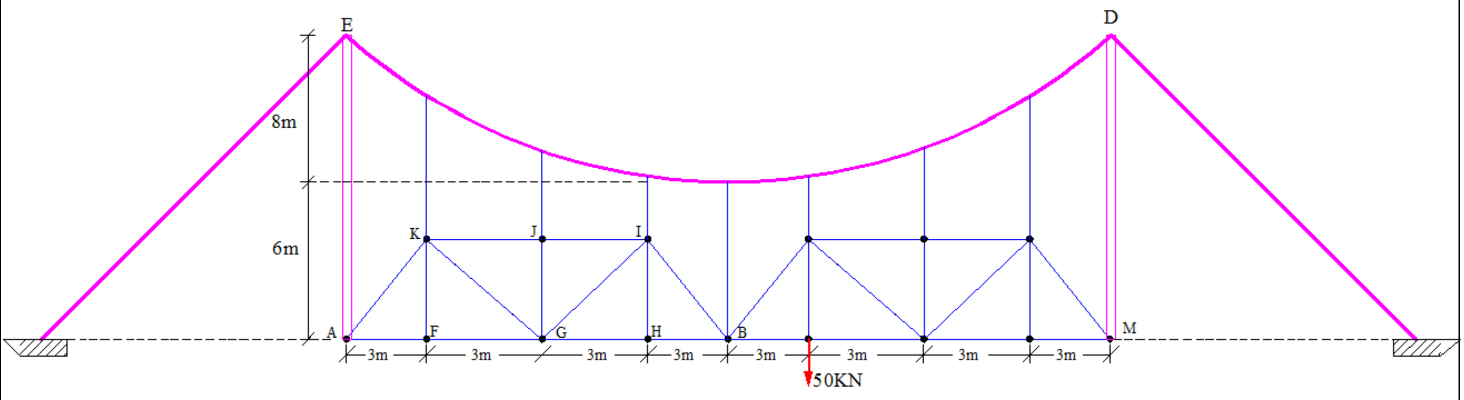
د اعظمی کششی قوو لپاره فورمول لرو

$$T_{max} = w_0 . Z \{ \sqrt{1 + \left(\frac{Z}{2.h}\right)^2} \}$$

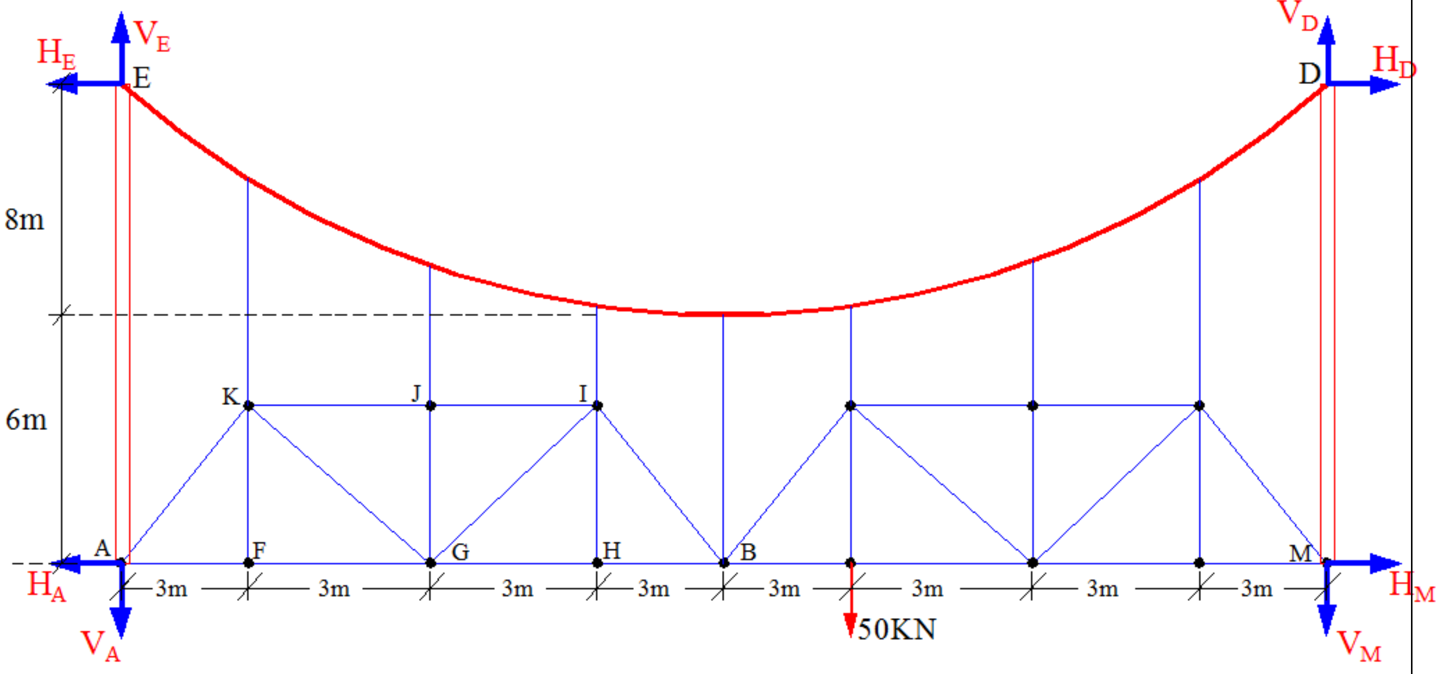
$$T_{max} = 0.115 \,.\, 48 \{ \sqrt{1 + \left(\frac{48}{2\,.\,14}\right)^2} \} = 10.9K$$

$T_{max} = 10.9K$

مثال:یو زوړند پل د ترسونو یو سیستم څخه جوړخت موندلی ، که چیری په پل 50KN متمرکز بار عمل کړی وی تاسی ئی د کیبل په ED برخی کی اعظمی کششی قوه محاسبه کړی؟



حل:

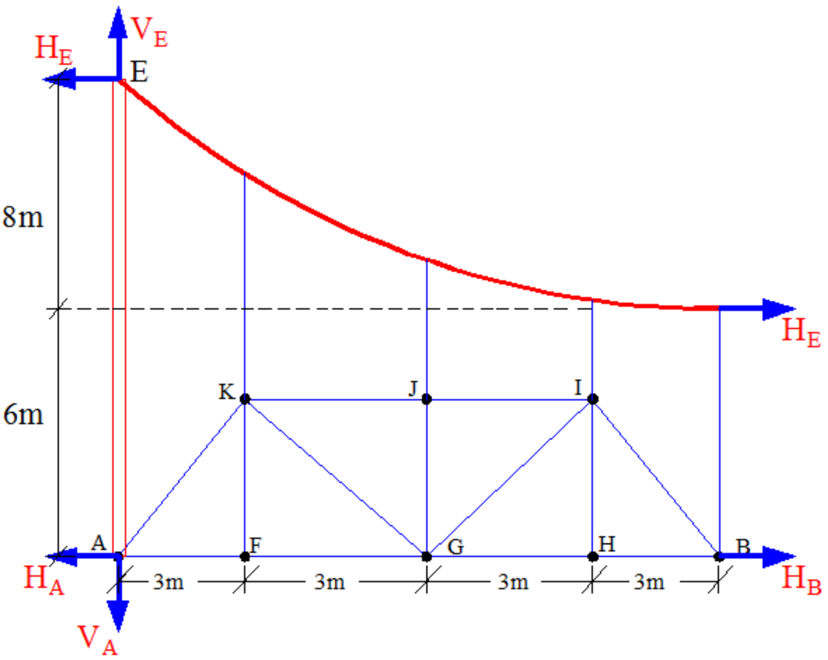


$\sum M_M = 0$

$-24V_A - (50*9) - 14H_E + 24V_E + 14H_D = 0$

څرنګه چی پوهیږو $H_D = H_E$

$24V_E - 24V_A = 450 \ldots\ldots\ldots(1)$



$\sum M_B = 0$

$-12V_A - 14H_E + 12V_E + 6H_E = 0$

$12V_E - 12V_A - 8H_E = 0$ ……………(2)

$24V_E - 24V_A = 450$ ………………(1)
$12V_E - 12V_A - 8H_E = 0$ ……………(2)

د ۱ او ۲ معادلو حلولو وروسته $H_E =$ 28.13KN

د اعظمی کششی قوی پیدا کولو لپاره د w_0 قیمت پیدا کوو.

$$W_0 = \frac{2 . H_E . h}{Z^2}$$

پورتنی معادلی کی H_E د پائی په سر کی افقی عکس العمل h د کیبل ژوروالي د Z د A او B ترمنځ فاصله ده.

$$W_0 = \frac{2 . H_E . h}{Z^2} = \frac{2*28.13*8}{12^2} = 3.13KN/m$$

د اعظمی کششی قوو لپاره فورمول لرو

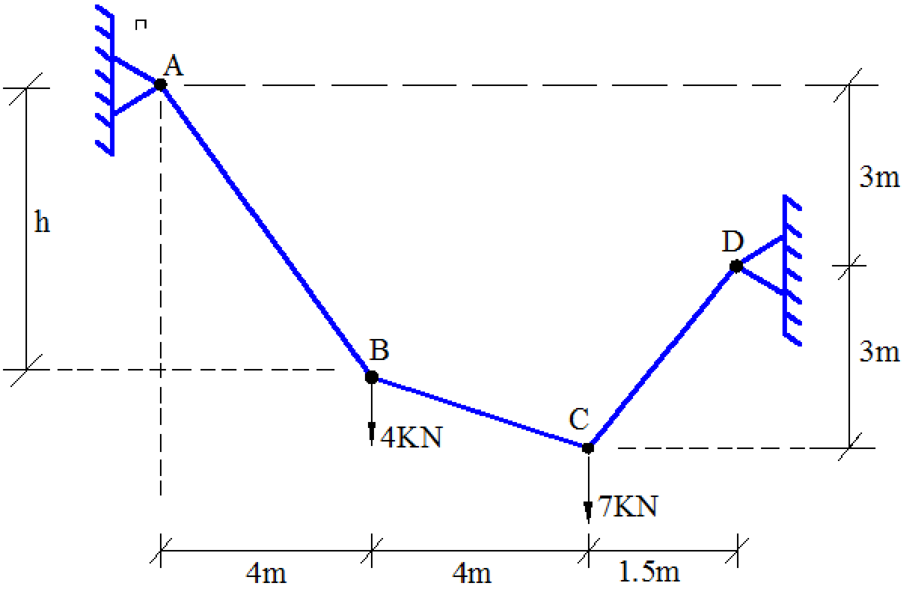
$$T_{max} = w_0 . Z \{ \sqrt{1 + \left(\frac{Z}{2.h}\right)^2} \}$$

$$T_{max} = 3.13 . 12 \{ \sqrt{1 + \left(\frac{12}{2 . 8}\right)^2} \} = 10.9K$$

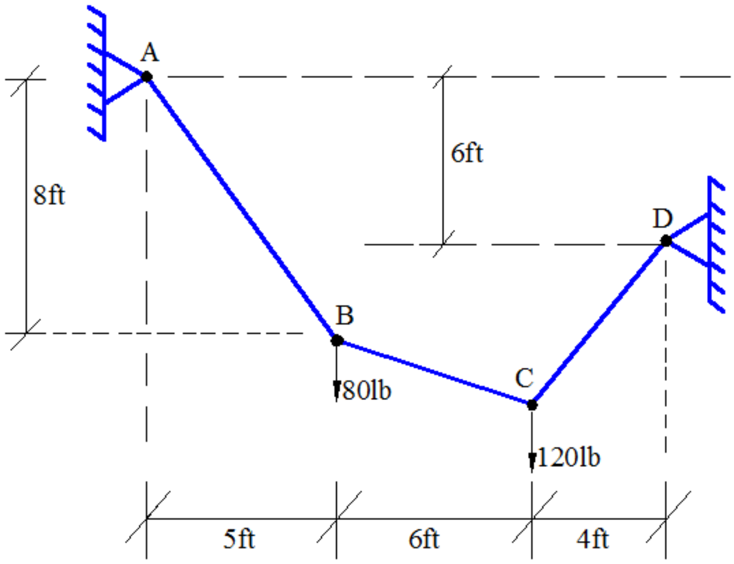
$$T_{max} = 46.9KN$$

تمرین (Exercise)

1) د ورکړ شوی کیبل په ټولو برخو کی کششی قواوی، اتکایز غبرګونونه ، او د h نامعلوم لوړوالی محاسبه کړی.



2) د ورکړ شوی کیبل په ټولو برخو کی کششی قواوی،او اتکایز غبرګونونه پیدا کړی ؟



6

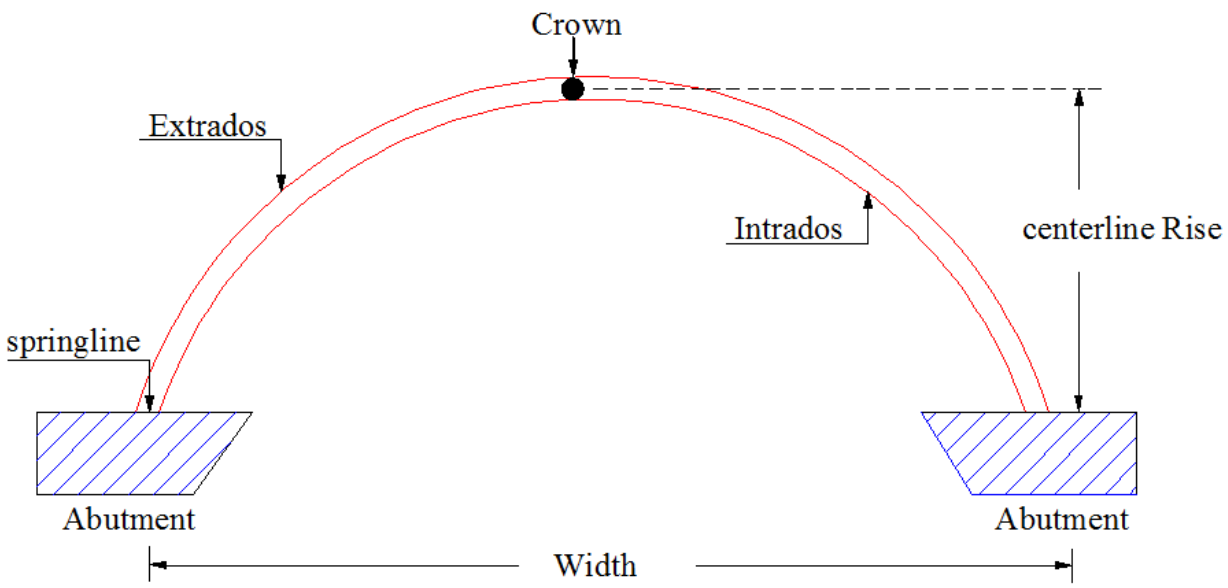
شپږم څپرکی
کمانونه (Arches)

د کیبلونو په څیر کمانونه هم په اوږدو وائی لرونکی ساختمانونو کی د کوږوالی مومنټ کمولو لپاره استعمالیږی.کمان په شکل کی سرچپه کیبلونو ته ورته دی او خپلی قواوی په فشاری توګه زغمی او تهداب ته ئی انتقالوی.

د کمان ظرفیت د هغه شخوالی، شکل او د بارونو نوعیت پوری اړه لری.

که چیری یو کمان پرابولا ئي شکل ولری او منظم ویشل شوی بارونه پری عمل وکړی (د کیبلوونو تحلیل څخه پوهیږو) چی نوموړی کمان به یی فقط د فشاری قواو د زغم صلاحیت ولری، په د حالت کی نوموړی کمان د Funicular Arch په نامه یادیږی څکه هیڅ ډول عرضی قواوی یا د کوږوالی مومنټ یکی حضور نه لری.

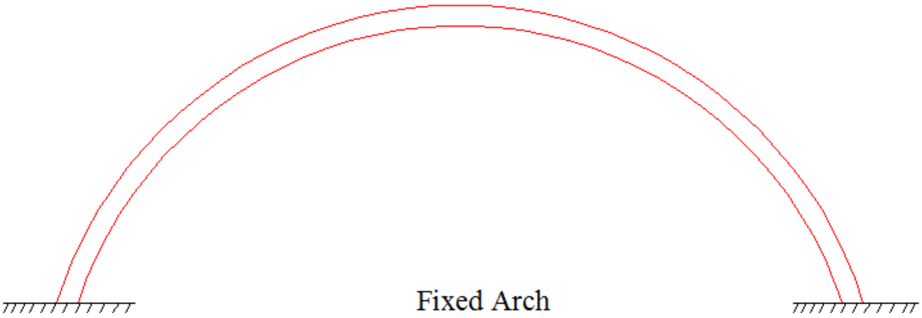
په لاندی شکل کی د کمان مختلفی برخی ښودل شوی دی .



د بارونو زغم لپاره مختلف ډول کمانونه استعمالیږی لکه Fixed arch ، Two hinge arch ، Three hinge arch ، او Tied arch .

1) په دواړو انجامونو کی کلک تړل شوی کمانونه یا شخ کمانونه (Fixed Arch)

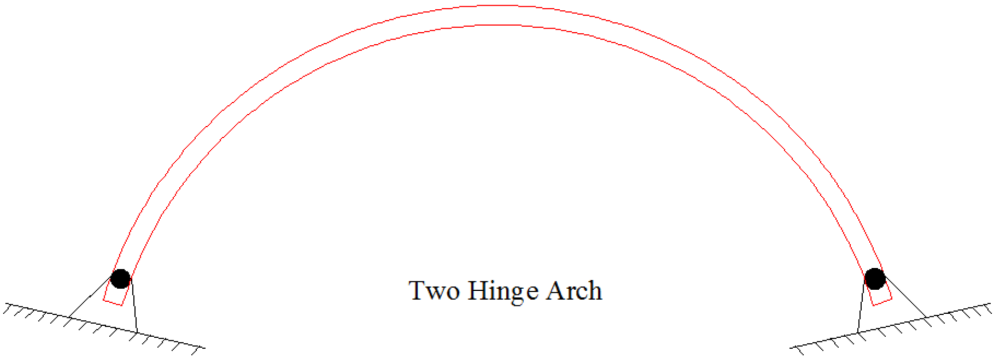
دا ډول کمانونه زیاتره د اوسپنیز کانکریټو څخه جوړیږی او د نورو کمانونو پر تله کم مواد غوښتونکی وی .په دواړو انجامونو کی سختی اتکاء له امله دا کمانونه دری درجی نامعین وی .



2، دوه مفصلی کمانونه (Two hinge Arches)

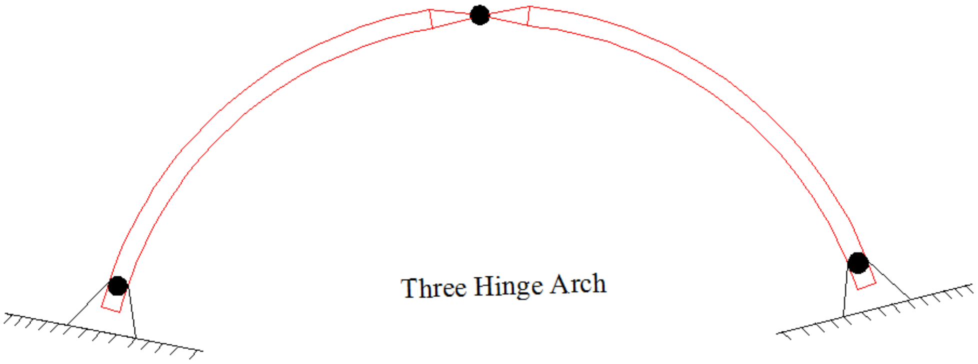
په عمومی توګه دا ډول کمانونه د فلز یا لرګو (Metal or timber) څخه جوړیږی او یوه درجه ستاتیکی نامعین والی لری.سره ددې چې د سختو کمانونو پرتله کم شخوالې لری بیا هم د ناستی پرضد قوی مقاومت لرونکی دی.

که غواړو د ډول ساختمانونه په معین ستاتیکی ساختمانونو تبدیل کو بائد یوه ساکنه اتکاء ئی په متحرکی اتکاء بدله کړو، خو د دی په کولو سره ساختمان په اوږدو کی د کوږوالی مومنټ په مقابل کی خپل صلاحیت د لاسه ورکوی او د یو منحنی ګاډر شکل اختیاروی.



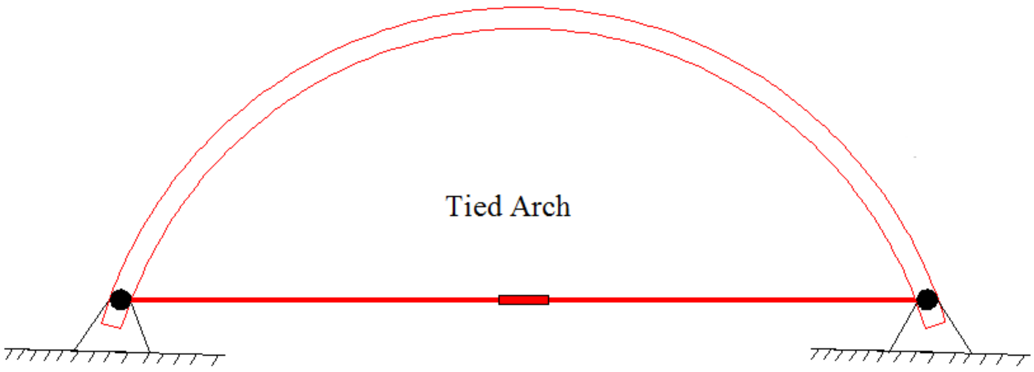
3) دری مفصلی کمانونه (Three Hinge Arches)

دا کمانونه هم د فلز یا لرګو (Metal or timber) څخه جوړ وی او تحلیل له نظره معین ستاتیکی وی.ددی کمانونو ځانګړتیاوی دا دی چی هیڅ ډول اتکائی ناسته یا د تودوخی تغیرات پری اغیزه نه لری څرنګه چی په نامعین ستاتیکی کمانونو کی ئی شتون لرلو.



4) تړلي کمانونه (Tied Arches)

دی ډول کمانونو کی دواړه اتکاګانی د یو افقی میلې په واسطه تړل شوی چی کمان د خارجی قواو پر ضد د ځانه مقاومت وښائی او د افقی زورونو او اتکائی ناستی مخنیوی وکړی. دی کمانونو څخه هغه وخت ډیره استفاده کیږی کله چی کمان لپاره د غټو تهدابونو جوړولو اړتیا نه وی.



کمانونو څخه زیاتره په هغه وختونو کی ډیره استفاده کیږی کله چی ساختمان د زیات بار لاندی واقع وی او یا هم د ساختمان مهندسی ښکلا ته اړتیا وی .
په دی فصل کی د نامعین کمانونو تحلیل څخه تیروږو او صرف د معین کمانونو تحلیل په نظر کی نیسو ، (دری مفصلی کمانونه)

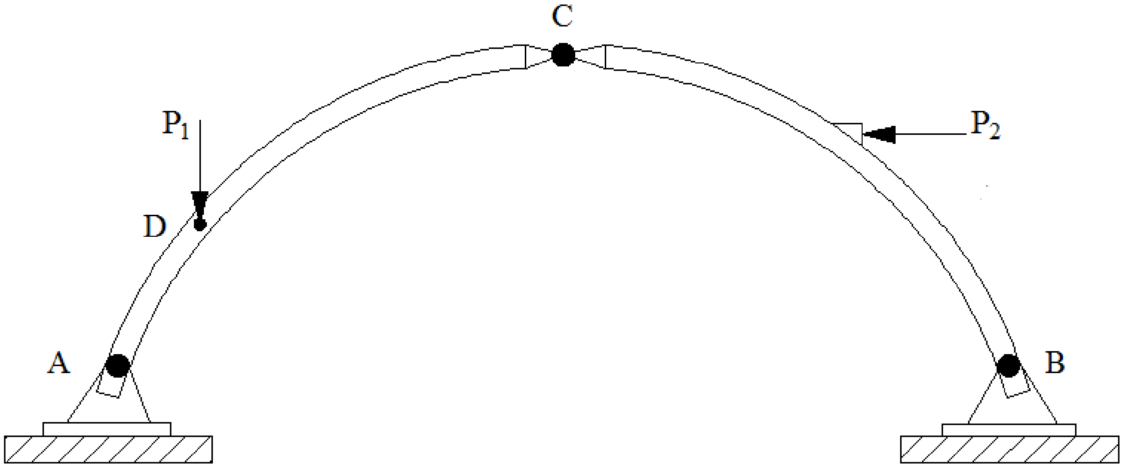
د دري مفصلي کمانونو تحليل

Analysis of three hinge arch

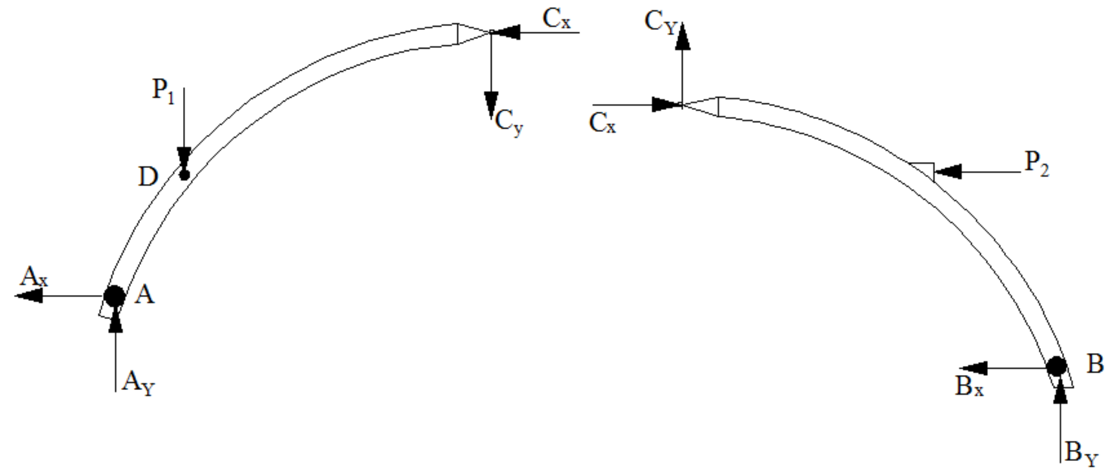
کمانونه څرنګه خپل بارونه انتقالوی ، پوهیدو لپاره یو دری مفصلی کمان په نظر کی نیسو .

دری مفصلی کمان عبارت دی له له هغه منحنی ګاډرونو څخه کوم چی د یو مفصل په واسطه سره مینځ کی تړل کیږی او په دواړو انجامونو متکی وی .

د نوموړی کمان دریم مفصل د کمان اعظمی ارتفاع لرونکی ټکی (Crown) سره تړلی وی .



اتکائی عکس العملونه پیدا کولو لپاره لومړی کمان په دوو برخو ویشل کیږی او هری برخی لپاره تعادل په پام کی نیولو سره نامعلومی قوی پیدا کیږی .



په د حالت کی مونږ سره شپږ نامعلومی قواوی موجود دی A_X ، A_Y ، B_X ، B_Y ، C_X ، C_Y

کړنلاره :

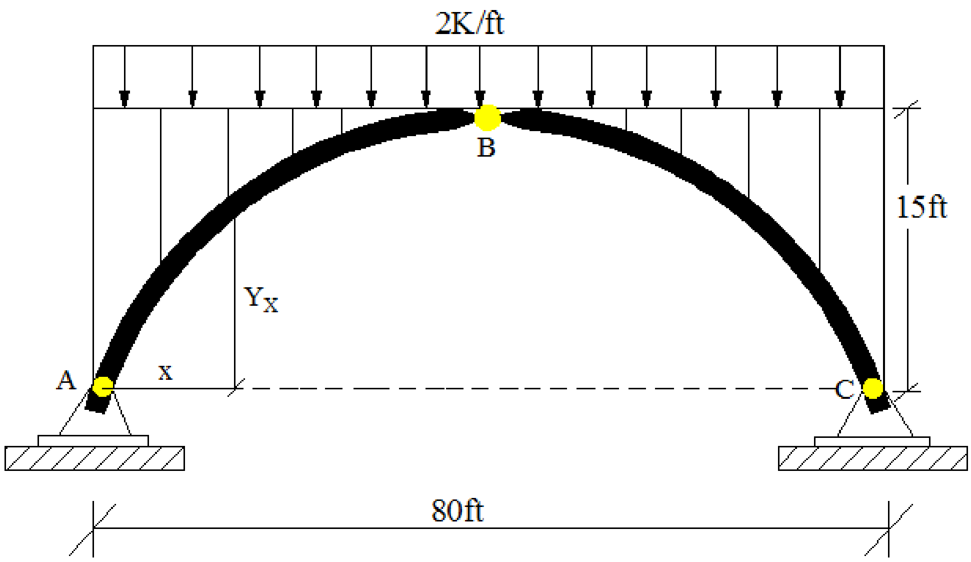
د کمان په A په ټکی کی مومنت صفر کولو سره یو ه معادله لاس ته راوړو همدارنګه په B نقطه کی مومنټ صفر کولو سره دوئمه معادله لاس ته راځی او د دواړو معادلو د حل څخه C_X او C_y پیدا کوو . په ورته ډول نور اتکائی غبرګونونه هم پیدا کیږی . وروسته له دی یو قطع اخلو او نور داخلی نامعلومی قوی (عرضی قوه ، نارملی قوه او مومنټ) محاسبه کوو.

$$y = \frac{4y_c}{L^2}x(L-x)$$

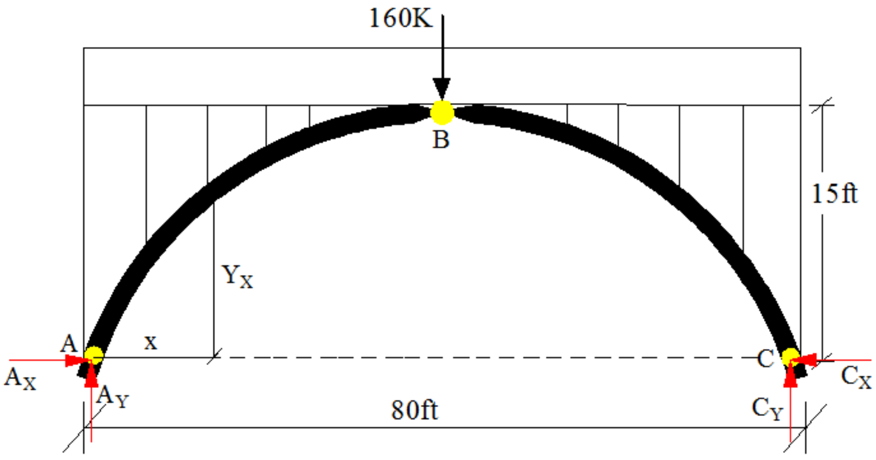
$$H = \frac{\int_0^L M_x . y \, dx}{\int_0^L y^2 \, dx}$$

$M = M_X - HY$

مثال 1 :د ورکړل شوی دری مفصلی کمان اتکائی عکس العملونه پیدا کړی؟



حل:



$\sum M_A = 0$

$-80C_y + (160*40) = 0$

$C_Y = 80K$

$\sum M_C = 0$

$-80A_Y + (160*40) = 0$

$A_Y = 80K$

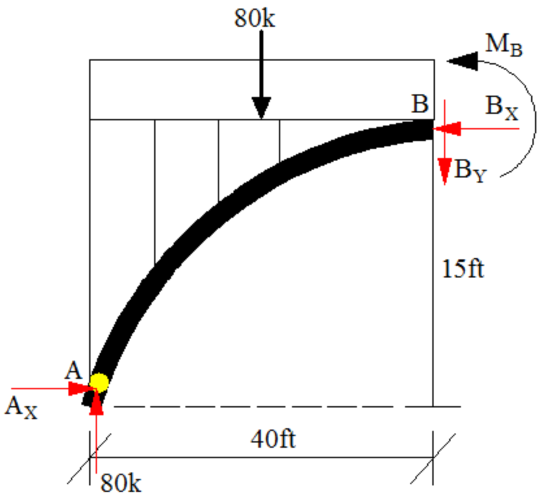
$\sum M_B = 0$

$(80*40) - 15A_X - (80*20) = 0$

$A_X = 107K$

We know that

$A_X = C_X = 107K$



کولی شو د فورمول په واسطه پورتنی سوال حل کو.لومړی د A اتکا ء شخه په x فاصله د کمان لوړوالی Y_x پیدا کوو.

$$y = \frac{4y_c}{L^2}x(L-x)$$

$$y_x = \frac{4.15}{80^2}x(80-x)$$

$Y_x = 0.75x - 0.0094x^2$

په x فاصله مومنت = M_x

$M_x = -(2.x.x/2) + 80x$

$M_x = 80x - x^2$

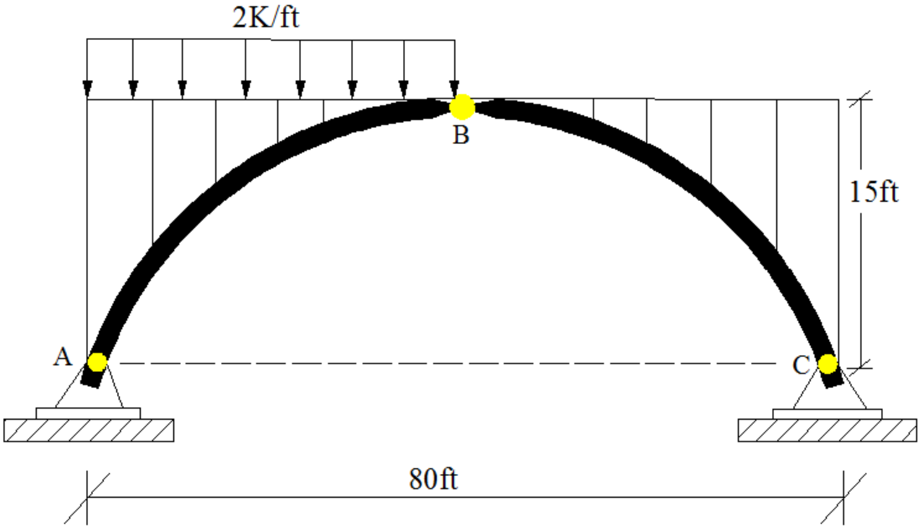
$$H = \frac{\int_0^L M_x.y\,dx}{\int_0^L y^2\,dx} \rightarrow H = \frac{\int_0^{80}(80x-x^2)(0.75x-0.0094x^2)\,dx}{\int_0^{80}(0.75x-0.0094x^2)^2 dx} = \frac{1019900}{95236} = 107K$$

$H = A_x = C_x = 107K$

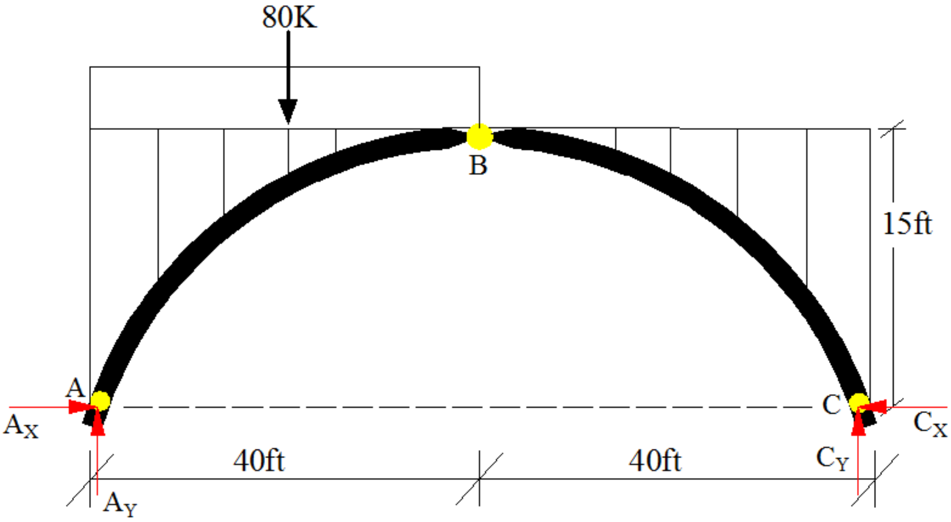
چیک

$$H = \frac{wl^2}{8yc} \Longrightarrow H = \frac{2.80^2}{8.15} = 107K$$

مثال2 يو دري مفصلي كمان چي 80 فټ وايي لرونکي ده.تاسي يي د اتکايزو غبرګونونو قيمت .پيدا کړی.؟



حل:



$\sum M_C = 0$

$80A_Y - (80*60) = 0$ ⟹ $A_Y = 60K$

$\sum F_y = 0$

$A_Y + C_Y - (80) = 0$

$A_Y + C_Y = 80$ ⟹ $C_Y = 80 - 60 = 20K$ $C_Y = 20K$

$\sum M_B = 0$

$-15A_X + (60*40) - (80*20) = 0$

$-15A_X + 2400 - 1600 = 0$

$15A_X = 800$

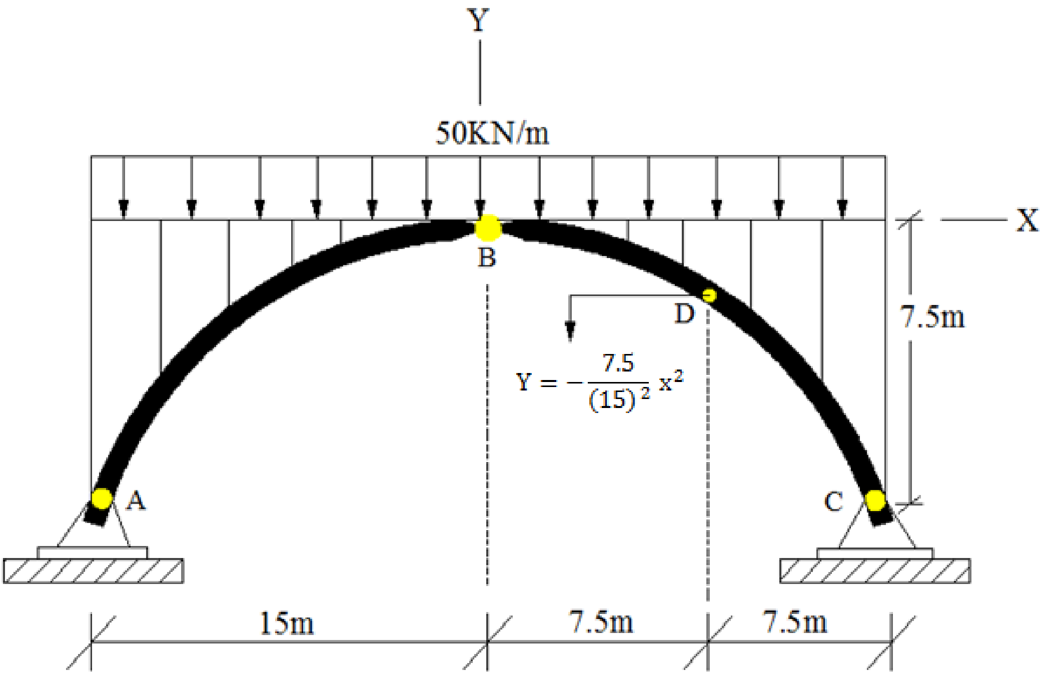
$A_X = 53.3K$ and $C_X = 53.3K$

چیک:

$H = \frac{WL^2}{16Y_C}$ ⟹ $\frac{2(40)2}{16.15} = 53.3K$

مثال:3 په انځور کې ښودل شوی پل دری مفصل لرونکی کمان څخه جوړ دی او پرابولیک شکل لری. که چیرې د پل وائه 30m وی ،او 50KN/m منظم ویشل شوی بار لپاره ډیزائن مطلوب وی ، تاسی د نوموړی کمان اتکایز عکس العملونه ، په D نقطه کی نارملی فشاری قوه (N_D) عرضی قوه (V_D) او مومنټ (M_D) محاسبه کړی.؟ او وښائی چی کمان د فشاری قواو لاندی واقع دی او که نه ؟

حل:



دلته دواړه اتکاګانی په مساوی لیول واقع دی. اتکائی عکس العملونه پیدا کوو

$\sum M_A = 0$

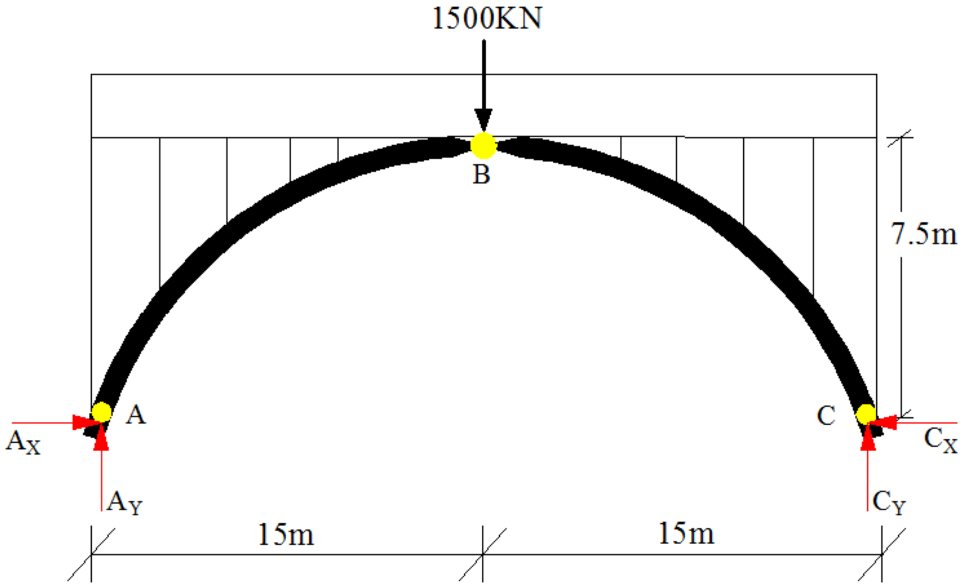
$-30C_y + (1500*15) = 0$

$C_Y = 750KN$

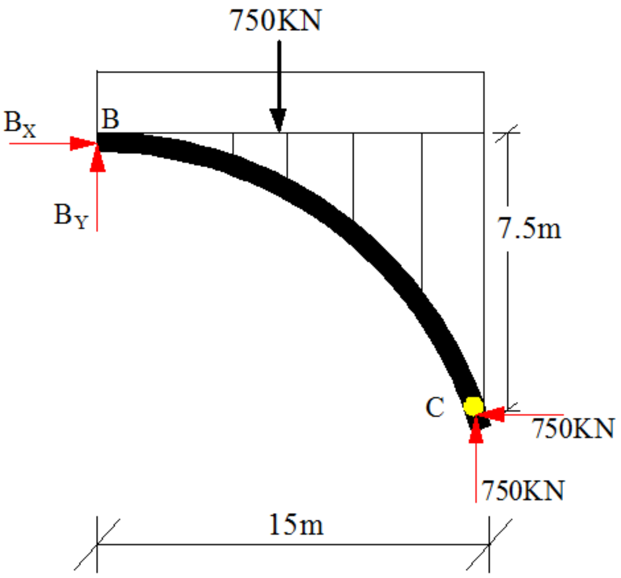
$\sum M_B = 0$

$-(750*15) + (50*15*7.5) + 7.5C_X = 0$

$C_X = 750KN$



د کمان BC برخه :



$\sum F_X = 0$

$B_X - 750 = 0$

$B_X = 750KN$

$\sum M_C = 0$

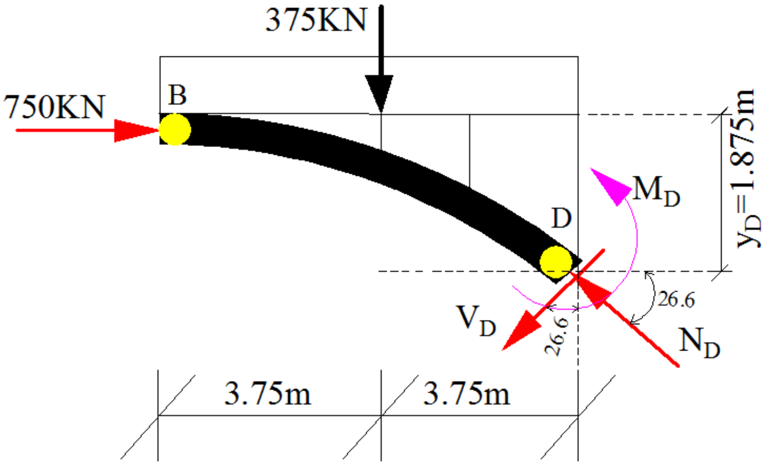
$15B_Y + (750*7.5) - (750*7.5) = 0$

$B_Y = 0$

د B نقطی شخه D پوری قطع اخلو او غوبنتل شوی قوی پیدا کوو . (x=7.5m from B
)

X = 7.5m

$Y_D = \frac{-7.5}{(15)^2} x^2 = \frac{-7.5}{(15)^2} 7.5^2$



$\mathbf{Y_D = -1.875m}$

$Tan\theta = \frac{dy}{dx} = \frac{d}{dx} \left(\frac{-7.5}{(15)^2} x^2 \right)$

$Tan\theta = \frac{-7.5}{(15)^2} . 2x$ put x=7.5

$Tan\theta = \frac{-7.5}{(15)^2} . 2(7.5) = -0.5$

$\mathbf{\theta = 26.6^\circ}$

$\sum F_X = 0$

$- N_D cos26.6 - V_D sin26.6 + 750 = 0$

$- 0.894N_D - 0.45V_D + 750 = 0$ …….. (1)

$\sum F_Y = 0$

$N_D sin26.6 – V_D cos26.6 - 375 = 0$

$0.5N_D - 0.894V_D – 375 = 0$ …………… (2)

د 1 او 2 معادلو حل څخه لرو.

$N_D = 838KN$

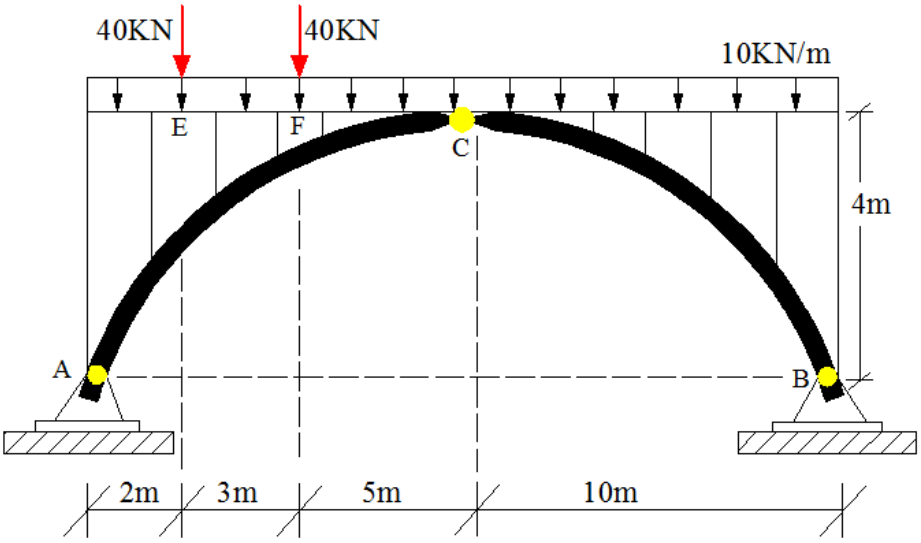
$V_D = 0$

$\sum M_D = 0 \rightarrow (750*1.875) – (375*3.75) – M_D = 0$

$M_D = 0$

په D نقطه کی عرضی قوه او مومنټ صفر دی یعنی په کمان کی صرف فشاری قواوی (N_D) موجود دی .

مثال4 یو دري مفصلي کمان چي 20 متره وايي لرونکي ده.تاسي يي د اتکايزو غبرګونونو قيمت .پيدا کړی که چیرته په کمان ښودل شوی بارونوعمل کړی و ی.



حل:

$\sum M_B = 0$

$20A_Y - (40*18) – (40*15) – (10*20*10) = 0$

$A_Y = 166KN$

$\sum F_Y = 0$

$166 + B_Y – 40 – 40 – (10*20) = 0$

$B_Y = 114KN$

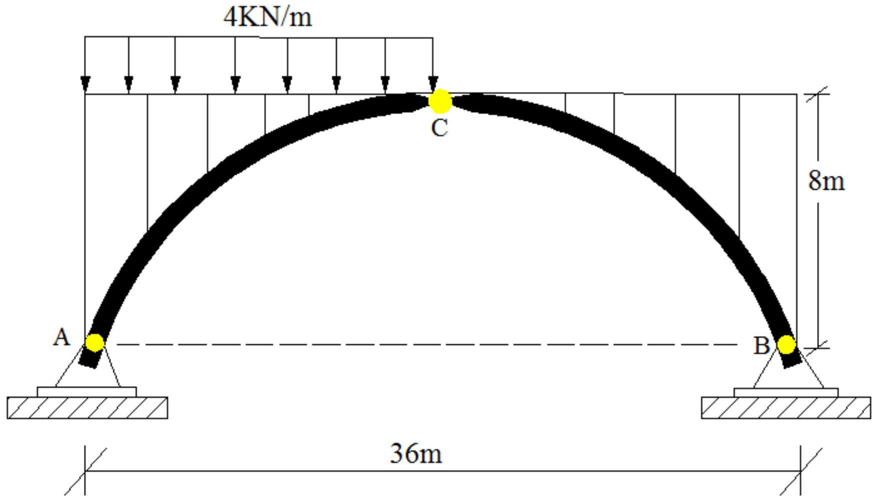
$\sum M_C = 0$

$(166*10) - 4A_X – (40*8) – (40*5) – (10*10*5) = 0$

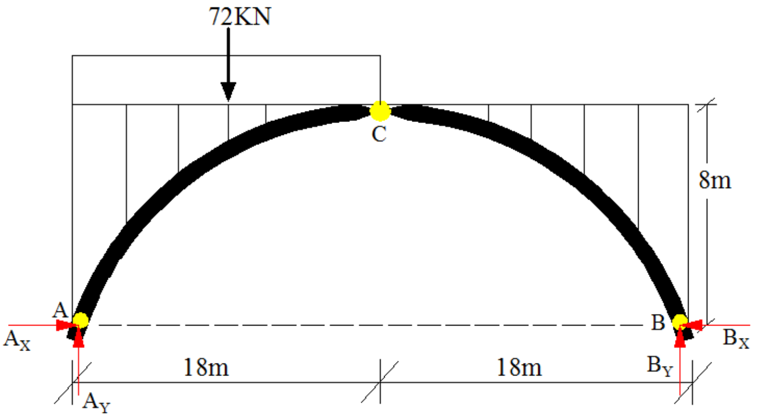
$A_X = 160KN$

Also $A_X = B_X = 160KN$

مثال5 یو دري مفصلي کمان چي 36 متره وايئ لرونکي ده.تاسي يي د اتکايز غبرګونونو قيمت ، په C ټکی کی عرضی قوه (V_C) ، نارملی قوه (C_X) او مومنټ (M_C) پيدا کړی.



حل:



1) اتکائی عکس العملونه :

$\sum M_B = 0$

$36A_Y - (72*27) = 0$

$A_Y = 54KN$

$\sum M_C = 0$

$(54*18) - (8A_X) - (72*9) = 0$

$A_X = 40.5KN$ we know that

$\sum F_Y = 0$

$54 + B_Y - 72 = 0$

$B_Y = 18KN$

$B_X = 40.5KN$

M_C ، N_C ، V_C (2

C_X =40.5KN

$\sum F_Y = 0$

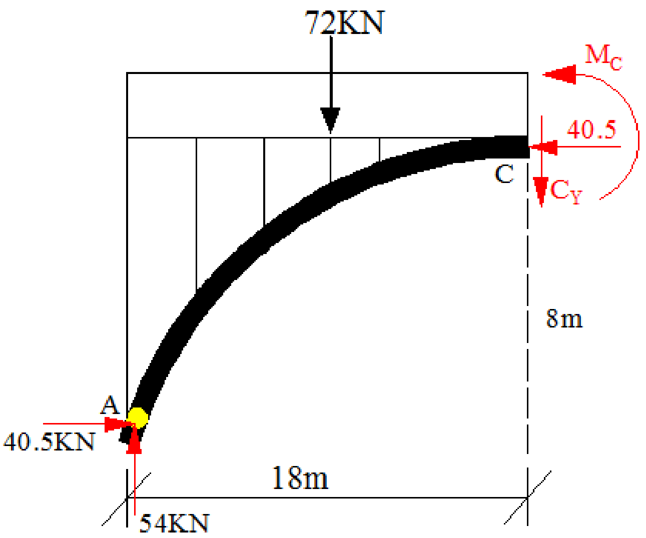
54 -72 – C_Y =0

C_Y = -18KN

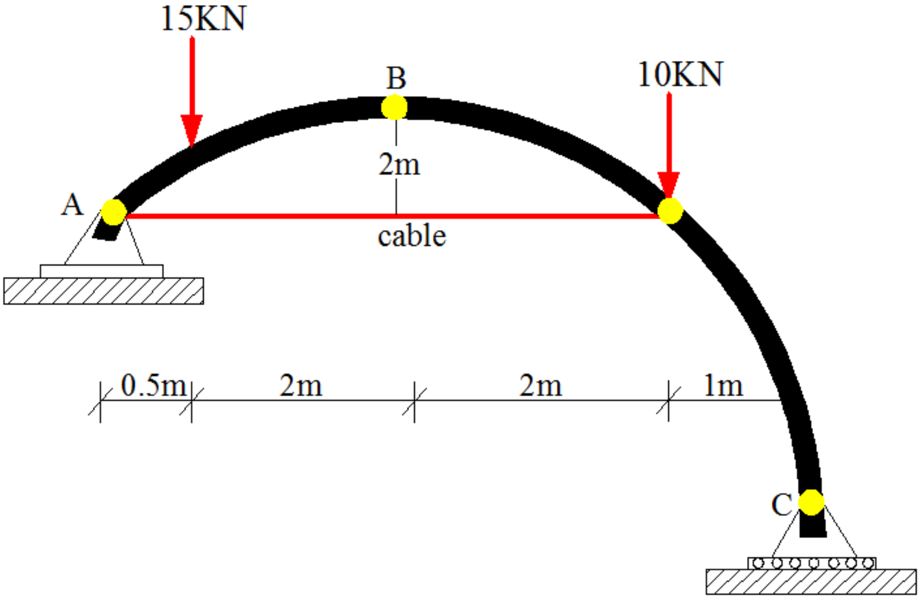
$\sum M_C = 0$

$-M_C + (54*18) - (40.5*8) - (72*9) = 0$

$M_C = 0$



مثال6 یوتړل شوی دري مفصلي کمان چي5.5 متره وائه لری تاسي يي د اتکايزو غبرګونونو قيمت او په ترل شوی کیبل کی کششی قوه پیدا کړي



حل:

$\sum M_A=0$

$-5.5C_Y + (10*4.5) + (15*0.5) = 0$

$C_Y = 9.55KN$

$\sum F_y=0$

$A_Y + 9.55 - 15 - 10 = 0$

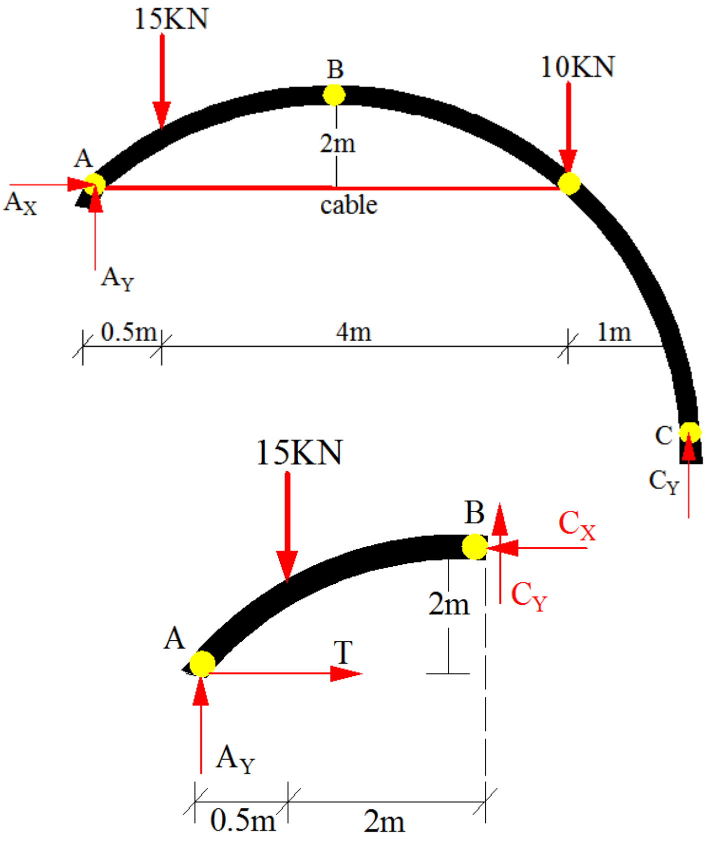
$A_Y = 15.5KN$

Section AB

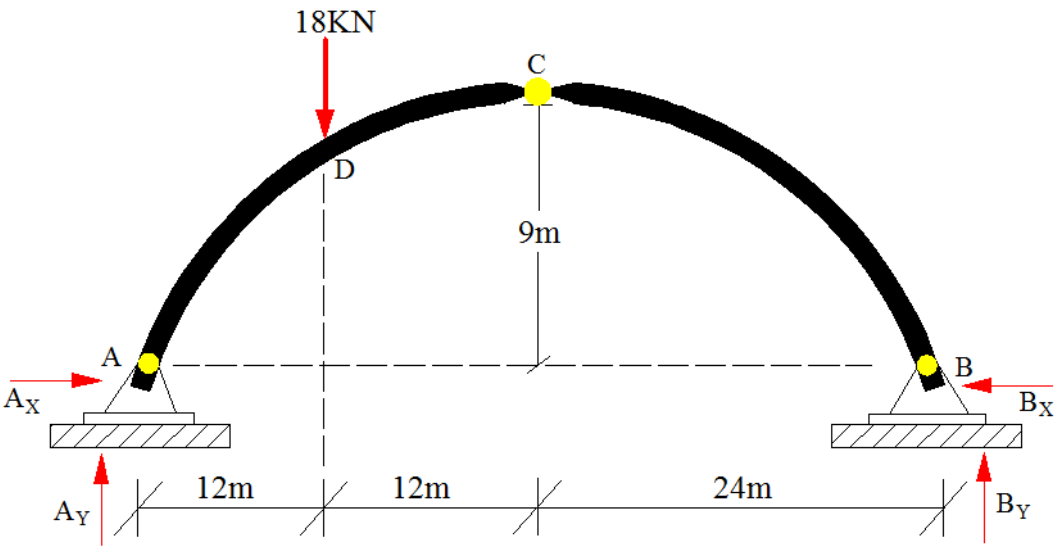
$\sum M_B=0$

$(15.5*2.5) - (2T) - (15*2) = 0$

$T = 4.32K$



مثال7 د ورکړې شوی دری مفصل لرونکی پرابولی کمان د انحنائی مومنټ دیاګرام رسم کړی؟؟



حل:

$\sum M_B=0 \;\rightarrow\; 48A_Y - (18*36) = 0 \;\rightarrow\; A_Y = 13.5KN$

$\sum M_A=0 \;\rightarrow\; -48B_Y + (18*12) = 0 \rightarrow\; B_Y = 4.5KN$

$\sum F_X=0 \;\rightarrow\; A_X = B_X$

$\sum M_C=0 \;\rightarrow\; -9A_X - (18*12) + (13.5*24) = 0 \;\rightarrow\; A_X = B_X = H = 12KN$

د X او Y ترمنځ رابطه:

$$y = \frac{4y_c}{L^2}.x.(L-x)$$

$$\mathbf{y} = \frac{4.9}{48^2}.\mathrm{x}.(48-\mathrm{x}) = \mathbf{0.75x - 0.0156x^2}$$

$$\mathbf{y_{12} = 0.75(12) - 0.0156(12)^2 = 6.75m}$$

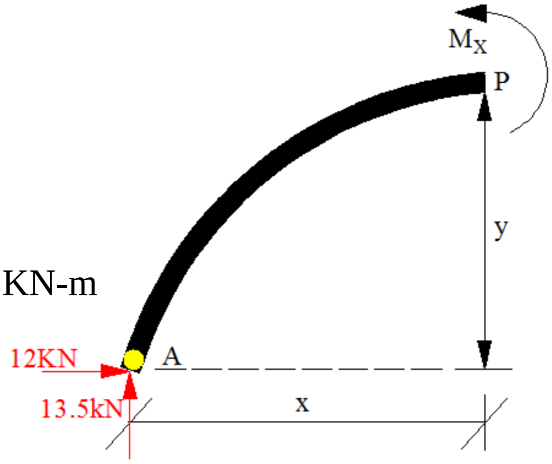
A او **D** ترمنځ قطع:

$\sum M_P=0 \;\rightarrow\; 13.5x - 12y - M_X = 0 \;\rightarrow\; M_X = 13.5x - 12y$

$\mathbf{M_X = 13.5x - 12y} \;\rightarrow\; 0 \le x \le 12$ او $0 \le y \le 6.75$

$$\left.\begin{matrix} x = 0 \\ y = 0 \end{matrix}\right\} M_A = 13.5x - 12y = 0$$

$$\left.\begin{matrix} x = 12m \\ y = 6.75m \end{matrix}\right\} M_D = (13.5*12 - 12*6.75) = 81 \text{ KN-m}$$



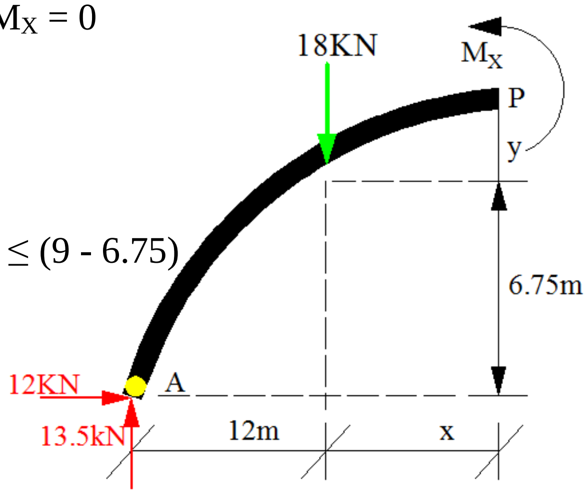
D او C ترمنځ قطع:

$$\sum M_P=0 \quad \rightarrow \quad 13.5(12+x) - 12(6.75+y) - 18x - M_X = 0$$

$$\rightarrow M_X = 162 + 13.5x - 81 - 12y - 18x$$

$$M_X = -4.5x - 12y + 81$$

$\mathbf{M_X} = -4.5x - 12y + 81 \rightarrow 0 \le x \le 12$ او $0 \le y \le (9 - 6.75)$



$$\left.\begin{matrix} x = 0 \\ y = 0 \end{matrix}\right\} M_D = 81\text{KN-m}$$

$$\left.\begin{matrix} x = 12m \\ y = 2.25m \end{matrix}\right\} M_C = 0$$

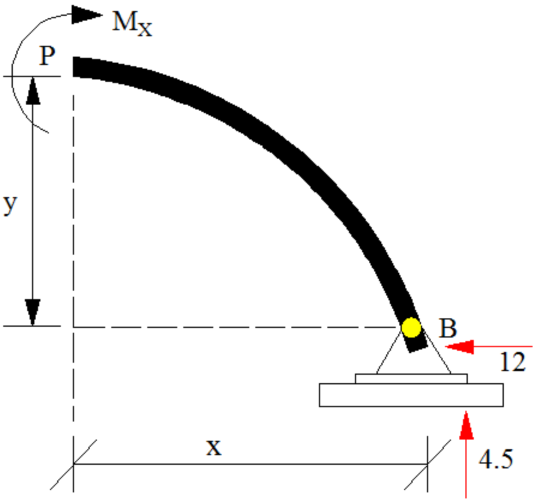
C او B ترمنځ قطع:

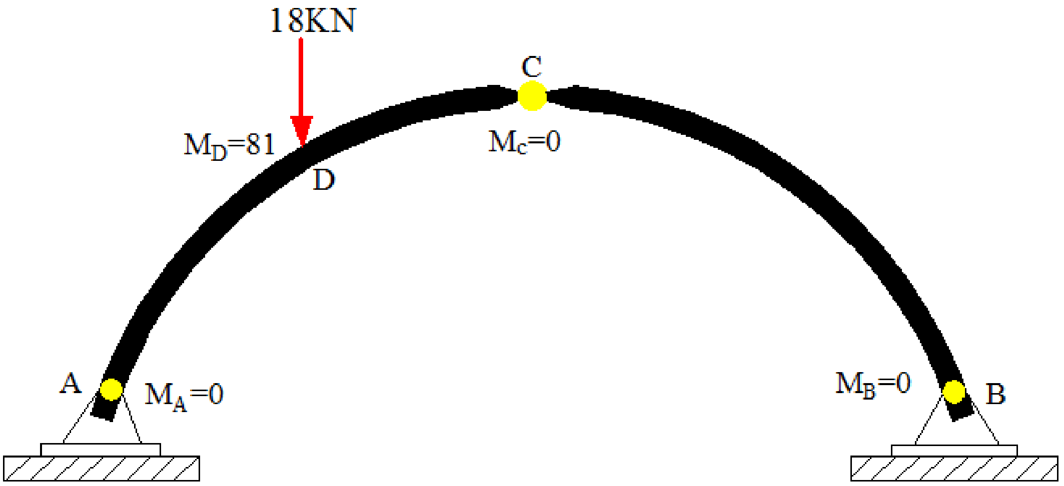
$$\sum M_P=0 \quad \rightarrow -4.5x + 12y + M_X = 0$$

$M_X = 4.5x - 12y \quad 0 \le x \le 24$ او $0 \le y \le 9$

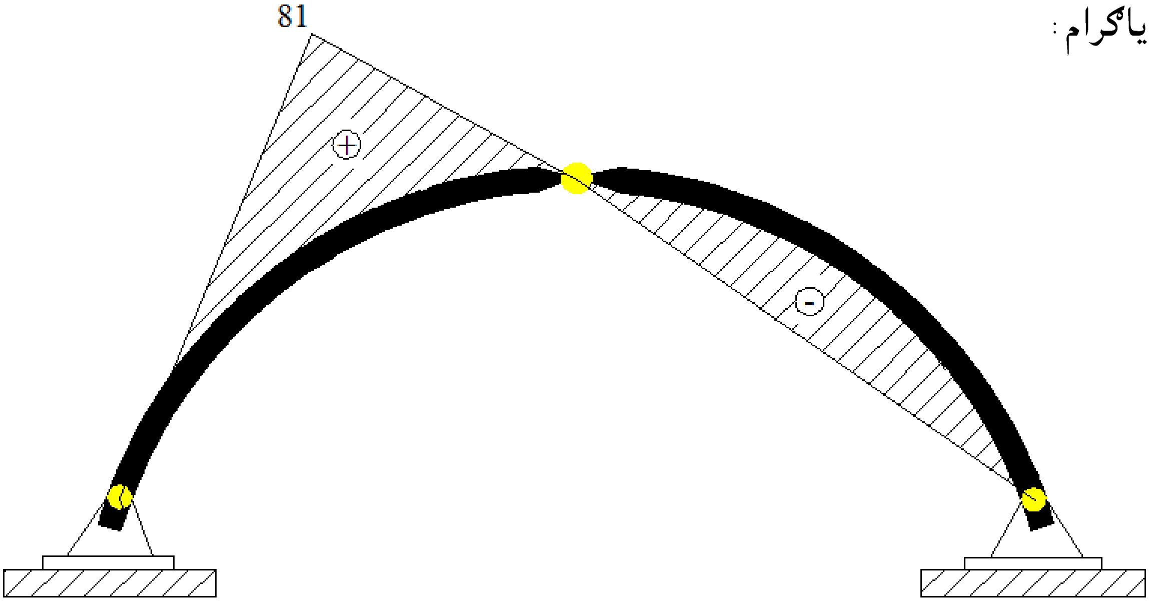
$$\left.\begin{matrix} x = 24m \\ y = 9m \end{matrix}\right\} M_C = 0$$

$$\left.\begin{matrix} x = 0 \\ y = 0 \end{matrix}\right\} M_B = 0$$



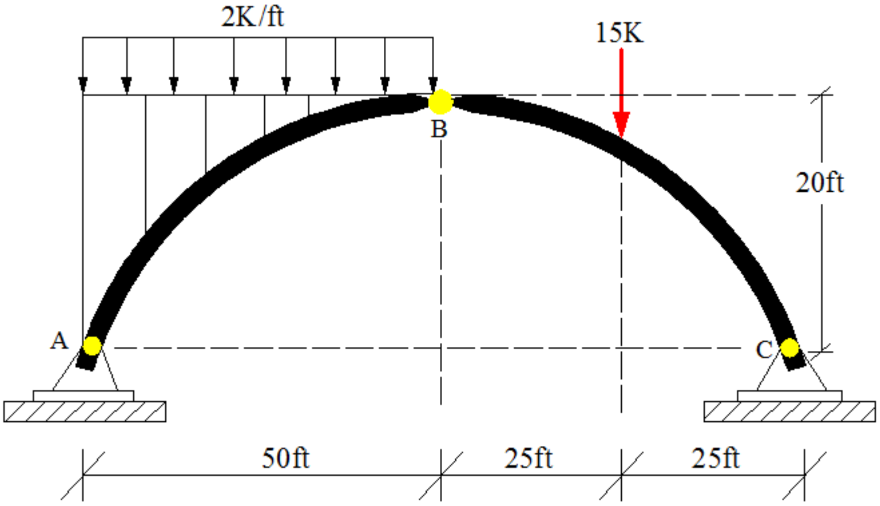


دیاګرام :

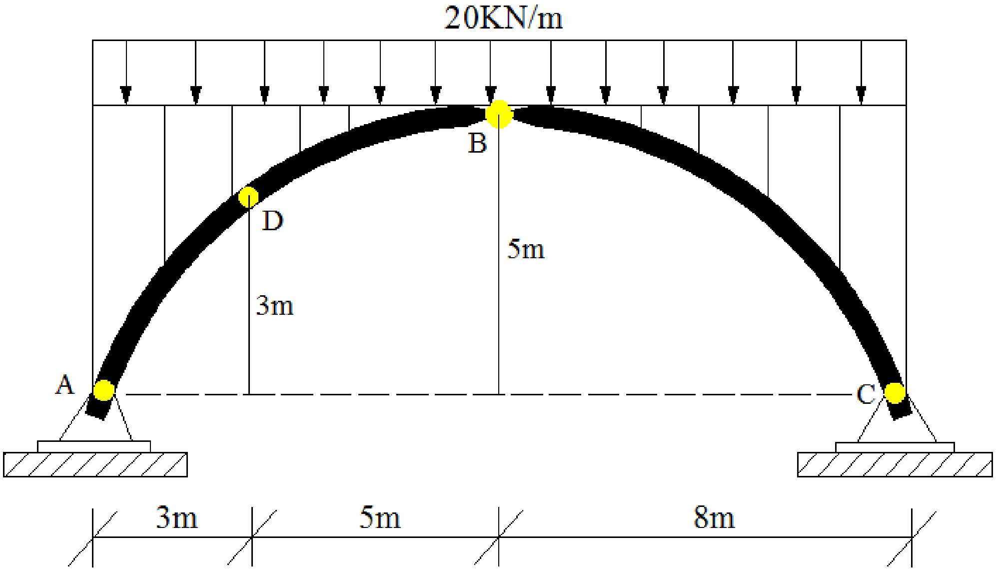


تمرين (Exercise)

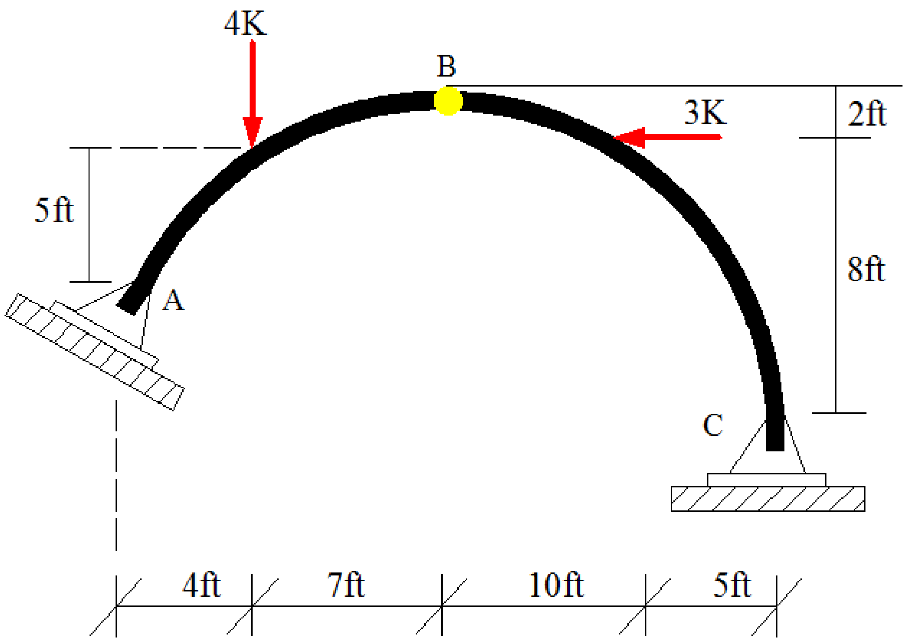
1) د کمان اتکائی عکس العملونه پیدا کړی.؟



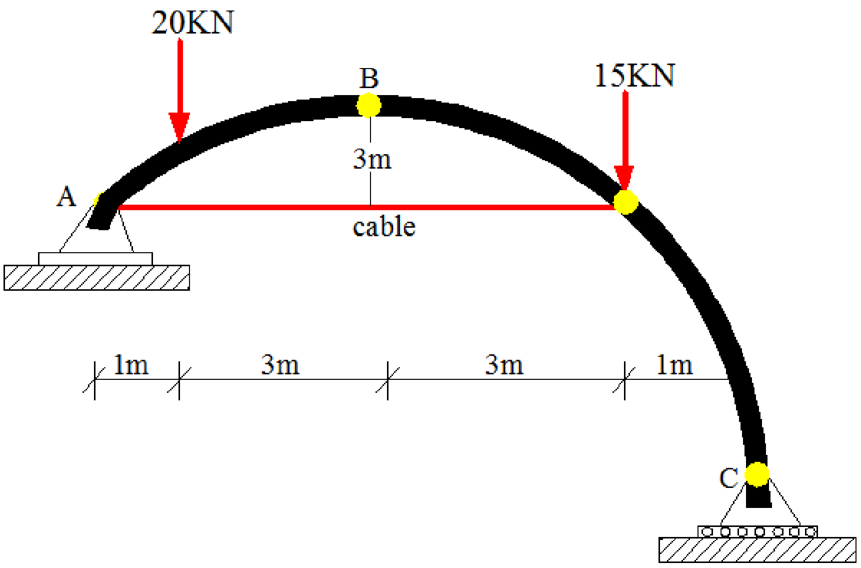
2) د ورکړل شوی دری مفصلی کمان په D نقطه کی داخلی مومنټ پیدا کړی که چیری کمان د 20KN/m منظم ویشل شوې بار لاندی واقع وی؟



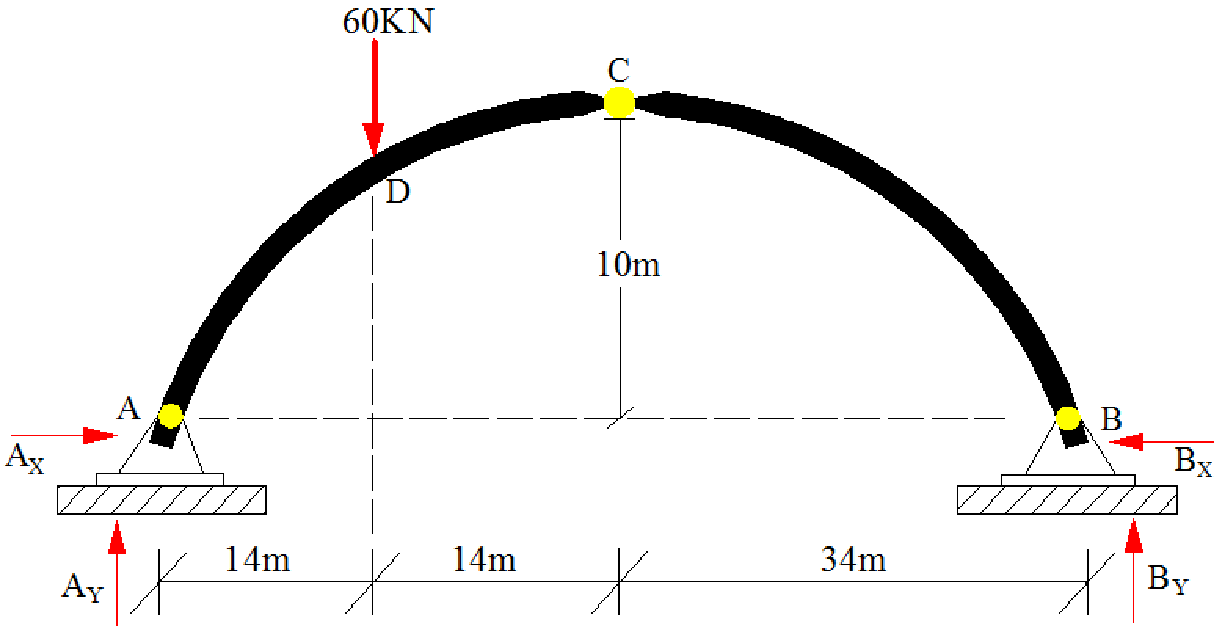
3) د ورکړل شوی دری مفصلی کمان په A ، B ، C تکو کی اتکائی عکس العملونه پیداکړی



4) یوتړل شوی دري مفصلي کمان چي8 متره وائه لری تاسي يي د اتکايزو غبرګونونو قيمت او په تړل شوی کيبل کی کششی قوه پيدا کړي



5) د ورکړ شوی دری مفصل لرونکی پرابولی کمان د انحنائی مومنټ دیاګرام رسم کړی؟؟


60KN
C
D
10m
A
B
A_X
B_X
A_Y
B_Y
14m
14m
34m

7

اووم څپرکی

د معین ستاتیکي ترسونو تحلیل

(Analysis of statically determinate Trusses)

په د فصل کی د معین ستاتیکی ترسونو تحلیل تر څیړنی لاندی نیسو او د ترسونو په مختلفو برخو کی کششی یا فشاری قواوی پیدا کولو لپاره د غوټو او قطعې میتود تشریح کوو.

ترس (Truss)

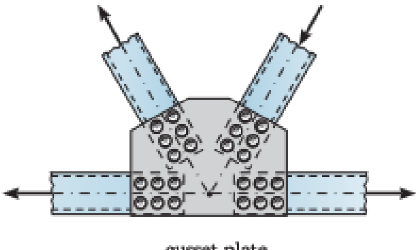
د مثلثي برخو څخه جوړ هغه ساختماني جوړخت چي د فلز یا لرګو (Metal and Wood) نري میلي پکې په مثلثي شکل یو ځاي شوي وي او دا میلي د کششي یا فشاري قواو لاندي واقع وی عبارت دی له ترس څخه.

په ترس کې ټولي قواوي په محوري بڼه اساس ته انتقالیږي.

ترسونه په هغه ساختمانونو کښې استعمالیږي، چي وایه یي لوي وي او د ګادرونو استعمال پکی غیر اقتصادي وي.

ترس ته په ګادر هله فوقیت ورکول کیږي که مونږ د ساخمان په طول کې دلچسپي ولرونه په ژوروالي کې.دا به ډیر اقتصادي وي که مونږ ترس د 9m څخه 30m فاصله کې استعمال کو، اګرچي دي نه زیات فاصلی ته هم استعمالیږي.

په ترسونو کې د عناصرو د هندسي شکله ترتیب له امله کوم بار چي د ترس د کوږوالي لامل ګیږي، د ترسونو په عناصرو کې په کششي او فشاري قواوبدلیږي.



ګزټ پلیټ (Gusset Plate)

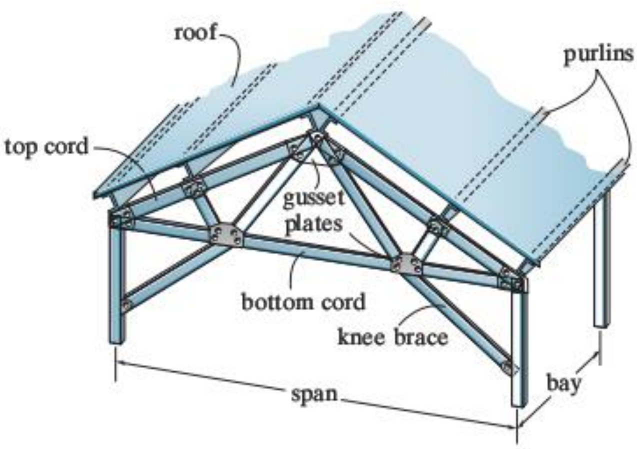
د فلزی موادو هغه پلیټ کوم څخه چی په غوټو (Joints) کی استفاده کیږی او د وصل شویو میلو په خپل ځای ساتلو لپاره په جوائنټ کی کوشیر کیږی.

د ترسونو ډولونه (Types of Trusses)

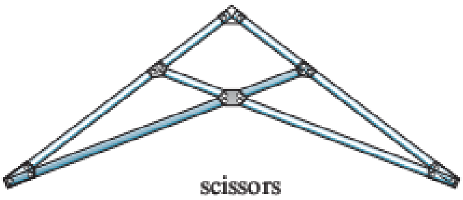
1) په چتونو کی استعمالیدونکی ترسونه (Roof Trusses)

دا ډول ترسونه زیاتره د صنعتی تعمیراتو یا فابریکو په چتونو کی د مکمل ساختمان یوی برخی په حیث کار کوی لکه څرنګه چی په انځور کی ښودل شوی .
دلته د چت خپل وزن او نور چاپيريالي بارنونه لومړی د پرلنز (purlins) د لاری غوټو (Joints) ته انتقالیږی او د غوټو څخه ترل شویو میلو ته.دا ډول ترس سره د تکیه ګانو د بینټ (Bent) په نامه یادیږی
.

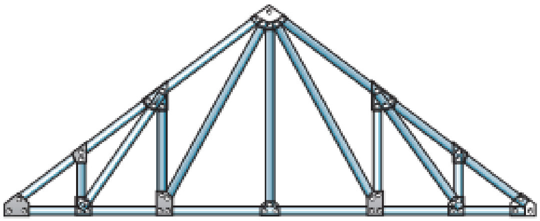
دوه ګاونډی بینټونو تر منځ فاصلی ته bay وئیل کیږی.
اقتصادی ډیزائن لپاره بائد لاندی نورمونه په پام کی ونیسو .
که چیری ترس 18m وائی لرونکی وی بائد د bay اوږدوالی ئی 4.6m وی .
که چیری ترس 30m وائی لرونکی وی بائد د bay اوږدوالی ئی 6.1m وی .



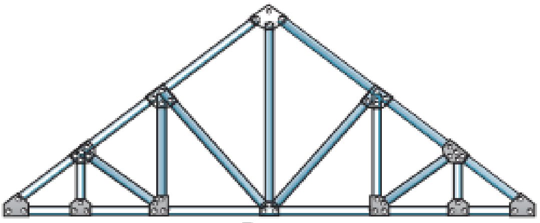
کله چی یو ساختمان لپاره ترس مشخص کیږی د ټولو مخه د ساختمان وائه ، د چت میلان (slope) او مواد تاکل کیږی اودغه مشخصات په پام کی نیولو سره د مناسب ترس انتخاب کیږی . په چتونو کی د کوم ډول ترسونو څخه چی استفاده کیږی ، لاندی ښودل شوی دی.



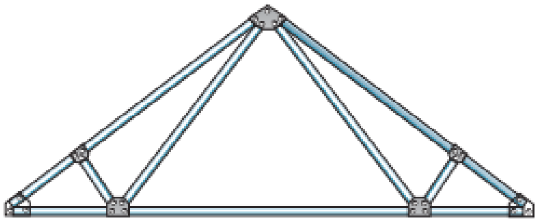
scissors
(a)



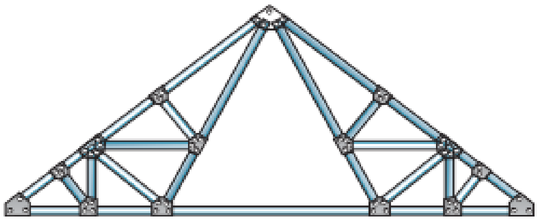
Howe
(b)



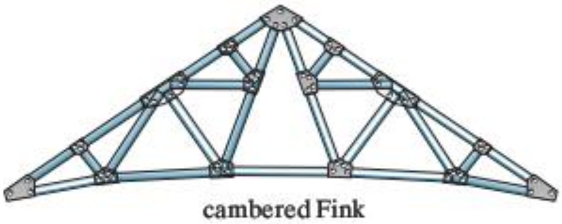
Pratt
(c)



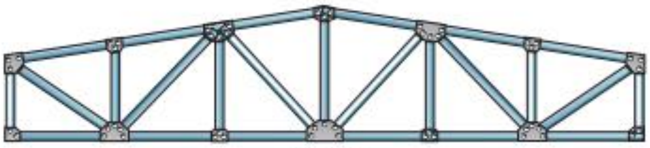
fan
(d)



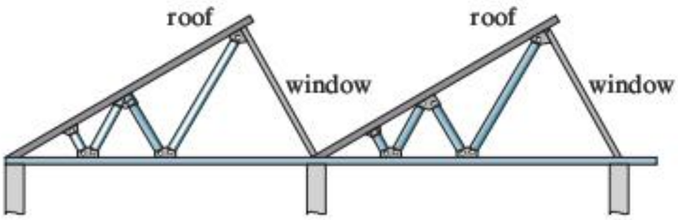
Fink
(e)



cambered Fink
(f)

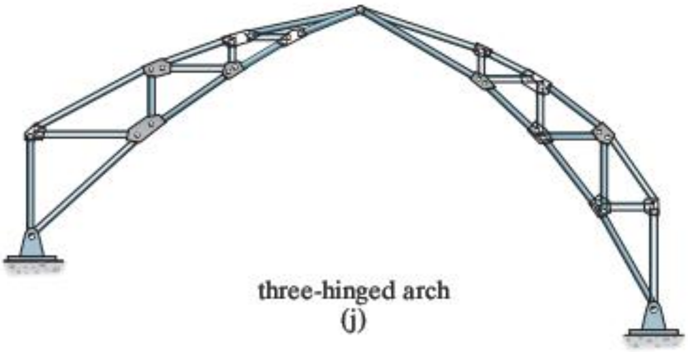


Warren
(g)



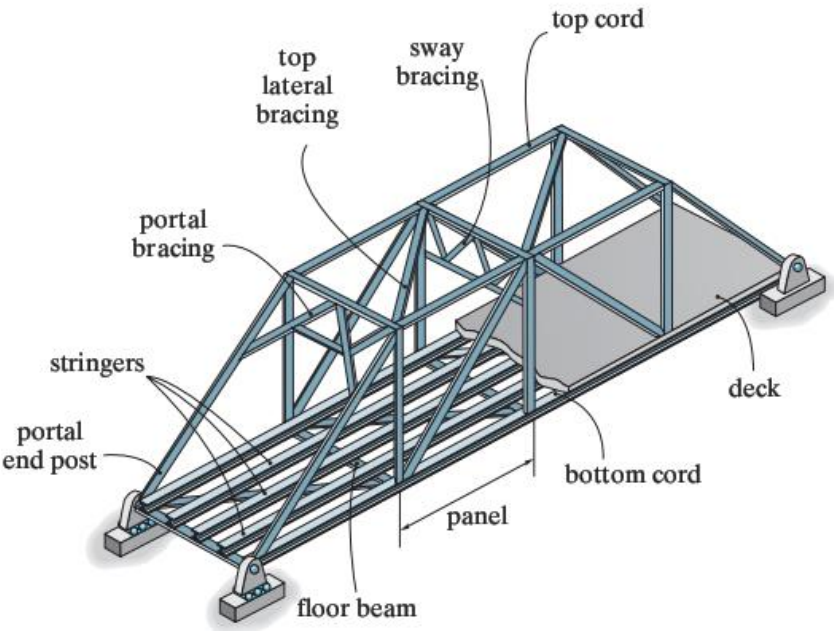
sawtooth
(h)

bowstring
(i)



three-hinged arch
(j)

2) په پلونو کی استعمالیدونکی ترسونه (Bridge Trusses)



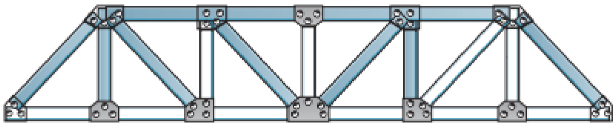
په پلونو کی استعمالیدونکی ترسونو مهم غړی په شکل کی ښودل شوی.

د بارونو انتقال :

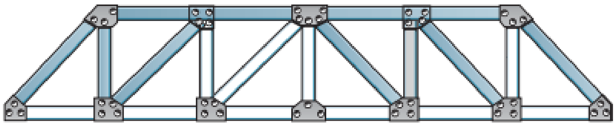
په د ډول ترسونو کی لومړی د عراده جاتو وزن د پل سلب ته انتقالیږی د سلب (deck) څخه طولی ګاډرونو (stringers) ته ، عرضی ګاډرونو (Floor Beams) ته او په ورته ډول غوټو (joints) ته انتقالیږی همدارنګه ټول بارونه په منظم ډول غوټو سره وصل شویو میلو ته او په ورستیو کی اتکاګانو ته انتقالیږی. په نوموړیو ترسونو کی پورتنۍ او لاندینۍ میلی خپل مینځ کی د افقی قواو (Wind ,EQ) زغملو لپاره تړل کیږی کوم چی د lateral Bracing په نامه بلل کیږی.

دا چی تودوخی له امله پیدا شوی اوږدیدنه د پل ویجاړتیا لامل ونه ګرځی په عملی ساحه کی د پل یوی خوا ته متحرکه اتکاء نسب کیږی .

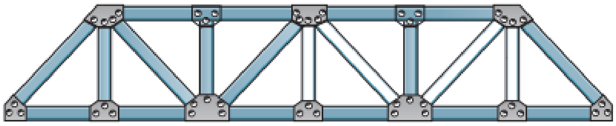
لاندی ورکړ شویو ترسونو څخه په پلونو کی استفاده کیږی .



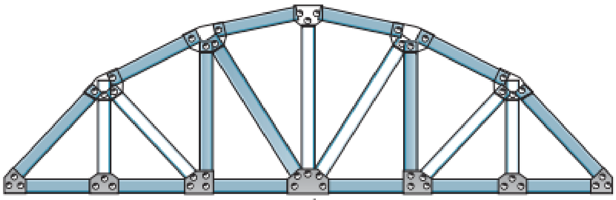
Pratt
(a)



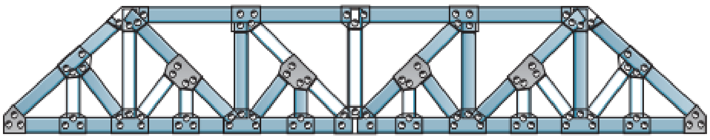
Howe
(b)



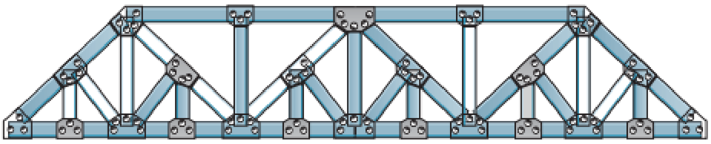
Warren (with verticals)
(c)



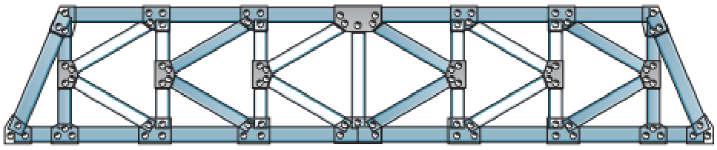
Parker
(d)



Baltimore
(e)



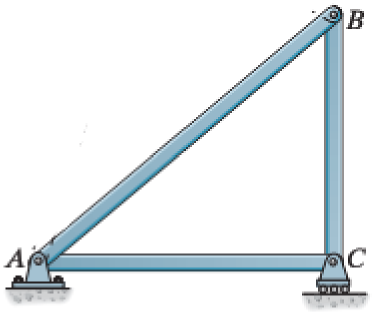
subdivided Warren
(f)



K-truss
(g)

د تحلیل له نظره ترسونه په لاندی ډولونو ویشل کیږی .

1) ساده ترسونه (Simple trusses)

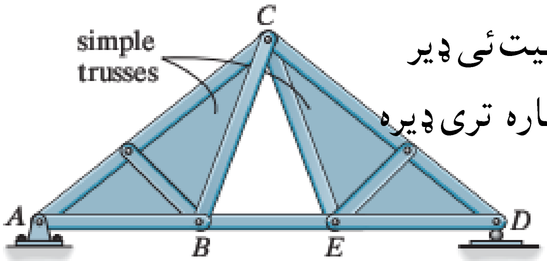


د ډول ترسونه ساده او بنیادی مثلثی غړیو څخه جوړ وی لکه څرنګه چې په شکل کی ښودل شوی .د ویجاړتیا مخنیوی لپاره بائد ترس شخ او هندسی تغیر نه منونکی وی .

د ترسونو ستېبیلتې دوئم فصل کی په تفصیل سره تشریح شوی .

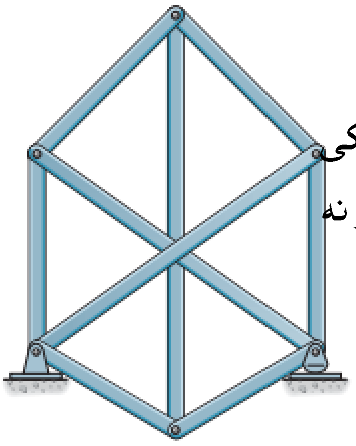
2) مرکبې ترسونه (compound Trusses)

کله چې دوه یا دوو څخه ډیر ساده ترسونه خپل مینځ کی د بارونو زغملو لپاره وصل کړی شی ، عبارت دی له مرکبی ترسونو څخه .



دی ډول ترسونو جوړښت ډیراسان او بارونو زغملو ظرفیت ئی ډیر زیات وی همدا وجه ده په عملی ساحه کی اوږدو وائولپاره تری ډیره استفاده کیږی .

3) پیچلې ترسونه (Complex Trusses)



د ډول ترس ساده او مرکبی ترسونو سره ډیر توپیر لری او تحلیل ئی ساده ترسونو په څیر نه کیږی

.په ترسونو کی صرف نارملی کششی یا فشاری قوی په داخل د میلو کی پیدا کیږی او هیڅ ډول کوږوالی مومنټ یا هم عرضی قوه پکی حضور نه لری.

د ترس په میلو کې داخلي قوی پیدا کولو لپاره لاندي طریقي لرو

١. د غوټو طریقه (Method of joints)

٢. د قطعي طریقه (Method of section)

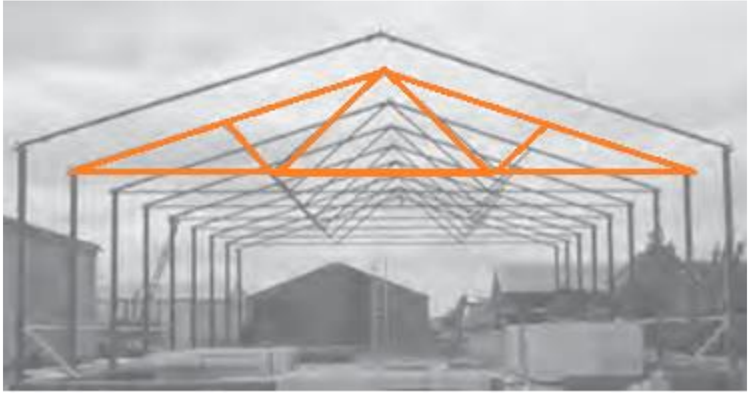
٣.ګرافیکي طریقه (Graphical Method)

د معین ستاتیکي ترسونو تحلیل (د غوټو طریقه)

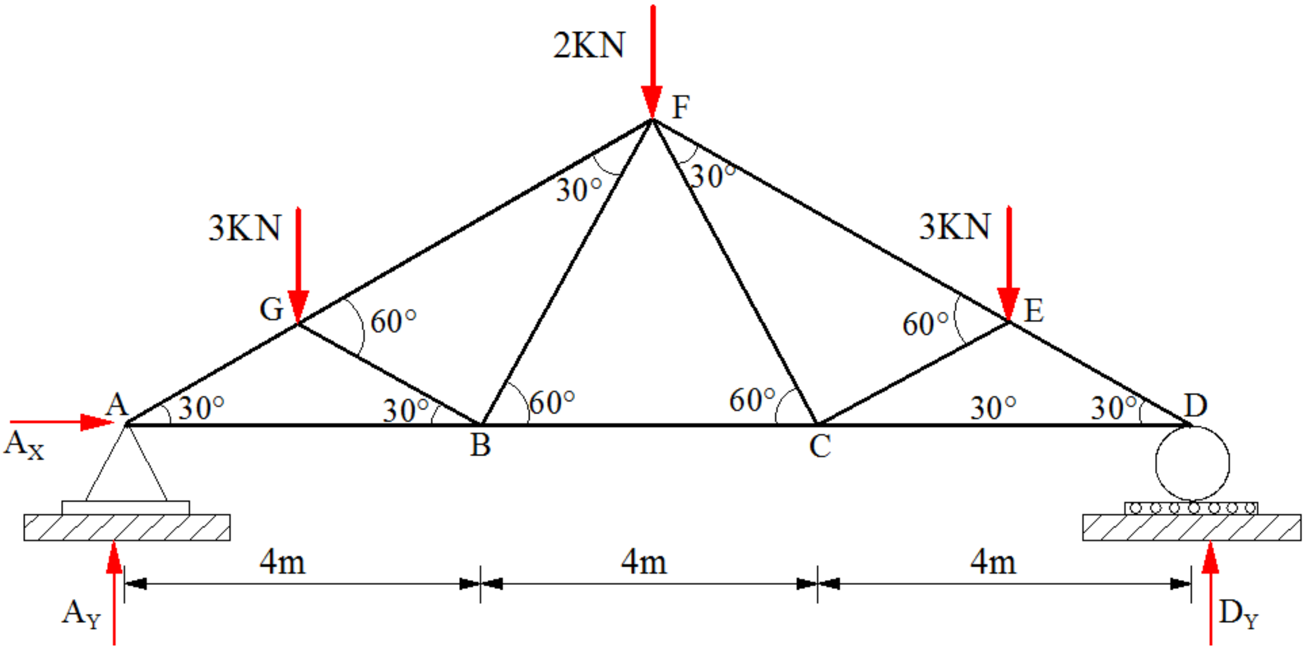
(Analysis of Truss using Method of joint)

د تحلیل کړنلاره: (Procedure for Analysis)

- ✓ لومړی بائدا تکائی غبرګونونه پیدا کړو .
- ✓ د هغه غوټې Free body diagram کاږو چې یو یا له یو څخه زیاتې معلومی قوی ولری.
- ✓ د قوو اجزا بیلولو لپاره بائد X او Y محور مشخص کو.
- ✓ تعادلی معادلو څخه په استفاده نامعلومی قوی پیدا کوو. $\sum F_X$ ، $\sum F_Y$
- ✓ مثبت او منفی علامت د قوو جهت ښائی.مثبت کشش لپاره او منفی فشار لپاره .
- ✓ تحلیل لپاره بائد هغه غوټې ته فوقیت ورکول شی کوم چې کم نه کم یو او زیات نه زیات دوه معلومی قوی ولری.
- ✓ کله چې د یو میلی په سر کی نامعلومه قوه محاسبه شی د میلی په دوئم سر کی همدا قیمت استعمالیږی (فقط جهت ئی تغیر خوری)
- ✓ کله چې میله په کشش کی واقع وی غوټې به ئی فشار کی وی
- ✓ کله چې میله په فشار کی واقع وی غوټې به ئی کشش کی وی



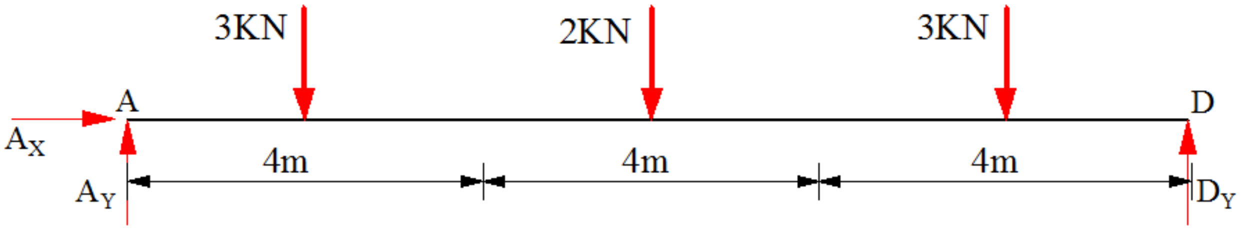
1) مثال: په انځور کې د ښودل شوی ترس (Roof Truss) د ټولو میلو داخلي قوی محاسبه کړی او وښائی کومه برخه په کشش یا فشار کی واقع ده .نور معلومات په لاندی ډول دی .



حل:

دا چې ترس د قوو او هندسی شکل دواړو د لحاظه مشابهه دی نو صرف یواړخ ئی تحلیل کوو

1) اتکائی غبرګونونه

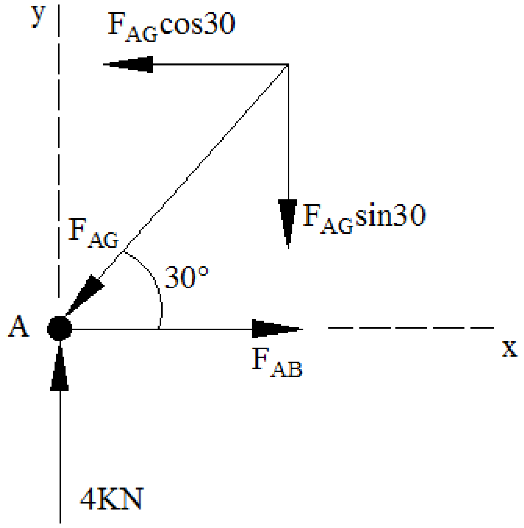


$\sum M_D = 0 \rightarrow 12A_Y - (3*10) - (2*6) - (3*2) = 0 \rightarrow A_Y = 4KN$

$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad 4 + D_Y - 3 - 2 - 3 = 0 \qquad \rightarrow D_Y = 4KN$

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

Joint A:



$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad 4 - F_{AG}\sin 30 = 0$

$F_{AG} = 8KN$ (compression)

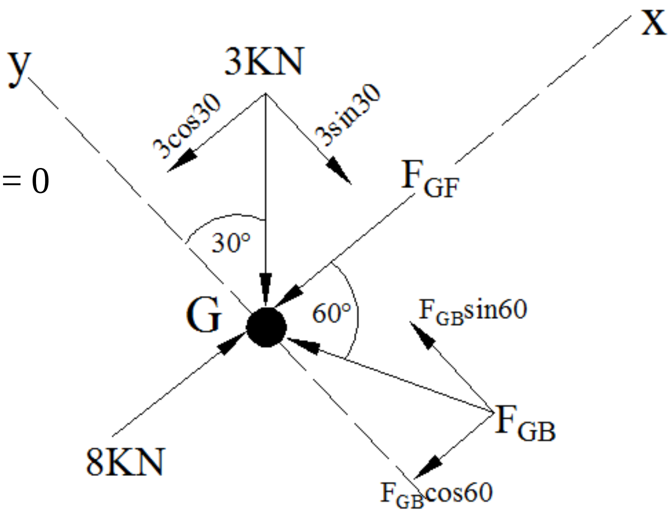
$\sum F_X = 0 \rightarrow \quad F_{AB} - F_{AG}\cos 30 = 0$

$F_{AB} = 8\cos 30$

$F_{AB} = 6.93KN$ (Tension)

Joint G:

د محوراتو په تغیر کولو سره سوال د اوړدی محاسبی څخه ژغورل کیږی.



$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad F_{GB}\sin 60 - 3\sin 30 = 0$

$F_{GB} = 3KN$ (compression)

$\sum F_X = 0 \rightarrow 8 - FGF - 3\cos 30 - 3\cos 60 = 0$

$F_{GF} = 5KN$ (compression)

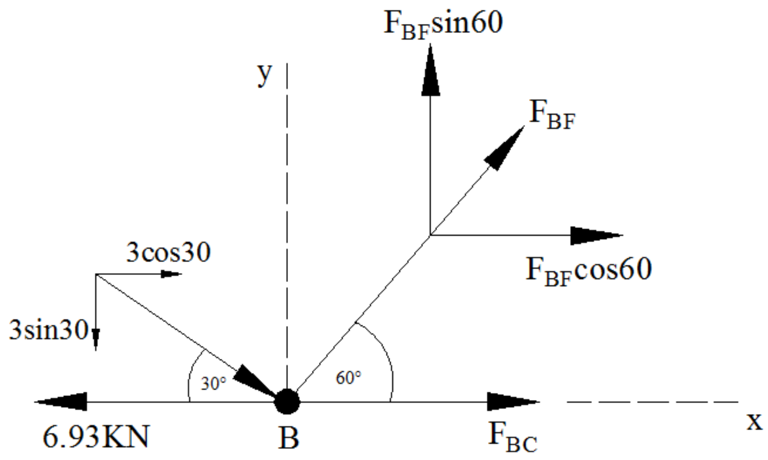
Joint B:

$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad F_{BF}\sin 60 - 3\sin 30 = 0$

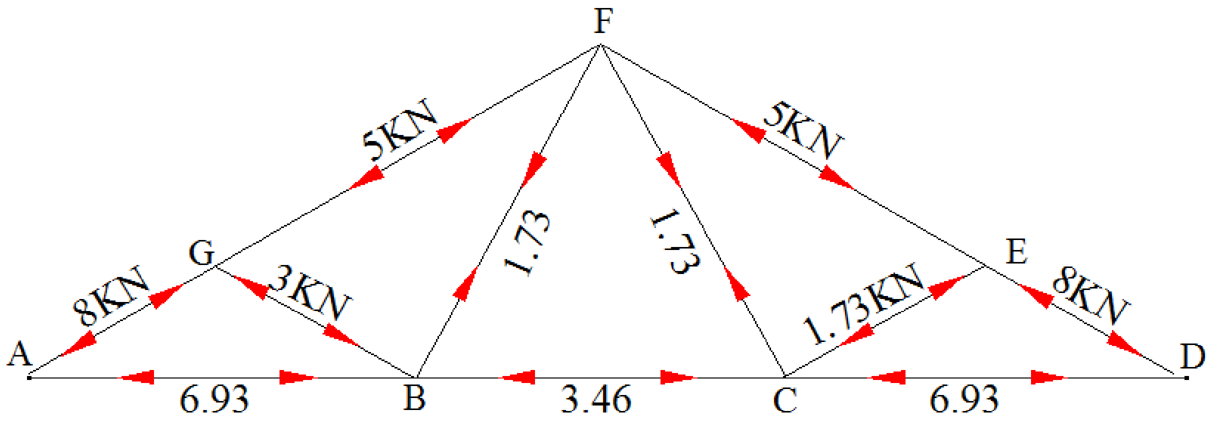
$F_{BF} = 1.73KN$ (Tension)

$\sum F_X = 0 \rightarrow 6.93 + 1.73\cos 60 + 3\cos 30 + F_{BC} = 0$

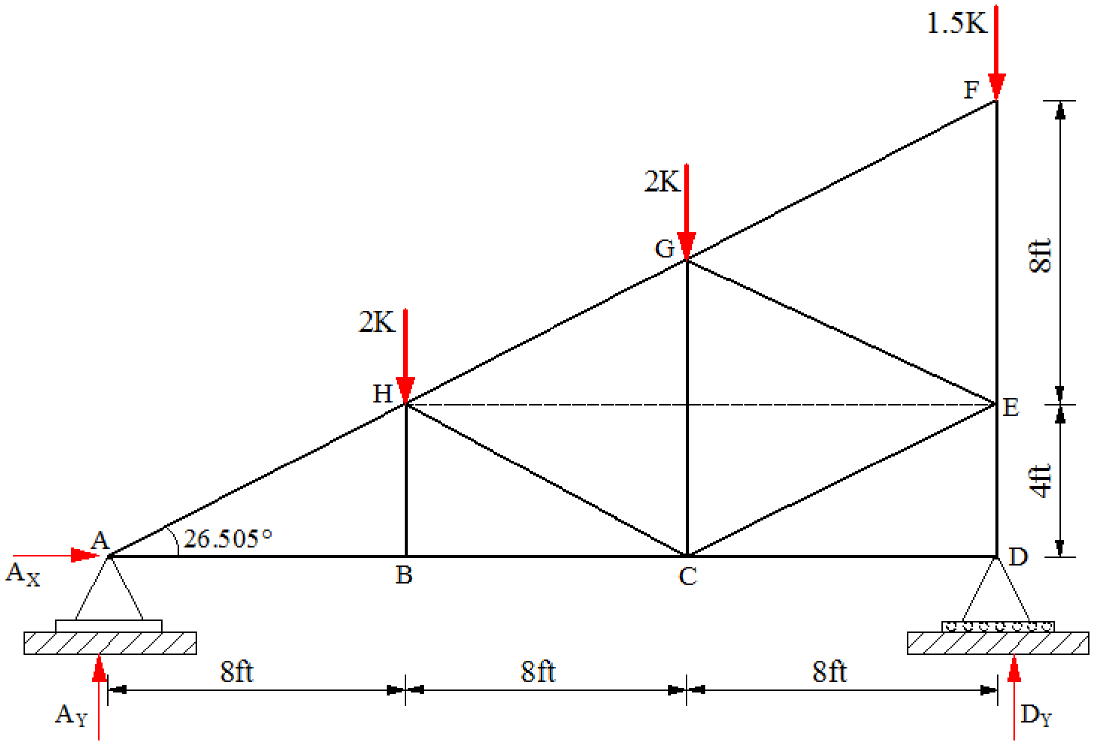
$F_{BC} = 3.46KN$ (Tension)



Final Diagram

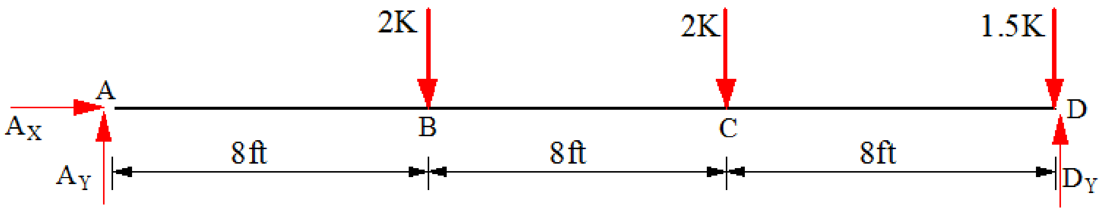


مثال:2 د ورکړل شوي ترس په ټولو برخو کې قوي پیدا کړی او وښائي کومه برخه په کشش یا فشار کې واقع ده.



حل:

1) اتکائی غبرګونونه (Support Reactions)



$\sum M_D = 0 \rightarrow 24A_Y - (2*16) - (2*8) = 0 \quad \rightarrow A_Y = 2K$

$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad 2 + D_Y - 2 - 2 - 1.5 \quad = 0 \quad \rightarrow D_Y = 3.5K$

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

Joint A:

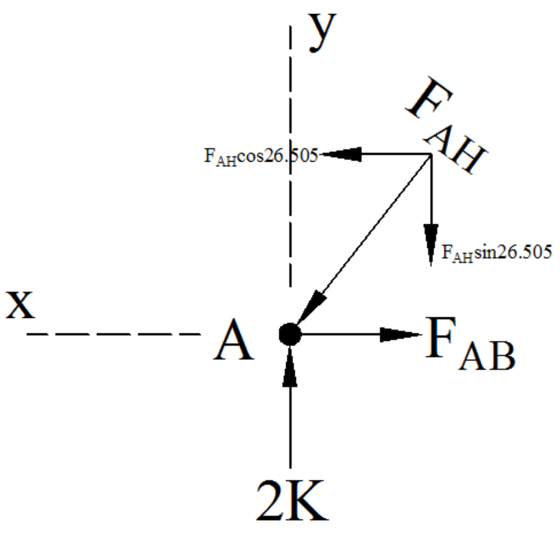
$\sum F_Y = 0 \rightarrow 2 - F_{AH}\sin 26.505 = 0$

$F_{AH} = 4.48K$ (compression)

$\sum F_X = 0$

$F_{AB} - 4.48\cos 26.505 = 0$

$F_{AB} = 4K$ (Tension)



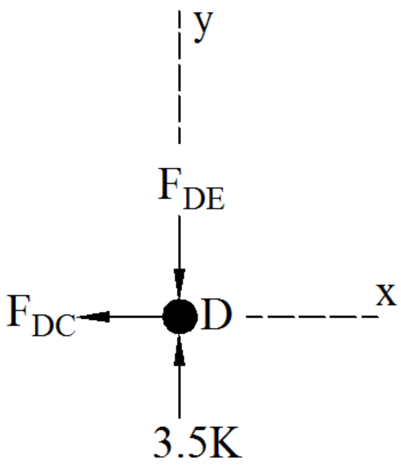
Joint D:

$\sum F_Y = 0 \rightarrow 3.5 - F_{DE} = 0$

$F_{DE} = 3.5KN$ (compression)

$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{DC} = 0$

$F_{DC} = 0$



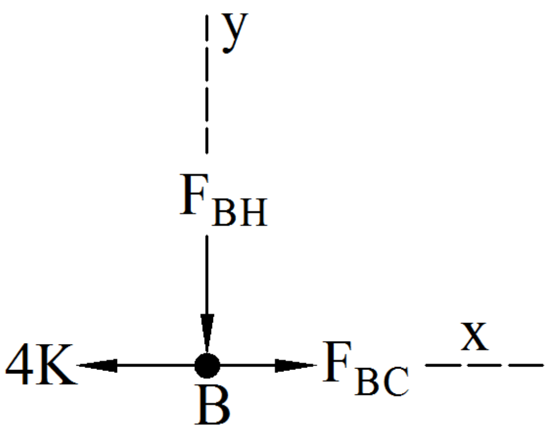
Joint B:

$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad F_{BH} = 0$

$F_{BH} = 0$

$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{BC} = 0$

$-4 + F_{BC} = 0 \rightarrow F_{BC} = 4K$ (Tension)



Joint H:

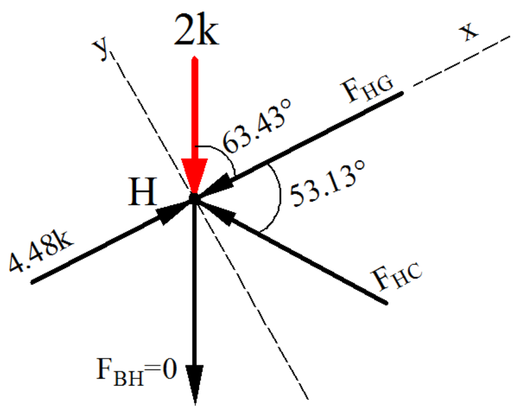
$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad -2\sin 63.43 + F_{HC}\sin 53.13 = 0$

$F_{HC} = 2.24K$ (compression)

$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{BC} = 0$

$+4.48 - F_{HG} - 2\cos 63.43 - 2.24\cos 53.13 = 0$

$F_{HG} = 2.24K$ (compression)



Joint F:

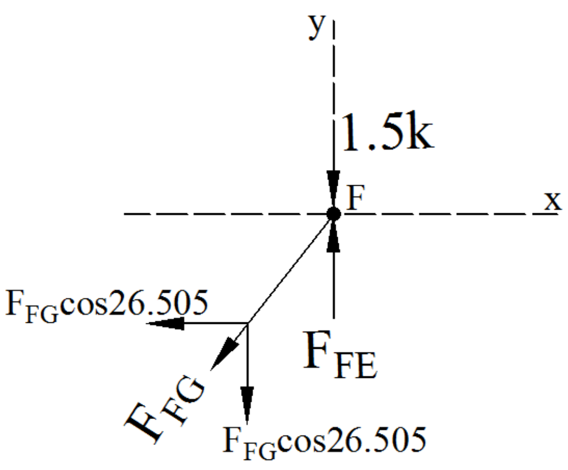
$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{BC} = 0$

$F_{FG}\cos 26.505 = 0$

$F_{FG} = 0$

$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad F_{FE} - 1.5 = 0$

$F_{FE} = 1.5K$ (compression)



Joint G:

$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{BC} = 0$

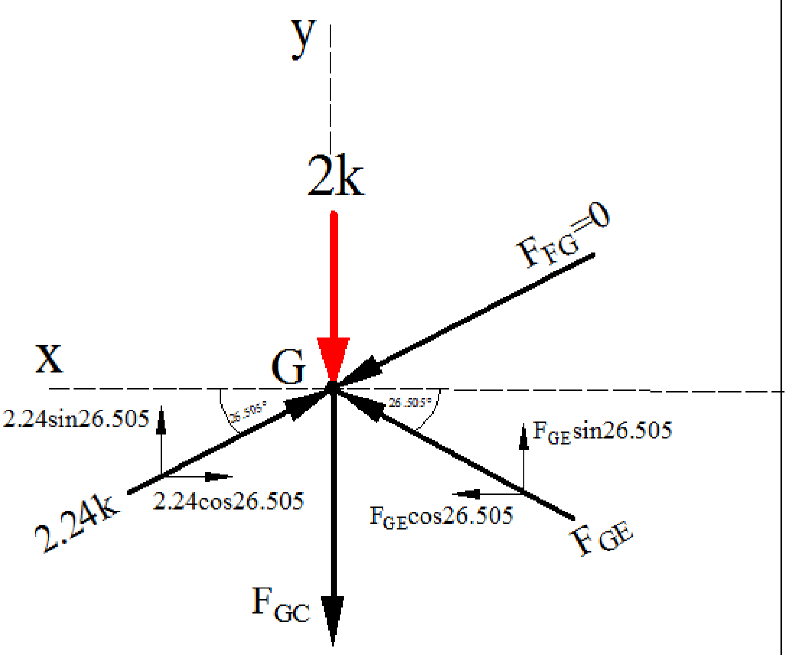
$2.24\cos 26.505 - F_{GE}\cos 26.505 = 0$

$F_{GE} = 2.24K$ (compression)

$\sum F_Y = 0 \rightarrow$

$-2 - F_{GC} + 2(2.24\sin 26.505) = 0$

$F_{GC} = 0$



Joint E:

$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{BC} = 0$

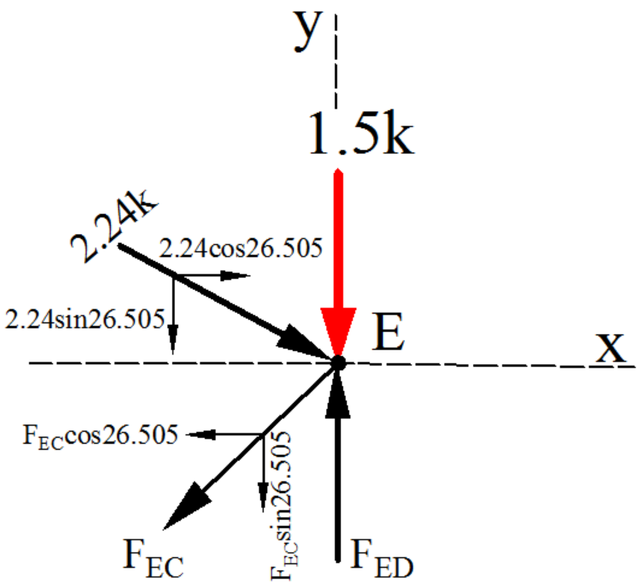
$2.24\cos 26.505 - F_{EC}\cos 26.505 = 0$

$F_{EC} = 2.24K$ (Tension)

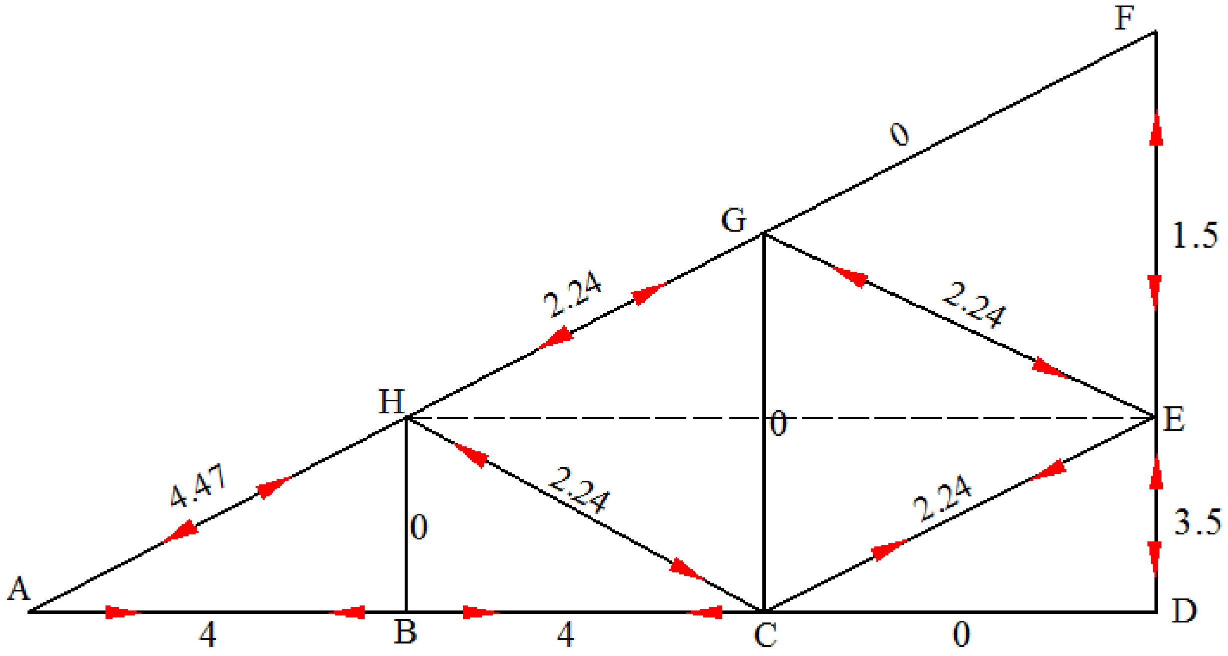
$\sum F_Y = 0 \rightarrow$

$-1.5 + F_{ED} - 2(2.24\sin 26.505) = 0$

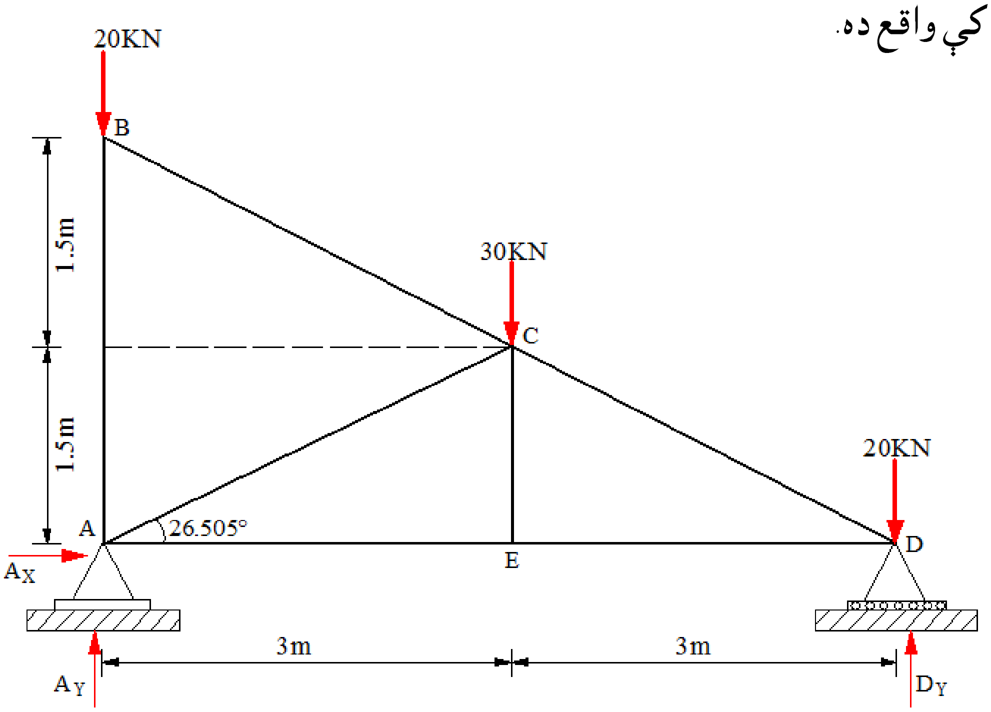
$F_{ED} = 3.5k$ (Compression)



Force Diagram:



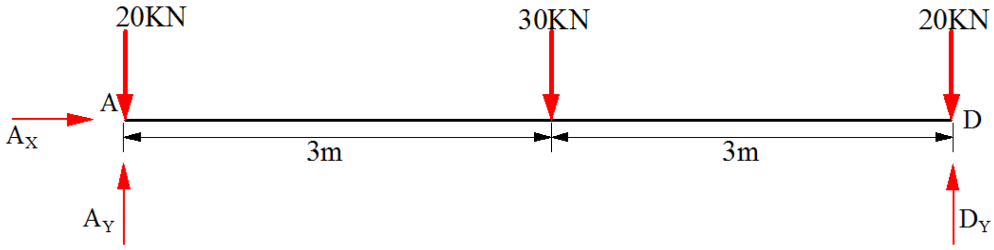
مثال:3 د ورکړل شوي ترس په ټولو برخو کې قوي پيدا کړی او وښايي چي کومه برخه په کشش يا فشار کې واقع ده.



حل:

S.I=m+r-2j = 7+3-(2*5) = 0   (معين ستاتيکی سيستم)

اتکائی عکس العملونه : (Support Reactions)



$\sum M_D = 0 \rightarrow 6A_Y - (20*6) - (30*3) = 0 \quad \rightarrow A_Y = 35kN$

$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad 35 + D_Y - 20 - 30 - 20 = 0 \quad \rightarrow D_Y = 35kN$

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

Joint D:

$\sum F_Y = 0 \rightarrow$

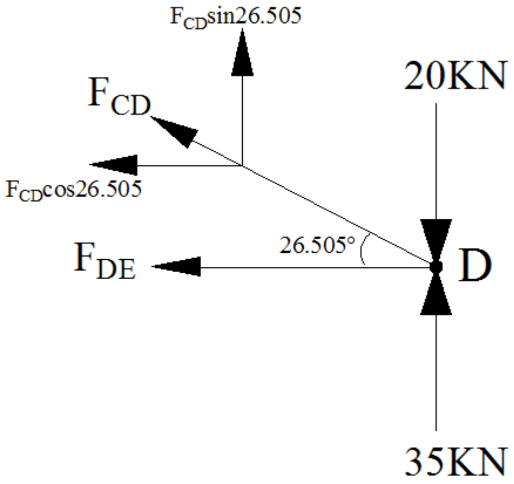
$35 + F_{CD}\sin 26.505 - 20 = 0$

$F_{CD} = -33.5KN$ (Compression)

$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{BC} = 0$

$-F_{DE} - (-33.5\cos 26.505) = 0$

$F_{DE} = 30kN$ (Tension)



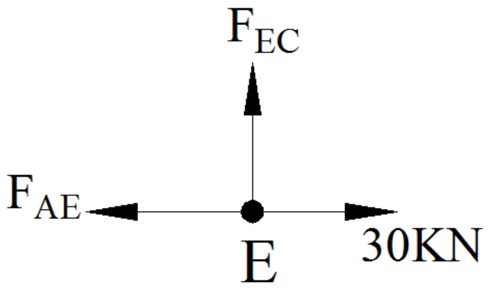
Joint E:

$\sum F_Y = 0 \rightarrow$

$F_{EC} = 0$

$\sum F_X = 0 \rightarrow -F_{AE} + 30 = 0$

$F_{AE} = 30kN$ (Tension)



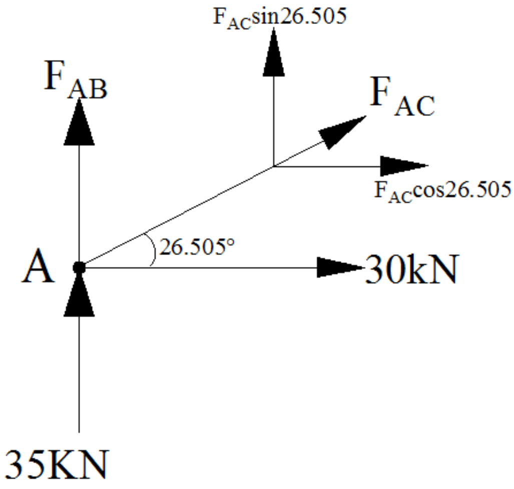
Joint A:

$\sum F_X = 0 \rightarrow +F_{AC}\cos 26.505 + 30 = 0$

$F_{AC} = -33.5$ KN (compression)

$\sum F_Y = 0 \rightarrow (-33.5\sin 26.505) + 35 + F_{AB} = 0$

$F_{EC} = -20$ (compression)

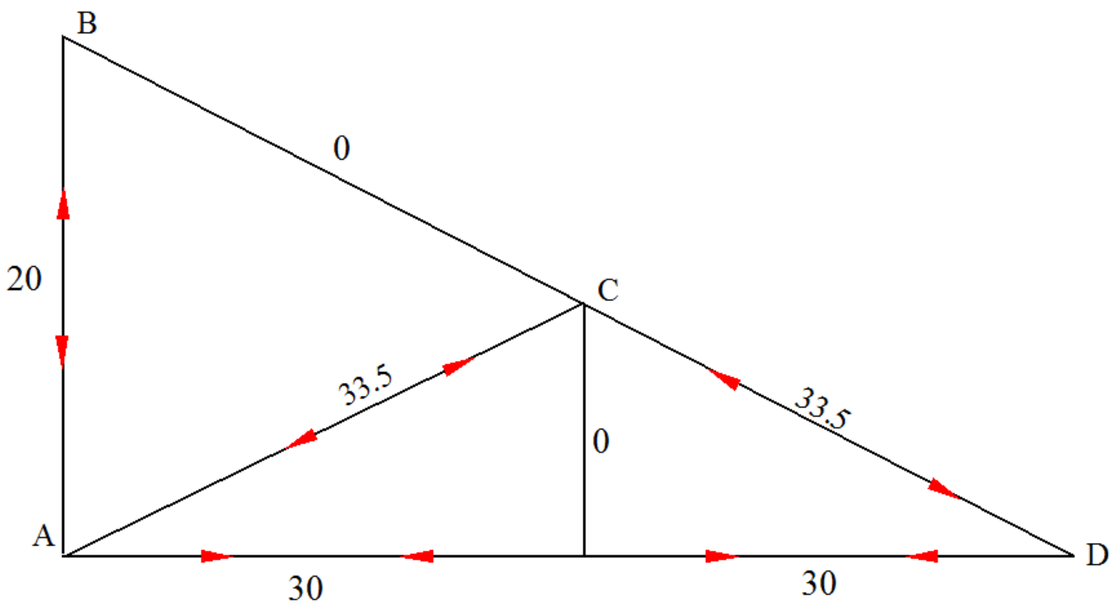


Joint B:

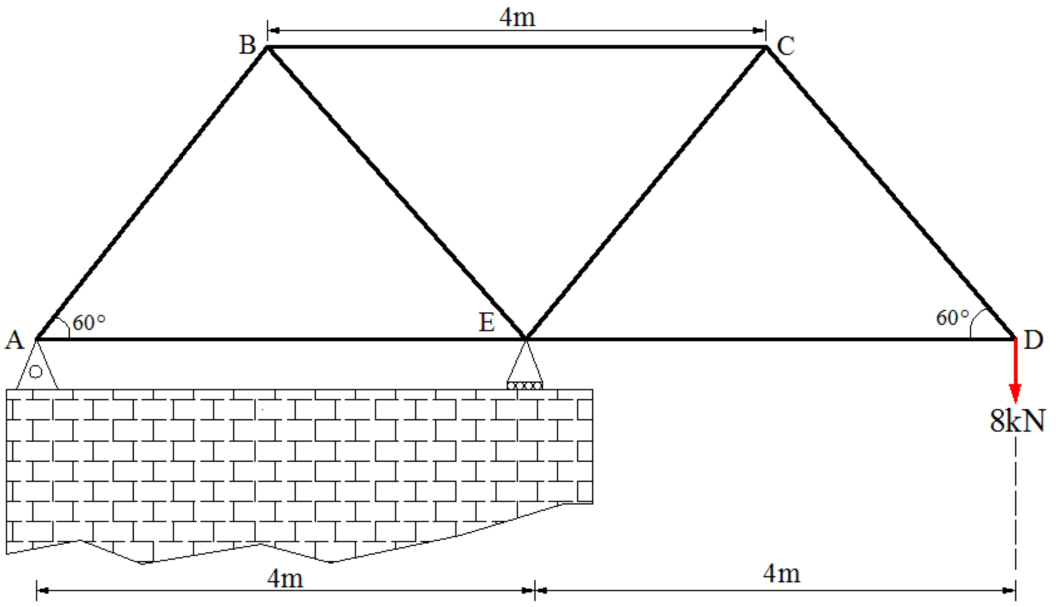
$\sum F_X = 0 \rightarrow +F_{BC}\cos 26.505 = 0$

$F_{BC} = 0$

Force Diagram:

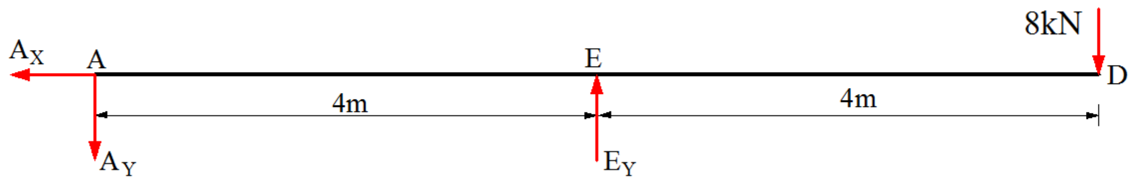


مثال: **4**د ورکړ شوي ترس په ټولو برخو کې قوي پيدا کړی او وښايي چي کومه برخه په کشش يا فشار کې واقع ده. P=8KN



حل: جواينټ ميتود:

اتکايي عکس العملونه (Support Reacrions)



$\sum M_E = 0 \rightarrow -4A_Y + (8*4) = 0 \quad \rightarrow A_Y = 8kN$

$\sum F_Y = 0 \rightarrow -8 + E_Y - 8 = 0 \quad \rightarrow E_Y = 16kN$

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

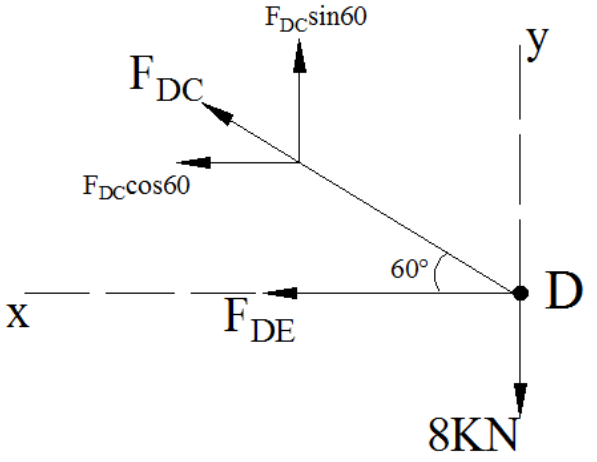
Joint D:

$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{DC}\sin60 - 8 = 0$

$F_{DC} = 9.24$ KN (Tension)

$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_{DE} - 9.24\cos60 = 0$

$F_{DE} = -4.62$ (compression)



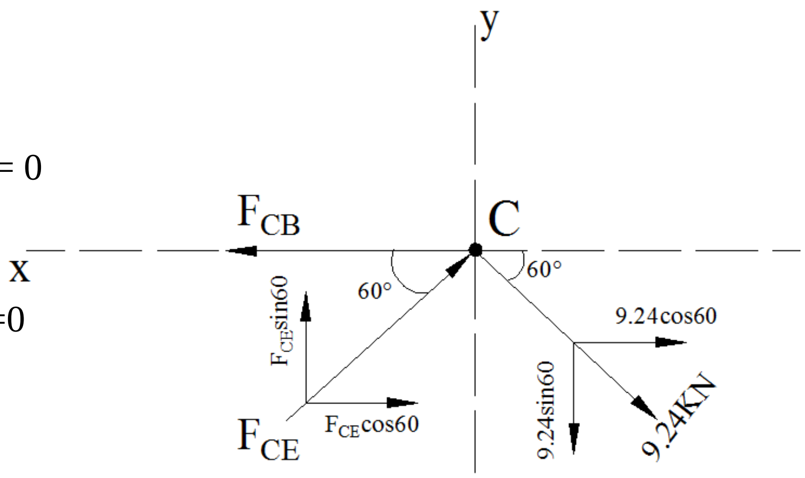
Joint C:

$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{CE}\sin60 - 9.24\sin6 = 0$

$F_{CE} = 9.24$ KN (compression)

$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_{CB} + 2(9.24\cos60) = 0$

$F_{CB} = 9.24$KN (Tension)



Joint B:

$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{BE}\sin60 - F_{BA}\sin6 = 0$

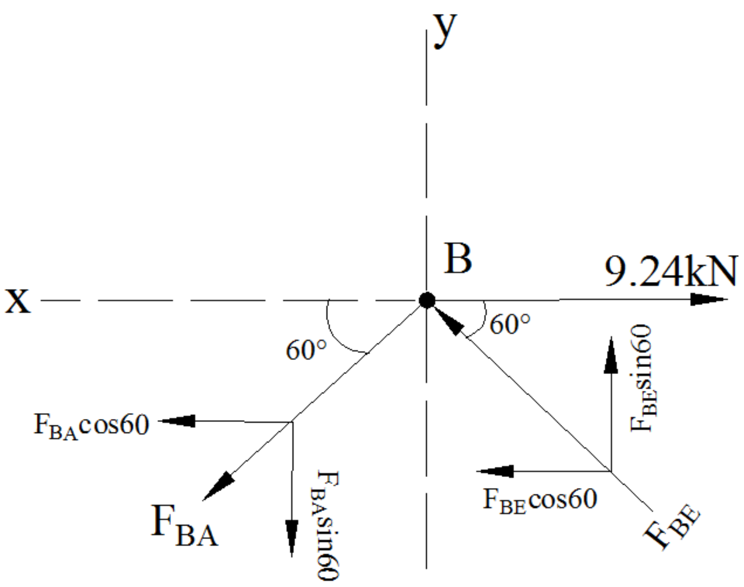
$F_{BE} = F_{BA}$

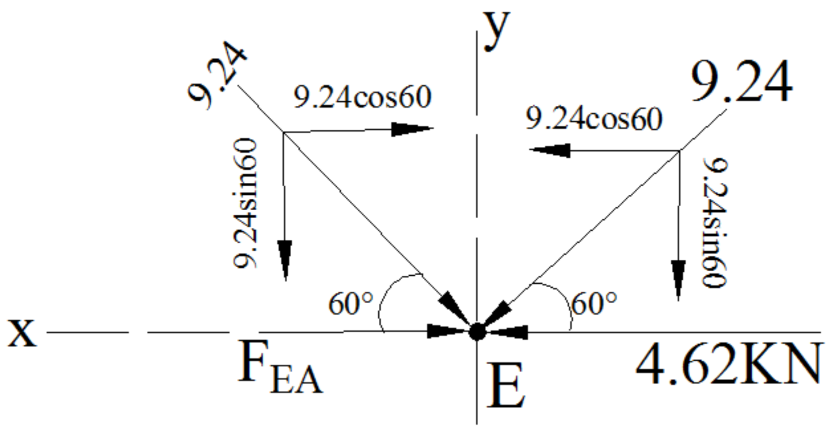
$\sum F_x = 0 \rightarrow 9.24 - 2F\cos60 = 0$

$F = 9.24$KN

$F_{BE} = 9.24$KN (compression)

$F_{BA} = 9.24$KN (Tension)



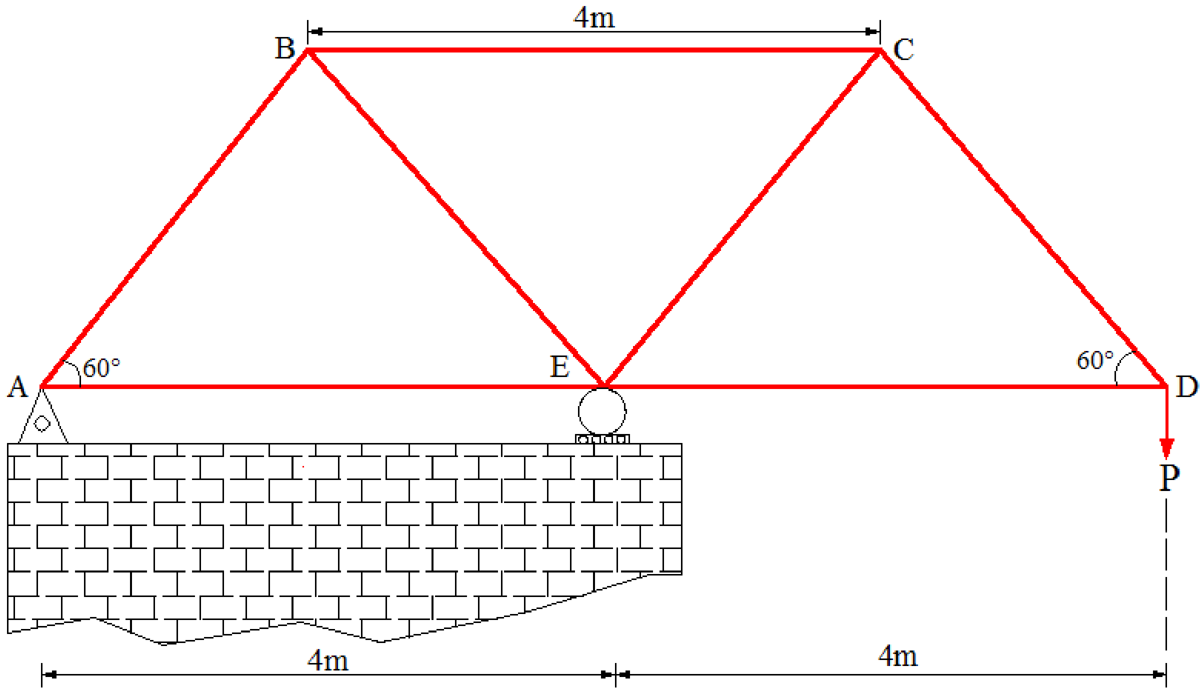


Joint E:

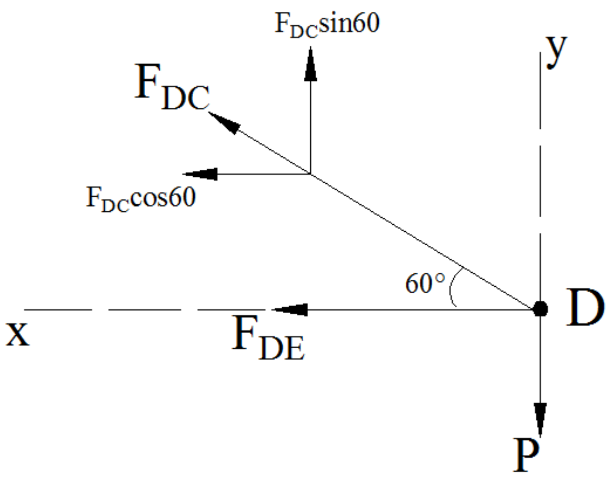
$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{EA} + 9.24\cos60 - 9.24\cos60 - 4.62 = 0$

$F_{EA} = 4.62$ KN (Compression)

مثال:5 که چیری په ښودل شوی ترس کی د هری میلې د کششی قواو زغملو ظرفیت 8KN او فشاری قواو ظرفیت 6kN وی تاسی په D نقطه کی نامعلومه قوه (P) پیدا کړی ؟



حل: اتکائی عکس العملونه محاسبی ته اړتیا نه لری .



Joint D:

$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{DC}\sin 60 - P = 0$

$F_{DC} = 1.1547P$ (Tension)

$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_{DE} - (1.1547P)\cos 60 = 0$

$F_{DE} = -0.57735P$ (compression)

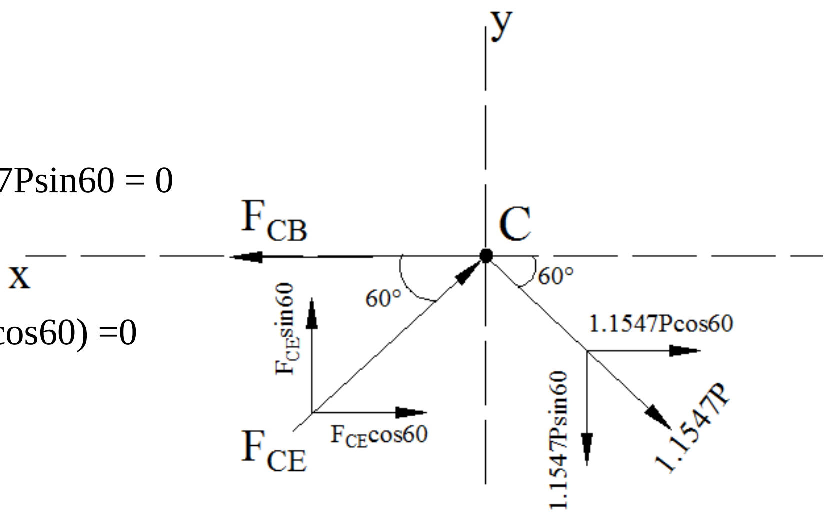
Joint C:

$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{CE}\sin60 - 1.1547P\sin60 = 0$

$F_{CE} = 1.1547P$ (compression)

$\sum F_x = 0 \rightarrow - F_{CB} + 2(1.1547P\cos60) = 0$

$F_{CB} = 1.1547P$ (Tension)



Joint B:

$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{BE}\sin60 - F_{BA}\sin6 = 0$

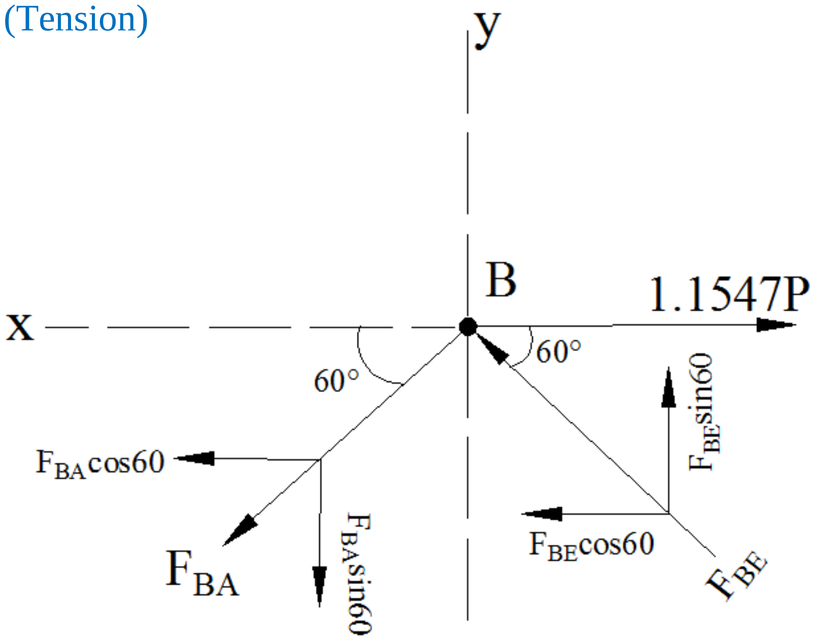
$F_{BE} = F_{BA}$

$\sum F_x = 0 \rightarrow 1.1547P - 2F\cos60 = 0$

$F = 1.1547P$

$F_{BE} = 1.1547P$ (compression)

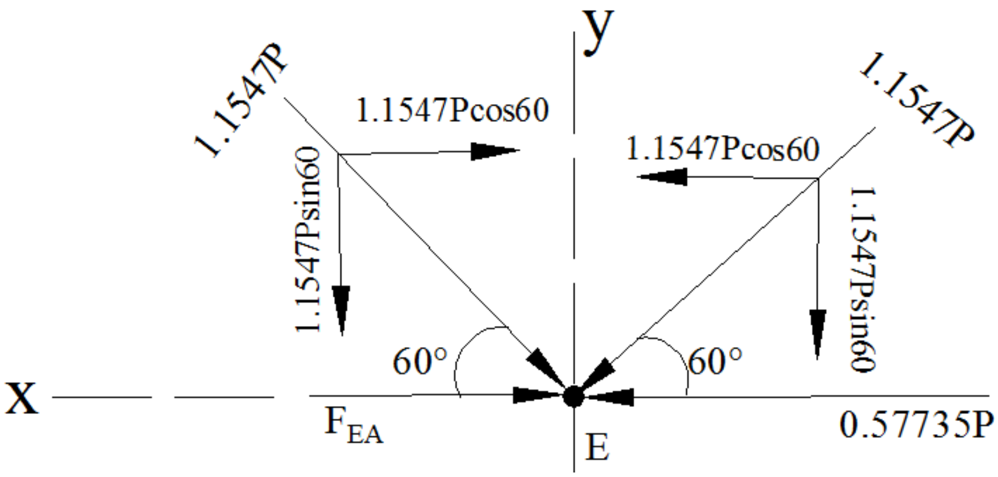
$F_{BA} = 1.1547P$ (Tension)



Joint E:

$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{EA} + 1.1547P\cos60 - 1.1547P\cos60 - 0.57735P = 0$

$F_{EA} = 0.57735P$ (Compression)



پورتني تحليل شخه پوهيږو

اعظمی کششی قوه = 1.1547P

اعظمی فشاری قوه = 1.1547P

د P قیمت کششی قواو لپاره : $1.1547P = 8$

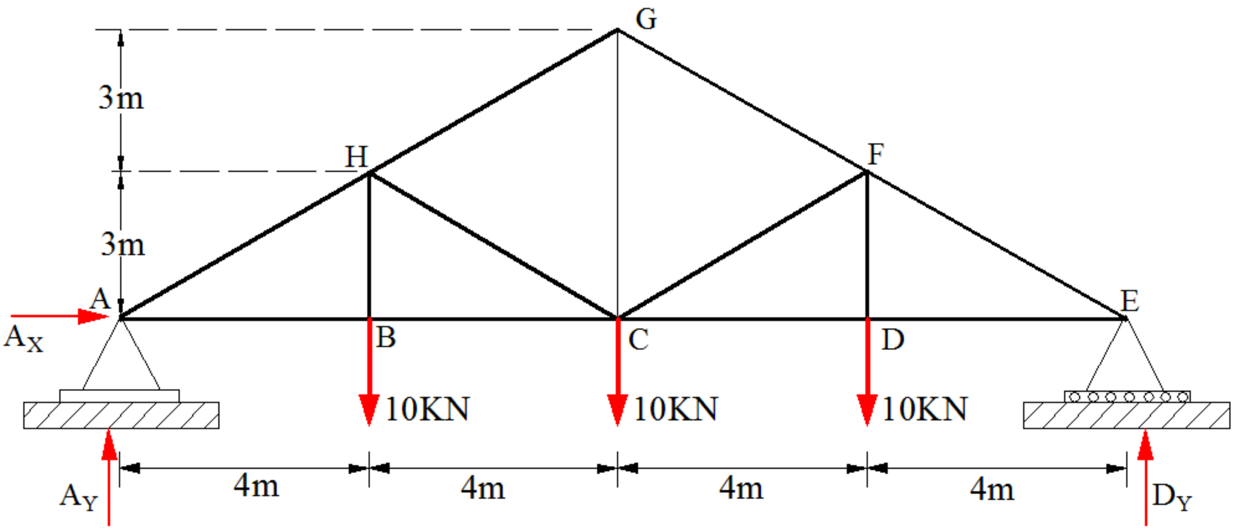
$P = 6.93KN$

د P قیمت فشاری قواو لپاره : $1.1547P = 6$

$P = 5.20KN$

Here the value of P=5.20KN controls the design, if we assume p=6.93 then it exceeds the capacity of compressive forces

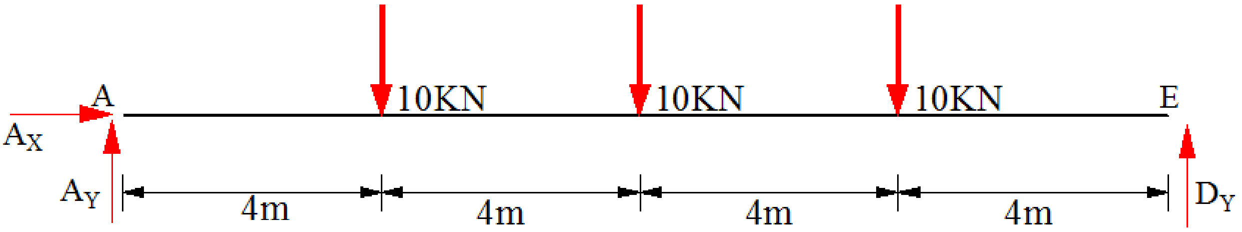
مثال:**6** د لاندی ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کی داخلی قوی محاسبه کړی ؟او وښائی کوم غړې ئی په کشش یا فشار کی واقع دي ؟ (د غوټو طریقه)



حل:

دا چی ترس د قوو او هندسی شکل دواړو د لحاظ مشابهه دی نو صرف یوارخ ئی تحلیل کوو

2) اتکائی غبرګونونه



$\sum M_D = 0 \rightarrow 16A_Y - (10*12) - (10*8) - (10*4) = 0 \quad \rightarrow A_Y = 15KN$

$\sum F_Y = 0 \rightarrow \quad 15 + D_Y - 10 - 10 - 10 \quad = 0 \quad \rightarrow D_Y = 15KN$

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

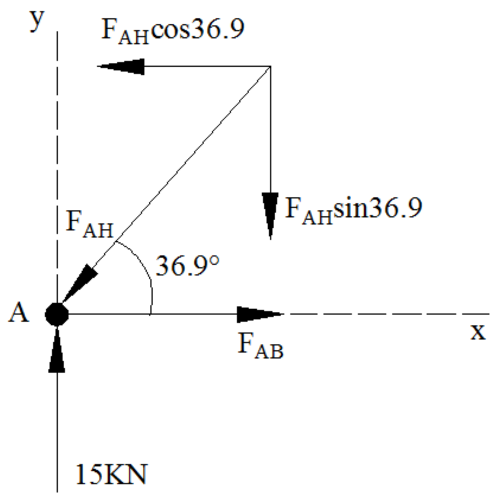
Joint A:

$\sum F_y = 0 \rightarrow -F_{AH}\sin 36.9 + 15 = 0$

$F_{AH} = 25KN$ (compression)

$\sum F_x = 0 \rightarrow -25\cos 36.9 + F_{AB} = 0$

$F_{AB} = 20KN$ (Tension)



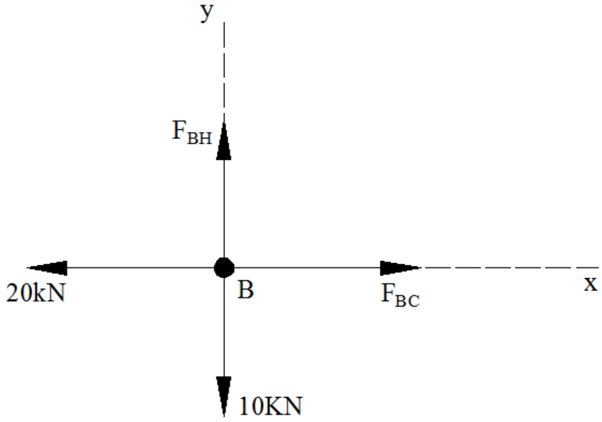
Joint B:

$\sum F_y = 0 \rightarrow -10 + F_{BH} = 0$

$F_{BH} = 10KN$ (Tension)

$\sum F_x = 0 \rightarrow -20 + F_{BC} = 0$

$F_{BC} = 20KN$ (Tension)



Joint H:

$\sum F_y = 0 \rightarrow$

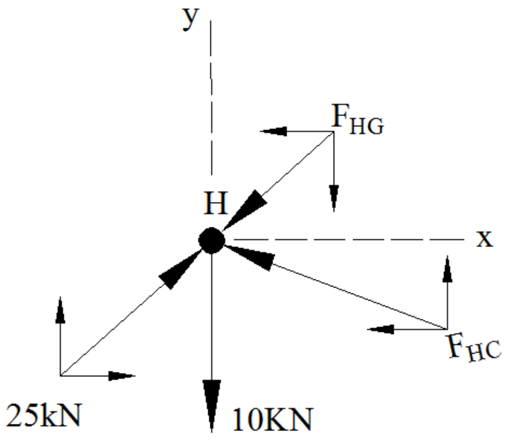
$-F_{HG}\sin 36.9 + F_{HC}\sin 36.9 + 25\sin 36.9 = 0$

$-0.6F_{HG} + 0.6F_{HC} + 15 = 0$…… (1)

$\sum F_x = 0 \rightarrow$

$-F_{HG}\cos 36.9 - F_{HC}\cos 36.9 + 25\cos 36.9 = 0$

$-0.8F_{HG} - 0.8F_{HC} + 20 = 0$……… (2)



Solving (1) and (2) We get. $F_{HG} = 16.7KN(C)$ and $F_{HC} = 8.33KN(C)$

Joint G:

$\sum F_y = 0 \rightarrow$

$F_{GF}\sin 36.9 + 16.7\sin 36.9 - F_{GC} = 0$

$0.6F_{GF} - F_{GC} + 10 = 0 \ldots\ldots (1)$

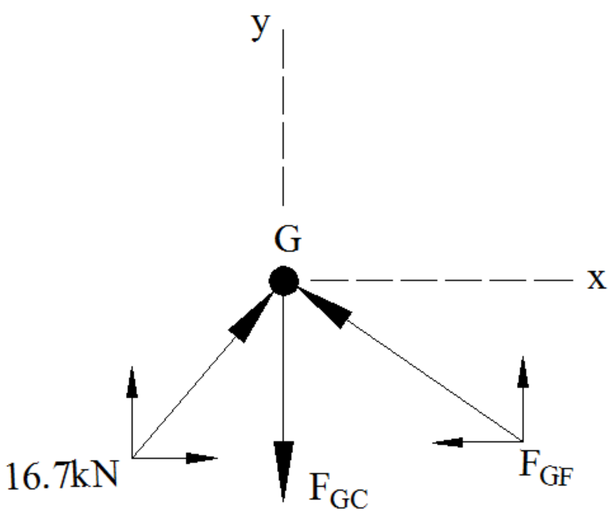
$\sum F_x = 0 \rightarrow$

$-F_{GF}\cos 36.9 + 16.7\cos 36.9 = 0$

$F_{GF} = 16.7KN\ (C)$

Putting in Equation (1) we get

$F_{GC} = 20KN(T)$

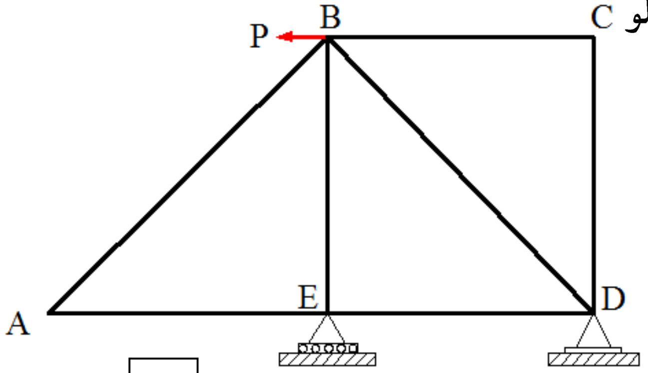


هغه میلې چې قوې پکې صفر وی (Zero Force Members)

د ترسونو تحلیل د جوائنټ میتود په استعمال ډیر اسانیګی که چیرې لومړی په دی وتوانیګو هغه میلی چی قوی نه زغمی په ګوته کوځکه دا میلی په ترسونو کی د بارونو انتقال پر ځائی Stability لپاره استعمالیږی . او په لاندی ډول محاسبه کیږی .

1) لومړی حالت :

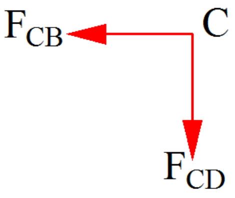
د A شکل په C غوټه کی افقی او عمودی میلی په 90 درجه خپلو کی تړل شوی او هیڅ ډول خارجی بار پری عمل نه دی کړی .تعادل برقرار ساتلو لپاره بائد CD او CB میلو کی قوی صفر وی.



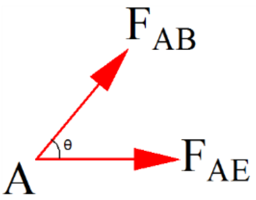
A

$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{CB} = 0$

$\sum F_Y = 0 \rightarrow F_{CD} = 0$



همدا رنګه A غوټی سره تړلی میلو کی هم قوی صفر دی

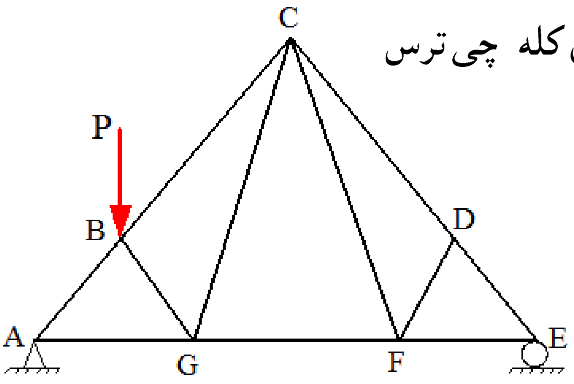


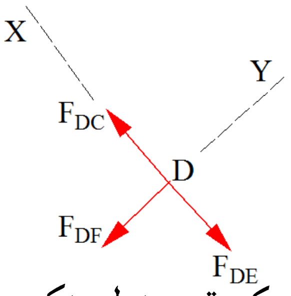
$\sum F_Y = 0 \rightarrow F_{AB}\sin\theta = 0 \rightarrow F_{AB} = 0$

$\sum F_X = 0 \rightarrow (0)\cos\theta + F_{AE} = 0 \rightarrow F_{AE} = 0$

2) دوئم حالت :

قوی نه لرونکی میلی په هغه حالت کی هم پیدا کیږی کله چی ترس د D جوائنټ په څیر هندسی شکل ولری.

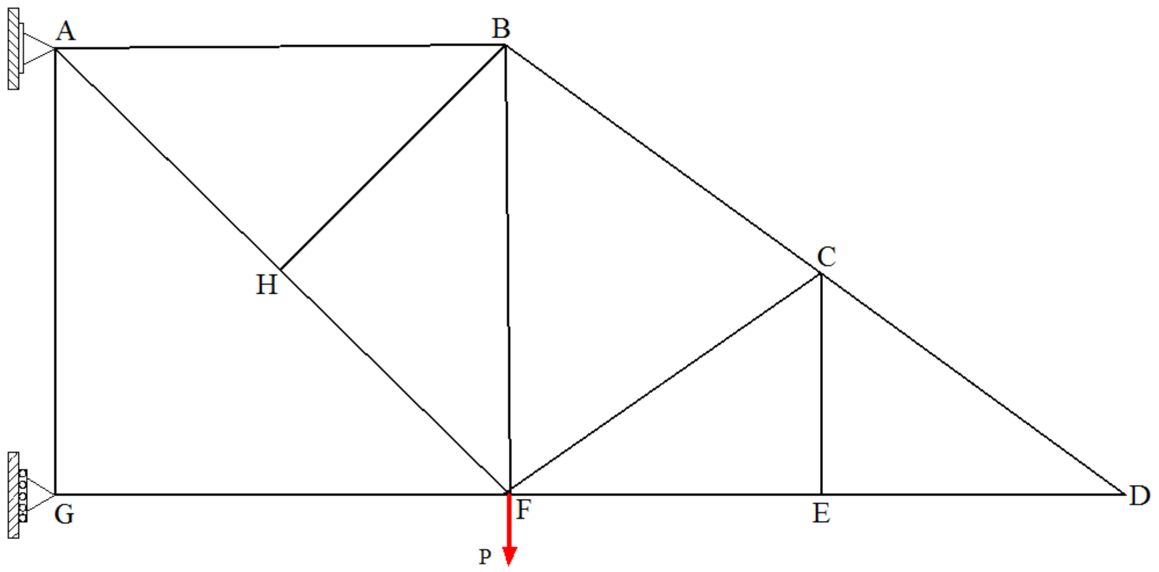




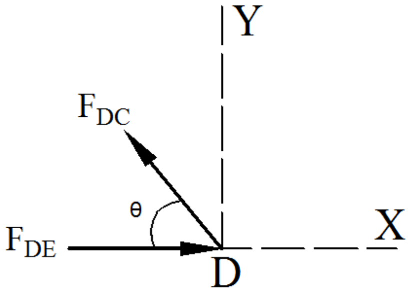
$\sum F_Y = 0 \rightarrow F_{DF} = 0$

همدارنګه $F_{CF} = 0$

مثال:4 په ښودل شوی ترس کی قوی نه لرونکی غړی پیدا کړی؟ تحلیل لپاره د جوائنټ میتود څخه استفاده وکړی .



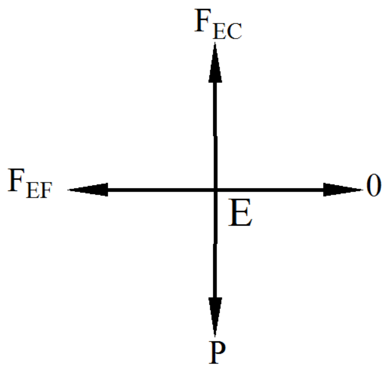
حل:



Joint D:

$\sum F_Y = 0 \quad \rightarrow \quad F_{DC}\sin\theta = 0 \quad \rightarrow \quad F_{DC} = 0$

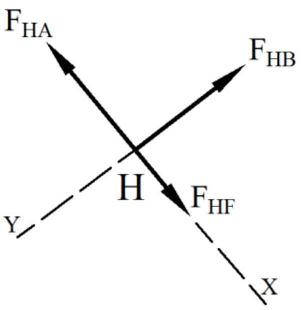
$\sum F_x = 0 \quad \rightarrow F_{DE} - (0)\cos\theta = 0 \quad \rightarrow \quad F_{DE} = 0$



Joint E:

$\sum F_Y = 0 \quad \rightarrow \quad F_{EC} - P = 0 \quad \rightarrow \quad F_{EC} = P$

$\sum F_x = 0 \quad \rightarrow \quad -F_{EF} + 0 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{EF} = 0$

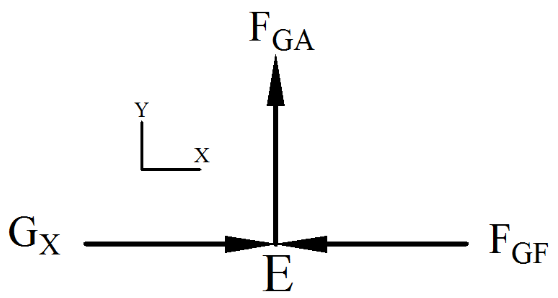


Joint H:

$\sum F_Y = 0 \quad \rightarrow \quad F_{HB} = 0 \quad \rightarrow \quad F_{HB} = 0$

Joint G:

$\sum F_Y = 0 \quad \rightarrow \quad F_{GA} = 0 \quad \rightarrow \quad F_{GA} = 0$



Zero force Members   قوی نه لرونکی غړی

GA, HB, EF, DE, and DC

(د ترسونو تحلیل لپاره د قطعي طریقه)

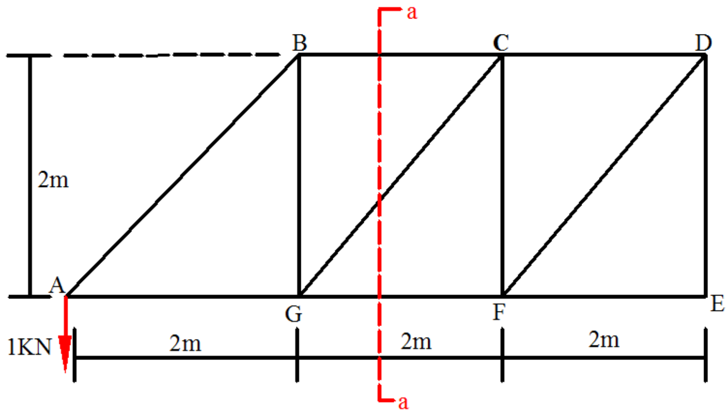
Analysis of truss using method of section

که چیری د ترسونو په یو څو مشخصو میلو کی داخلی قوی پیدا کول مطلوب وی په داسی حال کی د قطعي طریقه ډیر مناسب او چټک نتائج ورکوی .

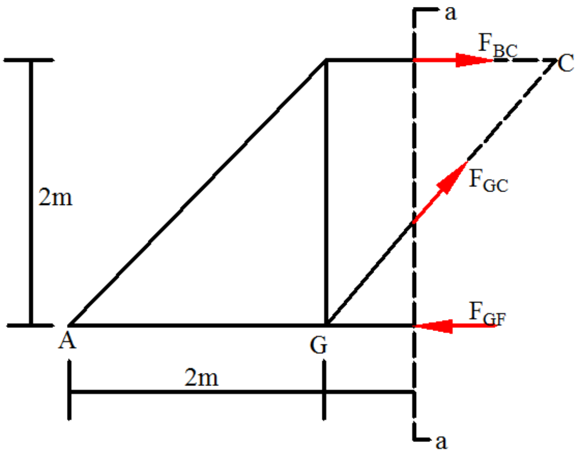
په نوموړی میتود کی یو فرضی خط (قطي) د ترس څخه تیریګی او ترس په دوو برخو وویشل کیږی او هری برخی لپاره تعادل په پام کی نیولو سره نامعلومی قوی محاسبه کیږی.

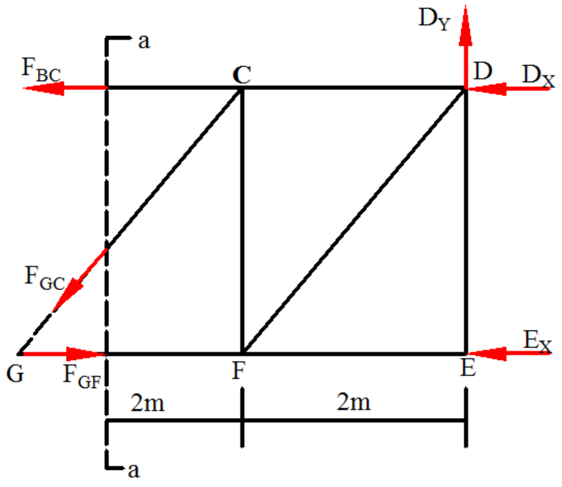
د قطي اخیستو کی بائد ډیر دقت څخه کار واخیستل شی او له داسی ځی قطع واخیستل شی چی له دری نامعلومو میلو څخه پکی زیاتي میلی غوڅی نه شی .

بیلګه :



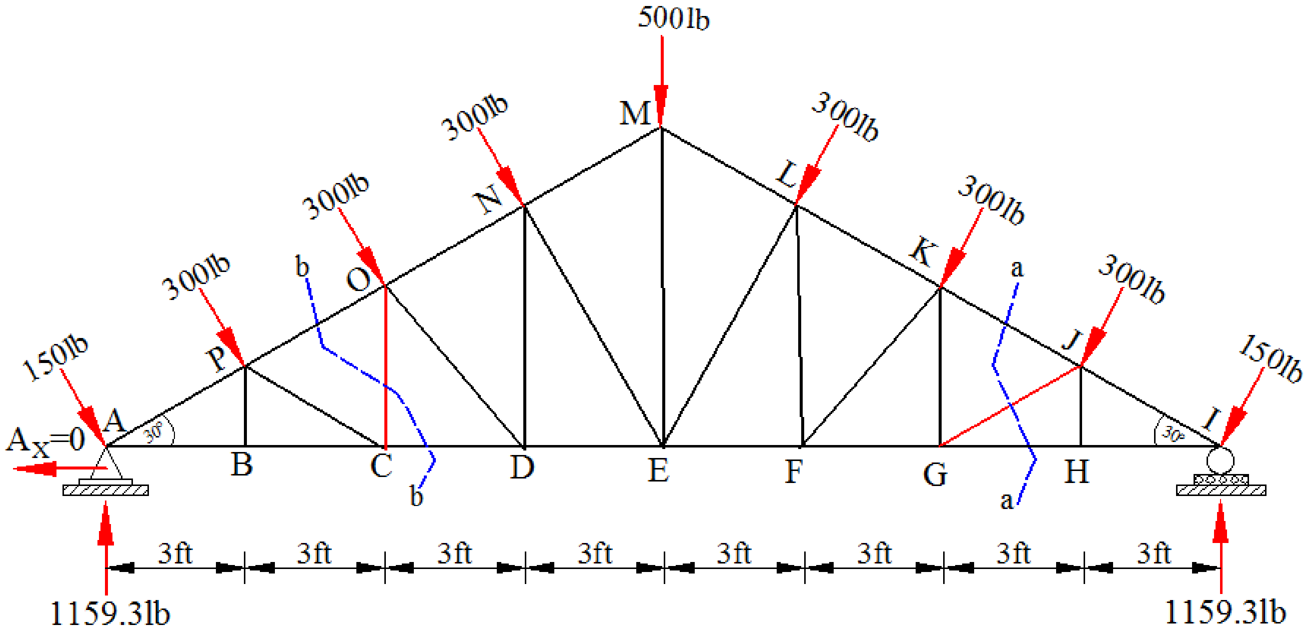
که چیری د ترس په GC میله کی قوه پیدا کول غواړو بائد د BC او GF ترمنځ قطع (a-a) واخلوځکه د دوه نامعلومی قوی لرونکی میلی غوڅوی . د هری میلی قوه به د هغه میلی په محور عمل کوی .





مثال1: په انځور کې د ښودل شوی ترس په GJ او CO غړيو کې قوی محاسبه کړې او وښائی کوم يو په کشش يا فشار کې واقع دی .اتکائی غبرګونونه محاسبه شوی دی.

نور معلومات په لاندی ډول دی.



حل:

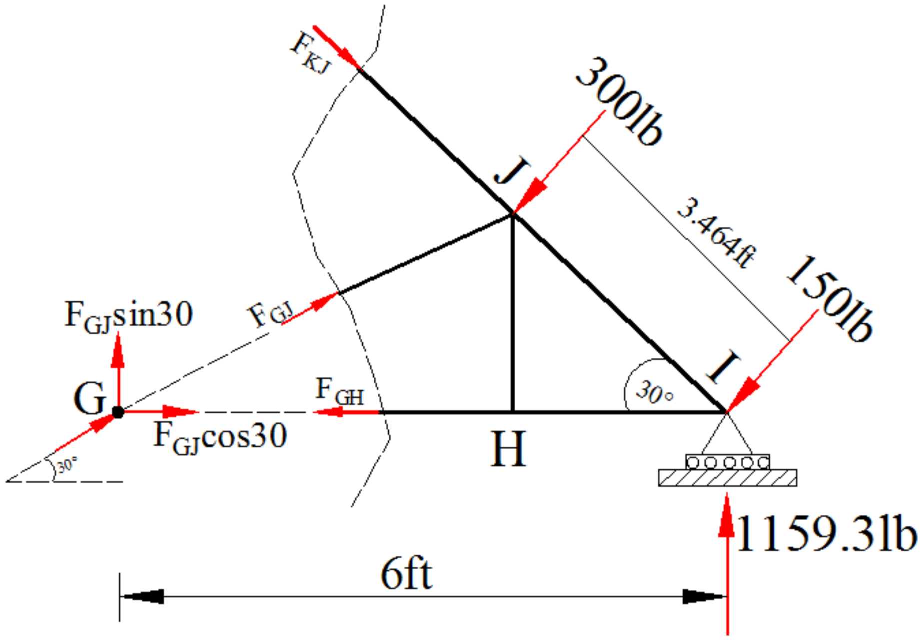
په GJ غړی کې داخلی قوه پيدا کولو لپاره a-a قطع په پام کې نيسو .د نوموړی قطعی ښی اړخ لاندی ښودل شوی دی .

$\sum M_I = 0 \rightarrow \quad 6F_{GJ}\sin30 \; - \; (300*3.464) \; =0$

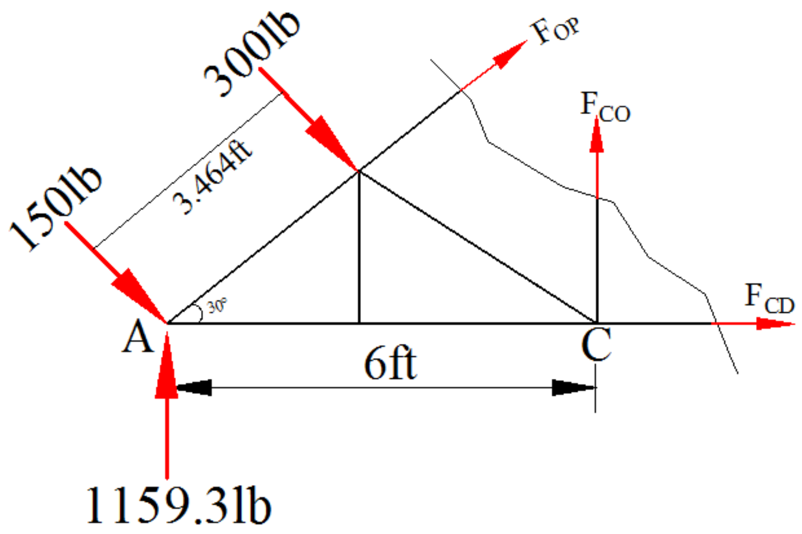
$6F_{GJ}\sin30 - (300*3.464) =0$

$$F_{GJ} = \frac{300*3.464}{6\sin30}$$

F_{GJ} = 346 lb (compression)



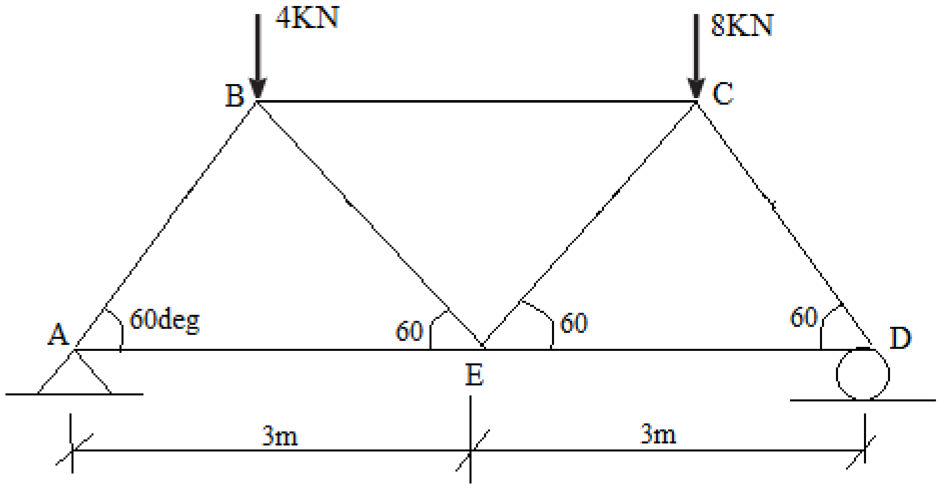
په CO غړی کی داخلی قوه پیدا کولو لپاره b-b قطع په پام کی نیسو .



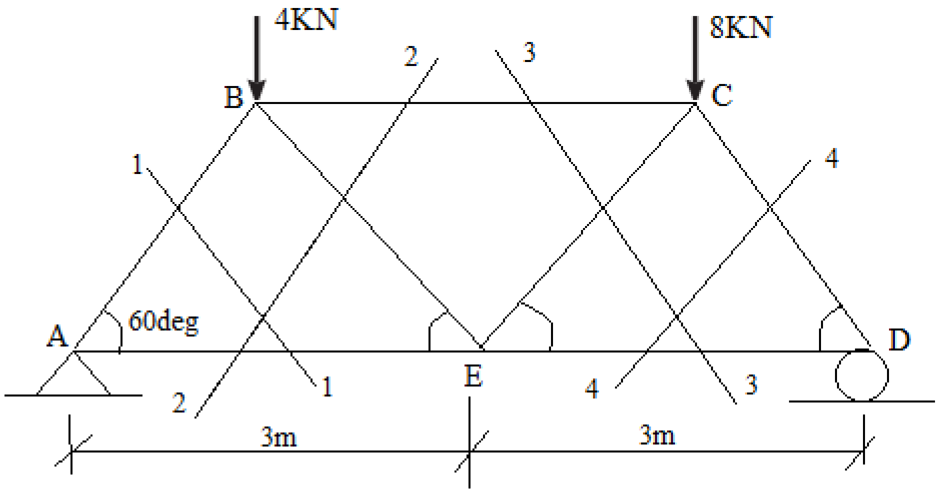
$\sum M_A = 0 \rightarrow 6F_{CO} + (300*3.464) = 0$

F_{CO} = 173 lb (Tension)

مثال2: د لاندی ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کی داخلی قوی محاسبه کړی ؟



حل: اتکایز عکس العملونه پیدل کوو. (Support Reactions)



$\sum M_D = 0$

$12R_A - (4x4.5) - (8x1.5) = 0 \rightarrow R_A = 5\ KN$

$\sum F_y = 0$

$5 + R_D - 8 - 4 = 0 \qquad \rightarrow \quad R_D = 7KN$

سکشن 1-1

$\sum F_y=0$

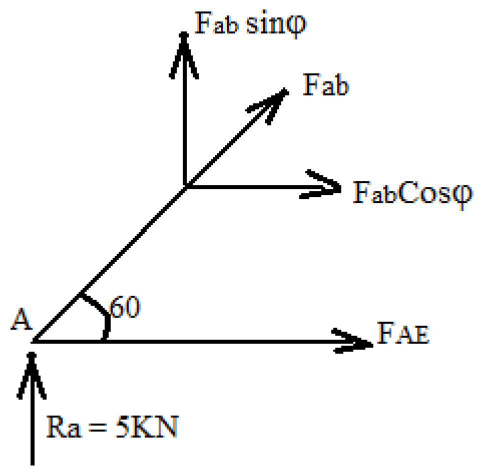
$F_{AB}\text{Sin}60 + 5 = 0$

$F_{AB} = -5.77\text{KN}$

$\sum F_x=0$

$(-5.77)\cos 60 + F_{AE} = 0$

$F_{AE} = 2.88\text{KN}$



سکشن 4- 4

$\sum F_y=0$

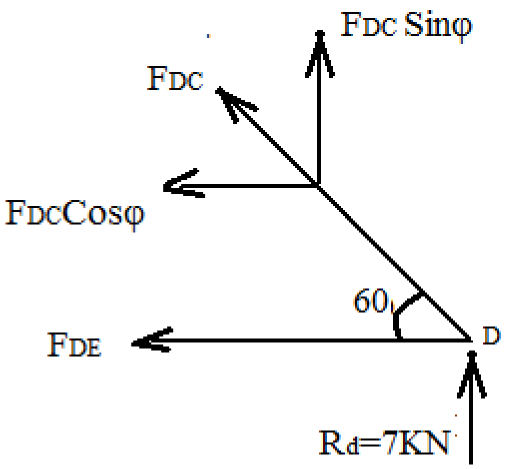
$F_{DC}\text{Sin}60 + 7 = 0$

$F_{DC} = -8.08\text{KN}$

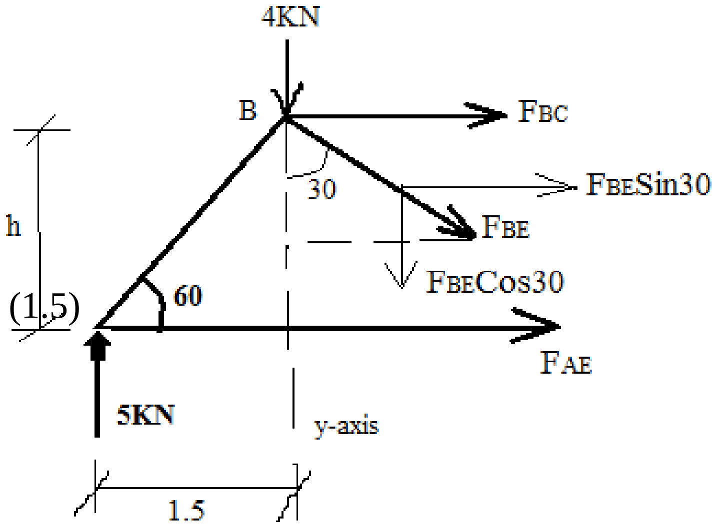
$\sum F_x=0$

$(-8.08)\cos 60 + F_{DE} = 0$

$F_{DE} = 4.04\text{KN}$



سکشن 2- 2



$\text{Tan}\varphi = \dfrac{h}{1.5}$

$h = \tan 60$

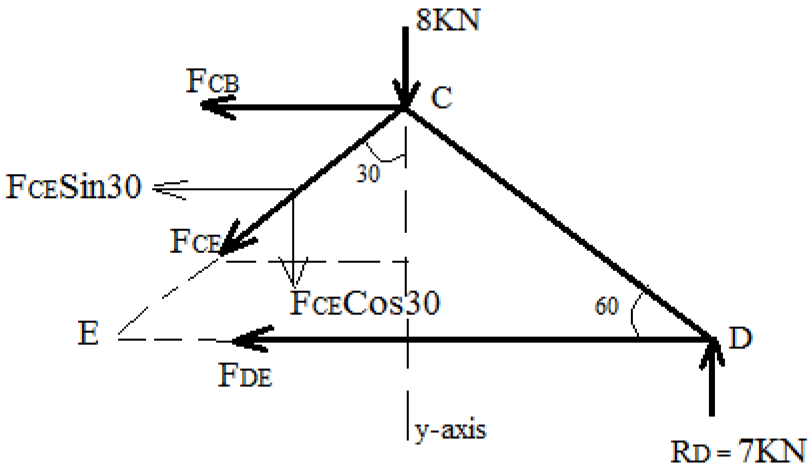
$h=2.6\text{m}$

$\sum F_y=0$
$5 - 4 - F_{BE}Cos30 = 0$
$F_{BE} = 1.15KN$

$\sum M_A=0$
$(4x1.5) + (1.15cos30 \times 1.5) + (1.15sin30 \times 2.6) + 2.6F_{BC} = 0$
$F_{BC} = -3.5KN$

$\sum F_x=0$
$F_{AE} + (1.15sin30) -3.5= 0$
$F_{AE} = 2.9KN$

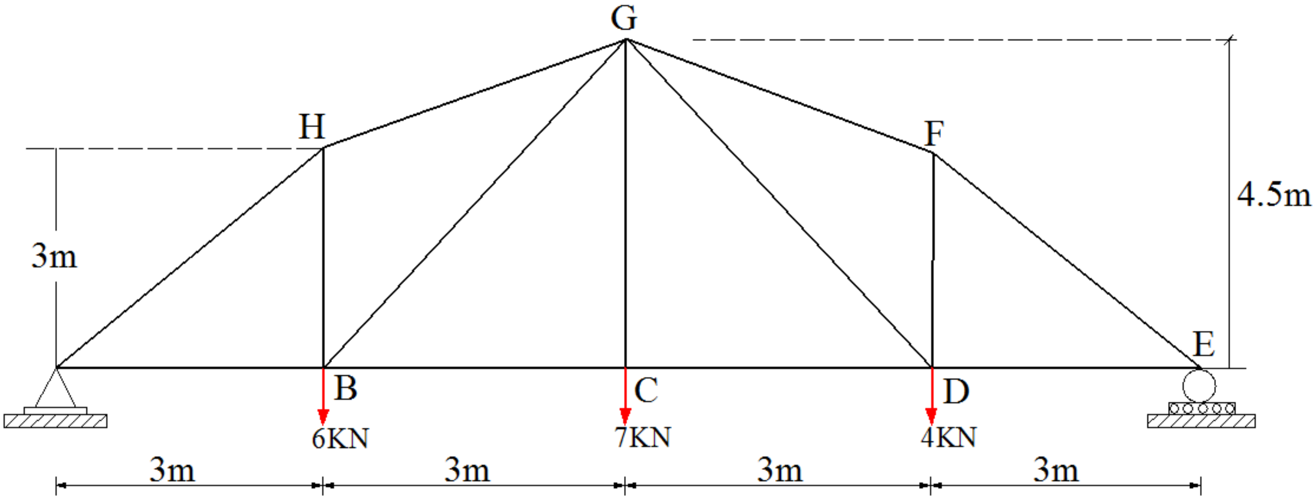
سکشن 3 -3



$\sum F_y=0$
$7 - 8 - F_{CE}Cos30 = 0$
$F_{CE} = -1.15KN$

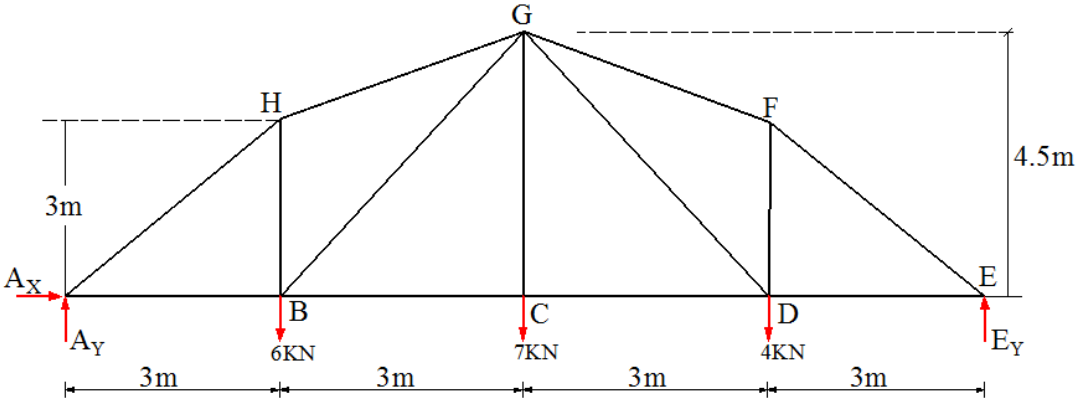
ډولونه	قوی	عناصر
فشار	5.77	AB
کشش	2.88	AE
فشار	3.5	BC
کشش	1.15	BE
کشش	4.04	DE
فشار	8.08	DC
فشار	1.15	CE

مثال:3 د ورکړ شوي ترس په HG,BG او BC میلو کې داخلی قوي محاسبه کړي او وښايي کومه برخه په کشش يا فشار کې واقع ده ؟) سکشن میتود څخه په استفاده)



حل:

1) اتکائی عکس العملونه پیدا کوو



$\sum M_E=0$

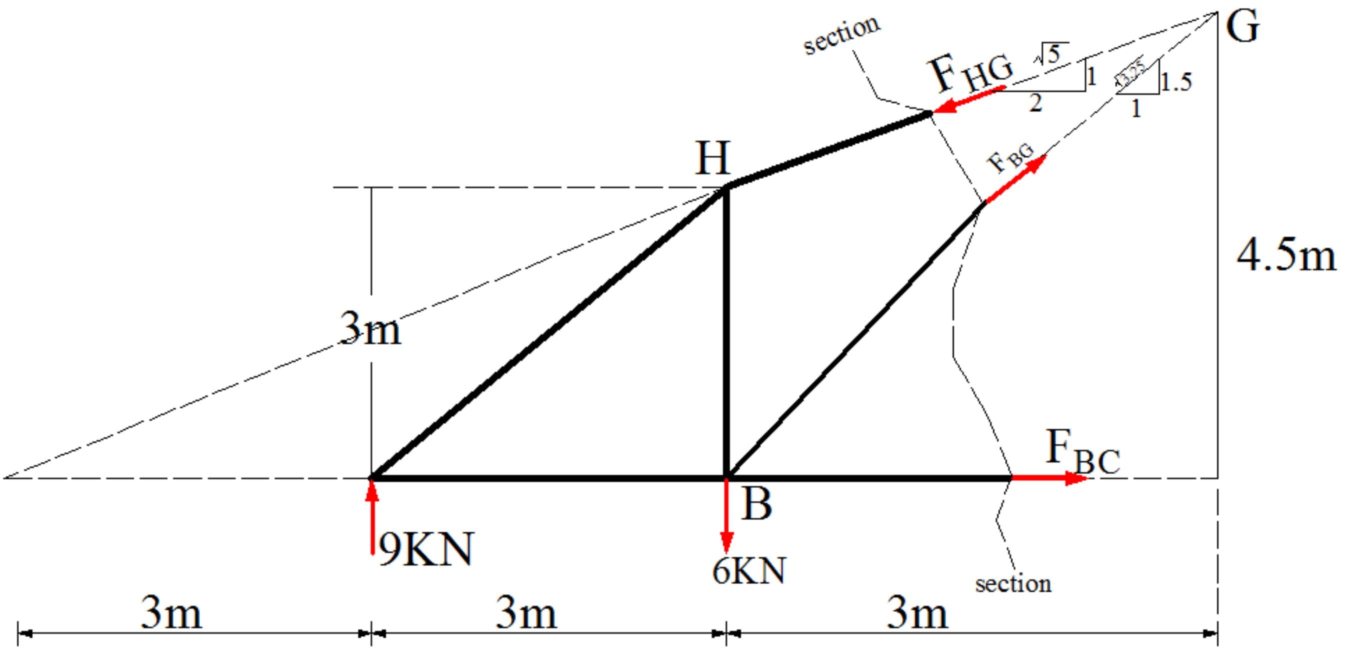
$12A_Y - (6*9) - (7*6) - (4*3) = 0 \rightarrow A_Y = 9KN$

$\sum F_Y=0$

$9 + E_Y - 6 - 7 - 4 = 0 \qquad \rightarrow EY = 8KN$

$\sum F_X=0$

$A_X = 0$



Method of Section:

$\sum M_G=0$

$F_{BC}\,(4.5) + (6*3) – (9*6) = 0$

$F_{BC} = 8KN$ (T)

$\sum M_B=0$

$F_{HG}\,\left(\frac{1}{\sqrt{5}}\right)(6) - (9*3) =0$

$F_{HG}=10.1KN$ (C)

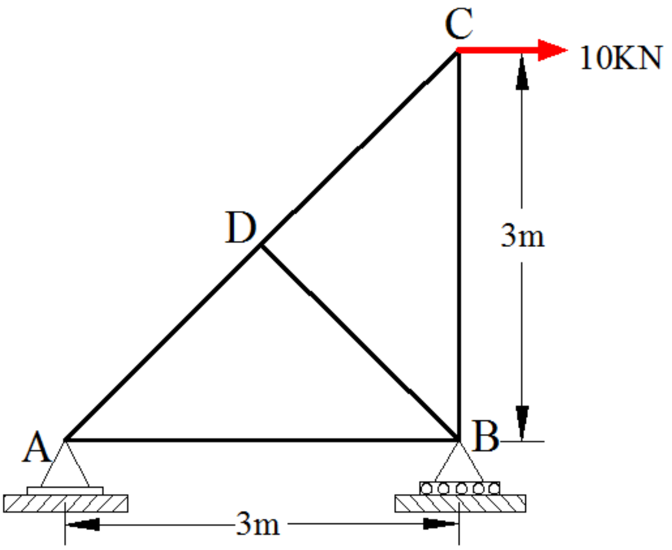
$\sum M_o=0$

$F_{BG}\,\left(\frac{1.5}{\sqrt{3.25}}\right)(6) + (9*3) – (6*6) = 0$

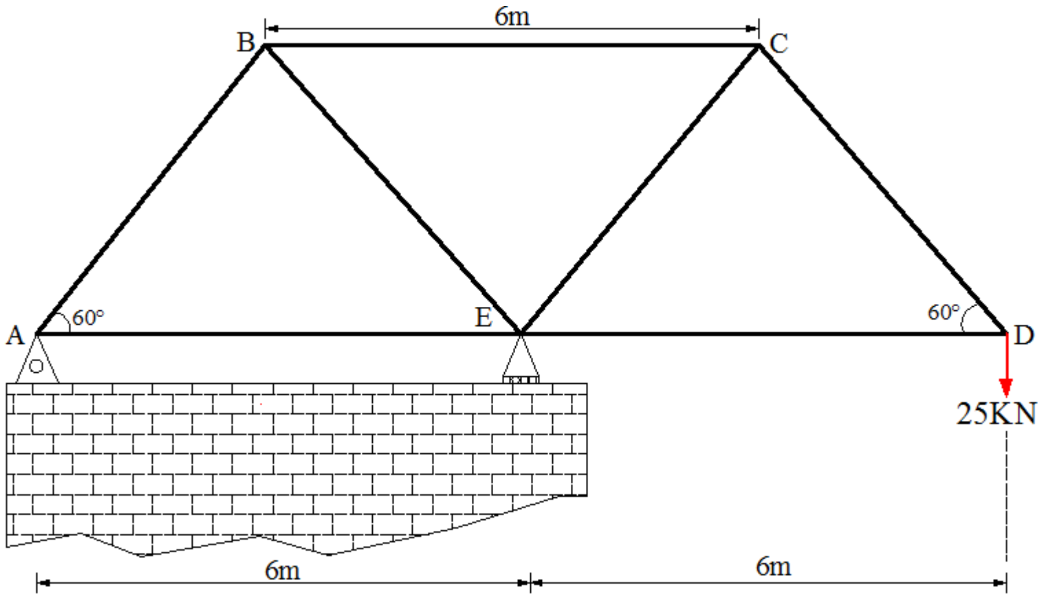
$F_{BG} = 1.8KN$ (T)

تمرین (Exercise)

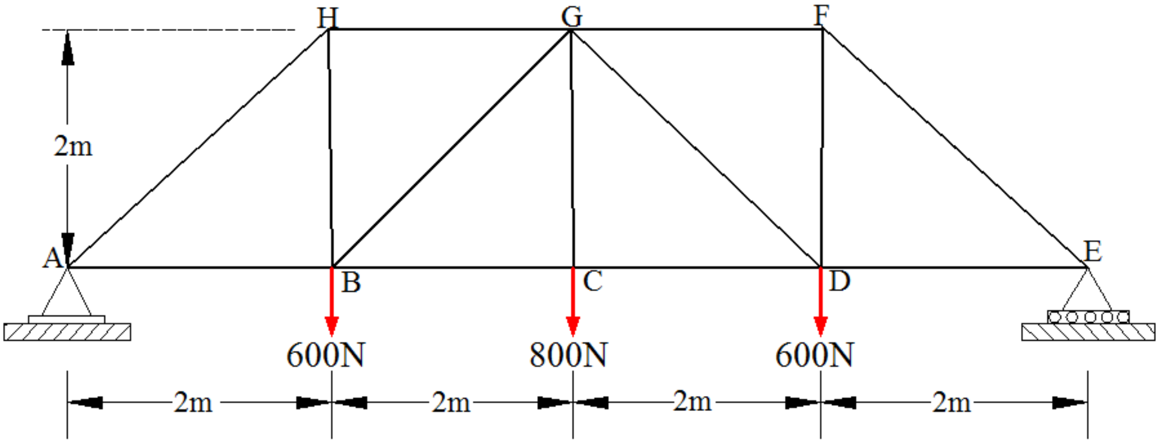
1) د لاندې ورکړ شوي ترس په ټولو میلو کې داخلي قوې محاسبه کړئ؟او وښائې چې په کشش کې واقع دي او که فشار؟ (د غوټو طریقه)



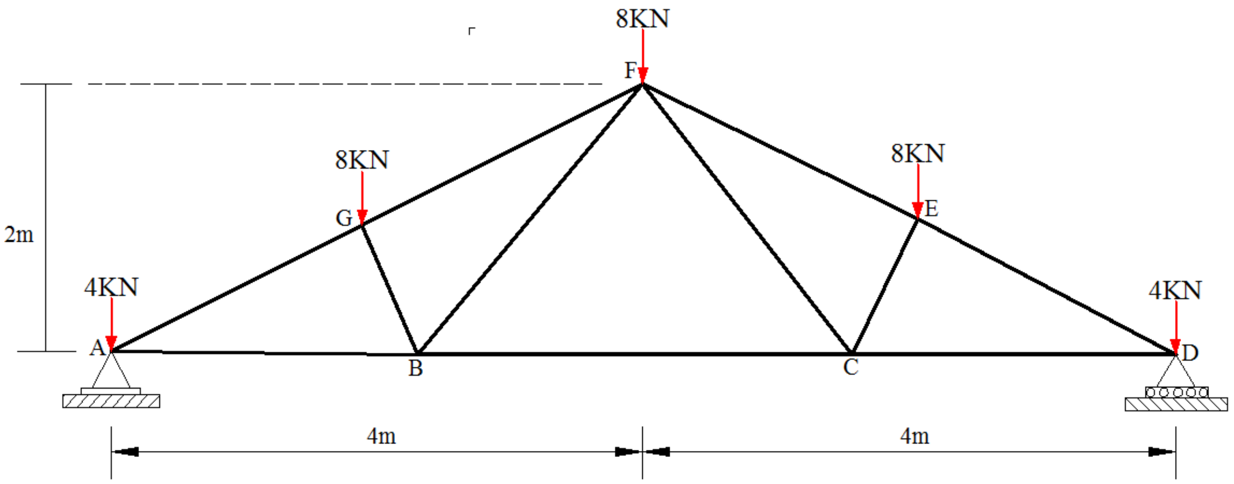
2) د لاندې ورکړ شوي ترس په ټولو میلو کې داخلي قوې محاسبه کړئ؟او وښائې کوم غړي ئې په کشش یا فشار کې واقع دي ؟ (د غوټو طریقه)



3) د لاندې ورکړ شوي ترس په ټولو میلو کې داخلي قوې محاسبه کړئ؟او وښائې کوم غړي ئې په کشش یا فشار کې واقع دي ؟ (د غوټو طریقه)

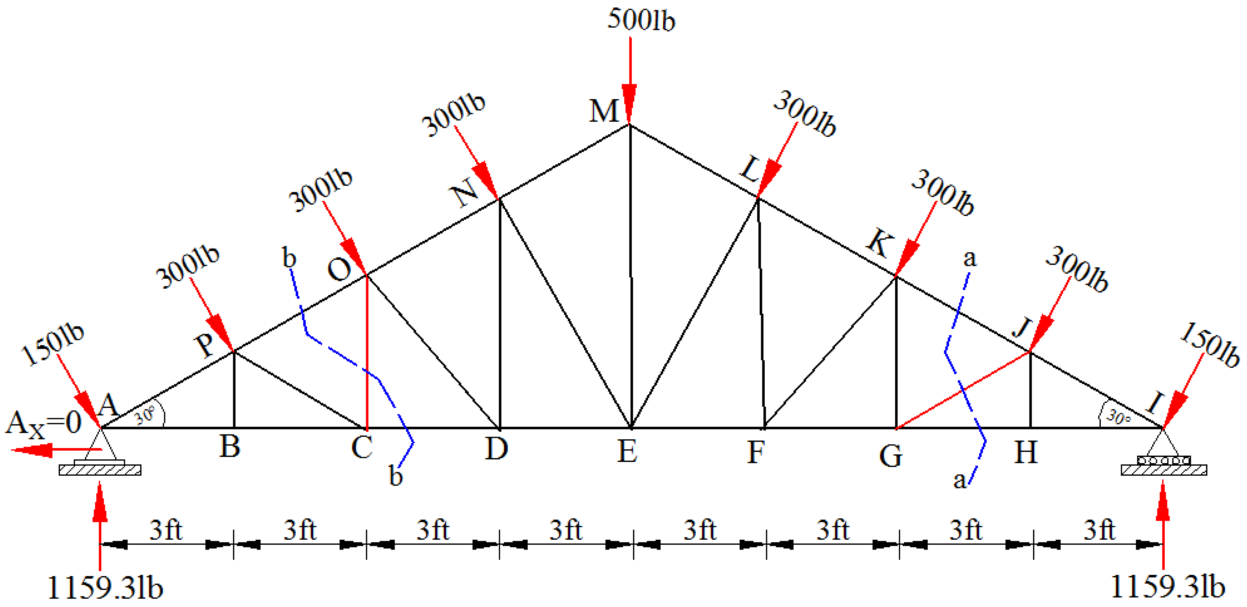


4) د لاندې ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کې داخلي قوی محاسبه کړي ؟او وښائي کوم غړي ئی په کشش یا فشار کی واقع دي ؟ (د غوټو طریقه) AG=GF=FE=ED



5) په شکل کی د ښودل شوی ترس په OD او KF غړیو کی قوی محاسبه کړی او وښائی کوم یو په کشش یا فشار کی واقع دی .اتکائی غبرګونونه محاسبه شوی دی.

نور معلومات په لاندی ډول دی.


500lb
300lb
300lb
300lb
300lb
300lb
300lb
150lb
150lb
M
N
L
O
K
P
J
A
I
b
a
Ax=0
30°
30°
B
C
D
E
F
G
H
b
a
3ft
3ft
3ft
3ft
3ft
3ft
3ft
3ft
1159.3lb
1159.3lb

8

اتم څپرکی

د کړوپيدني ميتودونه

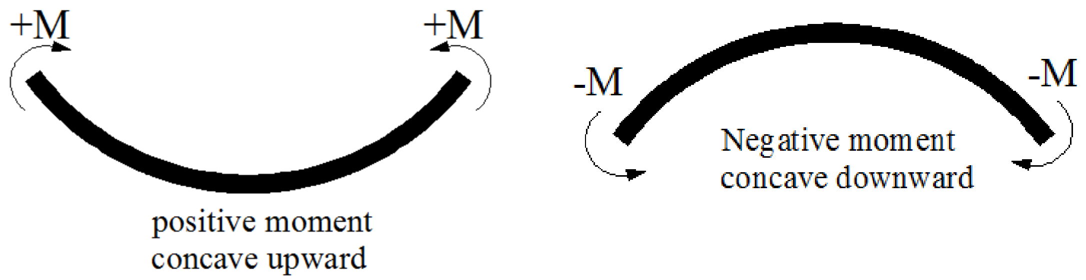
(Methods of deflection)

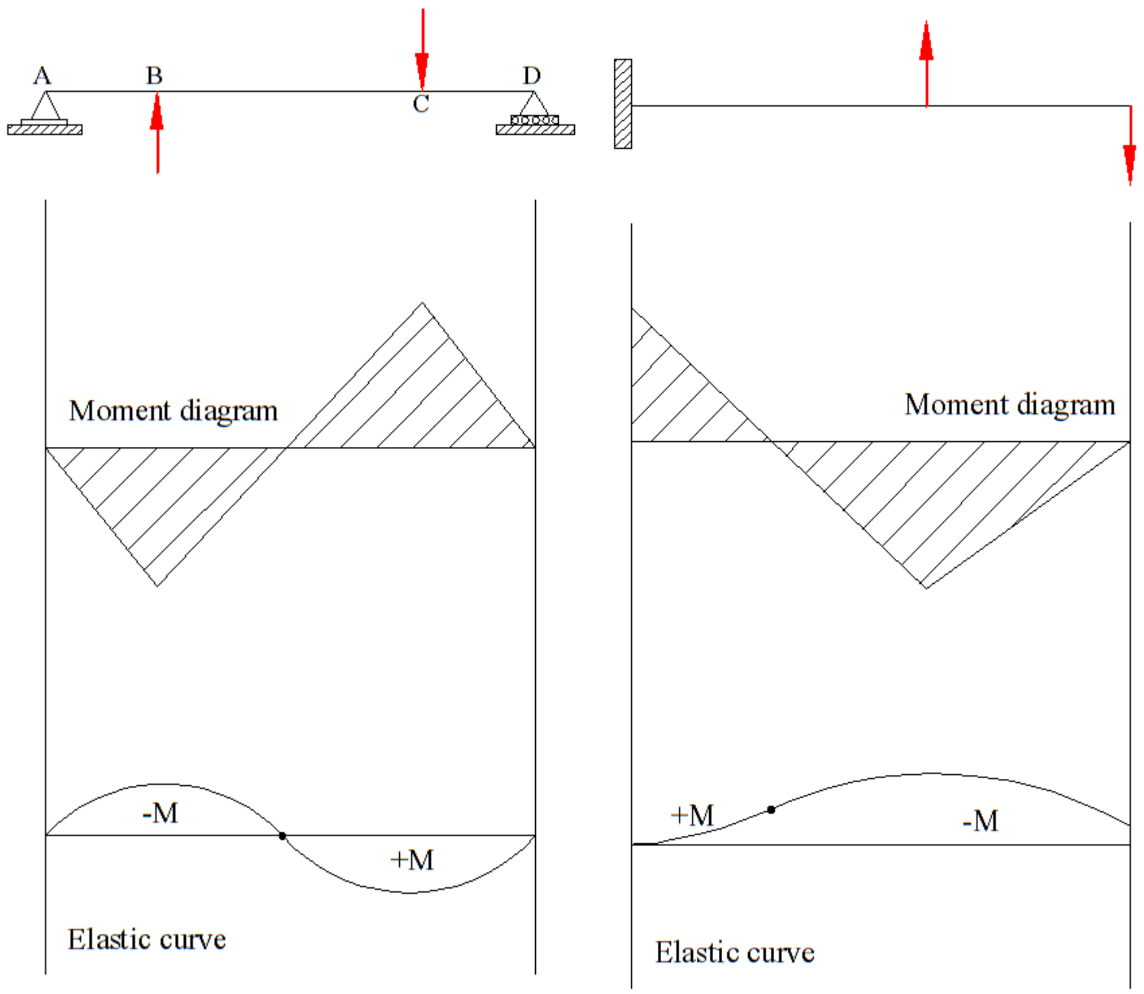
په دی فصل کی د مختلفو ګاډرونو د اتکاګانو یا اتکاګانو ترمینځ په یوه نقطه کی د کړوپيدني (deflection) او میلان (Slope) په اړه بحث کوو .

دا ډول ستونځی (deflection and slope) په ساختمانونو کی د بارونو له امله او یا هم د تودوخی تغیراتو له مله رامینځ ته کیږی او ساختمانونه د ویجاړتیا سره مخامخ کوی. ساختمانونو استواری (stability) او دوام لپاره بائد د دی ډول ستونځو مخنیوی وشی او د ډیزائن په وخت کی deflection او slope ته خاص پاملرنه وشی .ناسته د ساختمانونو په موادو لکه کانکریټ، پلستر او خښتو کی درزونه پیدا کوی او ساختمان دائمی ستونځو سره مخامخ کوی .همدارنګه یو ساختمان بائد دومره لړزه ونکی چی اوسیدونکی ئی ناارامی محسوس کی .کومه ناسته چی په دی فصل کی تر څیړنی لاندی نیول کیږی فقط هغه ساختمانونو لپاره د استعمال وړ ده کوم چی ارتجاعی خاصیت لرونکی وی یعنی د خارجی عامل په لګیدو سره پیدا شوی تغیرات له مینځه ځی او ساختمان خپل اصلی حالت ته واپس کیږی که چیری نومړی بارونه تری لری کړی شی.په دقت سره یی که وګورو ناسته په ساختمان کی د داخلی زوررونو لکه نارملی قوه ، عرضی قوه ، او د کوږوالی مومنټ له امله پیدا کیږی خو په ګاډرونو او چوکاټونو کی زیاتره وخت د کوږوالی مومنټ له امله رامینځ ته کیږی همدارنګه په ترسونو کی داخلی محوری قوی د ساختمان د کوږوالی او ناستی لامل کرځي.

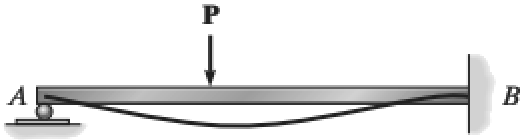
مخکی له دی چی د ساختمان په یوه نقطه کی میلان یا ناسته پیداکړو لومړی بائد د ساختمان کوږشوی شکل وکاږو او تحلیل لپاره تری استفاده وکو دا کوږ شوی شکل دارتجاعی کوږوالی خط (Elastic curve) په نامه یادیږی او د مقطع د مرکزی نقطی تغیر شوی ځائی ښائی.

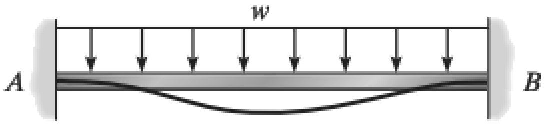
کولی شود انحنائی مومنټ دیاګرام څخه په استفاده ډیر په اسانۍ سره د یو ګاډر ارتجاعی کوږوالی خط (Elastic curve) وکاږو.

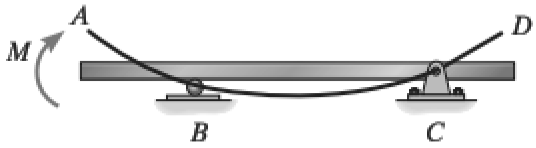

+M
+M
positive moment
concave upward
-M
-M
Negative moment
concave downward

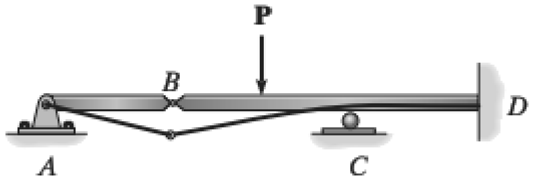

A
B
C
D
Moment diagram
-M
+M
Elastic curve
Moment diagram
+M
-M
Elastic curve

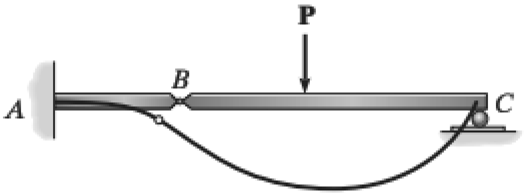
The deflected shapes (elastic curve) of some of the Beams are given below.

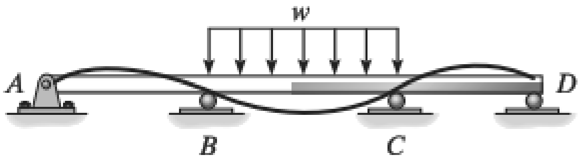




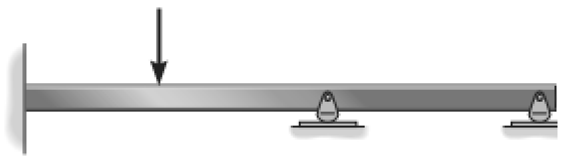


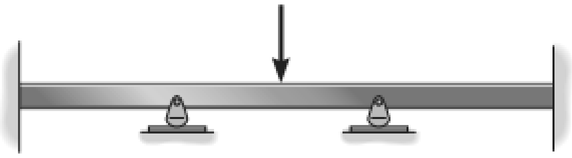


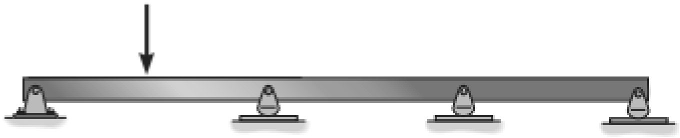


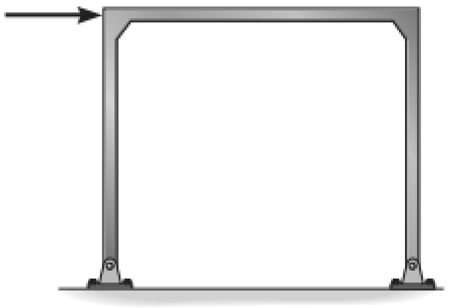


Draw the elastic curve of following Beams??









دوه ګوني انتګراله میتود

(Double integration Method)

په نوموړي میتود کي لومړی د مومنټ معادله په x فاصله لاس ته راوړل کیږی او بیا يي پرله پسي انتګرال نیولو سره د ګاډر په مختلفو ټکو کي میلان (Slope) او کږوپیدنه (deflection) پیداکیږی.

هر ځل د انتګریشن پروسه کی باید د ثابت (constant) قیمت په جلا ډول محاسبه شي.

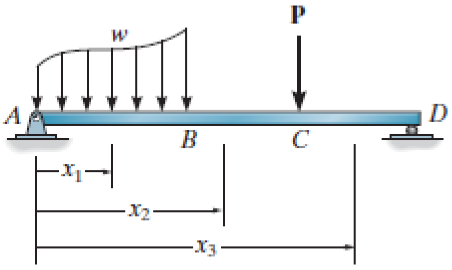
$$\frac{d^2v}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$

د پورتنۍ معادلی یو ځل انتیګرال نیولو سره میلان (θ) لپاره رابطه جوړیږی او دوئم ځل انتیګرال نیولو سره د کږوپیدنۍ(Δ)لپاره رابطه لاس ته راځی.

که چیري یو ګاډر مختلف ډول بارونو لاندي واقع وی په داسي حال کی داخلي مومنټ لپاره د یو څخه زیات رابطي لیکل کیږي، او هره رابطه په خپل حدودو کي تر تحلیل لاندي نیول کیږی

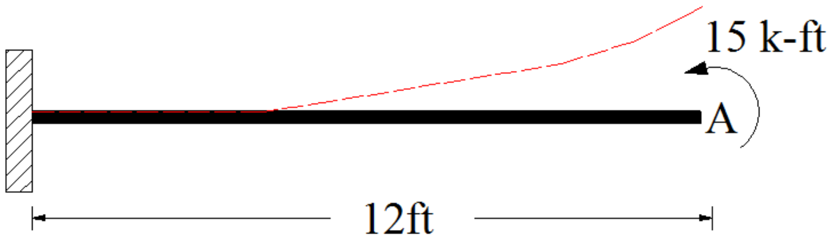
.

د بیلګي په توګه لاندي ورکړ شوي بیم کي په AB ، BC او CD برخو کي مومنټ لپاره رابطه د x_1 ، x_2 او x_3 فاصلو په پام کي نیولو سره جوړیږي.هرکله چي د نوموړيو معادلو انتګرال ونیول شي او د ثابت (constant) قیمت محاسبه شي ، غوښتل شوي ارقام (میلان او کږوپیدنه) لاس ته راځي.



مثال:1 د لاندی ورکړ شوی ګاډر په A نقطه کی د θ او Δ قیمتونه پیدا کړی. د ارتجاعیت موډل او انرشیائی مومنټ په لاندی ډول دی .

$I=16.4\ in^4$ ، $E=29 \times 10^3 ksi$



حل:

$$EI\frac{d^2v}{dx^2} = M \dots\dots\dots (1)$$

First integration:

$$EI\frac{d^2v}{dx^2} = M \gg EI\int\frac{d^2v}{dx^2}\,dx = \int M.dx \gg EI\frac{dv}{dx} = Mx + C_1 \gg EI\frac{dv}{dx} = Mx + C_1$$

$$EI\frac{dv}{dx} = Mx + C_1 \dots\dots\dots (1)$$

Second integration:

$$EI\frac{dv}{dx} = Mx + C_1 \gg EI\int\frac{dv}{dx}\,dx = \int(Mx + C_1)dx \gg EI.v = \frac{Mx^2}{2} + C_1x + C_2$$

$$EI.v = \frac{Mx^2}{2} + C_1x + C_2 \dots\dots.(2)$$

When x=0 then $\frac{dv}{dx} = 0$ and $v = 0$ and $C_1 = C_2 = 0$

$$EI\frac{dv}{dx} = Mx$$

$$EI.v = \frac{Mx^2}{2}$$

We know that $\frac{dv}{dx} = \theta$ and $v = \Delta$

$$\theta = \frac{Mx}{EI} \qquad \Delta = \frac{Mx^2}{2EI}$$

Slope (θ):

$$\theta_A = \frac{(15*12)(12*12)}{(29*10^3)(16.4)} = 0.0545rad$$

Deflection (Δ):

$$\Delta_A = \frac{(15*12)(12*12)^2}{2(29*10^3)(16.4)} = 3.92$$

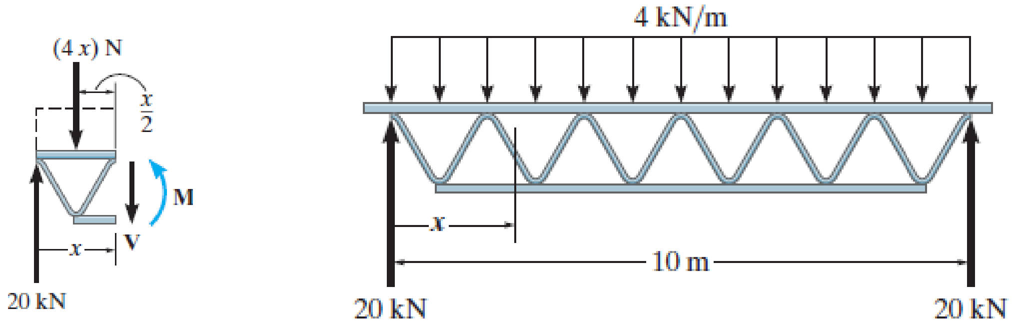
مثال:2 په ورکړشوی انځور کی ساده اتکايي فلور جوايسټ کوم چې د 4KN/m ويشلي بار لاندې واقع دی ، ښودل شوی. تاسی د جوايسټ اعظمی کړوپيدنه (deflection) محاسبه کړی په داسی حال کی چې د EI قيمت ثابت وی .

حل:

Elastic Curve

څرنګه چې پوهيږو جوايسټ د متناظرباړونو لاندی قرار لری لهذا اعظمی خمش به د ګاډر په مينځ کی وی .

د مومنټ تابع (Moment function)



$$M = 20x - 4x\left(\frac{x}{2}\right) = 20x - 2x^2$$

$$EI\frac{d^2v}{dx^2} = 20x - 2x^2 \ldots\ldots\ldots(1)$$

First integration:

$$EI\frac{d^2v}{dx^2} = 20x - 2x^2 \gg EI\int\frac{d^2v}{dx^2}\,dx = \int 20x - 2x^2.dx \gg EI\frac{dv}{dx}$$
$$= 10x^2 - 0.6667x^3 + C_1$$

Second integration:

$$EI\frac{dv}{dx} = Mx + C_1 \gg EI\int\frac{dv}{dx}\,dx = \int(10x^2 - 0.6667x^3 + C_1)dx \gg EI.v$$
$$= 3.333x^3 - 0.1667x^4 + C_1x + C_2$$

$$EI.v = 3.333x^3 - 0.1667x^4 + C_1x + C_2 \ldots\ldots.(2)$$

When x=0 then $v = 0$

$$EI.v = 3.333x^3 - 0.1667x^4 + C_1x + C_2$$
$$EI.(0) = 3.333(0)^3 - 0.1667(0)^4 + C_1(0) + C_2 \;>>>>>>>>\; C_2 = 0$$

When x=10 then $v = 0$,

$$EI.(10) = 3.333(10)^3 - 0.1667(10)^4 + C_1(10) + C_2 >>>>>> C_1 = -166.7$$

په x=5m کی میلان صفر وی او کږوپیدنه اعظمی وی

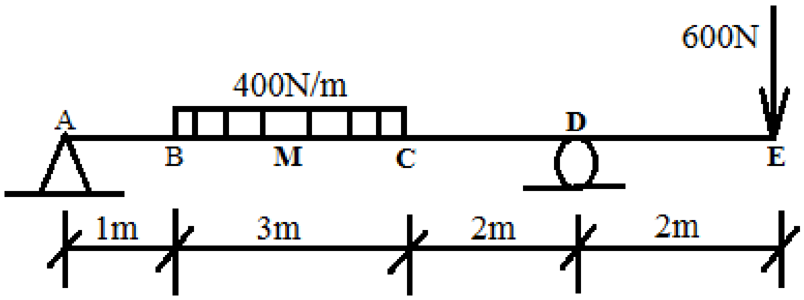
Slope (θ):

$$\theta_{5m} = 0$$

Deflection (Δ):

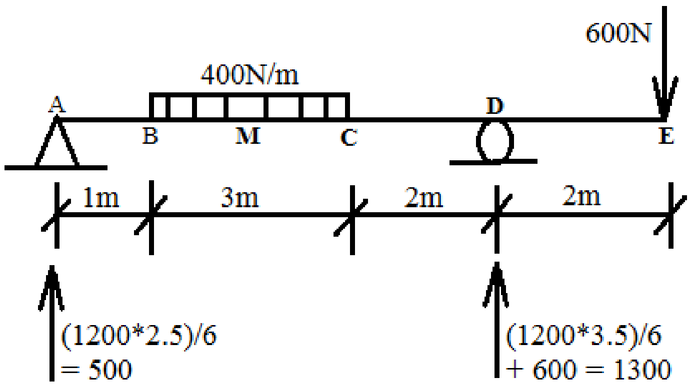
$$EI.(V) = 3.333(5)^3 - 0.1667(5)^4 + (-166.7)(5) =$$
$$V_{max} = -\frac{521}{EI}$$

مثال:3 په لاندي ورکړشوي ګاډر کي په M او E ټکوکي ناسته (Δ) محاسبه کړي ؟د EI قيمت ثابت دي .

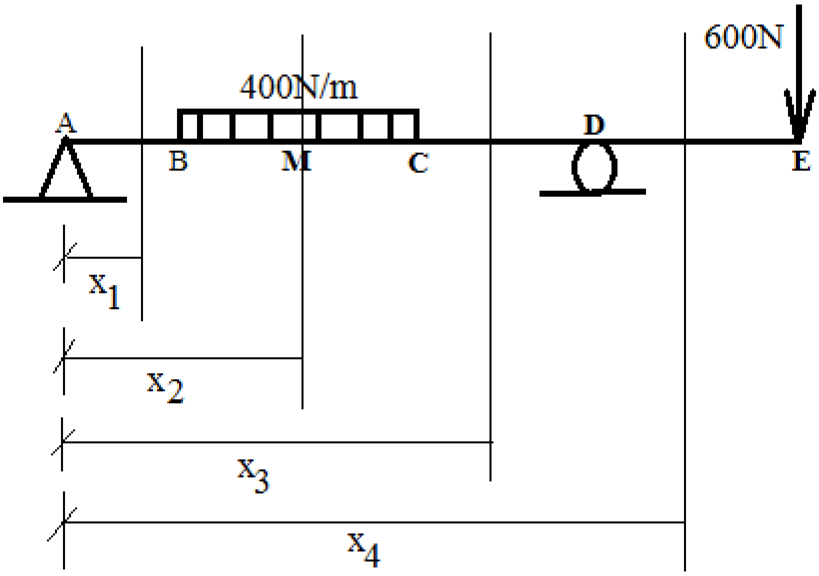


حل:

اتکايي عکس العملونه (Support Reactions) :



د نوموړي سوال د حل لپاره لومړي د هرى برخي د مومنټ رابطه جوړوو ، په دى حالت کى څلور رابطي جوړيږى .



په ځایي ده دي چي هري برخي لپاره جلا جلا معادله جوړه کړو ، د اسانتیا په خاطر دلته فقط د اخرني برخي لپار رابطه جوړوو او دا فرض کوو چی په قوس کی داخل منفي عدد شتون نه لري دا په دی معنی چي کله هم په ⟨براکټ⟩ کي د x قیمت وضع کولوسره منفي عدد حاصل شي پوره فکتور به صفر حسابیږي .

د پوره ګاډر لپاره رابطه په لاندي ډول ده.

$$M = \left[500x - \frac{400}{2}\langle x-1\rangle^2 + \frac{400}{2}\langle x-4\rangle^2 + 1300\langle x-6\rangle\right] \text{ N-m}$$

د پورتنی معادلي اوليني انتګرال نیسو

$$\int EI\frac{d^2v}{dx^2} = \int \left[500x - \frac{400}{2}\langle x-1\rangle^2 + \frac{400}{2}\langle x-4\rangle^2 + 1300\langle x-6\rangle\right]$$

$$EI\,\frac{dv}{dx} = \left[250x^2 - \frac{200}{3}\langle x-1\rangle^3 + \frac{200}{3}\langle x-4\rangle^3 + 650\langle x-6\rangle^2 + C_1\right]$$

دوهم ځل انتګرال

$$EIv = \left[250x^3 - \frac{50}{3}\langle x-1\rangle^4 + \frac{50}{3}\langle x-4\rangle^4 + \frac{650}{3}\langle x-6\rangle^3 + C_1x + C_2\right]$$

په پورتني دوه رابطو کي د ثابت (C_2 , C_1) قيمت پيدا کولو لپاره EIv=0 نيسو ځکه چي په

x=0 کي د Boundary condition له مخي ناسته صفر ده .

د مومنټ مساحت میتود

(Moment Area Method for Deflection

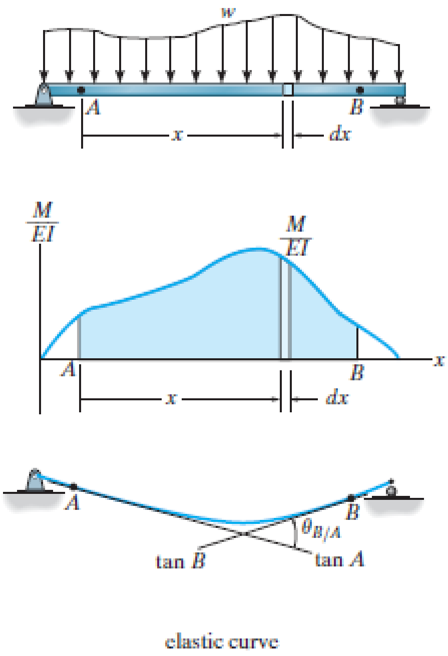
د مومنټ مساحت میتود په حکله لومړني پلټنې اټو موهر کړي وي خو وروسته په کال ۱۸۷۳ کي چارلس ګرین په رسمي ډول د نوموړي میتود دوه قضیې وړاندي کړي. نوموړي میتود د ایلاستیکی خط میلان او کړوپیدنه پیدا کولو لپاره نیمچه ګرافیکي طریقه ده.

نوموړي میتود د هغه ګاډرونو لپاره کوم چې د یو شمیر متمرکز بارونو لاندي واقع وي او یا هم مختلف انرشیایي مومنټ لرونکي برخي ولري ډیره مفیده تماميږي.

لومړي قضیه (First Theorm)

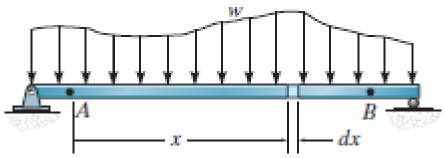
د ایلاستیکي خط د دوو ټکو ترمنځ د میلان تغیر د نوموړیو نقطو تر منځ د $\frac{M}{EI}$ دیاګرام د مساحت سره مساوي کیږی.

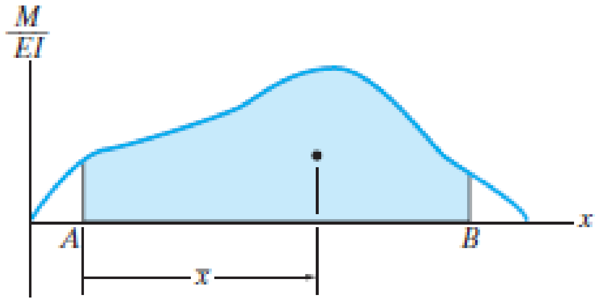
$\theta_{B/A}$ علامه د مماس B زاویه ده کله چې د مماس A په پام کي نیولو سره اندازه شی



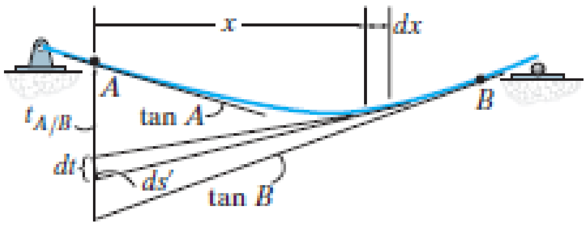
دوهمه قضیه (Second theorm):

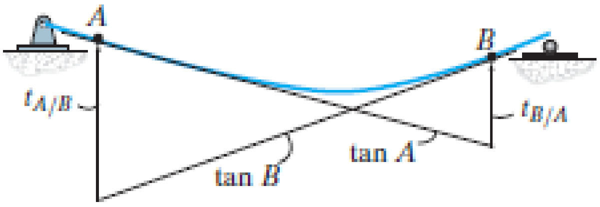
په ایلاستیکي خط د A ټکی د مماس (Tangent) عمودي انحراف (Deviation) نظر هغه مماسي خط ته کوم چې د B ټکي څخه راغزول شوي وي ددواړو ټکو ترمنځ د مساحت مومنټ سره مساوي کیږي او نوموړي مومنټ هغه ټکي ته نیول کیږی چیرته چي کړوپیدنه پکاروي.





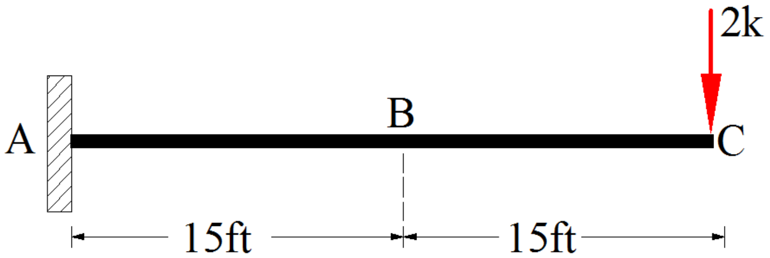
(b)





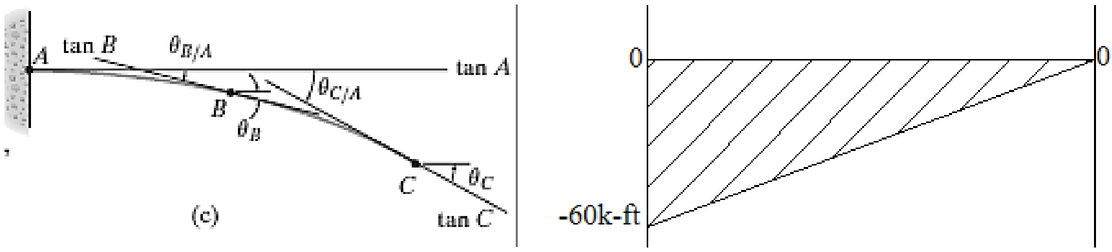
مثال: 1 د لاندی ورکړ شوی ګاډر په B او C نقطه کی د θ قیمت پیدا کړی .د ارتجاعیت موډل او انرشیائی مومنټ په لاندی ډول دی .

$I=600\ in^4$ ، $E=29 \times 10^3 ksi$

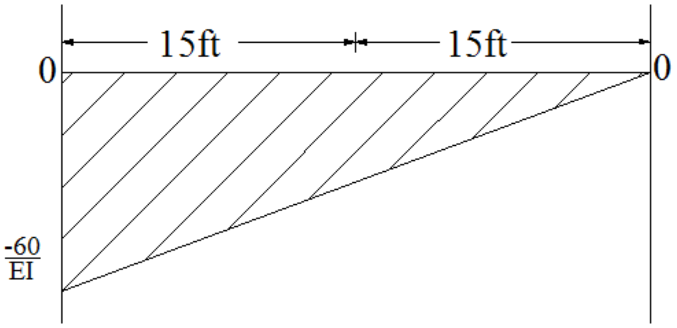


حل:

✓ مومنټ دیاګرام

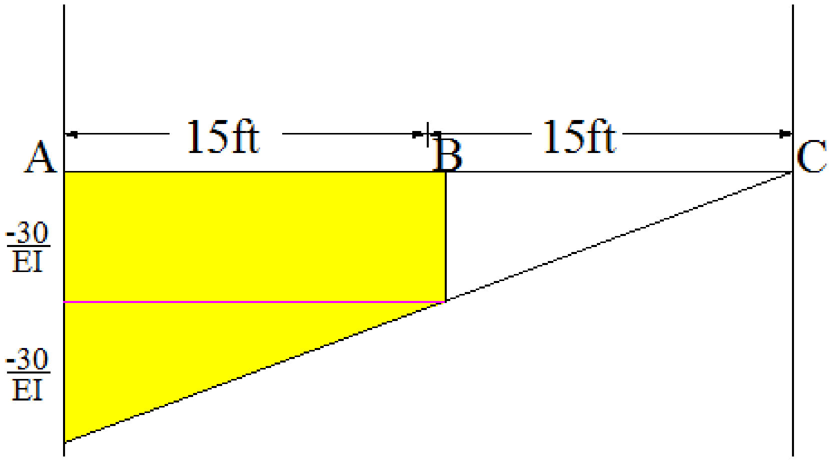


✓ $\frac{M}{EI}$ دیاګرام:



✓ Moment Area theorm

دوه نقطو تر مينځ د ميلان تغير د نوموړيو نقطو تر منځ د مساحت سره مساوی کيږی.



θ_B = B او A تر مينځ مساحت

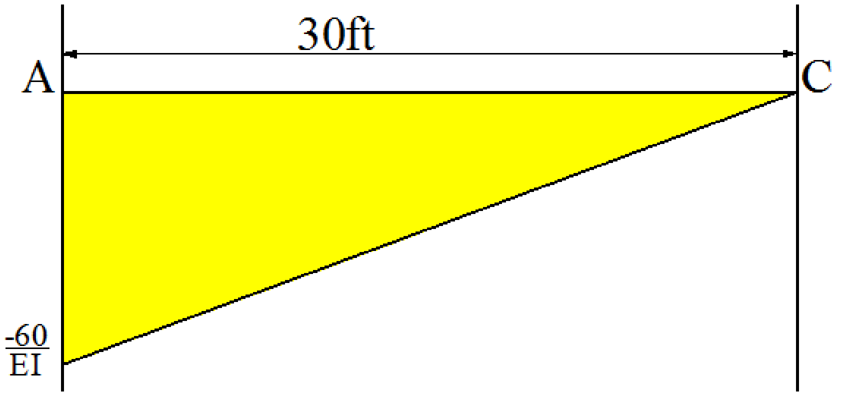
$\theta_B = -\left(\frac{30}{EI} * 15\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{30}{EI} * 15\right)$

$\theta_B = -\frac{675\ k\!-\!ft^2}{EI} \rightarrow -\frac{675\ .12*12\ k\!-\!in^2}{29*10^3*600\ k\!-\!in^2} = -0.0059rad$

θ_C = د A او C تر مینځ مساحت

$\theta_C = -\frac{1}{2}\left(\frac{60}{EI} * 30\right)$

$\theta_C = -\frac{900\ k\!-\!ft^2}{EI} \rightarrow -\frac{900\ .12*12\ k\!-\!in^2}{29*10^3*600\ k\!-\!in^2} = -0.00745rad$



(Conjugate Beam Method for Deflection)

اوله قضيه (First Theorem)

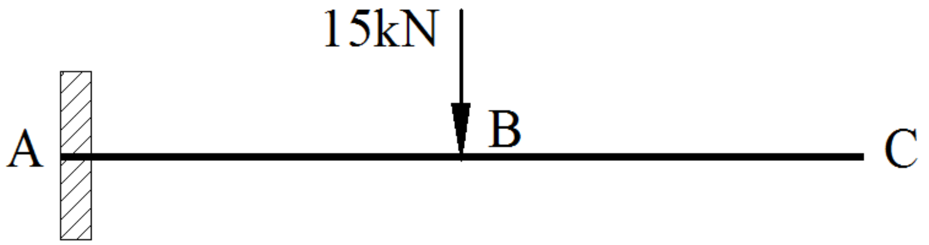
د حقيقي ګادر په یوه نقطه کې میلان (Slope, θ)د مزدوج ګاډر(conjugate beam) په همغه نقطه کی د عرضي قوي مقدار سره مساوي کيږی.

دوهمه قضیه (Second Theorem)

د حقيقي ګادر په یوه نقطه کې بدلون (Displacement, Δ) د مزدوج ګادر (conjugate beam) په همغه نقطه کی ده مومينټ مقدار سره مساوي کيږی.

نوموړی میتود مولر برسلو په کال 1865 کی اخذ کړی ده او د نورو میتودونو پرتله ډير اسان او چټک نتائج ورکونکی ده ،د نوموړی میتود زیاتره کار د ستاتیک په اصولو ولاړ دی او همدا وجه ده چی د نورو میتودونو پرتله ئی استعمال اسان دی .

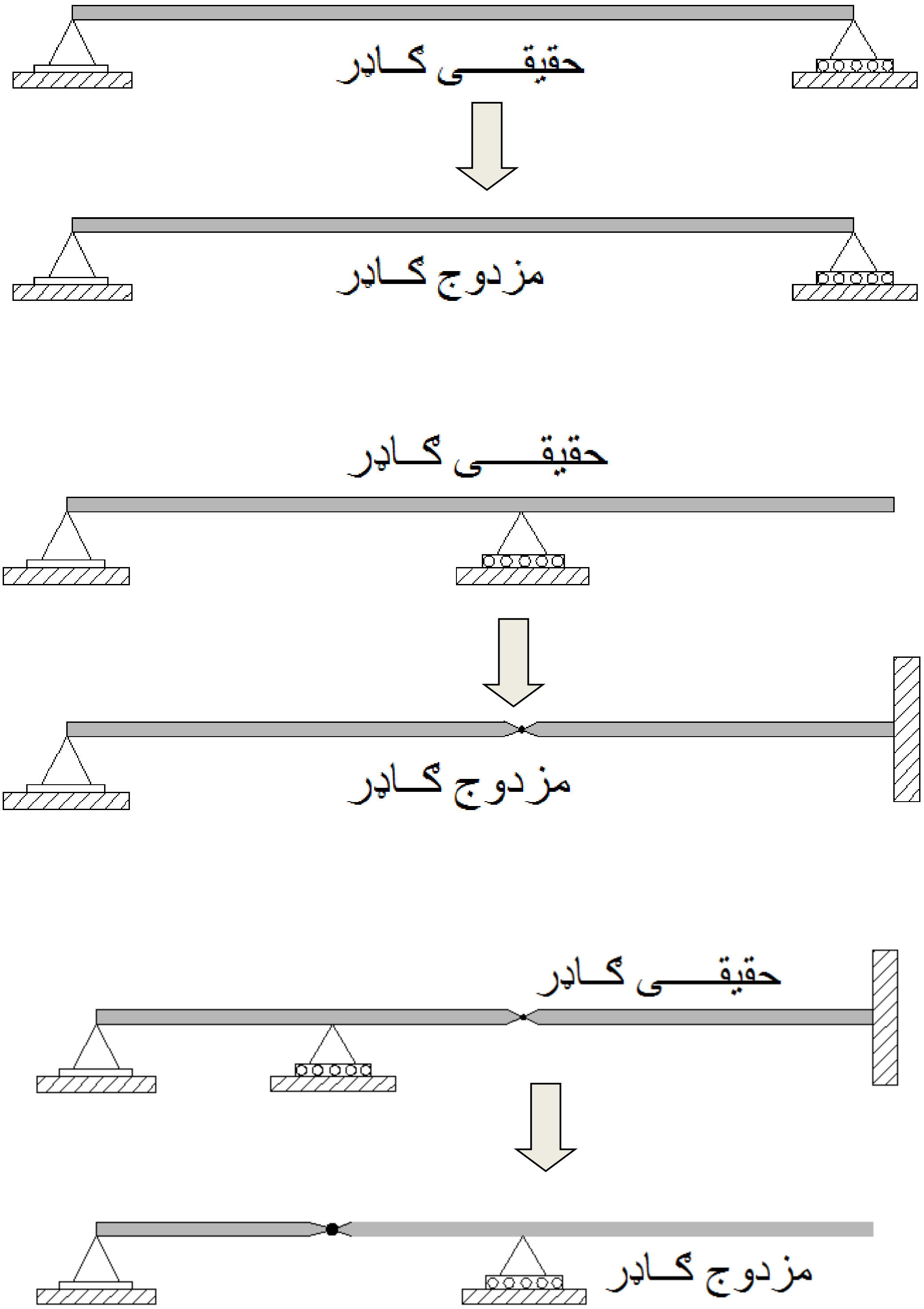
بیلګه :



که چیری د ګاډر په C ټکی کی slope او یا هم displacement پیدا کول غواړو د قضیي مطابق په نومړی ټکی کی بائد عرضی قوه او مومنټ پیدا کو

$$M_C = \Delta_C \qquad \text{او} \qquad \theta_C = V_C$$

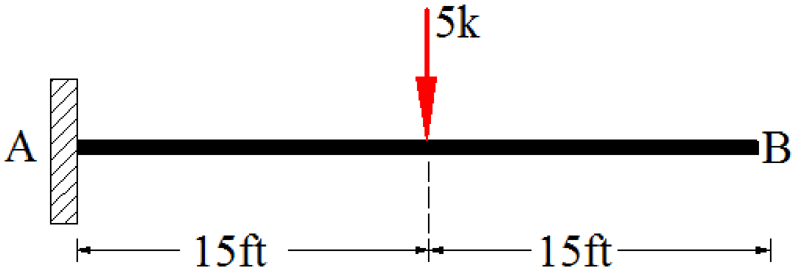
د مزدوج ګاډر اتکاګانې:



کړنلاره:

- د حقیقی ګاډر مزدوج ګاډر کارول
- د اتکاګانو په تبدیلولو کی بائد پورته ورکړ شوی ګاډرونه په پام کی ونیول شی .
- د حقیقی ګاډر او مزدوج ګاډر طول بائد توپیر ونلری.
- که چیری د حقیقی ګاډر یوه اتکاء میلان پیدا کیدو ته اجازت ورکونکی وی بائد د مزدوج ګاډر اتکاء ئی هم د غوڅونکو قوو مخنیوی ونکی .
- که چیری د حقیقی ګاډر یوه اتکاء ناستی ته اجازه ورکونکی وی بائد د مزدوج ګاډر اتکاء ئی د مومنټ مخنیوی ونکی .
- د حقیقی ګاډر M/EI دیاګرام کارول.
- د حقیقی ګاډر M/EI دیاګرام په مزدوج ګاډر د بار په حیث اینبودل کیږی او د فرضیږی چی منظم ویشلی بار دی ،که چیری M/EI دیاګرام مثبت وی د قوو جهت پورته طرف ته اخیستل کیږی او که منفی وی د قوو جهت د ګاډر څخه لاندی طرف ته اخیستل کیږی .
- د تعادل معادلو په استعمال کولی شو په مزدوج ګاډر کی مومنټ ، عرضی قوه او اتکائی عکس العملونه محاسبه کړو
- په کومه ځی کی چی سلوپ یا دیفلیکشن پیدا کول مطلوب وی په هغه ځی کی قطع اخیستل کیږی

مثال:1 ورکړ شوي بیم په B نقطه کی ناسته (displacement, Δ_B)، او میلان (slope, θ_B) پیدا کړي.

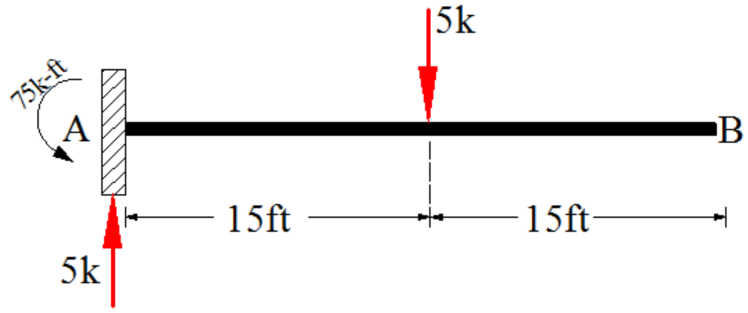


حل:

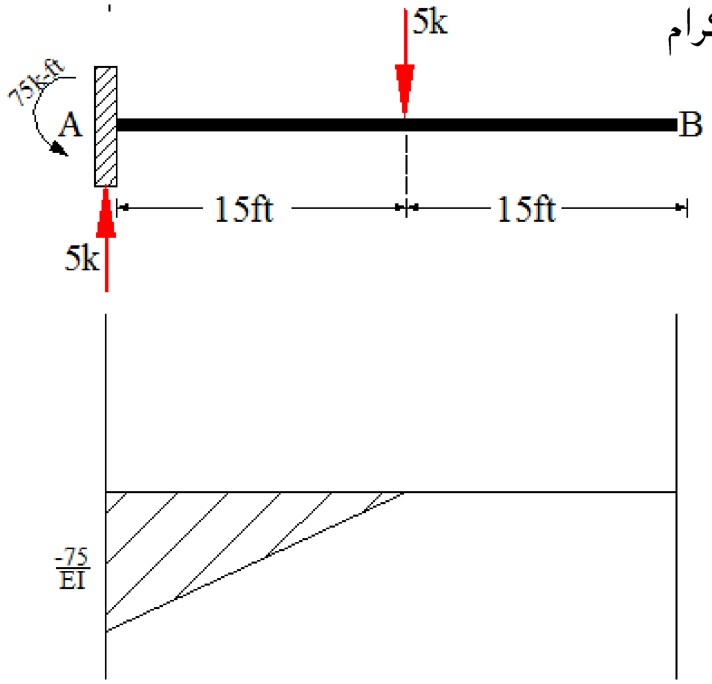
1) اتکائی عکس العمل او مومنټ

$R_A=5k$

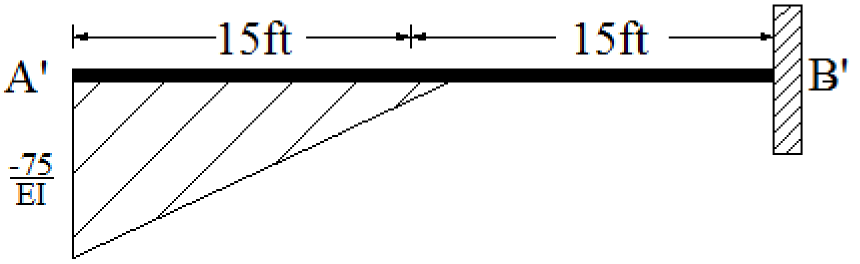
$M_A = 75k\text{-}ft$



2) M/EI دیاګرام

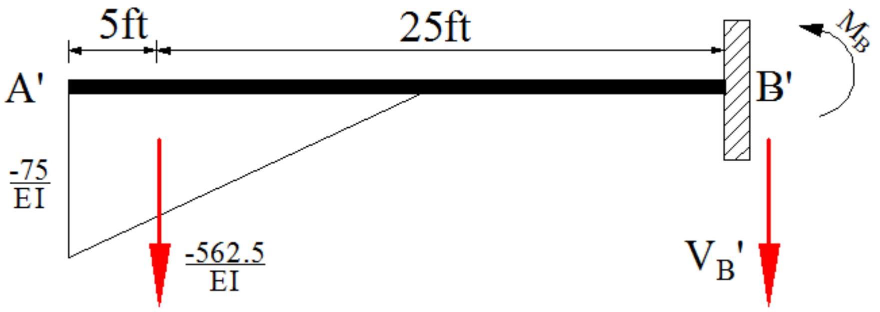


3) مزدوج ګاډر (Conjugate Beam)



4) تعادل (Equilibrium)

θ_B لپاره بائد $V_B{}'$ او Δ_B لپاره $M_B{}'$ پيدا کو.



$$\sum F_Y = 0 \rightarrow -\frac{562.5\ k{-}ft^2}{EI} - V_B{}' = 0$$

$$\theta_B = V_B{}' = -\frac{562.5\ k{-}ft^2}{EI} = \frac{562.5*12*12\ k{-}in^2}{29*10^3*800k{-}in^2} = -0.00349rad$$

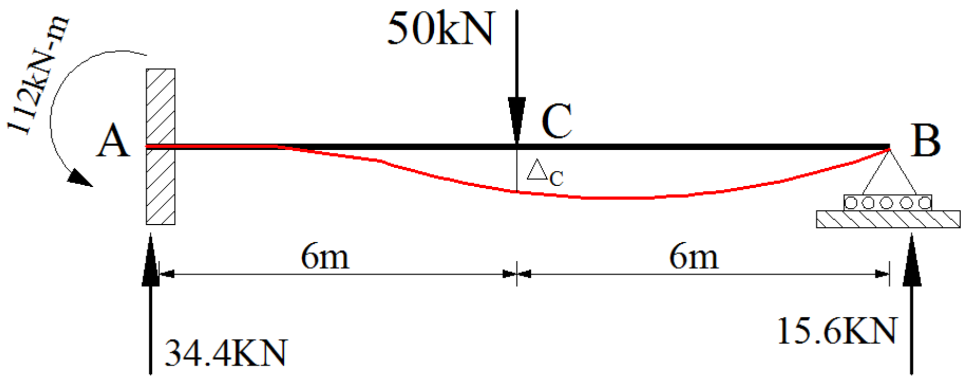
$\theta_B = -0.00349rad$

$$\sum M_B{}' = 0 \rightarrow \left(\frac{562.5\ k{-}ft^2}{EI} * 25\right) + M_{B/}$$

$$\Delta_B = M_B{}' = -\frac{14062.5\ k{-}ft^3}{EI} = -\frac{14062.5*12*12*12\ k{-}in^3}{29*10^3*800\ k{-}in^2} = -1.05in$$

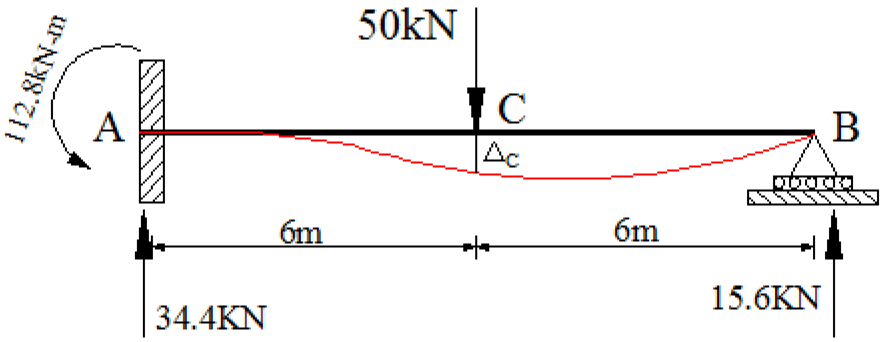
$\Delta_B = -1.05in$

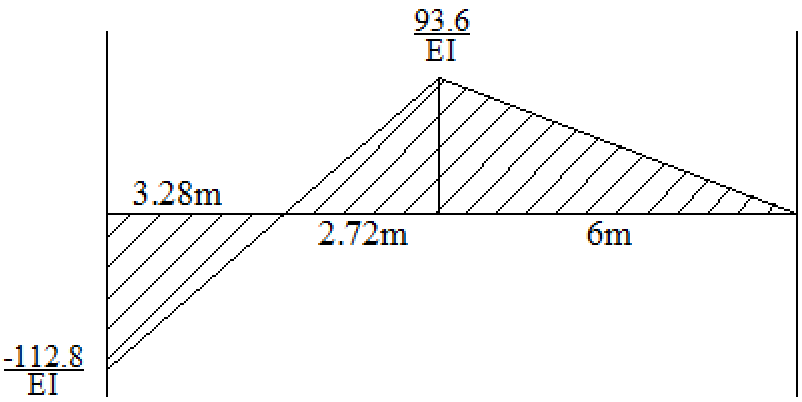
مثال:2 د ورکړ شوي ګادر په C نقطه کی $(displacement, \Delta_c)$ پیدا کړي؟ د EI قیمت ثابت دی



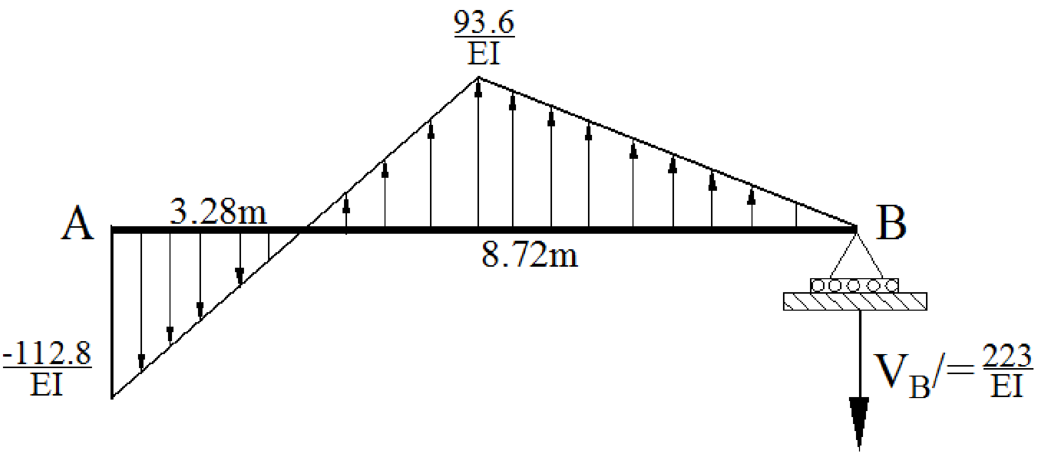
حل:

1) M/EI دیاګرام





2) مزدوج ګاډر (Conjugate Beam)



$$\sum F_Y = 0 \rightarrow -\left(\frac{112.8*3.28}{2EI}\right) + \left(\frac{93.6*8.72}{2EI}\right) - V_B^{/} = 0$$

$$V_B^{/} = \frac{223}{EI}$$

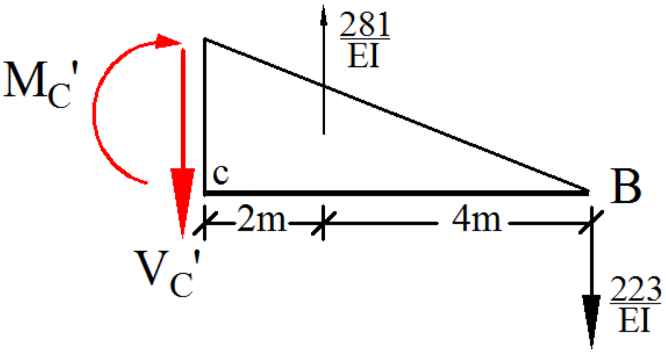
3) تعادل (Equilibrium)

په C نقطه کی ناسته (Δ_C) پيدا کولو لپاره باېد د قضيي مطابق په نوموړی نقطه کی مومنټ محاسبه کو. يعنی $M_C^{/} = \Delta_C$ په C نقطه کی مومنټ پيدا کولو لپاره قطع اخلو.

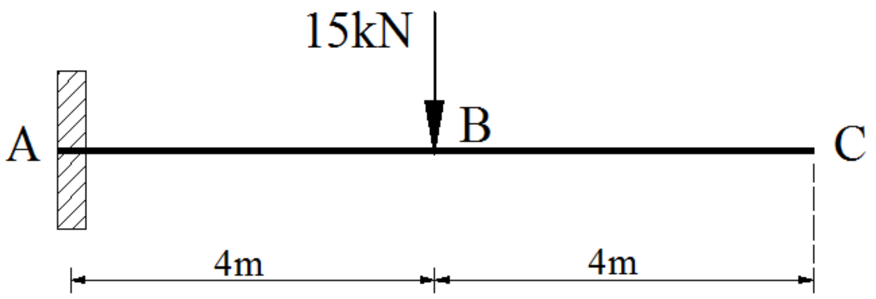
$\sum M_C = 0$

$$\left(\frac{223}{EI} * 6\right) - \left(\frac{281}{EI} * 2\right) + M_C^{/} = 0$$

$$M_C^{/} = \Delta_C = -\frac{776}{EI} \text{ (downward)}$$

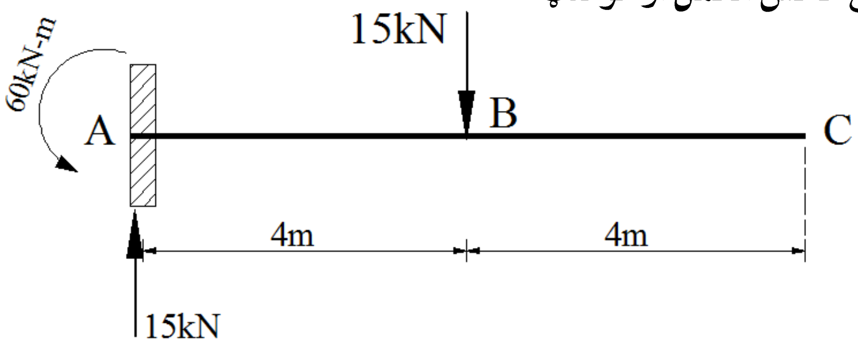


مثال:3 د ورکړ شوي ګادر کې په B نقطه کی ميلان (slope, θ_B) او اعظمي بدلون (maximum displacement, Δ) پيدا کړي. $E=29*10^3$Ksi او $I=500in^4$

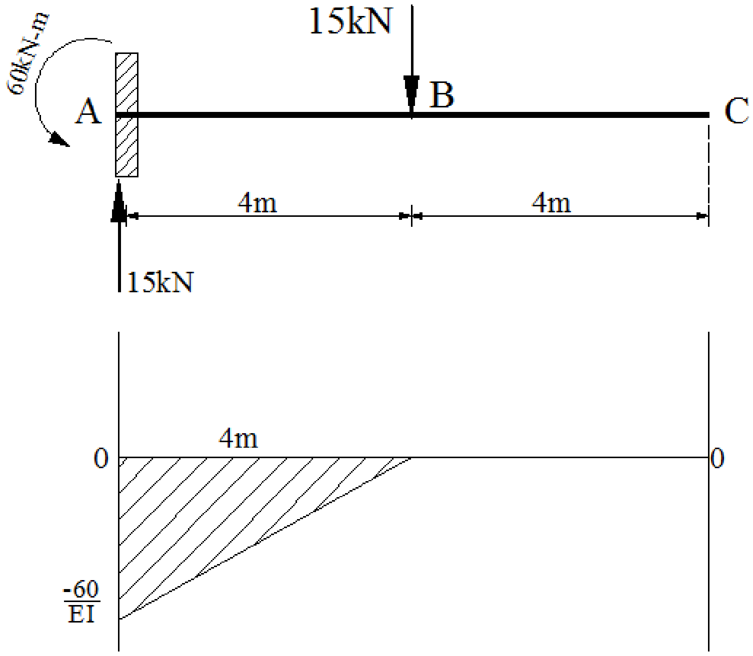


حل:

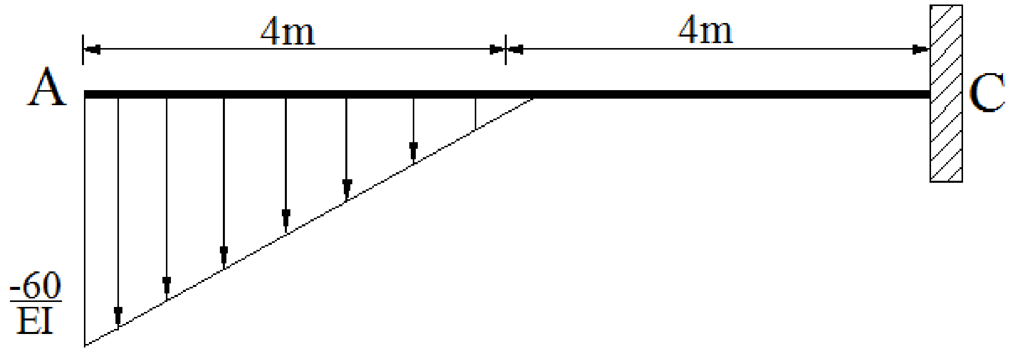
1) اتکائی عکس العمل او مومنټ



2) M/EI دیاګرام

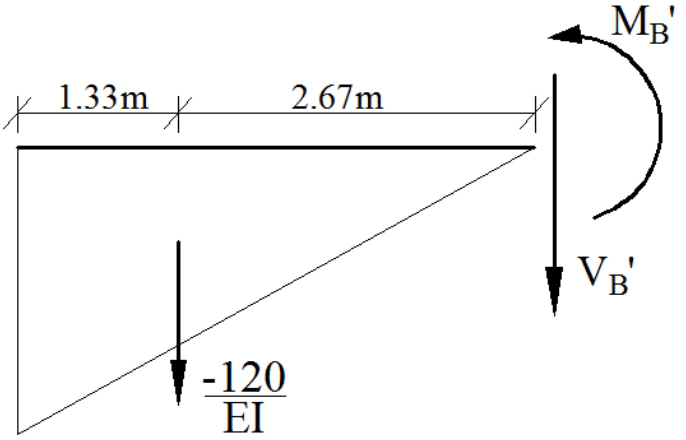


3) مزدوج ګاډر (Comjugate Beam)



4) تعادل (Equilibrium)

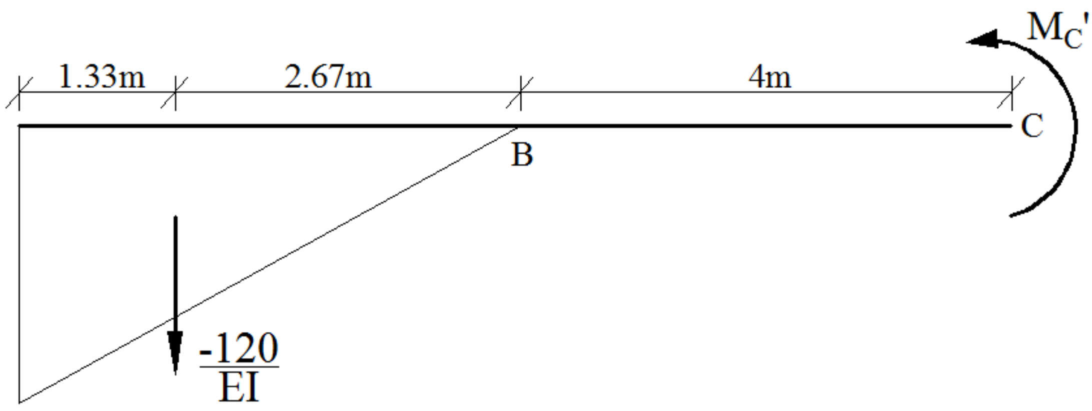
په B نقطه کی ناسته (Δ_B) پیدا کولو لپاره باېد د قضیي مطابق په نوموړی نقطه کی مومنټ او میلان لپاره عرضی قوه محاسبه کو. یعنی $M_B^{/}$ = Δ_B او $\theta_B = V_B^{/}$



$$\sum F_Y = 0 \rightarrow -\left(\frac{120}{EI}\right) - V_B^{/} = 0$$

$$V_B^{/} = \theta_B = -\frac{120*12*12\ k-in^2}{29*10^3*500\ k-in^2} = -\ 0.0012rad$$

پوهیږو چي اعظمی Dislacment په C نقطه کی پیدا کیږی .



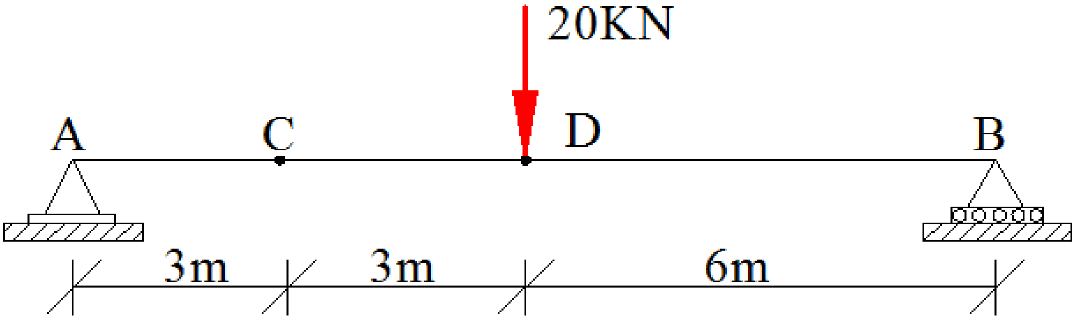
$\sum M_C = 0$

$$-\left(\frac{120}{EI} * 6.67\right) - M_C' = 0$$

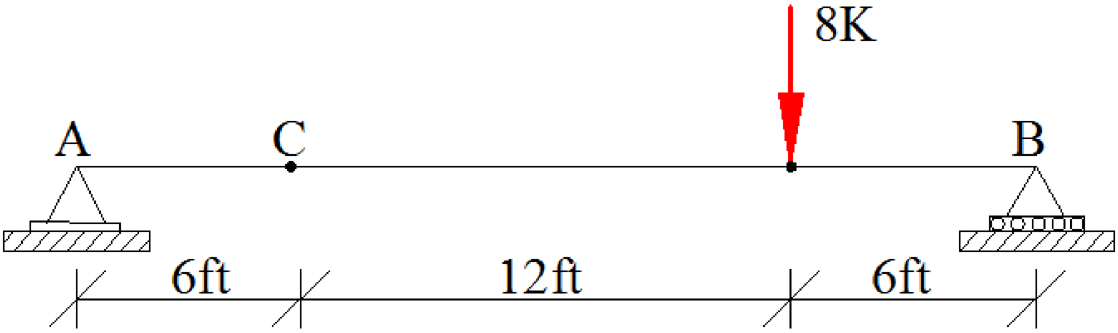
$$M_C' = \Delta_C = -\frac{800.4}{EI} = -\frac{800.4*12*12*12 \text{ k-in}^3}{29*10^3*500 \text{ k-in}^2} = -0.095\text{in} \quad \text{(downward)}$$

(Exercise) تمرین

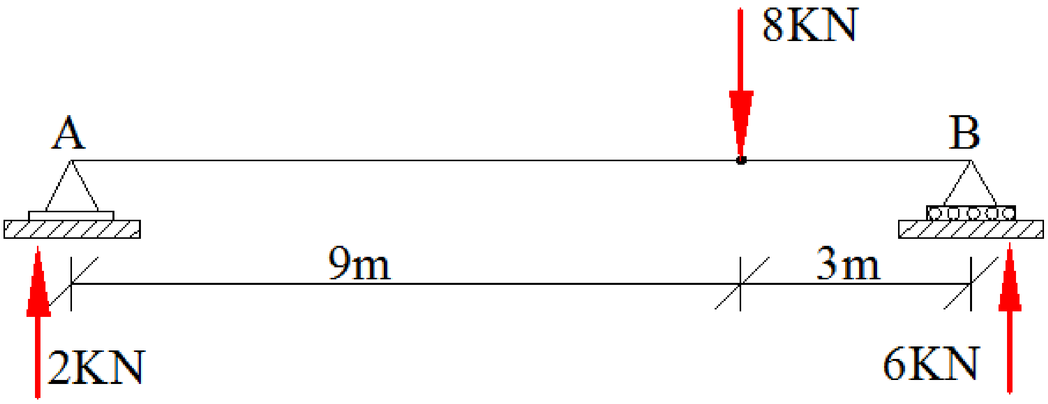
1) د ورکړ شوی ګاډر په C نقطه کی میلان (θ_C) پیدا کړی ؟ E=200GPa او $I=6*10^6$ mm^4 use Moment Area method



2) د ورکړ شوی ګاډر په C تکی کی میلان (θ_C) پیدا کړی ؟ $E=29*10^3$ksi او I=600 in^4 use Moment Area method

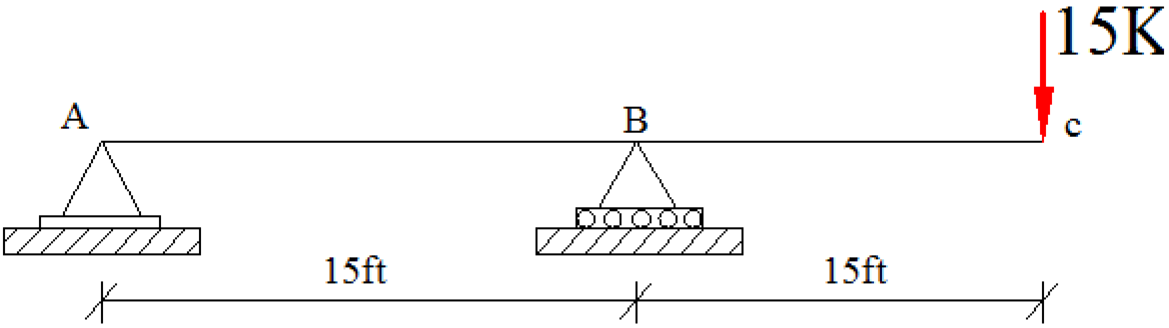


3) ورکړ شوی ګاډر کی اعظمی displacement (Δ_{max}) پیدا کړی ؟ E=200GPa او $I=60*10^6$mm^4 use Conjugate Beam method



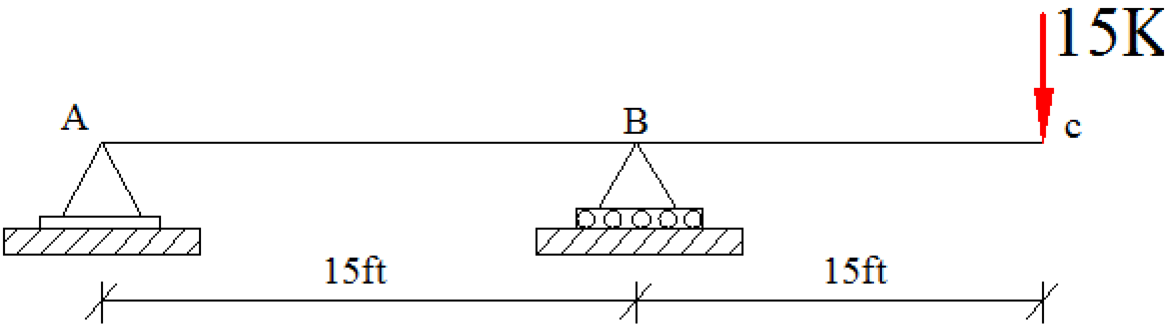
4) د ورکړ شوی ګاډر په C تکی کی (θ_C) او Δ_C پیدا کړی ؟ د EI قیمت ثابت دی.

Use moment Area method



5) د ورکړ شوی ګاډر په C تکی کی (θ_C) او Δ_C پیدا کړی ؟ د EI قیمت ثابت دی.

Use conjugate Beam method



REFRENCES: (اخذ ليکونه)

1. **Structural analysis by R C Hibbler**
2. Indeterminate structural analysis by c k wang
3. Basic structural analysis: c.s.reddy
4. Elementary structural analysis: j.b.willbur, c.h. norris and utku
5. Plastic methods of structural analysis: b.g. neal
6. Theory of structures: b.c.punmia, ashok jain, arun jain