

2014

# STRUCTURAL ANALYSIS



Ketabton.com

Part: 1

انجینر قریب اللہ انوری

1/1/2014

# الفلاح د لوړو زده كړو خصوصي مؤسسه انجینري پوهنځی



2011  
ALFALAH INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION

مضمون :

## ساختماني ميخانيک (اوله برخه) Structural Analysis - 1

ليکوال :

انجنير قريب الله ” انوري ”

M.Sc (Structure) NUST Islamabad

B.Sc civil (suit Peshawar)

Master I.R (university of Peshawar)

B.A (Political Science)

## TABLE OF CONTENTS

Chapter 01:	<b>Types of structure and loads</b>	09
	1.1 Structure , Analysis and design	
	1.2 Classification of structural elements	
	1.3 Types of beam	
	1.4 Types of structure	
	1.5 Types of loads and its determination.	
Chapter 02:	<b>Determinacy and Stability</b>	27
	2.1 Idealized structure	
	2.2 Types of support	
	2.3 Principle of superposition	
	2.4 Equilibrium equations	
	2.5 Determinacy and Indeterminacy	
	2.6 Examples	
	2.7 Stability of structures	
	2.8 Examples	
Chapter 03:	<b>Analysis of statically determinate Frames</b>	43
	3.1 Concepts	
	2.1 Analysis of Frames	
	2.2 Solved Examples	
Chapter 04:	<b>Influence line of statically determinate structures</b>	58
	4.1 Deflection diagram and elastic curve	
	4.2 Influence Line	
	4.3 Influence line of simply supported beam	
	4.4 Solved Examples	
	4.5 Influence line of overhanging beam	
	4.6 Solved Examples	
	4.7 Muller-Brislau Principle	
	4.8 Examples	

<b>Chapter 05:</b>	<b>Cables and Suspension Bridges</b>	<b>81</b>
	5.1 Cables	
	5.2 Cables subjected to concentrated loads	
	5.3 Solved Examples	
	5.4 Cables subjected to uniformly distributed load	
	5.5 Solved Examples	
	5.6 Introduction to suspension Bridges	
<b>Chapter 06:</b>	<b>Arches</b>	<b>107</b>
	6.1 Introduction to Arches	
	6.2 Types of arches	
	6.3 Analysis of three hinge arch	
	6.4 Solved Examples	
<b>Chapter 07:</b>	<b>Analysis of statically determinate Trusses</b>	<b>130</b>
	7.1 Analysis of determinate trusses	
	7.2 Trusses and its types	
	7.3 Roof Trusses	
	7.4 Bridge Trusses	
	7.5 Using method of joint	
	7.6 Solved Examples	
	7.7 Using method of section	
	7.8 Solved Examples	
<b>Chapter 08:</b>	<b>Methods of deflection</b>	<b>171</b>
	8.1 Introduction	
	8.2 Double Integration Method	
	8.3 Solved Examples	
	8.4 Moment Area Method	
	8.5 Solved Examples	
	8.6 Conjugate beam method	
	8.7 First theorem	
	8.8 Second theorem	
	8.9 Examples	

# Preface

# Aknowledgment

**REFERENCES:** (اخذ ليكونه)

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

## لومړی څپرکی

### د ساختمان ډولونه او بار Types of structure and Loads

---

#### ساختمان (structure)

ساختمان عبارت دی د هغه وصل شو برخو څخه کوم چي د بار زغملو لپاره استعمالیږي

په سیول انجینیري کې د ساختمان مثالونه

i. تعمیر

ii. پل

iii. ډیم

iv. د فولادو پای

#### تحلیل (Analysis)

په یو ساختمان کې د وارده بار له امله د پیدا شو قوو (عرضي قوه، انحناي مومنت ، تشنجات)

محاسبه کولو ته د ساختمان تحلیل وایی.

#### ډیزاین ( Design )

په ساختمان کې د سیخانو یو خاص نسبت په دی ډول ځای پر ځای کول تر څو د ساختمان خپل وزن

(self weight) او وارده بار په منظم توگه اساس ته انتقال شي.

#### د ډیزاین اړتیاوي (Requirements of Design)

د یو ساختمان د ډیزاین په وخت باید یو انجینیر لاندیني نقاط په نظر کې وساتي.



۱. حفاظت (Safety)

۲. مهندسي (Architecture)

۳. بهره برداري يا گتیه اخیستنه (Serviceability)

۴. اقتصاد (Economy)

۵. چاپیریال (Environment)

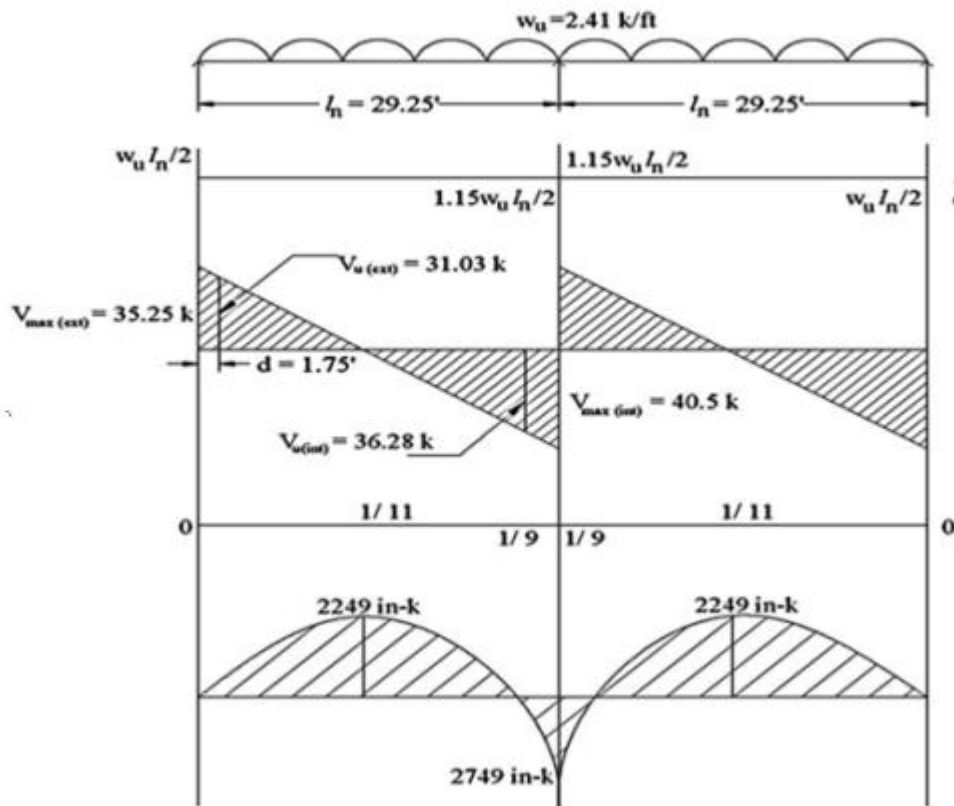
د ساختمان دیزان باید یو تجربه کار انجنیر تر سره کړي تر څو په دي پوه شي یو خاص حالت د کوم ډول ساختمان اړتیا لري

د دیزاین پروسه یوه تخنیکي موضوع ده لهدا د ډیر دقت څخه باید کار واخستل شي او هغه اساسي علم چي د مواد مقاومت ، میخانیک قضیې ، او د موادو تخنیکي خواصو سره تعلق لري باید په غور مطالعه شي.

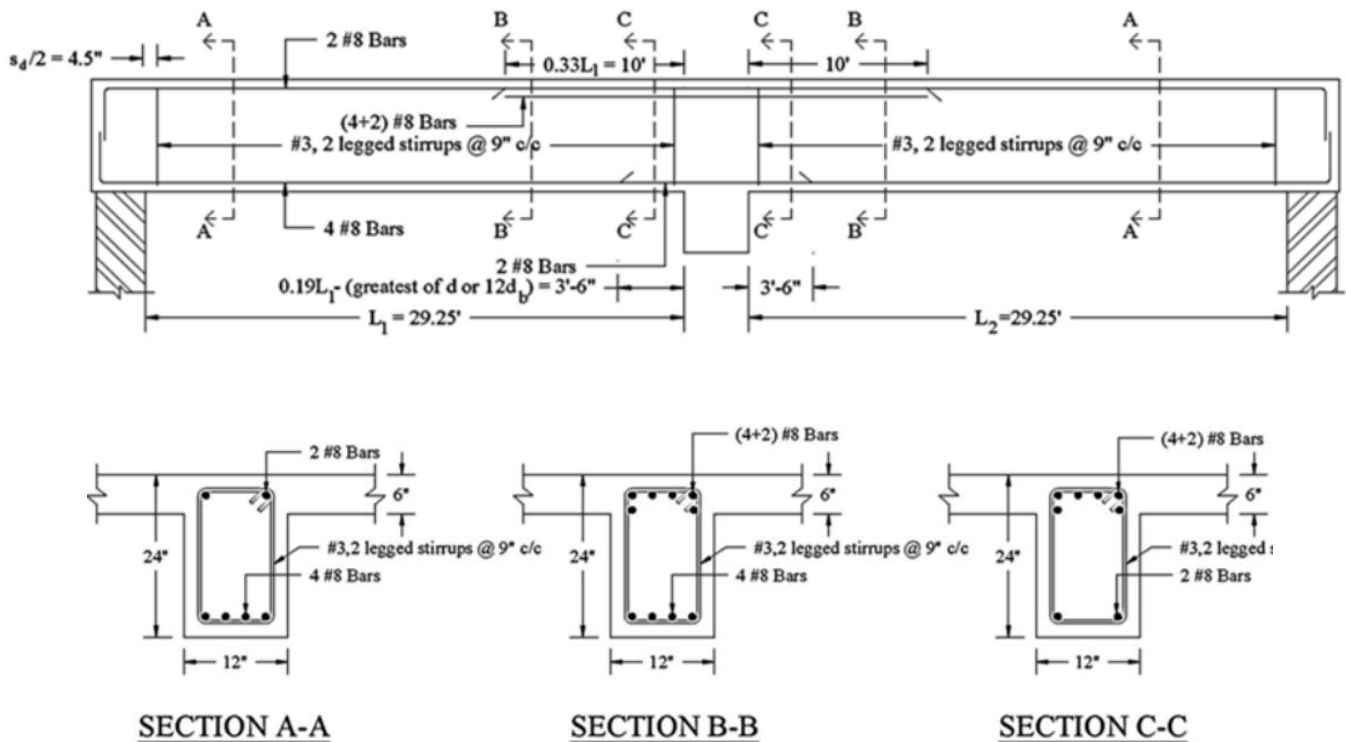
### په عملی ساحه کی د تحلیل او دیزاین اهمیت.

په عملی ساحه کی د ساختمان جوړځت 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 نوموړی ساختمان د تحلیل مرحلی څخه تیریری او هغه پایلی لاس ته راوړل کیږي کوم چی یو ساختمان د مختلفو تخنیکي ستونځو سره مخامخ کوی. (تشنجات، مومنت ، پریکونکی قوی او ځینی نور). وروسته له دی د ساختمان ظرفیت پیدا کولو لپاره د دیزاین مرحله تر سره کیږي کوم کی چی د گاډر مقاومت او ظرفیت مشخص کولو لپاره د سیخانو قطرونه او اندازی ټاکل کیږی او د مختلف ساختمانی عناصرو ابعاد او ډولونه ټاکل کیږی. پورتنی معلومات لاندی ورکړل شوی بیلگی سره نور روښانه کوو.



د پورتنی ګاډر د تحلیل څخه وروسته د عرضی قوی دیاګرام په اساس د نوموړی ګاډر کېرډمک ډیزاین کېږی او همدا راز د مومنت دیاګرام پر اساس د ګاډر طولی سیخان ټاکل کېږی.



## د ساختماني عناصرو ویش (classification of structural elements)

یو ساختماني انجنیر ته دا ډیر مهمه ده چې د ساختمان ټولي برخي کوم چې د بار زغملو لپاره استعمالیږي باید وپيژني.

په نوموړي فصل کېنې دا ټولي موضوع گاني تر څیږني لاندې نیسو.

## ساختماني عناصر (Structural Elements)

هغه بنسټیز عناصر چې یو ساختمان تري جوړیږي عبارت دي له ساختماني عناصرو نه. بيم ، پایه او داسي نور.

### ۱. ټاي راډ (Tie Rod)

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

مثال: راډ ، میله ، angle

### ۲. بيم (Beam)

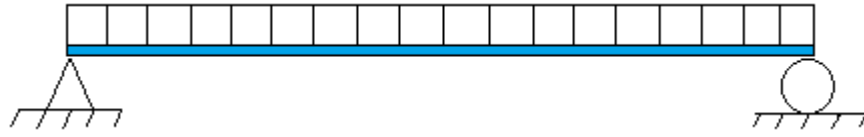
گادر له یو خطي ساختماني عنصر څخه عبارت دي، چې په کوږوالي کې کار کوی او په حقیقت کې د عمودي بارونو د زغملو او انتقالولو دندې په غاړه لري، لکه د پوښبونو (Slab) وزنونه چې پرېم واقع وي.

## د بيمونو ډولونه نظر اتکاگانو ته

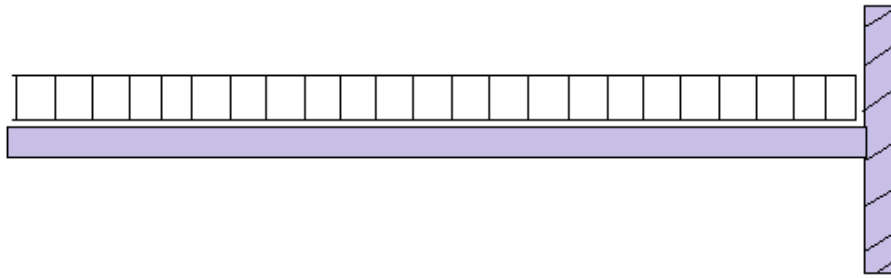
### (Classification of beams based on supports)

نظر اتکاگانو ته بيمونه په لاندې ډول دی .

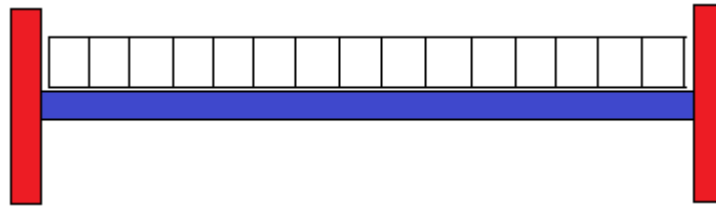
### ۱ ساده اتکایی گادر (Simply supported beam.)



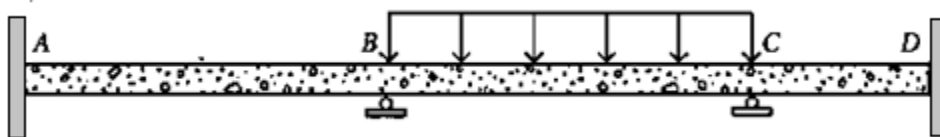
### ۲ کنسولی گادر (Cantilever Beam.)



### ۳ سخت گادر په دواړو انجانونو کې (Fixed supported Beam.)

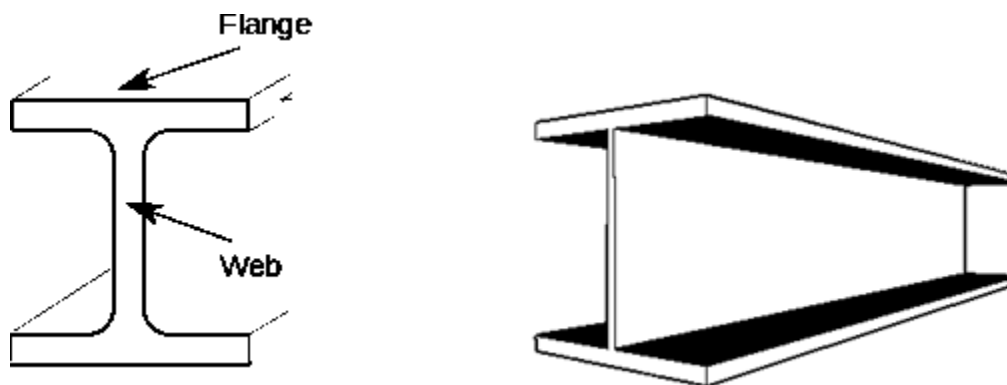


### ۴ مسلسل گادر (Continuous Beam.)



گادر زیاتره د انحناي مومنت جذبولو لپاره ډیزاین کیږي خو که دگادر طول کم او بار ډیر زیات وي په دي مهال د عرضي قوي ډیزاین هم په نظر کې نیول کیږي.

که چیرته گادر لپاره استعمال شوي مواد فولاد وي د شکل په څیر (I ډوله) مقطع یې ډیر مناسب نتایج ورکوي.



د گادر افقي برخه (Flange) د مومنت او همدا رنگه عمودي برخه (Web) د عرضي قوو په مقابل کې عکس العمل خايي.

دا مقطع په عامه توگه د (Wide flange) په نامه یادېږي.

د کانکریټ گادر عموماً مستطیلي مقطع لري لهدا په عملی ساخه کې یې جوړخت construction ( ) نسبتاً اسان وي. د کانکریټ مقاومت د کششي قواو په مقابل کې ډیر کم وي.

### پایه (Column)

پایه د ساختمان هغه عمودي برخه ده کوم چي زیاتره فشاري قواوي په یو 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 کې په هغه چوکاټونو کې رامنځ ته کیږي ، چي سختي غوتي (Fixed joints) پکې موجودي وي.

خرنگه چي د ستنو ماتيدل د ودانيو د ماتيدو لامل گرځي ، بايد په ډيزاين کې يې له ډير دقت (accuracy) څخه کار واخستل شي.

## بنسټ (Foundation)

بنسټ د وداني هغه برخه ده چي د ساختمان بار يا وزن د خاوري هغه برخي ته انتقالوي چي بنسټ ورباندي پروت وي.

د بنسټ موخه دا ده چي د وداني بار په يو پراخه ساحه وويشل شي تر څو په يوه نقطه کې د بار د توليدو مخنيوي وشي او خاوره د زيات بار څخه وژغوري.

بنسټ د وداني لپاره هواره سطح برابر وي او د تاويدو څخه يې مخنيوي کوي

## د ساختمان ډولونه (Types of structures)

د ساختماني ترکيب او هغه مواد چي دا عناصر تري جوړ وي د ساختماني سيستم په نامه بلل کيږي

### ترس (Truss)

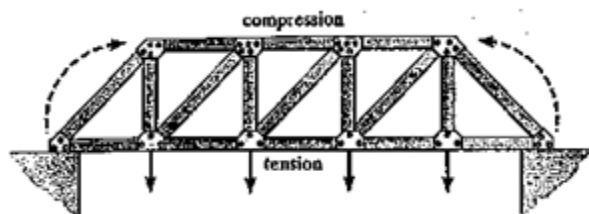
د مثلثي برخو څخه جوړ هغه ساختماني جوړځت چي د فلزي لږگو نري ميلي پکې په مثلثي شکل يو ځاي شوي وي او دا ميلي د کششي يا فشاري قواو لاندې واقع وي عبارت دی له ترس څخه.

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

ترسونه په هغه ساختمانونو کې استعمالیږي، چي وايه يې لوي وي او د گادرونو استعمال پکې غير 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، انگرچي دي نه زیات فاصله ته هم استعمالیږي.

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



## کیبل او کمانونه (Cables and Arches)

د زیاتو فاصلو د پریکړي لپاره استعمالیږي .

کیبل د استواني شکل ته ورته دي او ارتجاعي عناصرو یې د قوي مقاومت لرونکو سیخانو څخه جوړېږنې موندلې دي.

د کیبل ارتجاعیت ډیر زیات وي او بار په کششي توګه اتکاء ته انتقاله وي.

به کیبل کې قواوي د کششي میلو په څیر په محور قرار نه لري او همدا وجه ده چي کیبل د قوس شکل اختیاروي.

خرنگه چي کيبل په اساني سره قات کيږي او د لږ بار له امله ميلان او کړو پيدنه پيدا کوي به همدي اساس د کوډوالي مومنت او عرضاني قوي پکې صفر دي او يواځي نارملي کششي قوي پري عمل کوي.

کيبل د پلونو او تعمیرونو چت موجود ساتلو کې استعمالیږي.

د نورو ساختمانونو پرته کيبل ډير مقاومت لرونکي وي او همداراز د لویو وایو لپاره استعمالیږي.



که چیرته فاصله د ۴۶ متر نه زیاته وي باید د کيبل استعمال ته فوقیت ورکړي شي ځکه چي دا همیشه په کشش کې وي او د نا استواري امکانات یې ډیر کم وي. گادر او ترس سمدلاسه ویجاړیدو خاصیت لري. د کيبل واحد ستونزه د قوس شکل اختیارول او تړل دي.

## کمان (Arch)

کمان د یو منحنی گادر څخه عبارت دي ، چي محدب شکل لري او خپله قوه په فشار کې ذغمي. د خپل شکل ساتلو لپاره باید کمان شخ وي.



کمان نسبتاً گدار ته ډیر مقاومت لري او اکثر په لویو وایو کې استعمالیږي.

کمان په دواړو انجانونو کې اتکاگانو سره وصل وي چي په همدې ټکو کې افقي او عمودي فشارونه منح ته راځي .



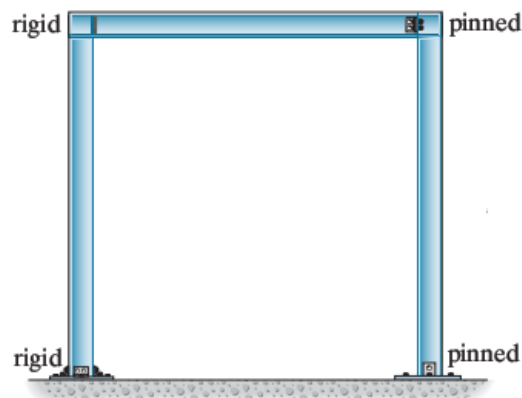
کمانونونه هغه ساختمانونو کې چي د زیات بار لاندې واقع وي او یا هم مهندسي بنکلا په خاطر ور څخه استفاده کیږي.

## چوکاټ (Frame)



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

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



## 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 ارتجاعبت له امله دا مواد ډير انحنو قبلونکي دي، چي کيدائشي ، د يو ځيمي 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 لادمه ده چي هغه بارونه پيدا شي کوم چي ساختمان يي دغمي.

يو ساختمان د مختلف بارونو لاندې قرار لري ، د بار مختلف ډولونه لاندې تشریح شوي.

## دايمي بار يا مر بار (Dead Load)

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

ده مړ وزن مقدار او موقیعت ثابت وي.

په ساده الفاظو د ساختمان مړ وزن په هغی کې ده موجود گادر، پایي، سلب، دیوال، کرکی، او د ډبرو وزن دي.

د ساختمان مړ وزن پیدا کول یو خاص پروسه لري، پدی پروسې کې د مختلف موادو د کثافت څخه کار اخستل کیږي.

د مړ بارونو د محاسبې لپاره د ساختمان د بیلا بیلو برخو اندازي معلومیږي او بیا د نوموړو برخو وزن نظر د نوموړو موادو کثافت ته پیدا کیږي.

گڼه	ساختماني مواد	حجمي وزن (Kg/m <sup>3</sup> )
۱	د مصالح سره د معمولي پخو خښتو دیوال	1800
۲	د مصالح سره د معمولي پخو خښتو دیوال (شگه چونه او سیمنت)	1700
۳	د غیر منظم طبیعي ډبرو دیوال	2400
۴	سیخ لرونکي کانکریت	2400
۵	وچه خاوره	1840-1410
۶	لمده خاوره	2000-1600
۷	وچه شگه	1600-1540
۸	لمده شگه	2000-1760
۹	د چوني ډبره	2000-1800
۱۰	مصالح (کچ او شگه)	1100

## د مړبارونو پيدا كول

### Determination of Dead Load

څرنگه چې پوښښونه (Slab) خپل وزنونه بيمونو (Beam) ته انتقالوي او بيمونه خپل وزنونه ستونو ته (Column) او ستني يې ته داب (Foundation) ته نو په دې اساس هغه بار چې د سلب په واسطه گاډرنو ته انتقالېږي بايد په هغه پوه شو.

بايد او ايو چې موقتي بارونه په ودانيو كې د سلب (Slab) په واسطه زغمل كيږي او گاډرونو ته انتقالېږي نو له دې امله بايد نظر د بارونو وپيشني ته د سلبونو ډولونه وپيژنو.

### سلب (Slab)

د يواقي ورقه اي جسم څخه عبارت دي چې په كشمش كې واقع وي. هغه وزن چې په سلب عمل كوي واحد يې عبارت دي له  $\text{Kg/m}^2$  ،  $\text{KN/m}^2$  ،  $\text{T/m}^2$  او داسې نور.

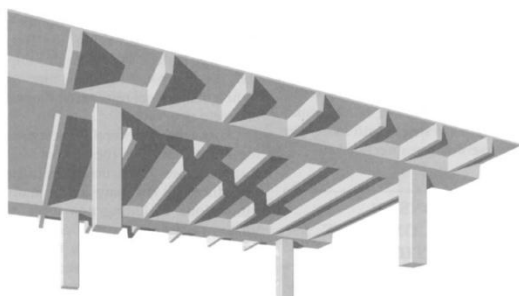
سلبونه نظر د بارونو وپيشلو ته په دوه ډوله دي :

۱- يو اړخيز سلب (One Way Slab)

۲- دوه اړخيز سلب (Two Way slab)

### ۱- يو اړخيز سلب (One Way Slab)

له هغې سلبونو څخه عبارت دي چې خپل بار په دوه لورو وپيشي ، چې هغه لوري د لنډو لورو څخه عبارت دي كه چيري د يو سلب د اوږدو لوري او لنډو لوري نسبت د دوو څخه ډير شي نو د اډيو اړخيز سلب په نوم ياديږي.

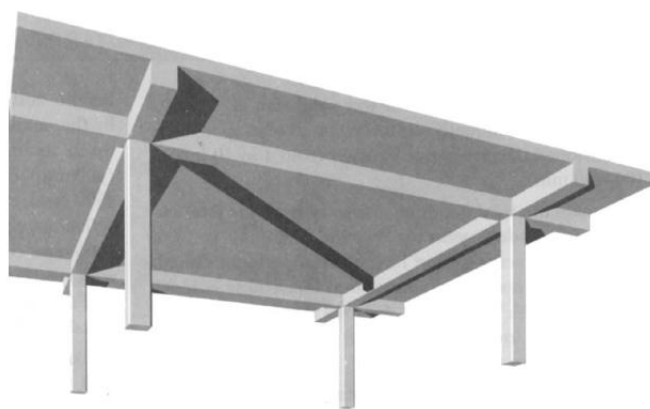
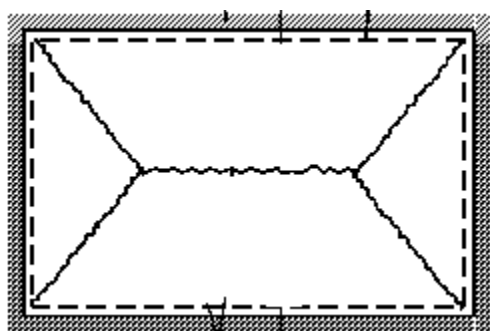


$$\frac{\text{Long side}}{\text{Short Side}} = \frac{b}{a} > 2$$

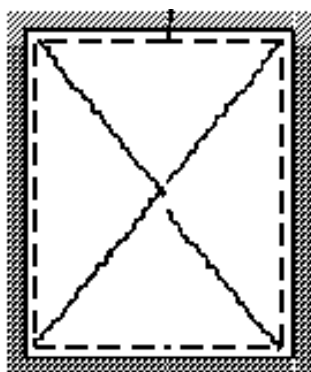
## ۲- دوه اړخيز سلب (Two Way slab)

له هغي سلب څخه عبارت دي چې خپل بار په څلورو لورو ويشي ، که د يو سلب د اوږد لوري او لنډ لوري نسبت له دوه او يا له دوو څخه کوچني شي له دوه اړخيزي سلب په نوم ياديږي. په دي سلبونو کي بارونه په اوږد لوري د ذوزنقي په شکل او په لنډ لوري د مثلث شکل عمل کوي لکه د شکل په څير

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



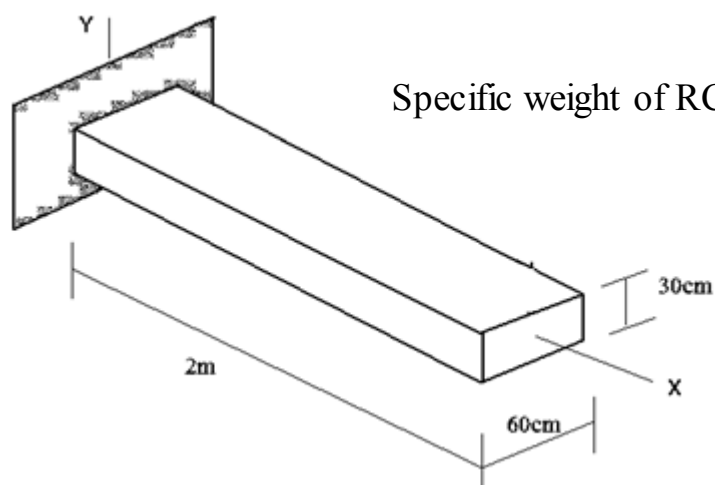
که چيري د اوږد لوري او لنډ لوري نسبت د يو بل سره مساوي شي يعني دواړه لوري عيني ابعاد ولري په دي صورت کي په ټولو لورو د مثلث په شکل عمل کوي لکه د شکل په څير



## مثال: ۱

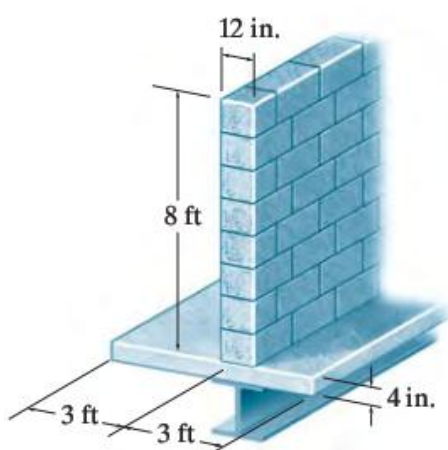
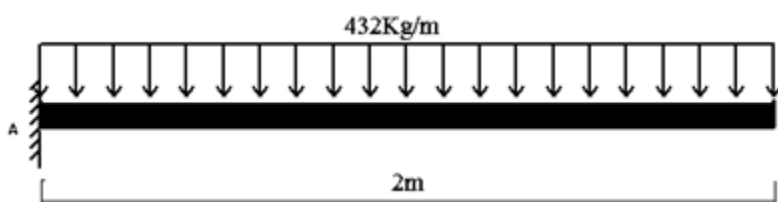
که ده یو کنسولي گادر اوږدوالي 2 متره او د عرضي مقطع اندازه یې (30x60)cm وي تاسي یې ده مقطعي وزن پیدا کړي که چیري گادر له اوسپنيز کانکريټو څخه جوړ وي.

حل:



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

$$\begin{aligned} w &= (bh) \cdot \gamma_{RCC} \\ &= (0.3 \times 0.6) \cdot (2400) \\ &= 432 \text{Kg/m} \end{aligned}$$



مثال : یو گادر چي (6ft x 4in) ابعاد لرونکي سلب د وزن برداشت کولو لپاره استعمال شوي. که چیرته سلب د پاسه 8m لوړد کانکريټو بلاکي دیوال چي عرض یې 12in وي، قرار ولري. تاسي د گادر په في فټ کې وارده بار پیدا کړي. د موادو کثافت په لاندې ډول دي.

کانکريټ سلب:  $8 \text{ lb/ft}^3$

دیوال:  $105 \text{ lb/ft}^3$

حل :

کانکریټ سلب وزن : مخصوصه وزن x حجم

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

$$840 \text{ lb/ft} = 105 \times 8 \times 1$$

$$856 \text{ lb/ft} = 16 + 840 = \text{مجموعي بار}$$

### ژوندي بار (Live Load)

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

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

د ژوندي بار تعین د ساختمان سابقه تاریخ او هغه قوانین کوم چي د امریکا کانکریټ انستیتوت (ACI) وضع کړي، کيږي.

څرنګه چي د موقعتي بارونو مقدار بدلون مومي په همدې اساس په دي بارونو کې د ساتني د اضافه باري ضریب (Factor of safety) په پام کې نیول کيږي.

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

د ژوندي بار اندازه (kg/m <sup>3</sup> )	د ودانیو ډولونه	ځکه
200	استوګنځي	۱
400-250	دفترونه	۲
200	ټولګي	۳
625	ګدام (سپک وزن لپاره)	۴

1250	گدام (دروند وزن لپاره)	۵
750	کتابتون	۶
500	هوتل	۷
300	روغتون	۹
500-300	زیني او برنډي	۱۰
625	پلورنځي	۱۱

## د باد بار (wind load)



هغه بارونه چی د باد له امله په ساختمان واریدیږی، عبارت دی له wind load څخه.

هغه ساختمانونه چی د سمندر په غاړه موقیت لری یا هم لوړه ارتفاع ولری له دی ډول ستونځو سره مخامخ کیږی او په ډیزاین کی یی ده باد بار له پاره خاص د خونديتوب ضریب په نظر کی نیول کیږی.

عادی ودانیو لپاره د باد بار په نظر کی نه نیول کیږی. نوموړی بارونه د ساختمان په موقیت ، ارتفاع ، شکل ، سائز او د هوا شدت پوری اړه لری.

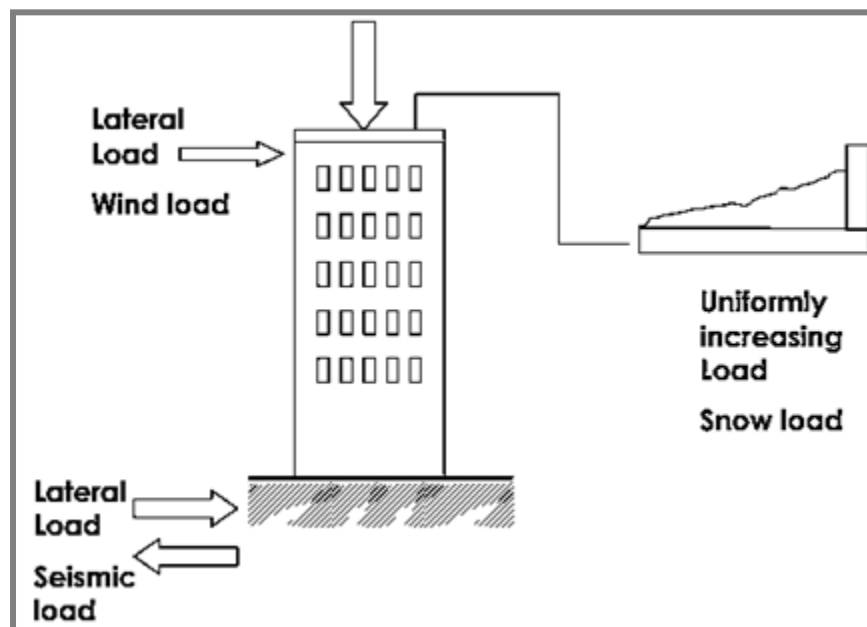
## د زلزلی بار (Earthquake or seismic load)

په موجوده وخت کی د سول انجنری ، Earthquake برخی ډیر پرمختلک کړی او د هر ساختمان په ډیزاین کی د زلزلی بار په نظر کی نیول مهم گنرل کیږی. دا عبارت دی له هغه بارونو څخه کوم چی د زلزلی موجودو له امله د ساختمان په بنسټ واردیږی او زیاتره د گادرو او ستونو تر منځ جاینټونه د ویجاړتیا سره مخامخ کوی.



زلزله یا داتش فشان ( volcanic eruptions ) له وجی مینخ ته راخی یا د تیکتونک طبقی ( tectonic plates ) د حرکت له امله .

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



## دوهم څپرکی

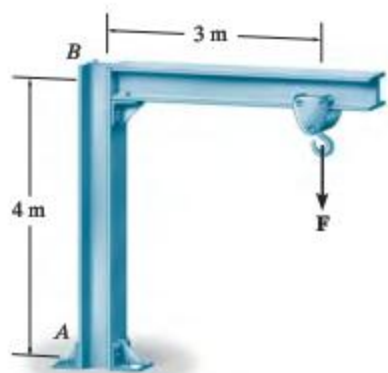
### د ساختمانونو معین والی او استواری

(Determinacy and stability of structures)

هغه ساختمانونه چي په عملی ساحه کی تری ډیره استفاده کیږی او روزمره ژوند کې مهم رول ادا کوی ، په د فصل کې یی د تحلیل مختلف اړخونه تر څیږني لاندی نیول کیږی. معین ساختمانونه د تحلیل یو ساده پروسه لري کوم کې چي تعادل معادلي د تحلیل لپاره کافي کیږي. تر څو ډیر دقیق نتایج لاس ته راوړو باید اول تحلیل لپاره د ساختمان یو مناسب موډل په نظر کې اونیسو او بیا د ساختماني استواري اړتیاوي پوره کو.

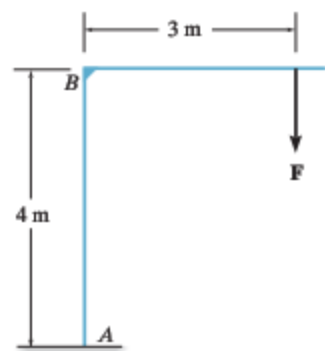
### ایډیالي ساختمان (idealized structure)

د یو ساختمان تحلیل هیڅ کله کاملاً دقیق نشي کیدلي تر څه حده پیچلتوب حتماً پکې موجود وي پر د مهال د بارونو او مواد مقاومت لپاره وضع شوو اټکلونو (estimates) څخه باید کار واخستل شي.



د ایډیالي ساختمان جوړولو لپاره د مختلف تخنیکونه څخه استفاده کیږي. د بیلگي په ډول

په شکل کی یو کرین بنودل شوی ، که چیرته د نوموړی کرین ایډیالي ساختمان جوړول وغواړو لومړی په B نقطه اتکاء فرض کوو چي څخه ده او همداراز د A ټکی اتکاء سخته فرض کوو نو مونږ سره د



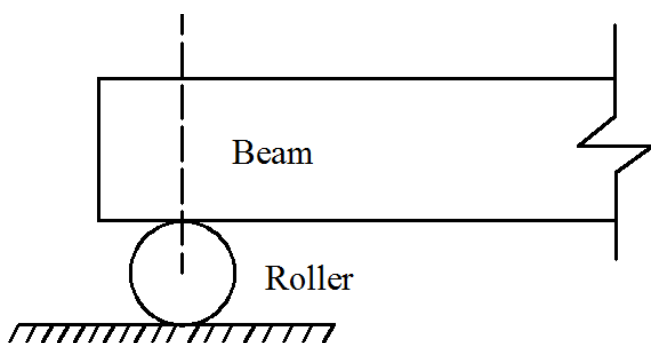
ایډیالي ساختمان برخی د یو دوه وصل شوو خطونو په واسطه په لاندی ډول جوړیږي.

## 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 اتکاهگاني په لاندې ډول دي.

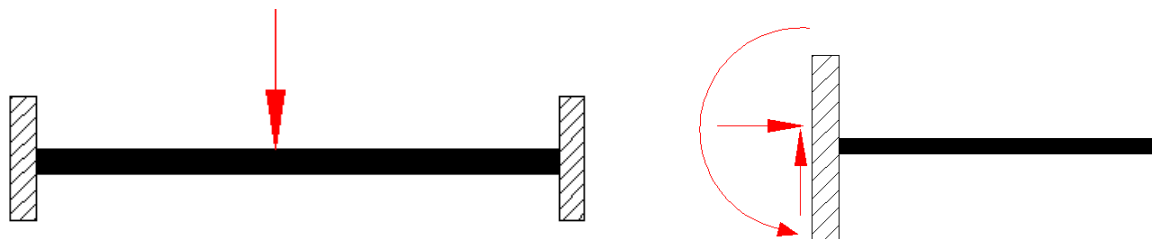
### ۱. ازاده یا متحرکه اتکاء (Roller support)

متحرکه اتکاء عبارت ده له هغې اتکا څخه چې 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 کې عکس العمل نه شي بنودلي فقط د عمودي قواو پر مقابل کې د ځانه مقاومت بنائي.



### ۲. سخته اتکاء (Fixed support)

سخته اتکاء له هغې اتکا څخه عبارت ده چې یو ساختماني عنصر له بل ساختماني عنصر سره داسې وصل کي چې هیڅ حرکت پکې پاتي نه شي.

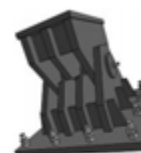
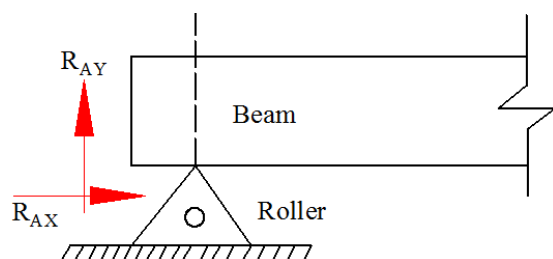




سخته اتكاء د افقي قواو ، عمودي قواو اودوراني قواو (مومت) مقابل کي دخيل خانه مقاومت بنايي دغه ډول اتکا داوسپنيزو کانکريټو ، ويلډنک ، نټ او بولټ او داسي نورو په پواسطه لاس ته رازي. دغه اتكاء دري عکس العملونه لري.

### ۳. ساکنه اتكاء (Hinge Support)

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

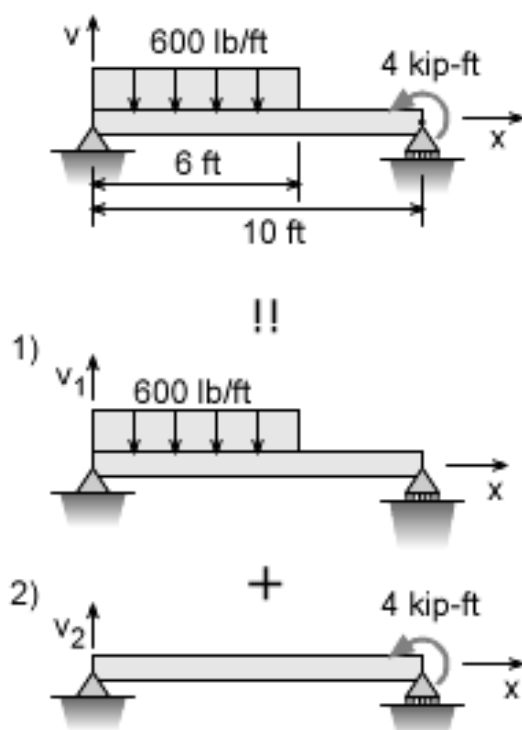


د دي ډول اتکا عام مثال په دروازو کي لگيدلی چپراس دی.



## د تجمع قاعده (Principle of Superposition)

د ساختمان په یو نقطه کې مجموعي تشنج مساوي کيږي د مختلفو وارده قواو جلا جلا تاثیر سره . کله کله یو جسم د یو زیات شمیر قوو لاندې عمل کوي چې د جسم په انجمي مقطعو او هم د جسم په اوږدو کې په مختلفو مقطعو باندې قوي تاثیر کوي. په داسې حالتونو کې قوي بیل بیل محاسبه کيږي او تاثیر یې د جسم په ټاکلي مقطعي 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 د مجموعي پیدا کولو دغه قاعده د تجمع قاعده بلل کيږي.



د تجمع قانون مطابق په پورتنی بیلگه کې د ویشلي بار او مومنت لپاره د تشنج جلا جلا تاثیر پیدا کيږي او دنوموړيو تشنجاتو مجموعی څخه اصلي قيمت په لاس راوړل کيږي. په ساختمان د تجمع قاعده عملي کولو لپاره مهم دي چې د هوک قانون باید پری عملي شي.

## د تعادل معادلي (Equilibrium Equations)

يو ساختمان يا د ساختمان يوه برخه هغه وخت په تعادل کې وي که چيرې د خارجي قواو په پائله کې جسم خپل توازن برقرار وساتي.

$$\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum M = 0$$

$$\sum M_x = 0 \quad \sum M_y = 0 \quad \sum M_z = 0$$

## د ساختمانونو معين والي (Determinacy of structures)

### ۱. نامعين ستاتيکي ساختمان (Statically indeterminate structure)

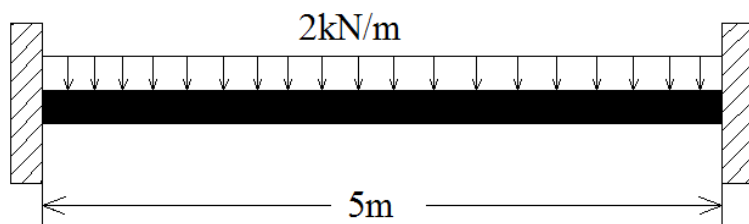
له هغه سيستمونو څخه عبارت دي، چې د سيستم اتکاييزي قوي د ستاتيک د تعادل معادلونو په مرسته پيدا نه شي يعني ساختمان کې د نامعلومو قواو تعداد د تعادل معادلو څخه زيات وي.

د ستاتيک تعادل معادلې عبارت دي له

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_x = 0$$



تعادل معادلې > نامعلومې قوې

$$4 > 2$$

نامعين ستاتيکي سيستم

يادونه: ګاډرونو لپاره افقي قواو په نظر کې نه نيول کېږي او همدارنګه  $\sum F_x = 0$  معادله .

کولی شود لاندی فورمولونو په مرسته د مختلف ساختمانونو معین والی پیدا کړو.

### 1) گاپرونه (Beams)

$r = 3n$  معین ستاتیکی ساختمان

$r > 3n$  نا معین ستاتیکی ساختمان

### 2) چوکاټونه (Frames)

$r = 3n$  معین ستاتیکی ساختمان

$r > 3n$  نا معین ستاتیکی ساختمان

### 3) ترسونه (Trusses)

$b + r = 2j$  .....determinate truss

$b + r > 2j$ .....Indeterminate Truss

د ساختمان معین والی پیدا کولو لپاره لومړی د ساختمان د ټولو غړیو یا د یو څو برخو Free body diagram کارل کیږی او د دیاگرام په مرسته نامعلومې قوی د سیستم تعادلی معادلو سره پر تله کیږی او یا هم د فورمول په واسطه د ساختمان معین والی لاس ته راوړل کیږی.

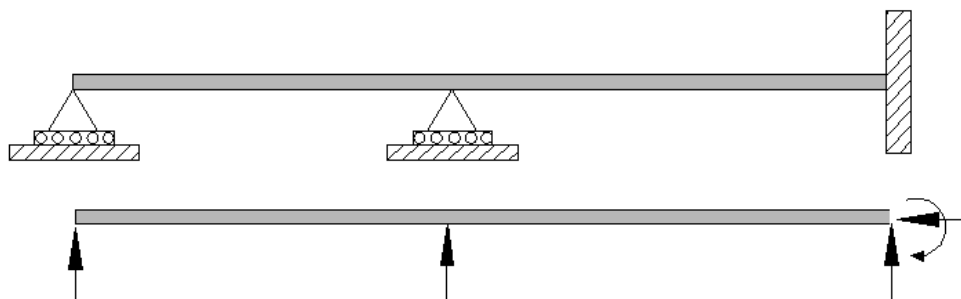
$r = 3n$  معین ستاتیکی ساختمان

$r > 3n$  نا معین ستاتیکی ساختمان

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

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

### مثال: 1

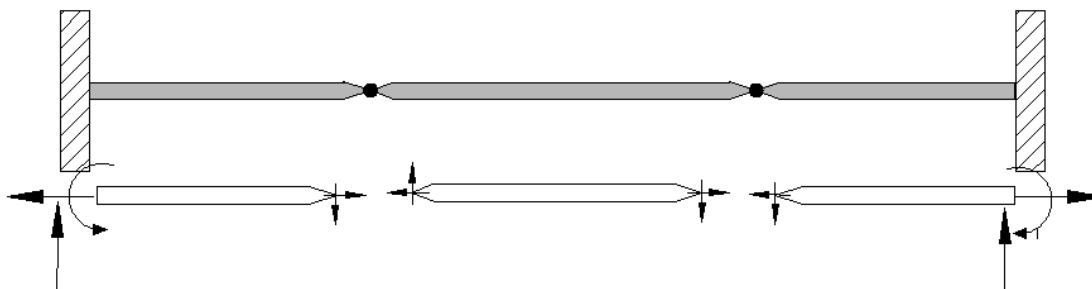


$$n = 1, \quad r = 5$$

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

2درجه نا معین ستاتیکی سیستم

### مثال: 2



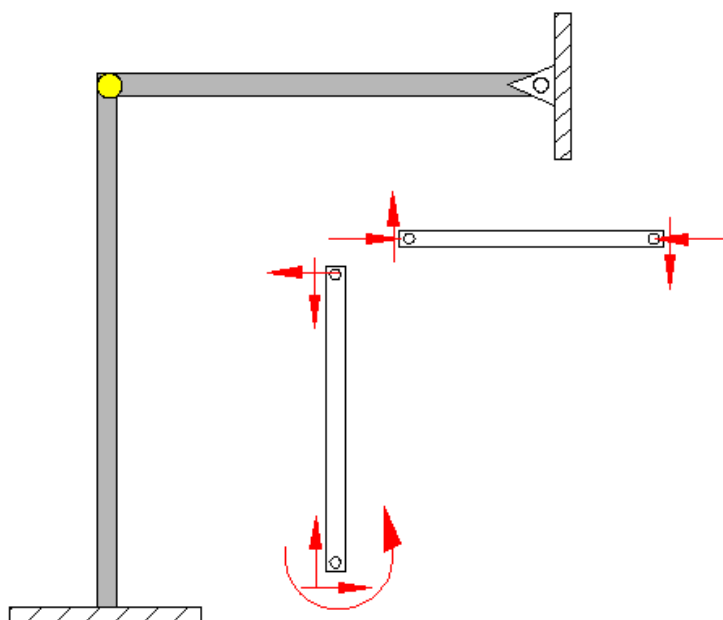
$$n = 3, \quad r = 10$$

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

1درجه نا معین ستاتیکی سیستم



### مثال: 3

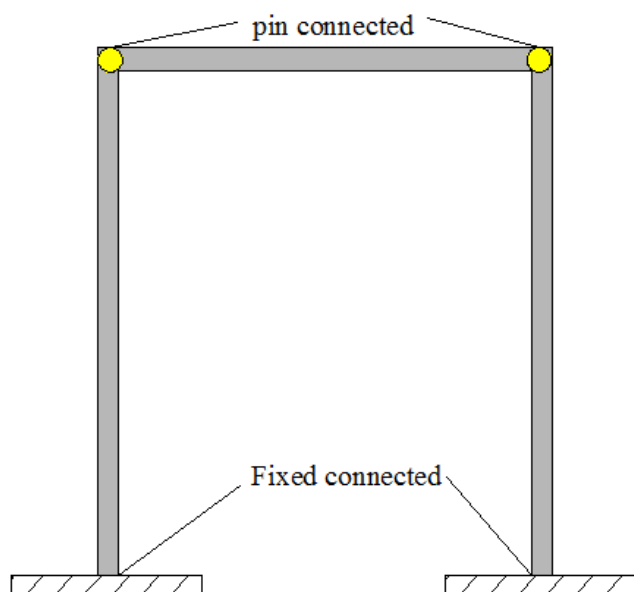


$$n = 2, \quad r = 7$$

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

1 درجه نا معین ستاتیکی چوکات

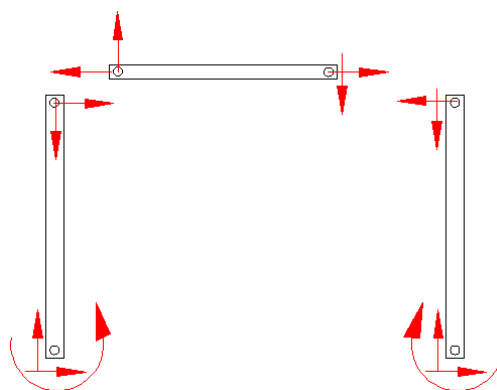
### مثال: 4



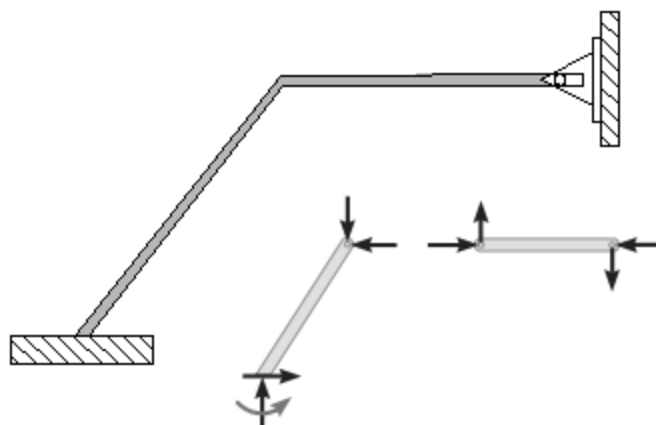
$$n = 3, \quad r = 10$$

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

1 درجه نا معین ستاتیکی چوکات



### مثال: 5

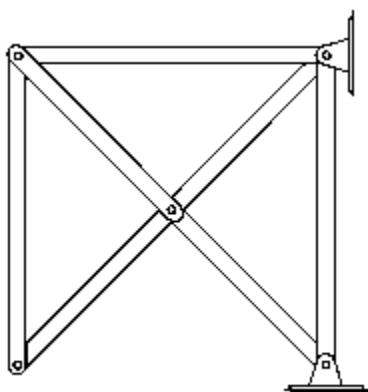


$$n = 2, \quad r = 7$$

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

1 درجه نامعین ستاتیکی چوکات

### مثال: 6



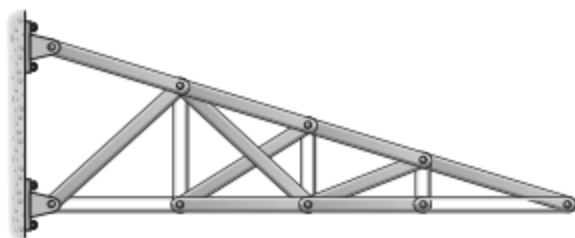
$$b=7, \quad r=4, \quad j=5$$

$$b + r = 2j \rightarrow 7+4 = (2 \times 5)$$

$$11 = 10$$

1 درجه نامعین ستاتیکی سیستم

### مثال: 7



$$b=15, \quad r=4, \quad j=9$$

$$b + r = 2j \rightarrow 15+4 = (2 \times 9)$$

$$19 = 18$$

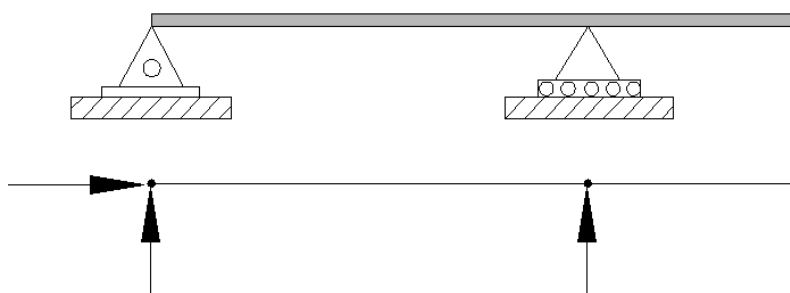
1 درجه نامعین ستاتیکی سیستم

## ۲. معین ستاتیکی ساختمان (Statically determinate structure)

له هغه ستاتیکی سیستمونو څخه عبارت دي، چي ده سیستم اتکایزي قوي د ستاتیک د تعادلي معادلو په مرسته پیدا شي یا هغه ساختمان چي تحلیل لپاره یې د تعادل معادلي کافي وي یا د نامعلومو قواو تعداد د تعادل معادلو سره مساوي یا کم وي.

$$R_a < \text{Equilibrium equations}$$

مثال: 1

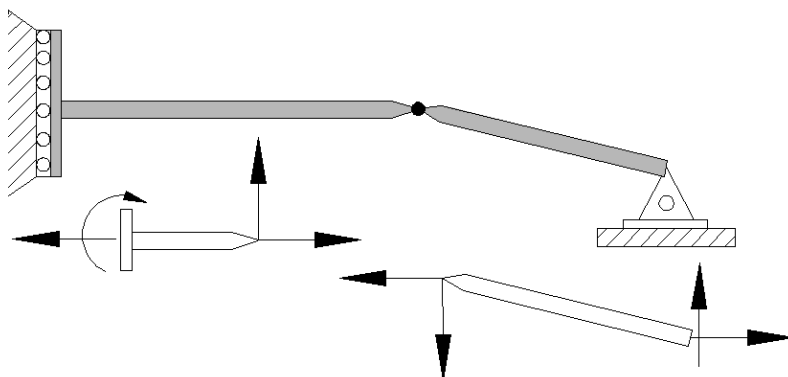


$$n = 1, \quad r = 3$$

$$r = 3n \rightarrow 3 = 3(1) \rightarrow 3 = 3$$

معین ستاتیکی سیستم

مثال: 2

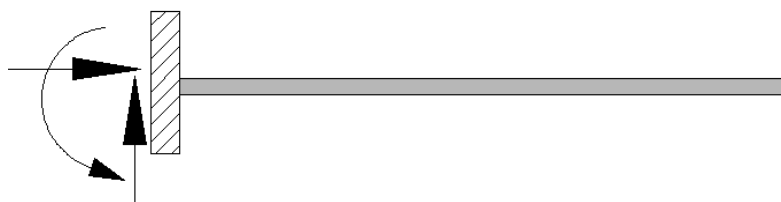


$$r=6 \quad n=2$$

$$r = 3n \rightarrow 6 = 3(2) \rightarrow 6 = 6$$

معین ستاتیکی سیستم

### مثال: 3

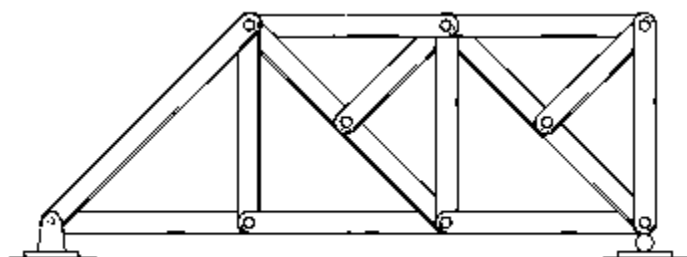


$$r=3 \quad n=1$$

$$r = 3n \rightarrow 3 = 3(1) \rightarrow 3 = 3$$

معین ستاتیکی سیستم

### مثال: 4



(a)

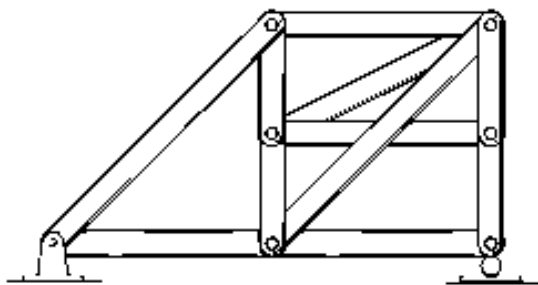
$$b=15, \quad r=3, \quad j=9$$

$$b + r = 2j \rightarrow 15+3 = (2 \times 9)$$

$$18 = 18$$

معین ستاتیکی سیستم

### مثال: 5



(b)

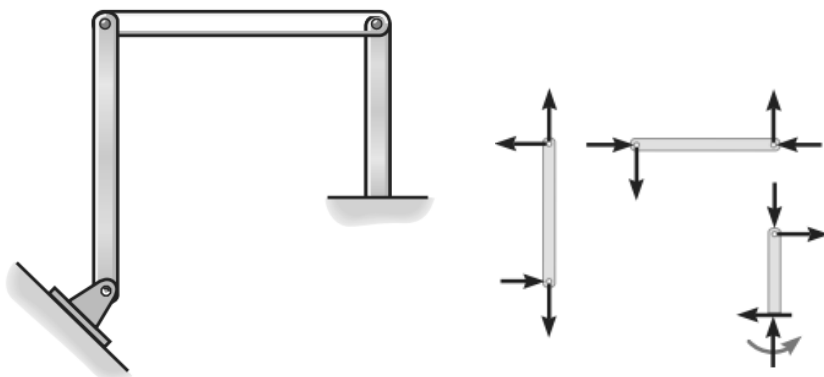
$$b=11, \quad r=3, \quad j=7$$

$$b + r = 2j \rightarrow 11+3 = (2 \times 7)$$

$$14 = 14$$

معین ستاتیکی سیستم

### مثال: 6



$$r=9 \quad n=3$$

$$r = 3n \rightarrow 9=9$$

معین ستاتیکی سیستم

## Stability of Structures

### هندسي تغير نه منونكي ساختمانونه (Stable Structures)

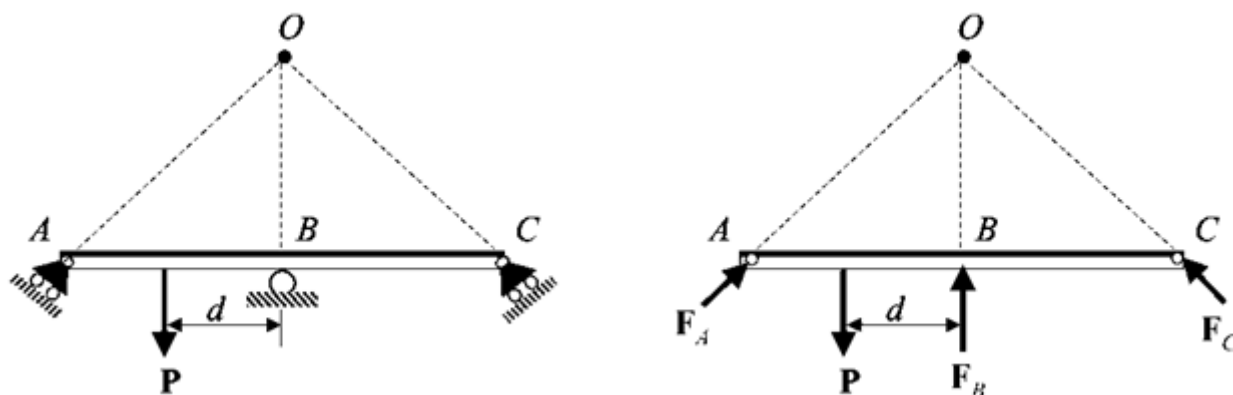
هندسي تغير نه منونكي ساختمانونه له هغي سیستمونو څخه عبارت دي ، چي د بهرنيو قوود عمل په پایله کې خپله پايداري له ځانه وښيي.

### هندسي تغير منونكي ساختمانونه (Unstable Structures)

هندسي تغير منونكي ساختمانونه له هغي سیستمونو څخه عبارت دي ، چي د بهرنيو قوود عمل په پایله کې خپله پايداري له ځانه ونه وښيي.  
تغير ناپزيروالي په لاندې ډول د څيړني لاندې نيسو.

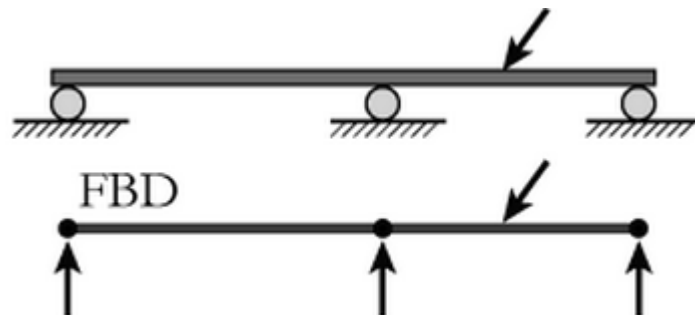
### هندسي تغير ناپزيروالي لپاره شرايط

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



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

2. When all forces are parallel in structure



Structure has no restraints for lateral forces

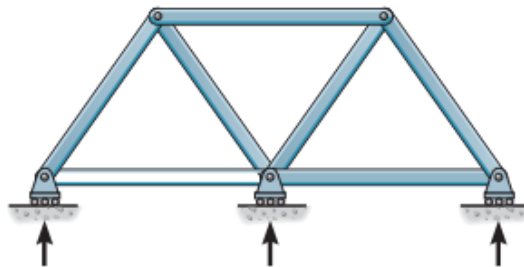
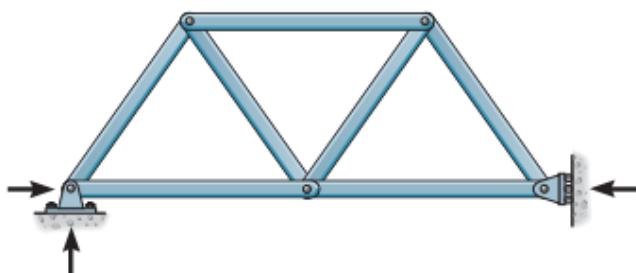
### ۱. بهرني تغير ناپزيروالي (External Stability)

هغه ساختمانونه کوم کی چی اتکایز عکس العملونه خپلو کی سره موازی وی او همدارنگه ټولی قوی د یوی نقطی څخه تیریری .

د سیستم د بهرني معین والي د حالات د معلومولو لپاره د لاندی فورمول څخه گټه اخلو .

$$n=R-3$$

په پورتنی فورمول کی  $n$  د نامعین والي درجه او  $R$  د اتکا یزو غبرگونونو شمیر دي دلته دري حالته موجود دي .

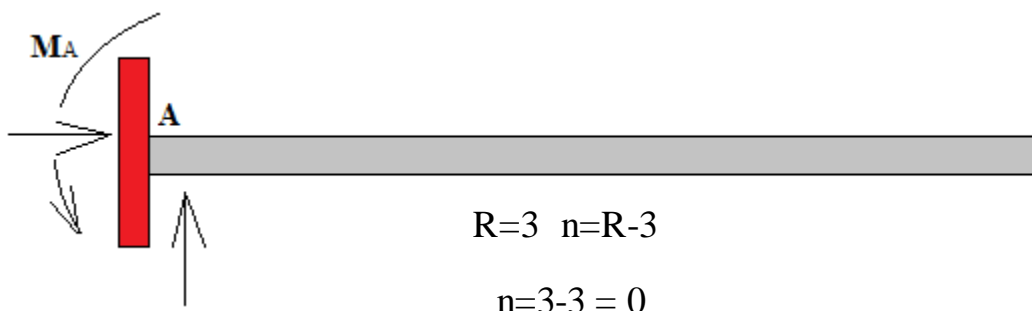


۱ -  $N=0$  نو (Determinate and stable)

۲ -  $N>0$  نو (Indeterminate and stable)

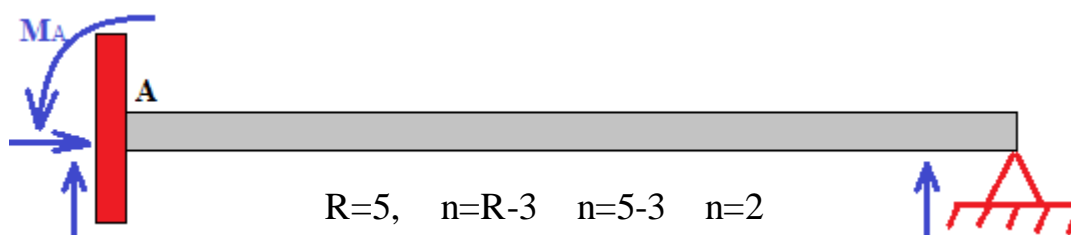
۳ -  $N<0$  نو (Determinate and unstable)

مثال: ۱



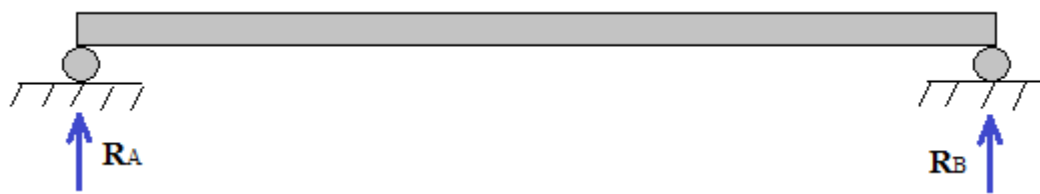
خرنگه چي د  $n=0$  شو نو سيستم معين او هندسي تغير نه منونكي (Stable) دي.

مثال: ۲



خرنگه چي د  $n=2 > 0$  شو نو سيستم نامعين او هندسي تغير نه منونكي (Stable) دي.

مثال: ۳



$$R=2, \quad n=R-3, \quad n=2-3$$

$$n=-1$$

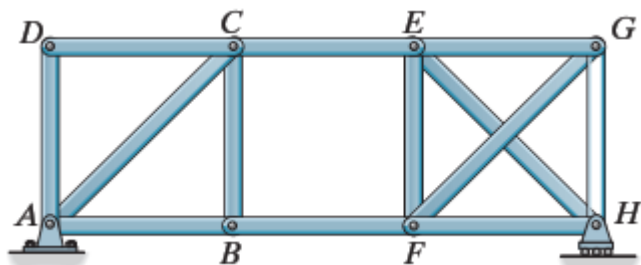
خرنگه چي د  $n=-1 < 0$  شو نو سيستم معين ستاتيكي او هندسي تغير منونكي (Unstable) دي.

### ۱. داخلي تغير ناپزيروالي (internal Stability)

په سيستمونو کې داخلي تغير ناپزيروالي د عناصرو په شمير او ده هغوي د ځاي په ځاي کيدو پوري اړه لري،

داخلي تغير ناپزيروالي په لاندې فورمول پيدا كيږي.

$$M = 2j - b - r$$



پورتنې فورمول کې

$m =$  د ناتهکلي والي درجه

$j =$  د غوتو شمير

$b =$  د ميلو شمير

$r =$  د اتکايو غبرگونو شمير

۱-  $m=0$  نو (Determinate and Stable)

۲-  $m>0$  نو (Indeterminate and Unstable)

۳-  $m<0$  نو (Determinate and Stable)

پورتنې فورمول يواځې ترسونو لپاره د استعمال وړ دي.

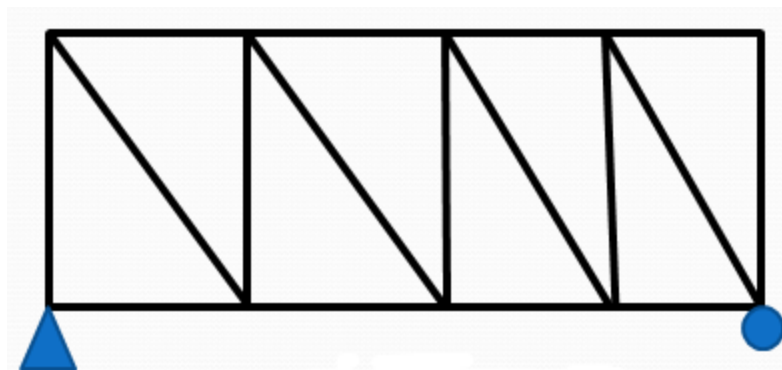
مثال: ۱

$$r=3 \quad j=10 \quad b=17$$

$$m=2j-b-r$$

$$m=2(10)-17-3$$

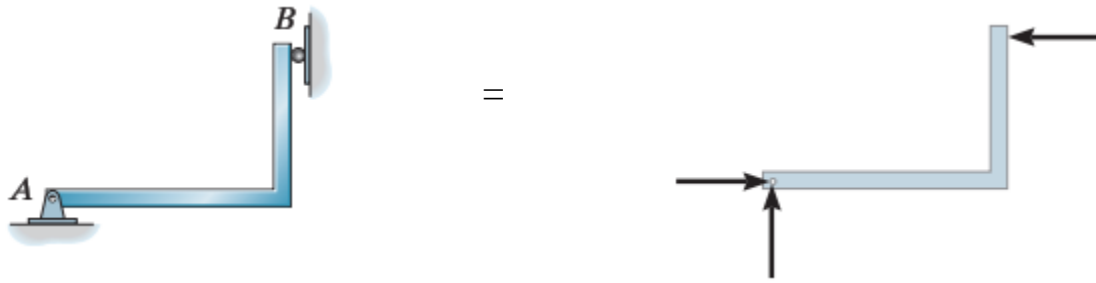
$$m=0$$



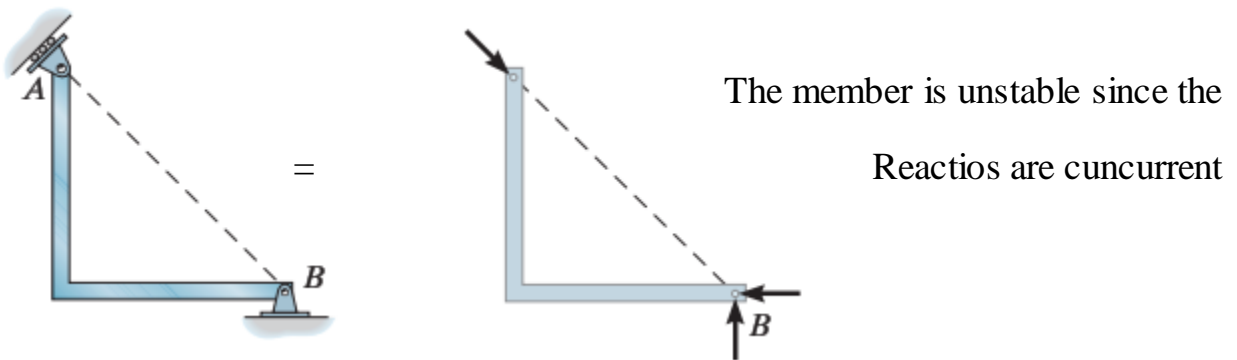
څرنگه چې  $m=0$  شونو سيستم معين ستاتيکي او هندسي تغير نه منونکي (Unstable) دي.



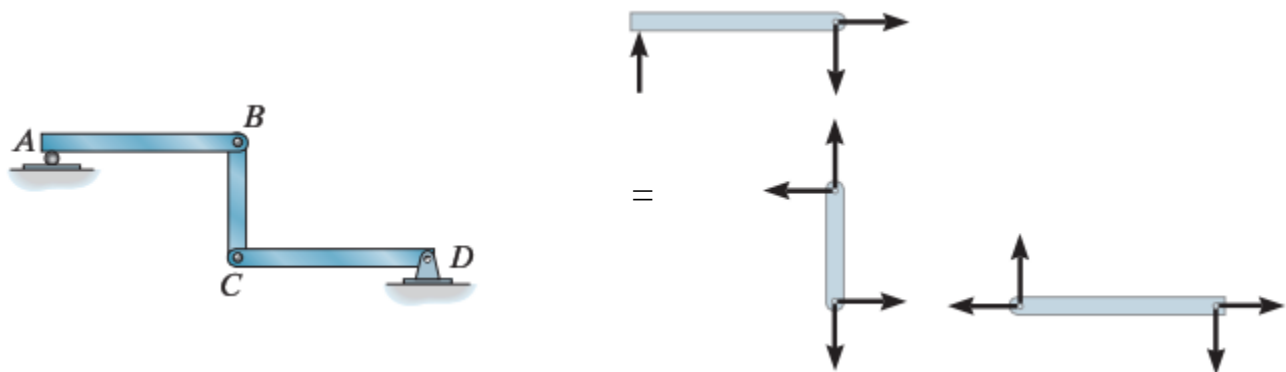
Classify each the following structure as stable or unstable



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

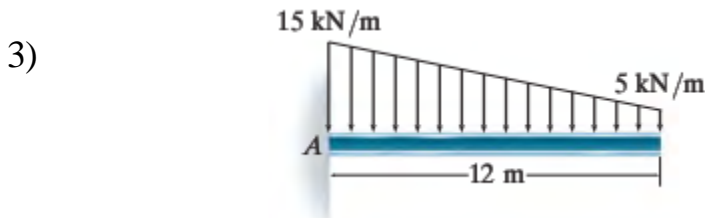
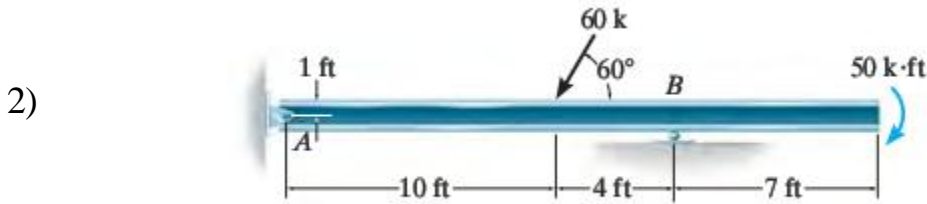
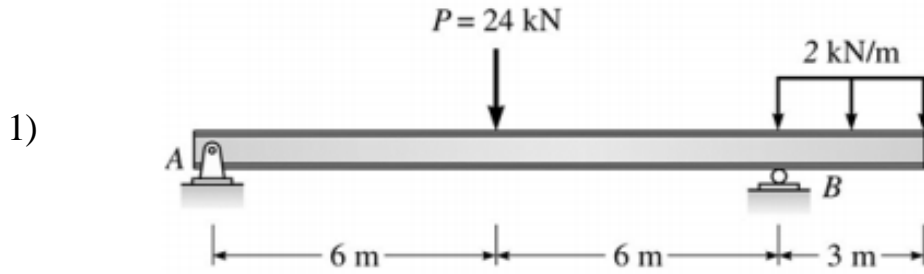


The beam is unstable since the reactions are parallel.



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.

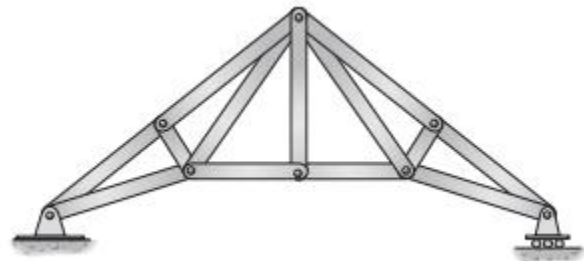
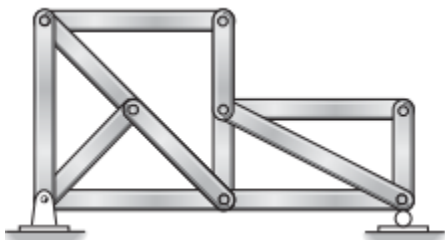
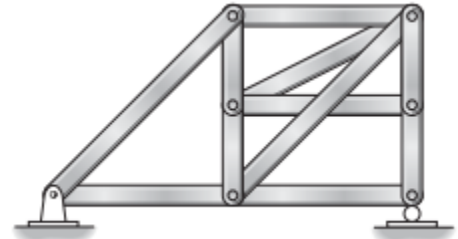
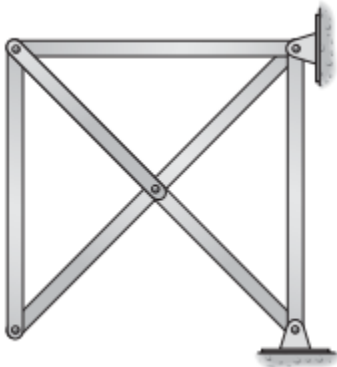
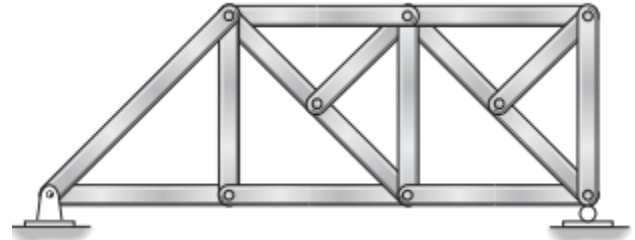
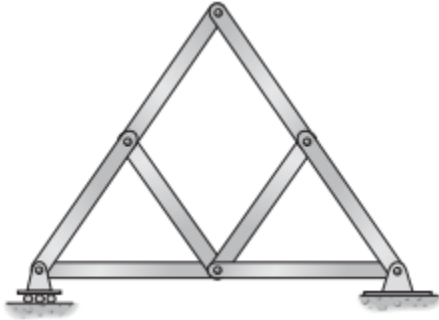


حل:

- ✓ پورتنی بیمنه کولی شود تعادل معادلو په واسطه تحلیل کړو .
- ✓ لومړی پړاو کی په A ټکی کی د مومنتونو مجموعه صفر کوو ترڅو  $R_B$  لاس ته راوړو .
- ✓ همدا رنگه  $\sum F_Y$  په استعمال سره کولی شو  $R_A$  لاس ته راوړو .

### تمرین (Exercise)

1) په لاندې ښودل شوی ترسونو کی معین ، نامعین ، هندسی تغیر نه منونکی (Stable) او هندسی تغیر منونکی (Unstable) ترسونه بییل کړی .



# دریم خپرکی

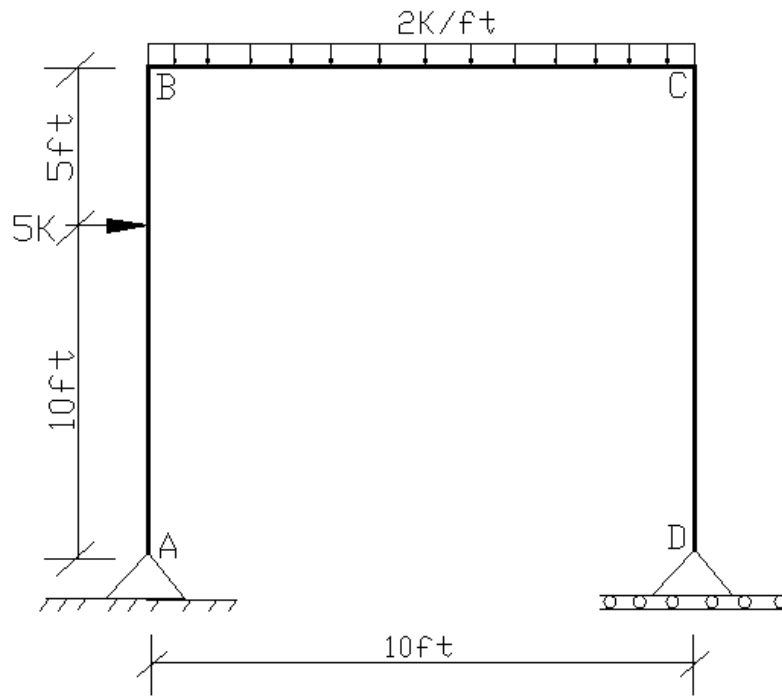
## د معین ستاتیکی چوکاتونو تحلیل

### (Analysis of determinate Frames)



که چیري دوه یا له دوو څخه ډیري عمودي او افقي یا عمودي او مایلي میلی خپلو منځونو کې سره د سخت یا ساکنې اتکا په واسطه وتړل شي له چوکات څخه عبارت دي. چوکات د ګادر او پایو څخه جوړ وي چې په اکثر تعمیرونو کې استعمالیږي. دا چوکاتونه د اساس سره په سخته، متحرکه او یا په ساکنې اتکاء وصل وي چې وارده بار په منظم ډول، بدون د څه ویجاړتیه، اساس ته انتقاله وي. د چوکات په افقي او عمودي برخه (ګادر او پایه) کې د بار له امله انحناي مومنت پیدا کیږي خو کچیرته د چوکات اتکاء سخته وي تحلیل یې ده نامعین ساختمان په څیر کیږي.

مثال ۱: د ورکړل شوی چوکاټ معین والي معلوم کړی او تحلیل یې کړی.



حل:

Step: 01 معین والي

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

Step: 02 اتکایی عکس العملونه پیدا کول

$$\sum M_A = 0$$

$$+(5 \cdot 10) + (2 \cdot 10 \cdot 5) - 10R_{DY} = 0 \quad \Rightarrow \quad R_{DY} = 15K$$

$$\sum F_y = 0$$

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

$$R_{AY} = 20 - 15 \quad \Rightarrow \quad R_{AY} = 5K$$

Step: 03

د هری برخی جلا جلا تحلیل کول

Member AB

$$\sum F_x = 0$$

$$H_B + 5 - 5 = 0$$

$$H_B = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

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

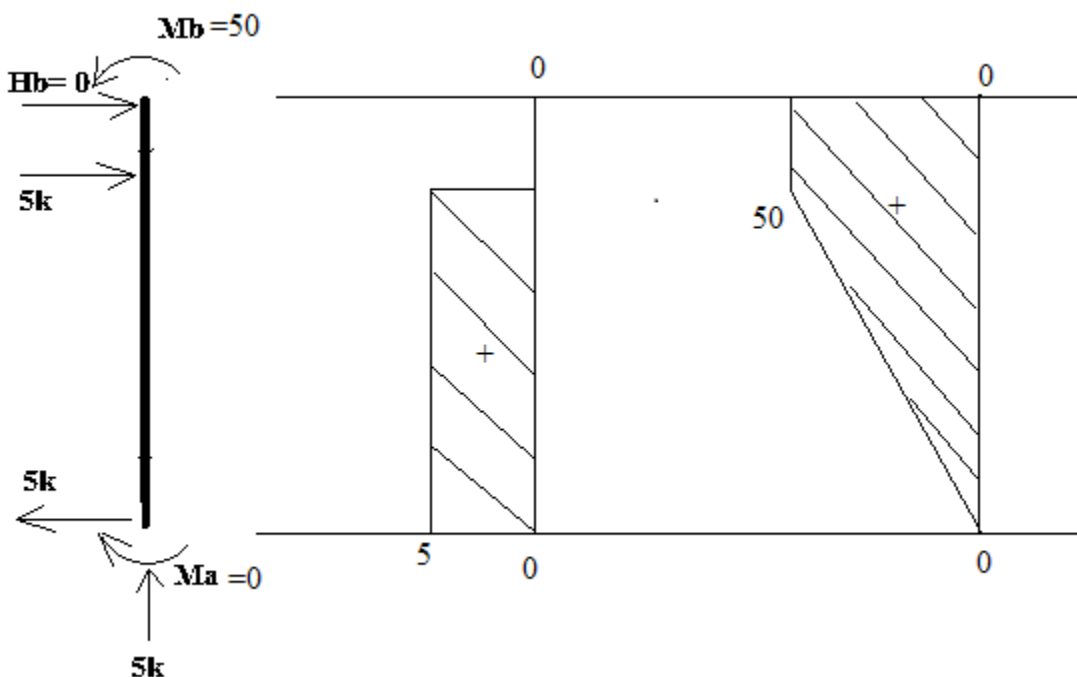
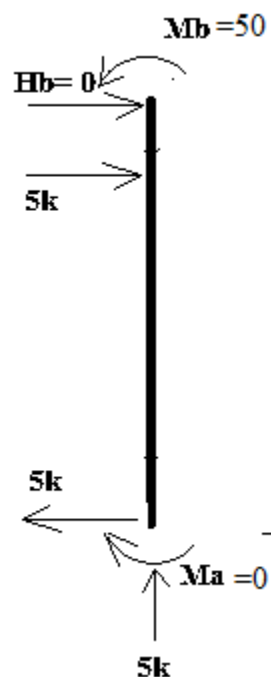
$$M_B = 50 \text{K-ft}$$

$$\sum M_A = 0$$

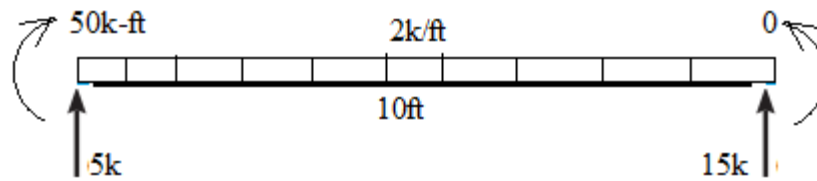
$$+(5 \cdot 10) + M_A - M_B = 0$$

$$50 - 50 + M_A = 0$$

$$M_A = 0$$



Member BC



$$\sum F_y = 0$$

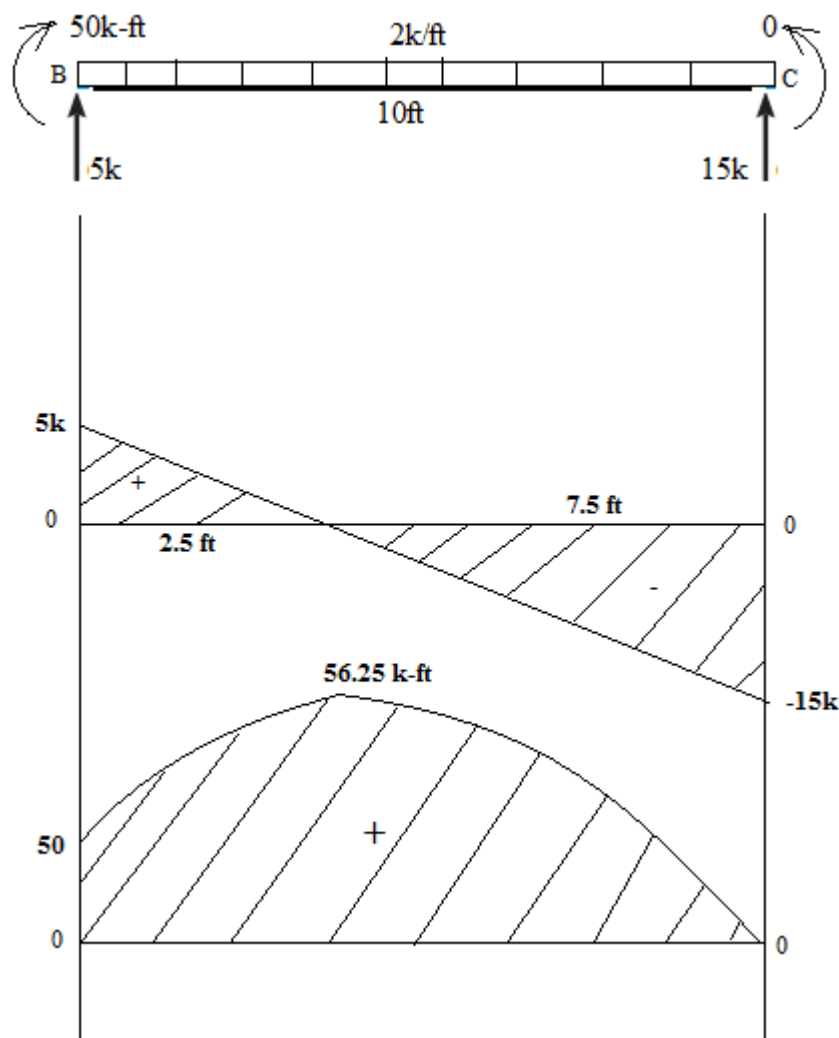
$$5 - (2 \times 10) + R_C = 0$$

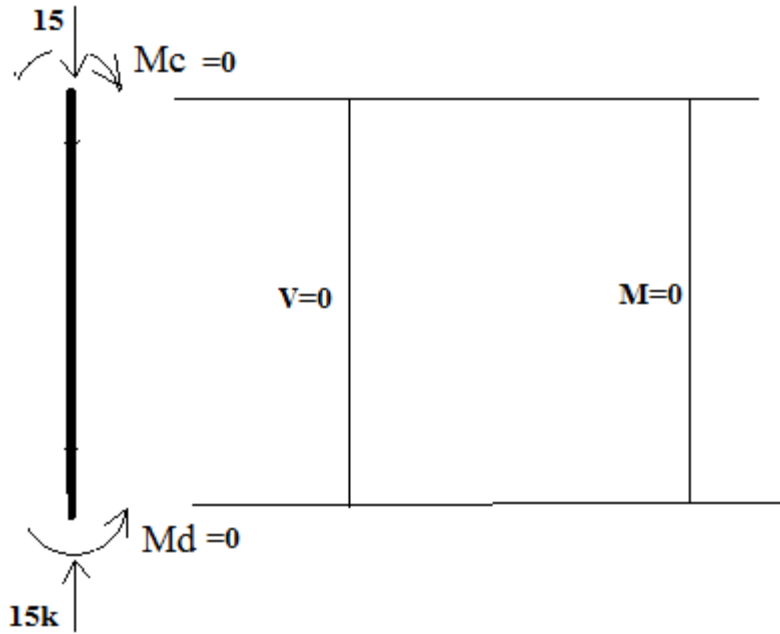
$$R_C = 15K$$

$$\sum M_C = 0$$

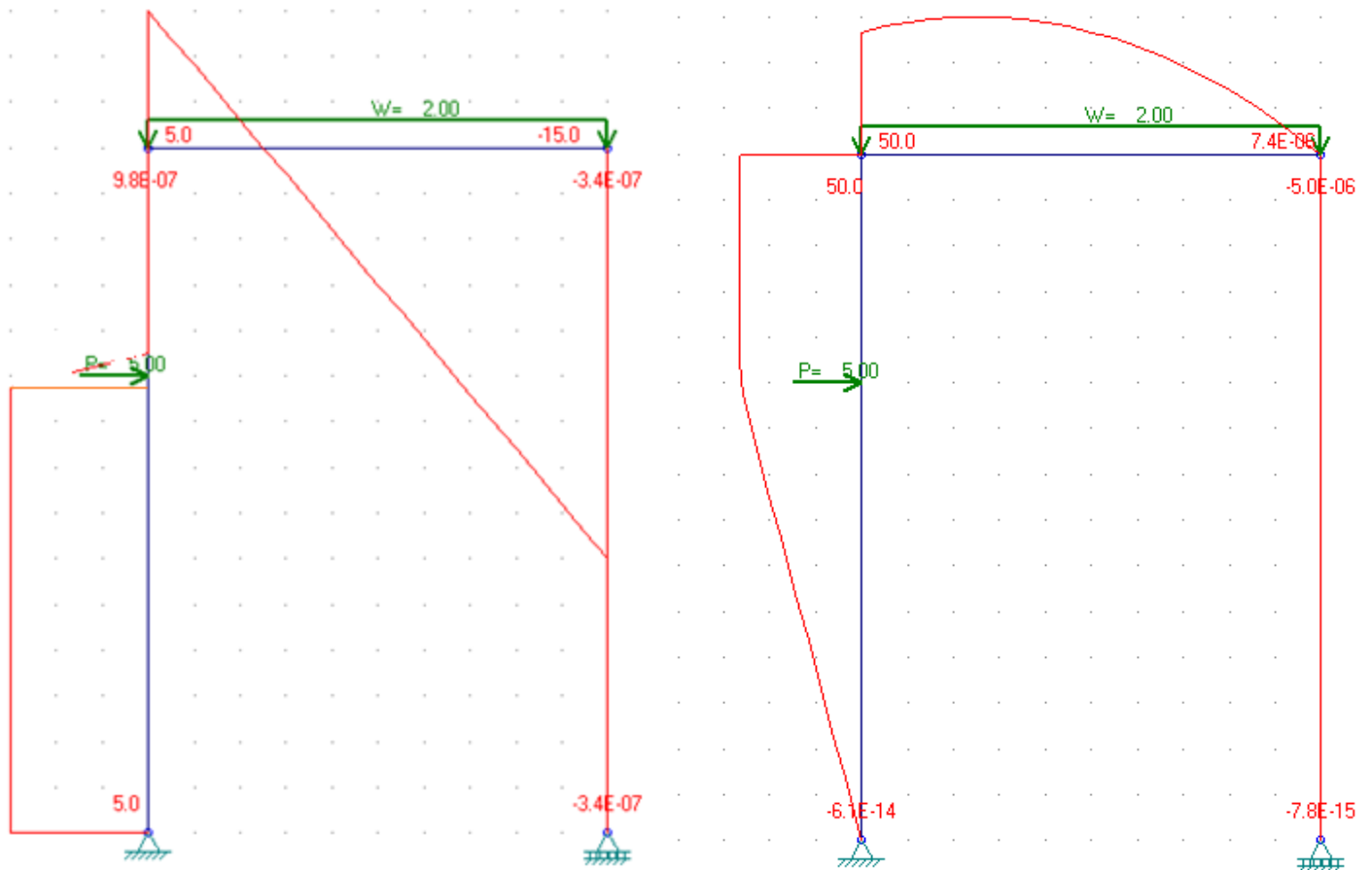
$$(5 \times 10) - (2 \times 10 \times 5) + 50 - M_C = 0$$

$$M_C = 0$$





Final shear force and bending moment diagram

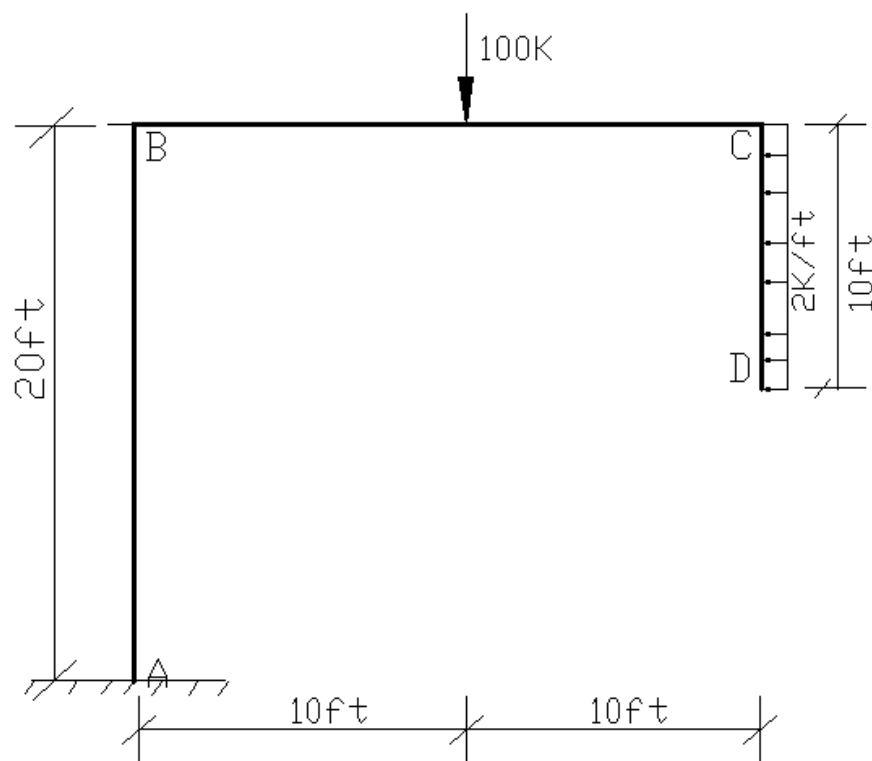


عرضی قوی ډیاگرام

انحنایی مومنت ډیاگرام



مثال ۲: د ورکړل شوی چوکاټ معین والي معلوم کړی او تحلیل یې کړی.



حل:

**Step: 01** Determinacy

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

**Step: 01** free body diagram and reactions

$$\sum F_y = 0$$

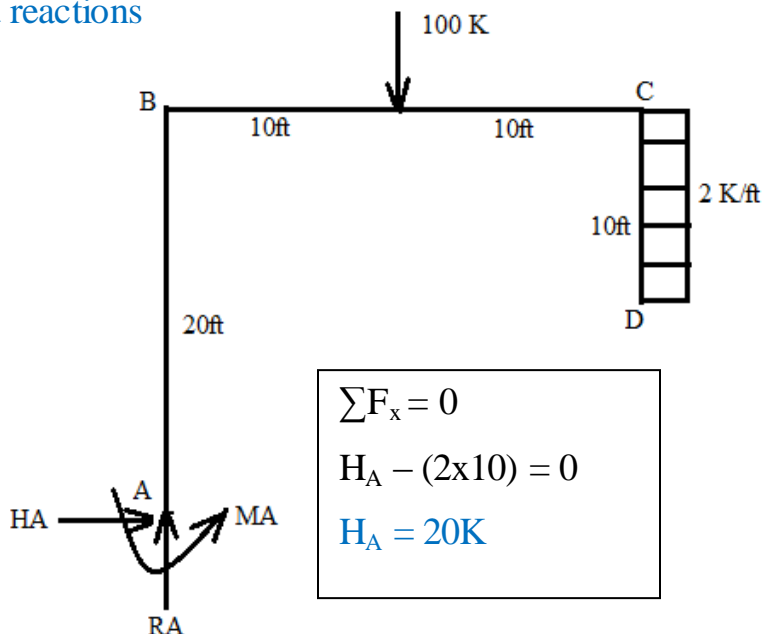
$$R_A - 100 = 0$$

$$R_A = 100K$$

$$\sum M_A = 0$$

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

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



$$\sum F_x = 0$$

$$H_A - (2 \times 10) = 0$$

$$H_A = 20K$$

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

#### Member AB

$$\sum F_x = 0$$

$$-H_B + (20) = 0$$

$$H_B = 20K$$

$$\sum F_y = 0$$

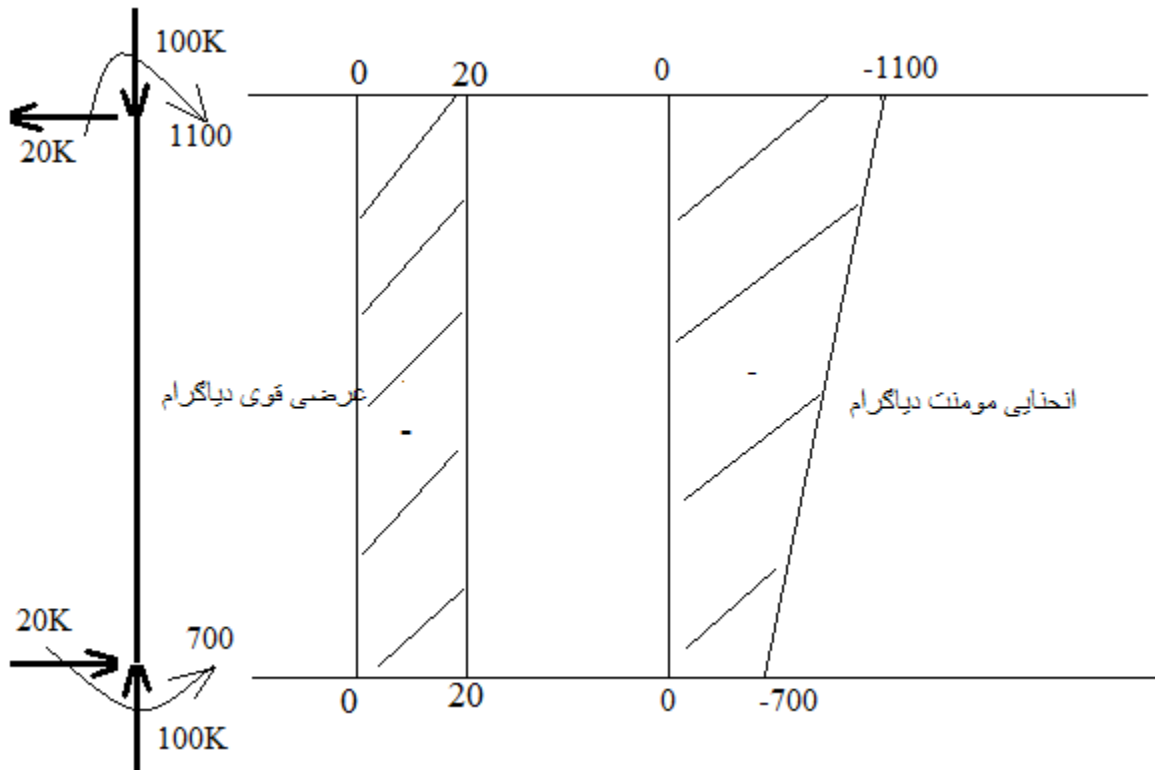
$$100 - R_B = 0$$

$$R_B = 100k$$

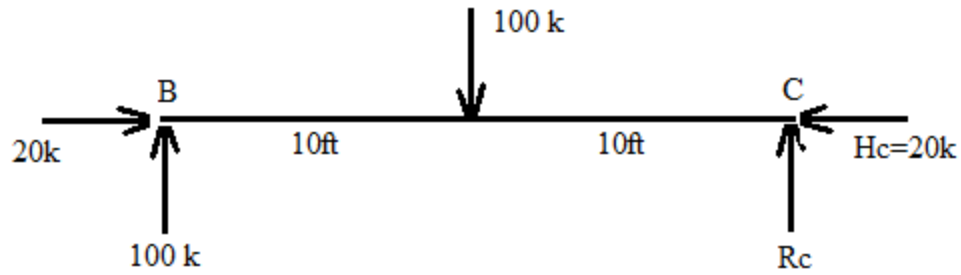
$$\sum M_B = 0$$

$$M_B - 700 - (20 \times 20) = 0$$

$$M_B = 1100K-ft$$



Member BC



$$\sum F_y = 0$$

$$100 - 100 + R_C = 0$$

$$R_C = 0$$

$$\sum M_C = 0$$

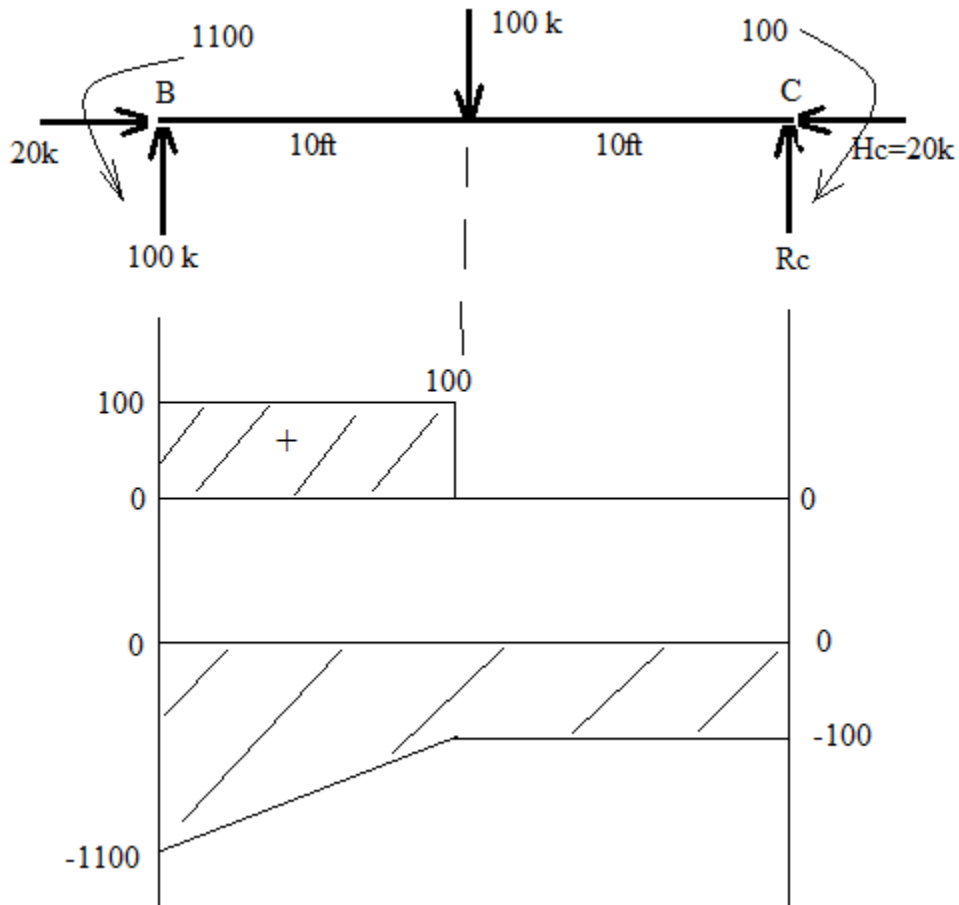
$$M_C - 1100 - (100 \times 10) + (100 \times 20) = 0$$

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

$$\sum F_x = 0$$

$$-H_C + 20 = 0$$

$$H_C = 20K$$



Member CD

$$\sum F_x = 0$$

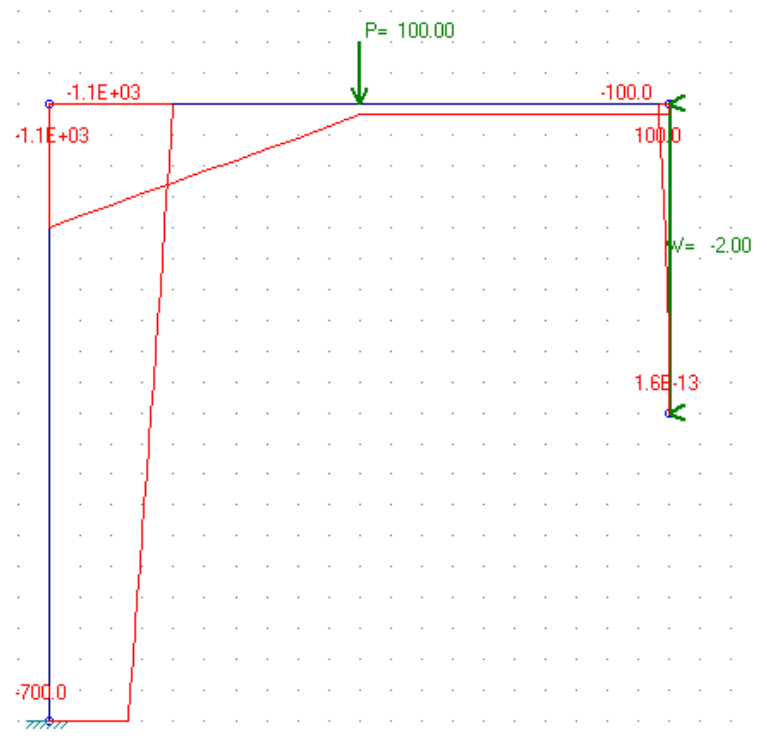
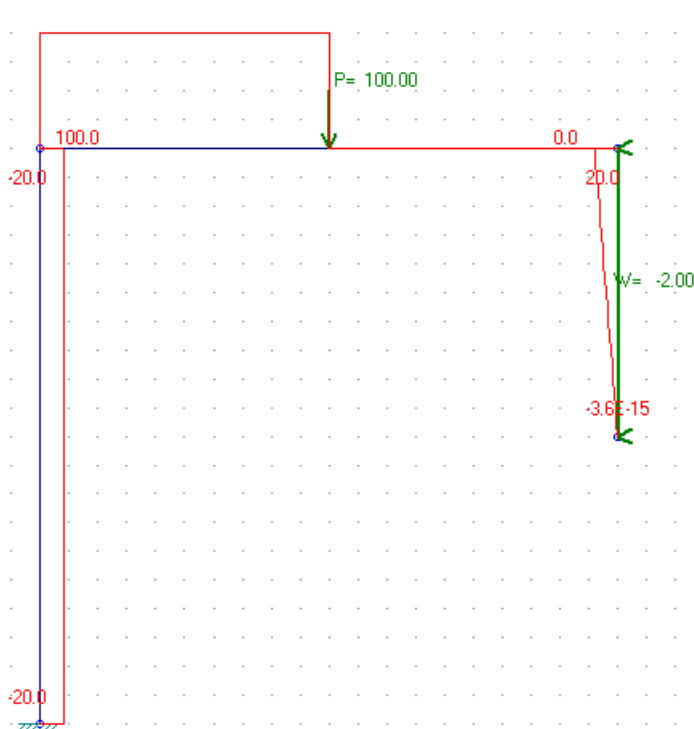
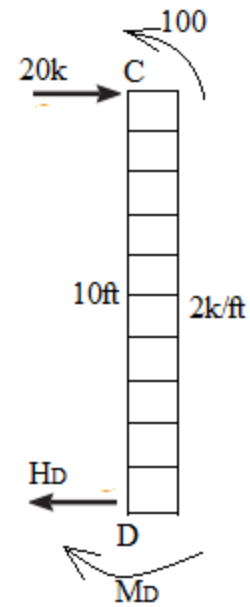
$$20 - (2 \times 10) + H_D = 0$$

$$H_D = 0$$

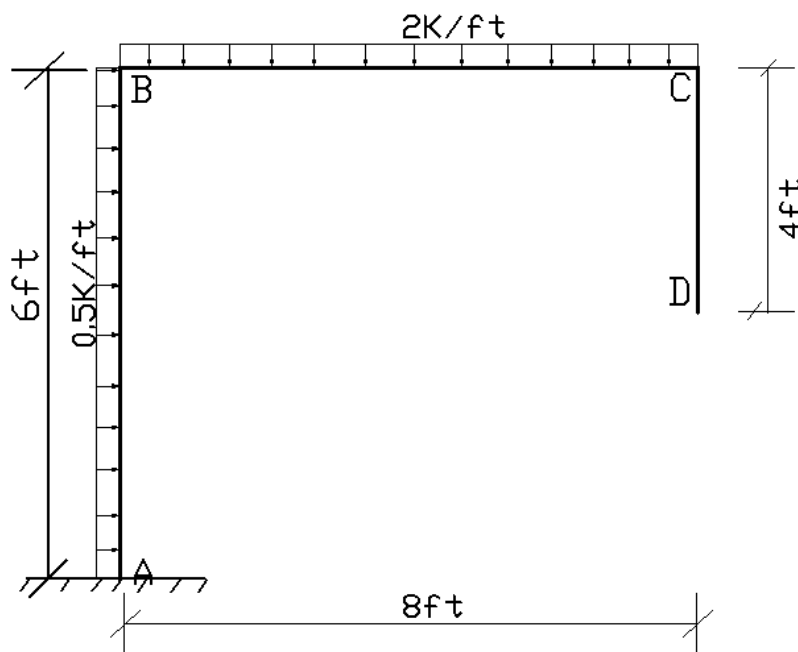
$$\sum M_D = 0$$

$$+M_D + (20 \times 10) - (2 \times 10 \times 5) - (100) = 0$$

$$M_D = 0$$



مثال ۳: ورکړل شوی چوکاټ تحلیل کړی او د هرې برخې د عرضی قوی او مومنت ډیاگرام  
یې رسم کړی.



حل:

### Step: 01 Determinacy

$$S.I = 3m + r - 3j = 3(3) + 3 - 3(4) = 0 \quad \text{معین سیستم}$$

### Step: 01 free body diagram and reactions

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - 16 = 0$$

$$R_A = 16K$$

$$\sum M_A = 0$$

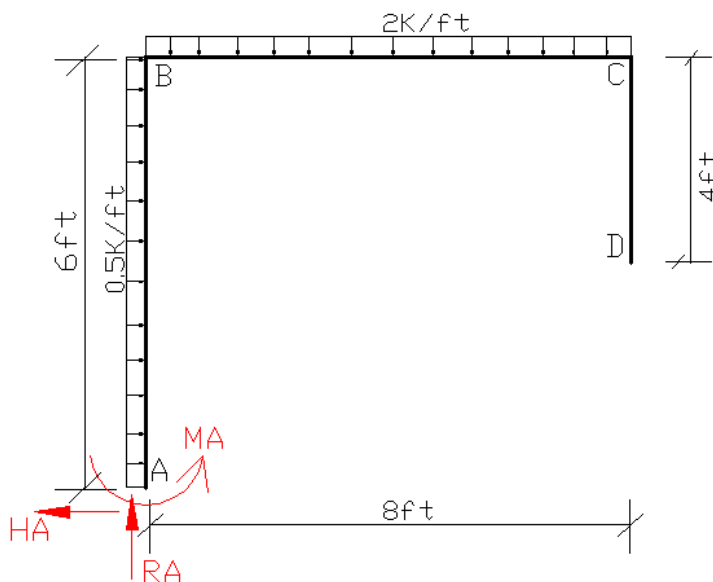
$$-M_A + (0.5 \times 6 \times 3) + (2 \times 8 \times 4) = 0$$

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

$$\sum F_x = 0$$

$$-H_A + (0.5 \times 6) = 3K$$

$$H_A = 3K$$



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

#### Member AB

$$\sum F_x = 0$$

$$H_B - 3 = 0$$

$$H_B = 3K$$

$$\sum F_y = 0$$

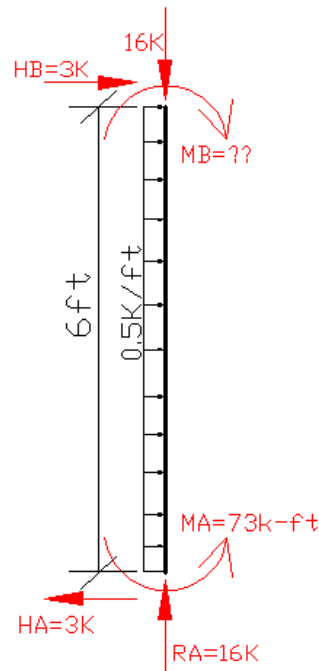
$$16 - R_B = 0$$

$$R_B = 16k$$

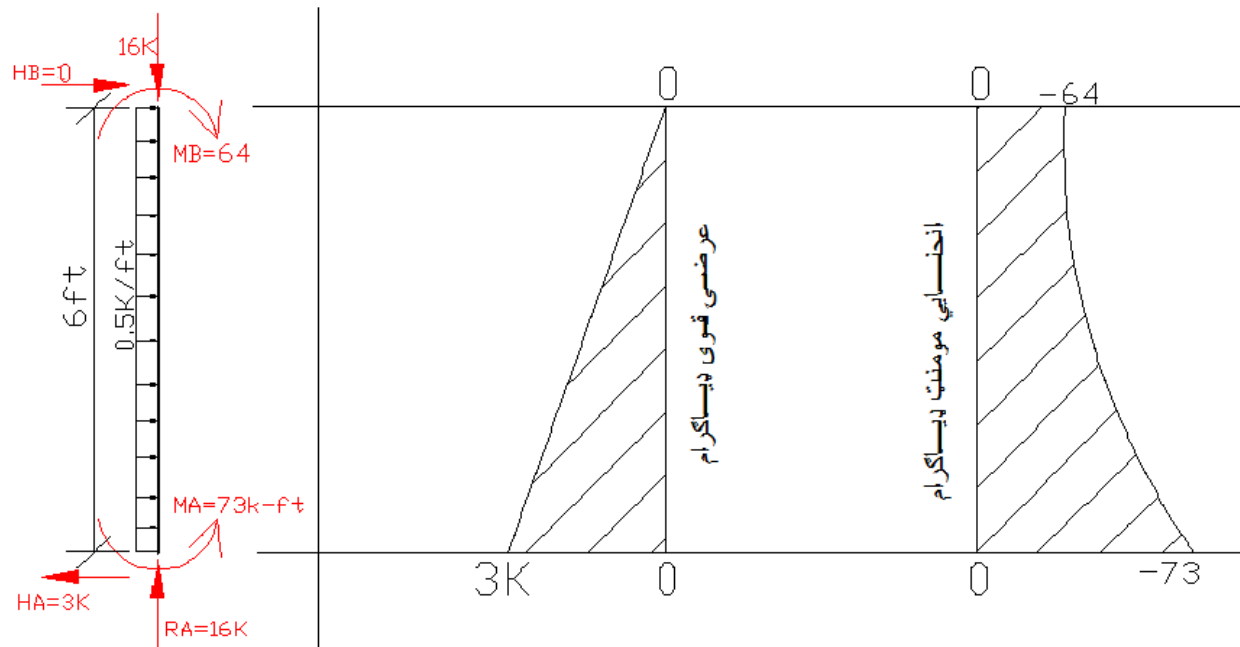
$$\sum M_B = 0$$

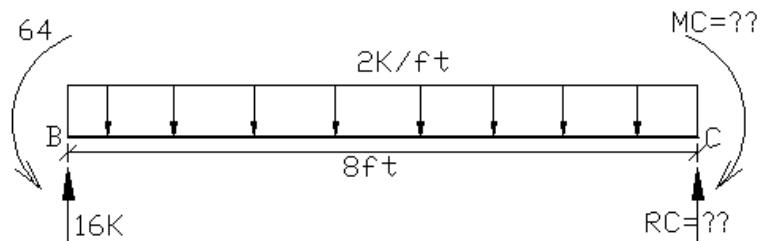
$$M_B - 73 + (0.5 \times 6 \times 3) = 0$$

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



#### Shear force and Bending Moment Diagrams





[Member BC](#)

$$\sum F_y = 0$$

$$16 - 16 + R_C = 0$$

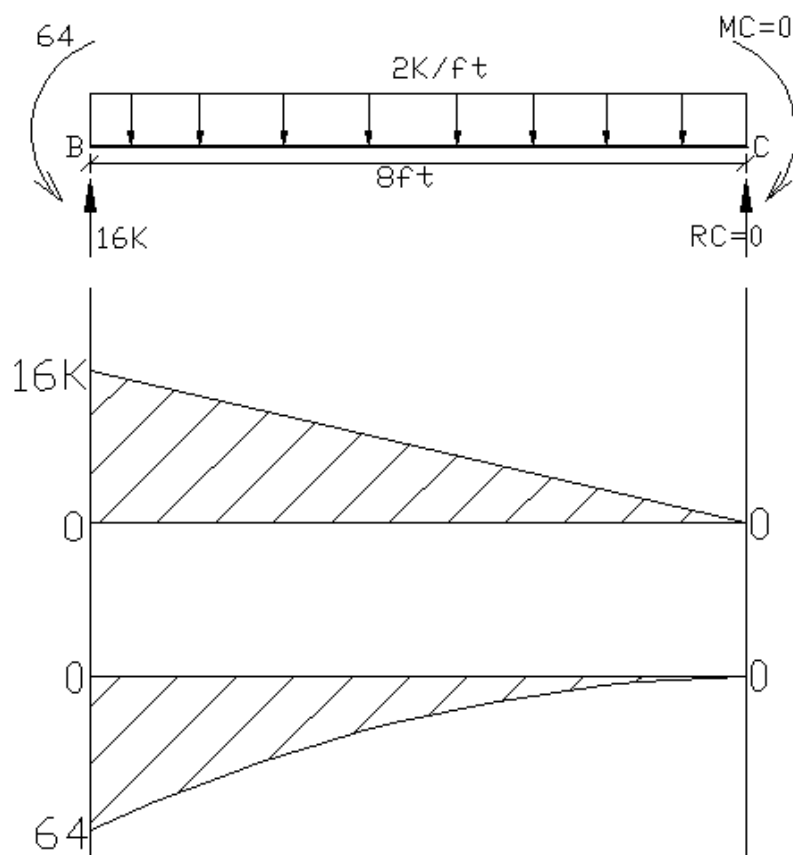
$$R_C = 0$$

$$\sum M_C = 0$$

$$M_C - 64 - (2 \times 8 \times 4) + (16 \times 8) = 0$$

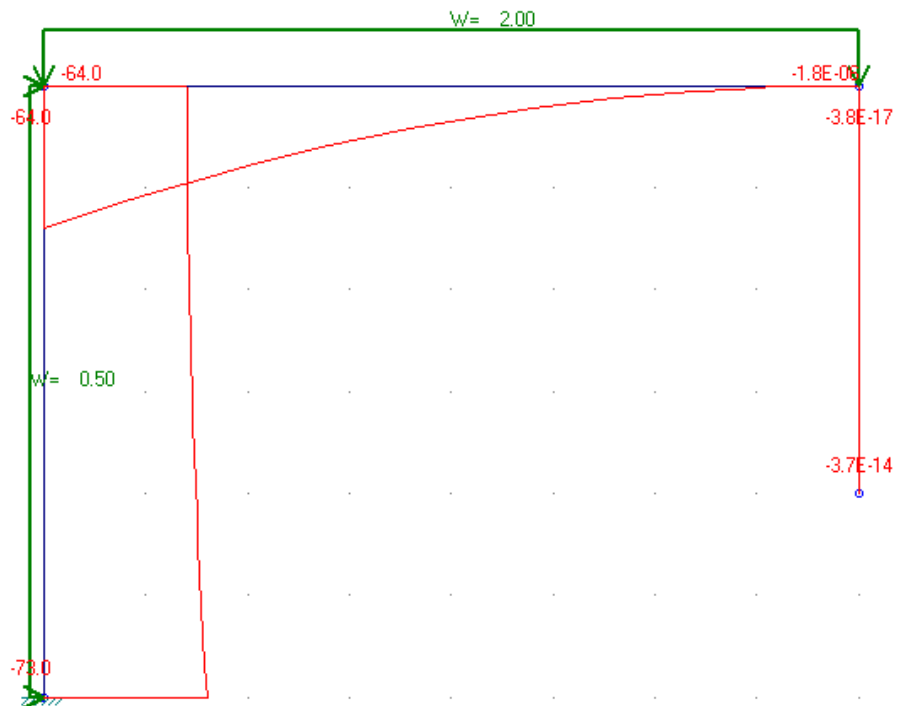
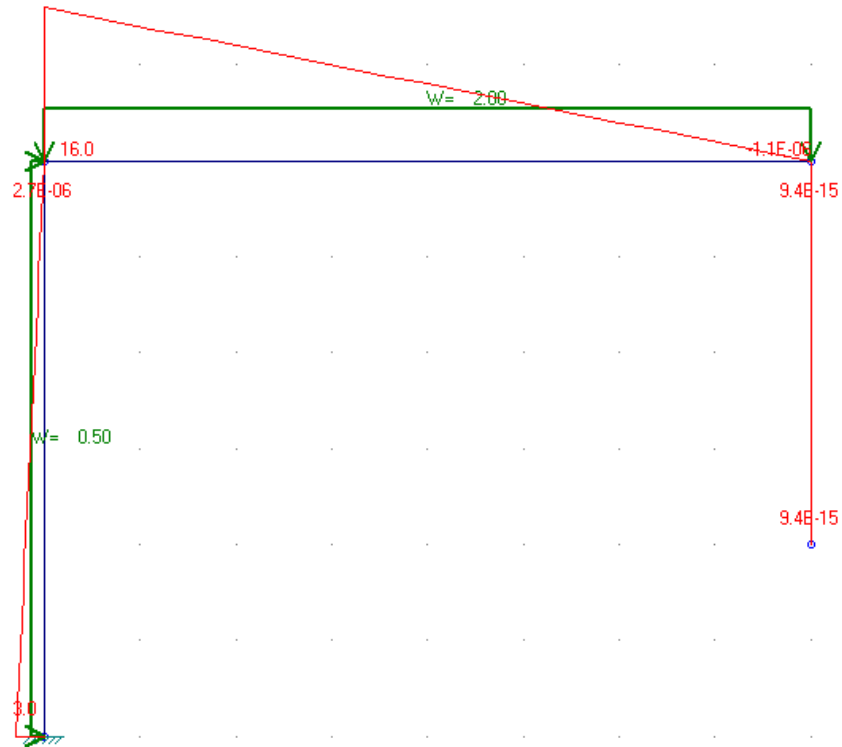
$$M_C = 0$$

Shear force and Bending Moment Diagrams



Member CD

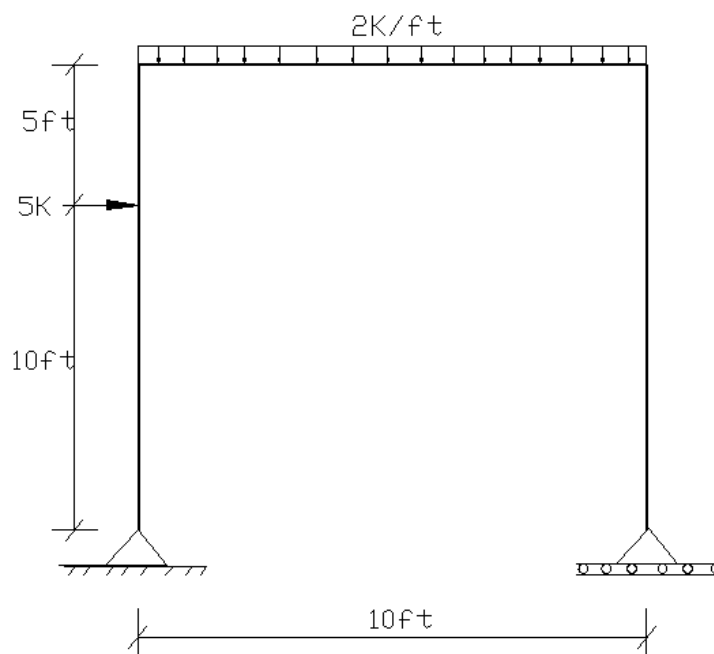
There is no force acting on this member



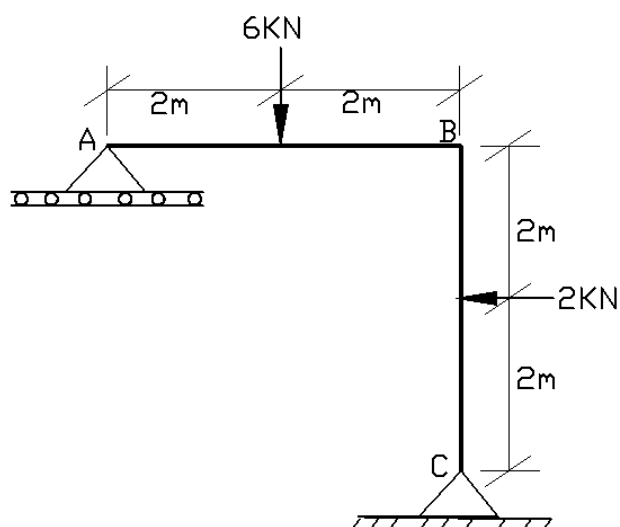


## Exercise ( تمرین )

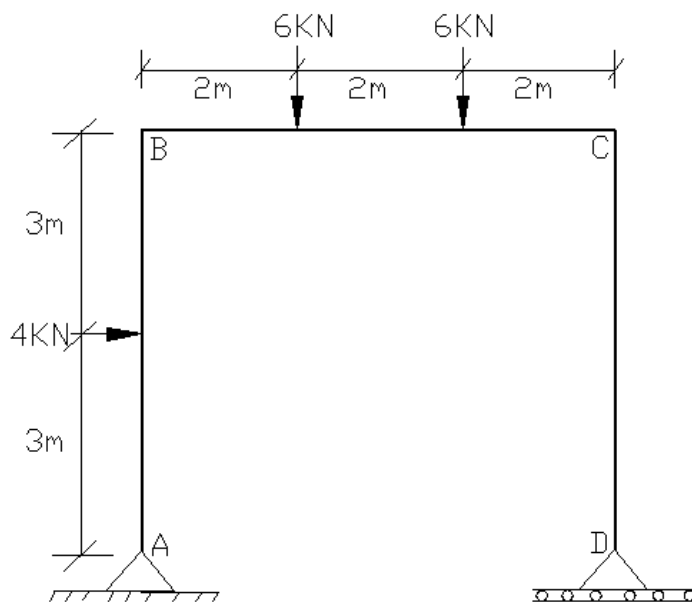
(1) ورکړل شوی چوکاټ تحلیل کړی او د هرې برخې د عرضی قوی او مومنټ ډیاگرام یی رسم کړی.



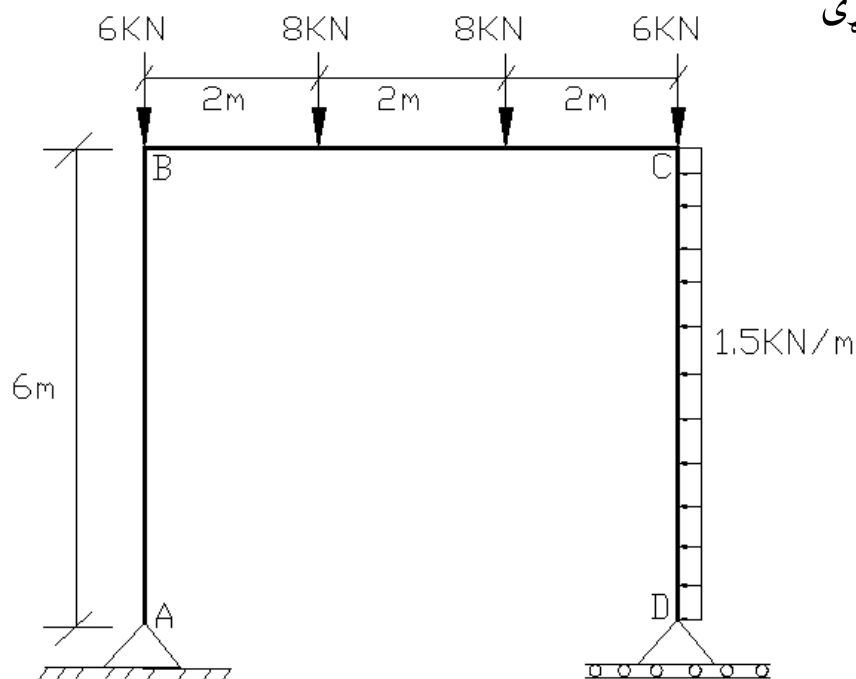
(2) ورکړل شوی چوکاټ تحلیل کړی او د هرې برخې د عرضی قوی او مومنټ ډیاگرام یی رسم کړی.



3) ورکرل شوی چوکات تحلیل کری او د هری برخی د عرضی قوی او مومنټ ډیاگرام یی رسم کری



4) ورکرل شوی چوکات تحلیل کری او د هری برخی د عرضی قوی او مومنټ ډیاگرام یی رسم کری



دریم خپرکی

دمعین ساختمانونو تاثیر خط

Influence line of statically determinate structures



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

## تأثير خط

### Influence Line

تأثير خط د يو گراف څخه عبارت دي، کوم چي د متحرک عامل د قيمت تغير (اتکايږ عکس العملونه او داخلي قويل لکه عرضی قوه ، انحنایي مومنت) د ساختمان په مختلفو ټکو کي بنیي غیرمتحرک بارونه : په ساختمانونو باندی غیرمتحرک بارونه عبارت دي له ساختمان خپل وزن ، او د هغه عناصرو وزن څخه کوم چي په ساختمان باندی موقتي یا دائمي قرار لری . متحرک بارونه : په ساختمانونو باندی متحرک بارونه عبارت دي له هغه ترانسپورتي وسایلو د وزن څخه چي په پلونو باندی تیریري

### د تأثير خط اهميت :

تأثير خط د هغه ساختمانونو په ډيزاين کي ډير مهم رول لوبه وی کوم چي له ډير دروند بار (ژوندي بار) زغملو لپاره پکار وی .

څرنگه چي پوهیږو د عرضی قوی او مومنت ډياگرام د خارجي عاملو د اغیزی ډير دقیق معلومات راکوی همدا راز تأثير خط د متحرک بارونو د اغیزی تغيرات د ساختمان په مختلفو ټکو کي رانبايي چي کله يو متحرک بار ساختمان څخه تیریري د نوموړي ساختمان په مختلفو نقطو کي یی تأثير په څه ډول تغير خوری او کوم ټکی یی اعظمی او اصغری تأثير لری .

تأثير خط د ساختمان په يو معلوم ټکی کي د غبرگون ، پریکونکو قوو ، مومنت او همدا رنگه د deflection په اړه ډير مناسب معلومات راکوی .

د پورته تشریح شویو وجوهاتو پر بنسټ وئیلی شو چي تأثير خط د پلونو ، ریل پټلی او ځینی نور ساختمانونه چي د متحرک بارونو لپاره استعمالیږي ، په ډيزاين کي ډير ارزښت لری .

## د مومنت ډیاگرام او تاثیر خط تر منځ توپیر

دا ډیر مهم دی چی د عرضی قوی یا مومنت ډیاگرام او تاثیر خط تر منځ توپیر وپیژنو. تاثیر خط د متحرک بارونو اغیزه د ساختمان په مختلفو ټکو کی بنودلو لپاره استعمالیږی او مومنت ډیاگرام یا د پریکونکو قوو ډیاگرام د ساکنو یا ځای پر ځای ولاړ بارونو اغیزه د ساختمان په ټولو نقطو کی بنودلو لپاره تری استفاده کیږی.

## د تاثیر خط کارولو کرنلاره

د ساختمان په یوه ټاکلی نقطه کی د عکس العمل ، عرضی قوی یا مومنت تاثیر خط رسمولو لپاره لاندی دوه طریقې لرو.

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

✓ د ساختمان په مختلفو ځانو کی په یوه ټاکلی فاصله ( X ) واحد متحرک بار

کیښودل او د ستاتیک څخه په استفاده د هر تابع ( عرضی قوه ، مومنت ، غبرگون

( قیمت پیدا کول.

✓ که چیرته د اتکائی غبرگون تاثیر خط رسمول مطلوب وی ، هغه عکس العملونه

چی جهت ئی پورته وی مثبت بلل کیږی.

✓ که چیرته د عرضی قوی یا د مومنت تاثیر خط په یوه ټاکلی نقطه کی کارل مطلوب

وی هغه سیستم څخه استفاده کیږی کوم چی د مومنت یا د پریکونکو قوو

ډیاگرامونه رسمولو لپاره استعمال شوی وو.

✓ د ټولو معین ستاتیکی ګاډرونو تاثیر خط به په مستقیم خطی برخو مشتمل وی .

✓ د غلطیو مخنیوی لپاره باند لومړی یو جدول کی ټول قیمتونه یوځای شی او بیا ئی

ګراف رسم شی.

## (2) د تاثیر خط معادلی په واسطه :

کولی شو چی تاثیر خط رسم کړو که چیرته لومړی یو ځای بدلیدونکی 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 مومنت یا عکس العمل) لپاره یوه رابطه لاس ته راوړو ترڅو وکولی شو د ساختمان په هره نقطه کی د  $M$  ،  $V$  یا  $R$  قیمتونه پیدا کړو او ګراف یی رسم کړو.

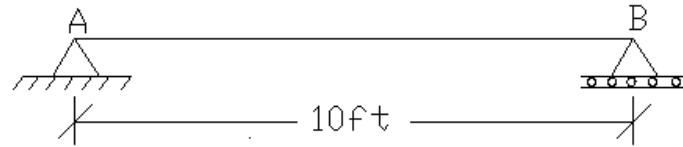
په همدی ډول مختلفو خطی برخو لپاره رابطی لاس ته راوړو او تاثیر خط یی رسموو.

## د اتکایزو غبرگونونو د تاثیر خط کارل (Influence line of support reactions)

۱. د ساده اتکایي گاډرونو د تاثیر خط کارل:

مثال: ۱ د ورکړل شوي ساده اتکایي گاډر په A اتکاء د عمودي غبرگون (vertical reaction)

تاثیر خط وکارې.



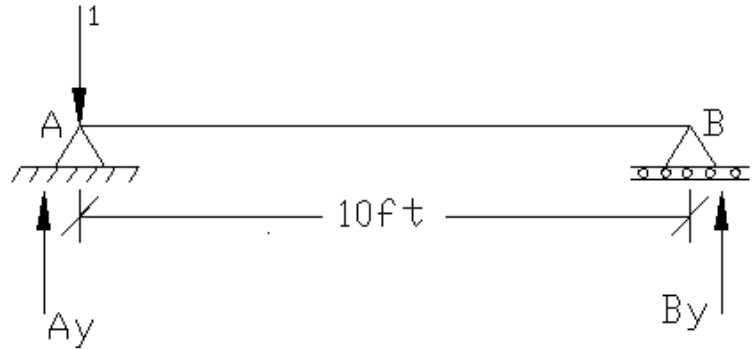
حل: کله چې  $(x=0)$  وی واحد متحرک بار له امله په A ټکي کې عکس العمل  $(A_y)$  پيدا کوو.

$$\sum M_B = 0$$

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

$$A_y = 1$$

$$B_y = 0$$



(2) کله چې  $(x=2.5\text{ft})$  وی واحد متحرک بار له امله په A ټکي کې عکس العمل  $(A_y)$  پيدا

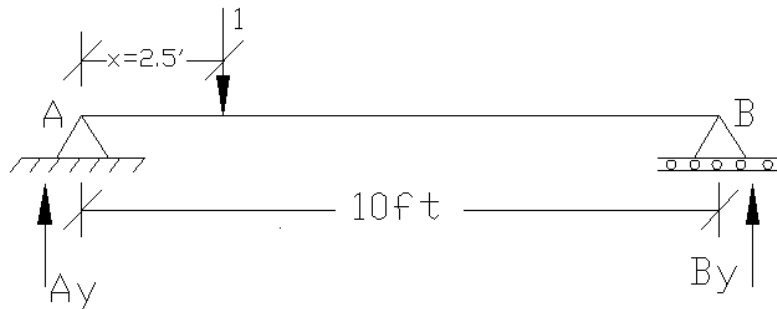
کوو.

$$\sum M_B = 0$$

$$A_y (10) - 1(7.5) = 0$$

$$A_y = 0.75$$

$$B_y = 0.25$$



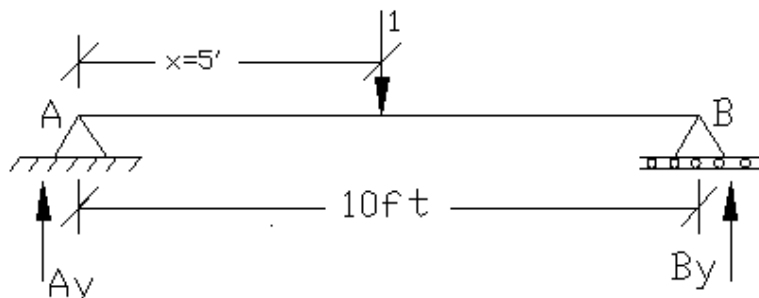
(3) کله چي  $(x=5ft)$  وي واحد متحرک بار له امله په A ټکي کي عکس العمل  $(A_y)$  پيدا کوو.

$$\sum M_B = 0$$

$$A_y (10) - 1(5) = 0$$

$$A_y = 0.5$$

$$B_y = 0.5$$



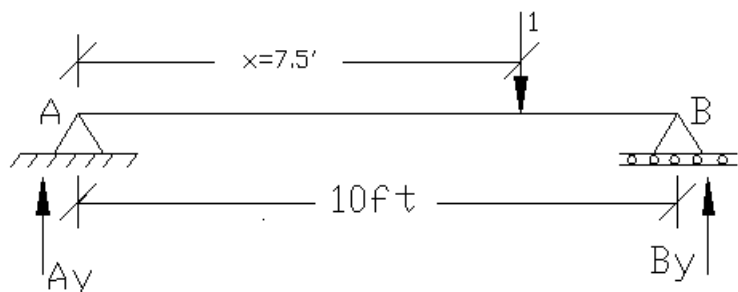
(4) کله چي  $(x=7.5ft)$  وي واحد متحرک بار له امله په A ټکي کي عکس العمل  $(A_y)$  پيدا کوو.

$$\sum M_B = 0$$

$$A_y (10) - 1(2.5) = 0$$

$$A_y = 0.25$$

$$B_y = 0.75$$



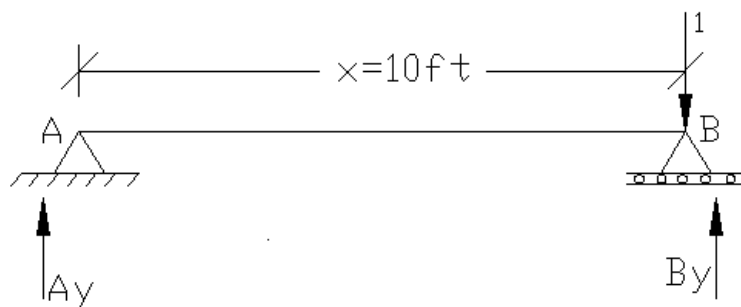
(5) کله چي  $(x=10ft)$  وي واحد متحرک بار له امله په A ټکي کي عکس العمل  $(A_y)$  پيدا کوو.

$$\sum M_B = 0$$

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

$$A_y = 0$$

$$B_y = 1$$

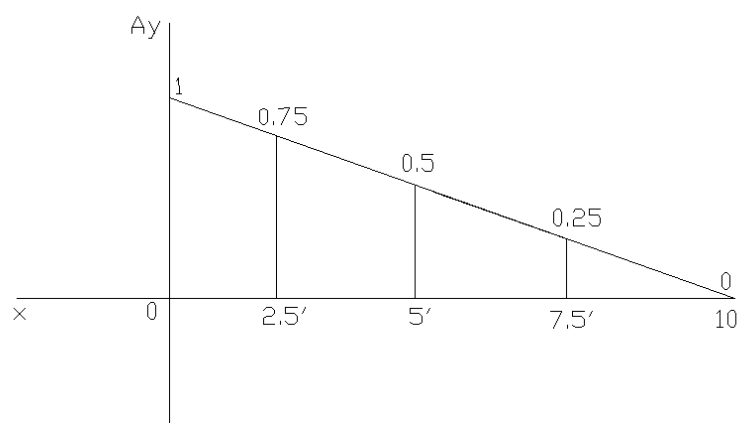




جدول:

X(ft)	A <sub>y</sub>
0	1
2.5	0.75
5	0.5
7.5	0.25
10	0

تأثير خط:

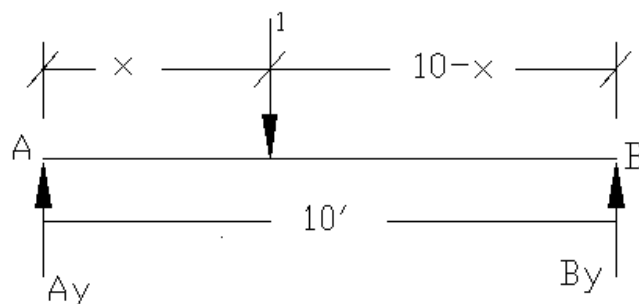


تأثير خط معادله (Influence line equation)

$$\sum M_B = 0$$

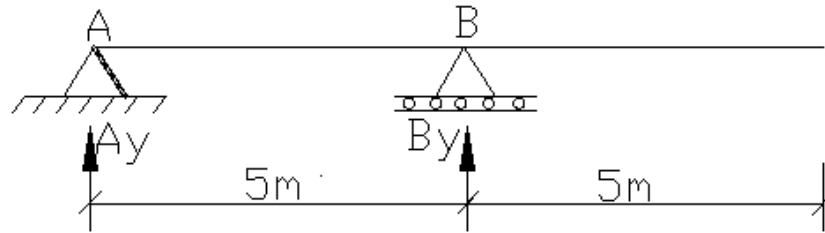
$$A_y (10) - 1(10-x) = 0$$

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



## ۲. کنسول لرونکي ساده اتکا لرونکي گاډرونو تاثير خط

مثال: ۲ د ورکړل شوي کنسول لرونکي ساده اتکا لرونکي گاډر په B اتکا د عمودي عکس العمل (vertical reaction) تاثير خط وکاربي.



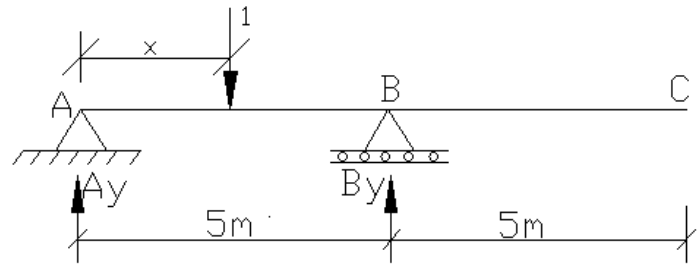
حل:

د تاثير خط معادله (Influence line equation)

$$\sum M_A = 0$$

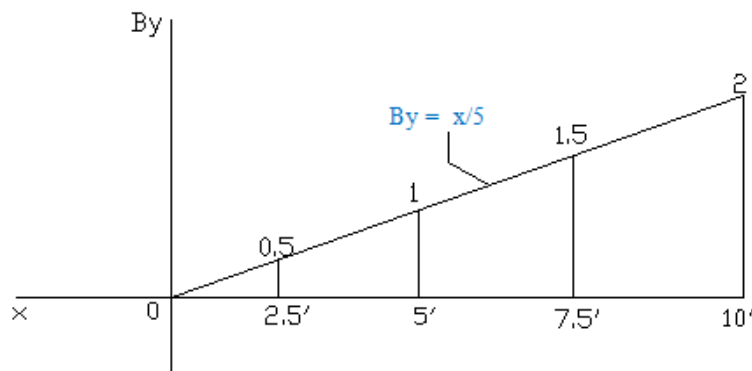
$$- B_y (5) + 1(x) = 0$$

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



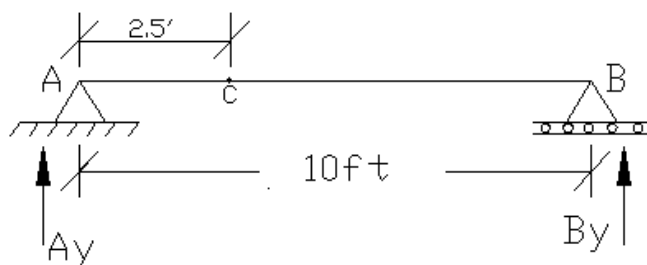
تاثير خط:

جدول:

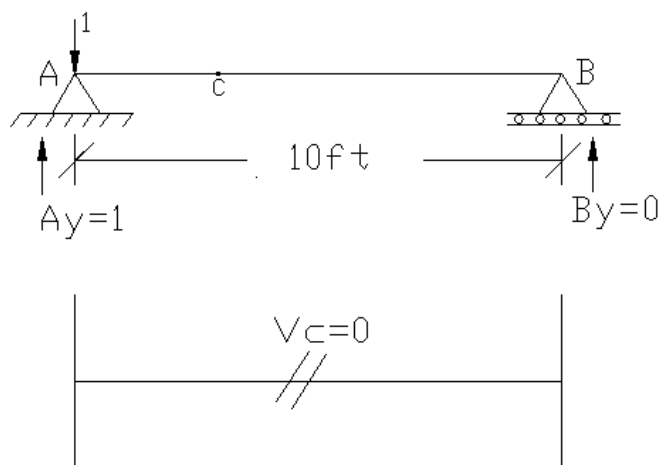


X(ft)	By
0	0
2.5	0.5
5	1
7.5	1.5
10	2

مثال: ۳ د ورکړل شوي بيم په C ټکي کې د عرضي قوي تاثير خط وکارې.



حل:



$V_C = ??$      $x = 0$     1

$$\sum M_A = 0$$

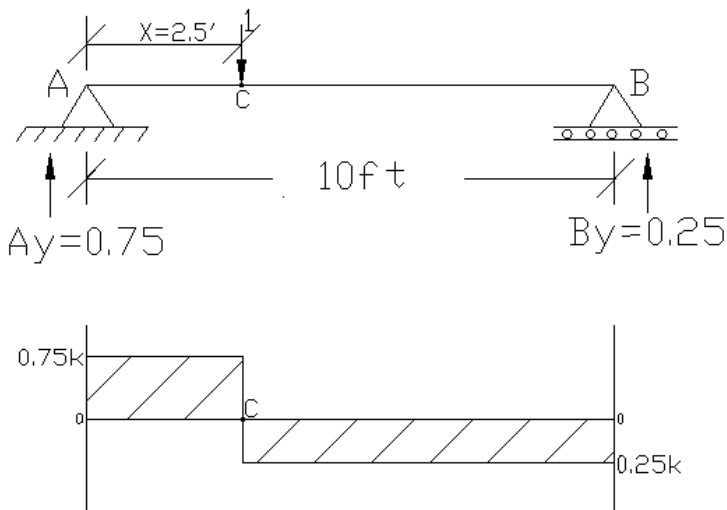
$$- B_y (10) + 1(0) = 0$$

$$B_y = 0$$

$$A_y = 0$$

$V_C = ??$      $X = 2.5 \text{ ft}$     2

پوهیږو چی په C ټکی کی مثبت او منفي عرضی قوه موجوده ده لهدا اول منفي او بیا مثبت شییر پیدا کوو.



$$\sum M_A = 0$$

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

$$B_y = 0.25$$

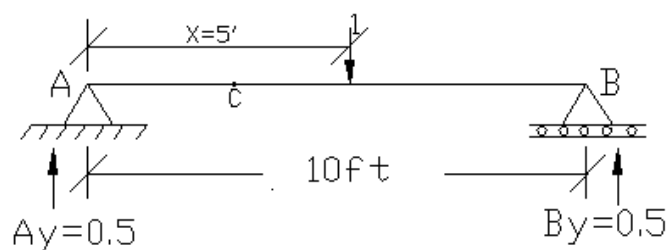
$$A_y = 0.75$$

$$X = 0$$

$$V_C = +0.75, -0.25$$

$V_C = ??$

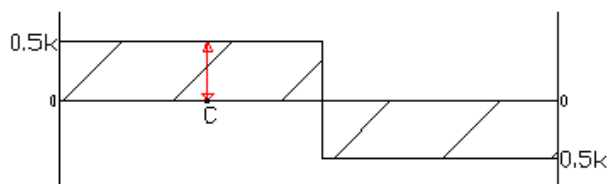
$X = 5\text{ft}$  3



$$\sum M_A = 0$$
$$- B_y (10) + 1(5) = 0$$

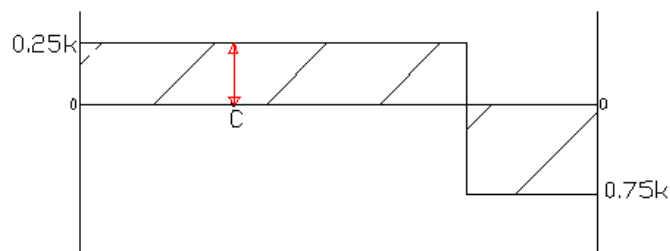
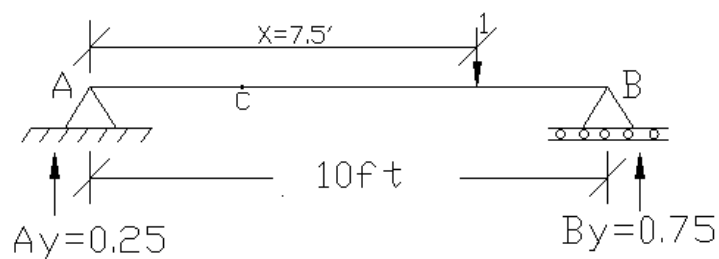
$$B_y = 0.5$$
$$A_y = 0.5$$

$$X = 0$$
$$V_C = + 0.5$$



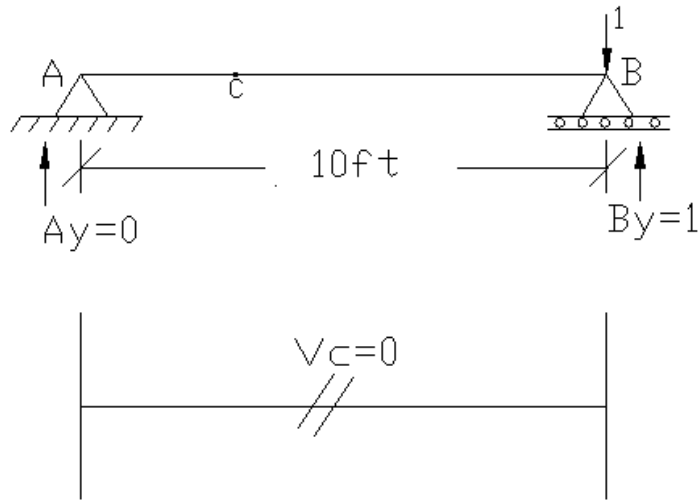
$V_C = ??$

$X = 7.5\text{ft}$  4



$$V_C = ??$$

$$X = 10 \text{ft} \quad 5$$



$$\sum M_A = 0$$
$$- B_y (10) + 1(0) = 0$$

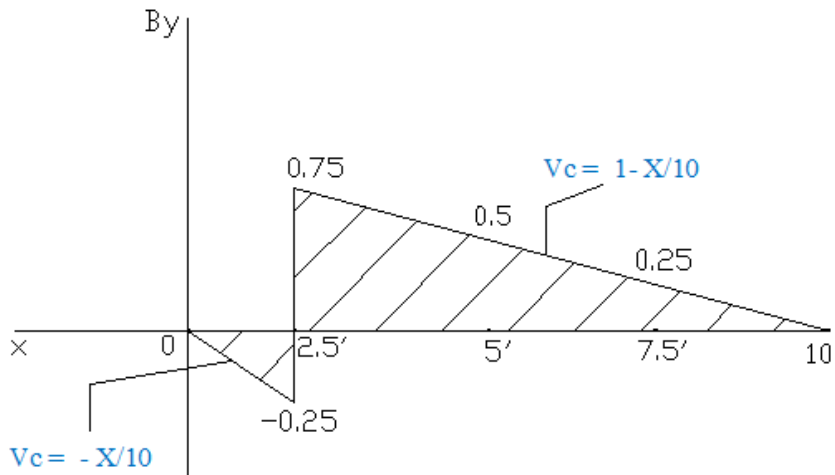
$$B_y = 1$$
$$A_y = 0$$

$$X = 10$$
$$V_C = 0$$

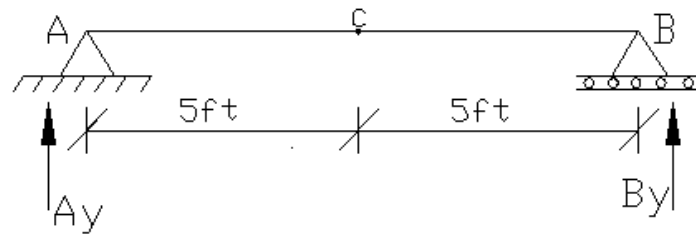
جدول:

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 بيم په C ټکي کي د مومنت لپاره تاثير خط وکاري.



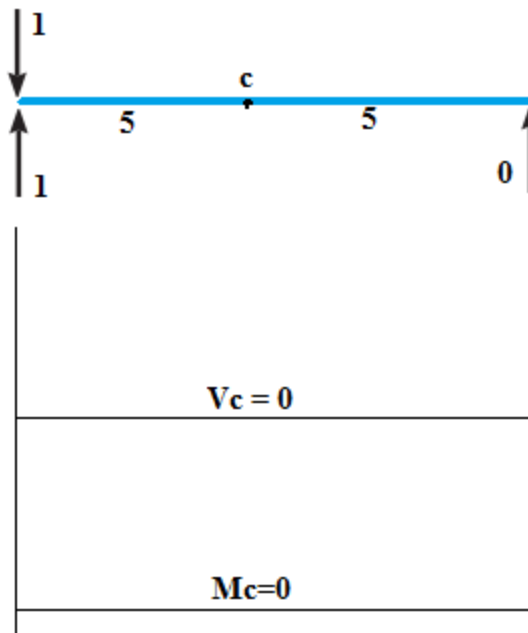
حل:

لومړی پړاو:

Apply unit load at  $x=0$

$$R_A=1$$

$$R_B=0$$



دوئم پړاو:

Apply unit load at  $x=2.5$ ft

$$\sum M_B=0$$

$$10R_A - (1 \times 0.75) = 0$$

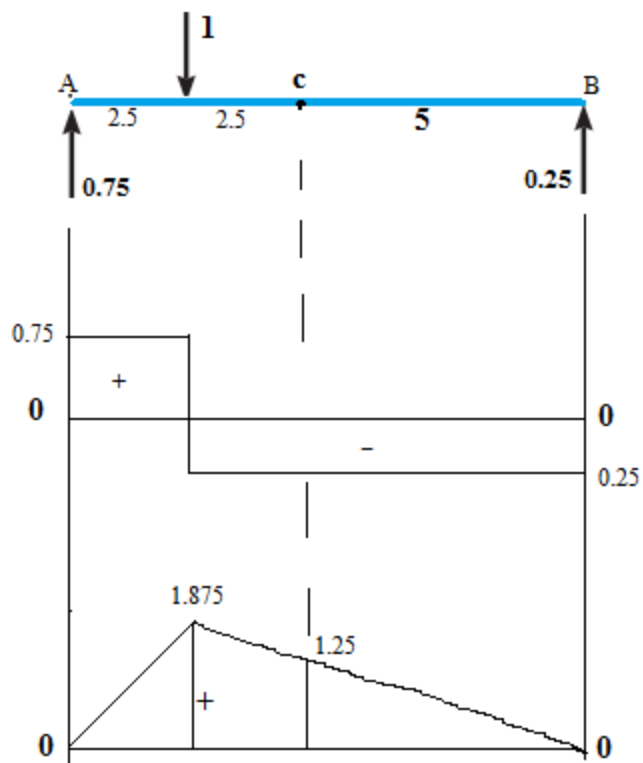
$$R_A = 0.75$$

همدارنگه

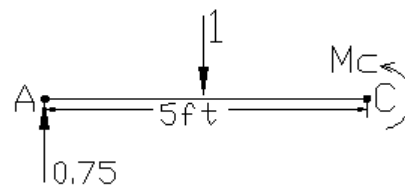
$$\sum F_y=0$$

$$0.75 - 1 + R_B = 0$$

$$R_B = 0.25$$



Section at C



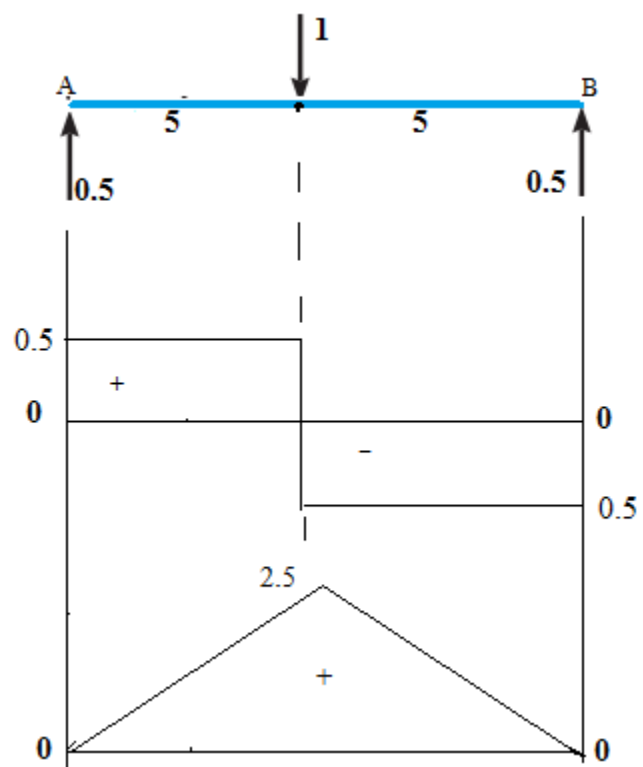
$$\sum M_C = 0$$

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

$$M_C = 1.25$$

دریم پراو:

Apply unit load at  $x=5\text{ft}$



$$\sum M_B = 0$$

$$10R_A - (1 \times 5) = 0$$

$$R_A = 0.5$$

$$\sum F_y = 0$$

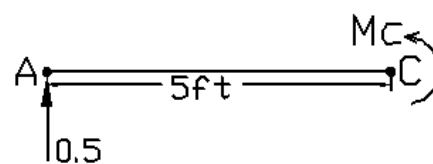
$$0.5 - 1 + R_B = 0$$

$$R_B = 0.5$$

$$\sum M_C = 0$$

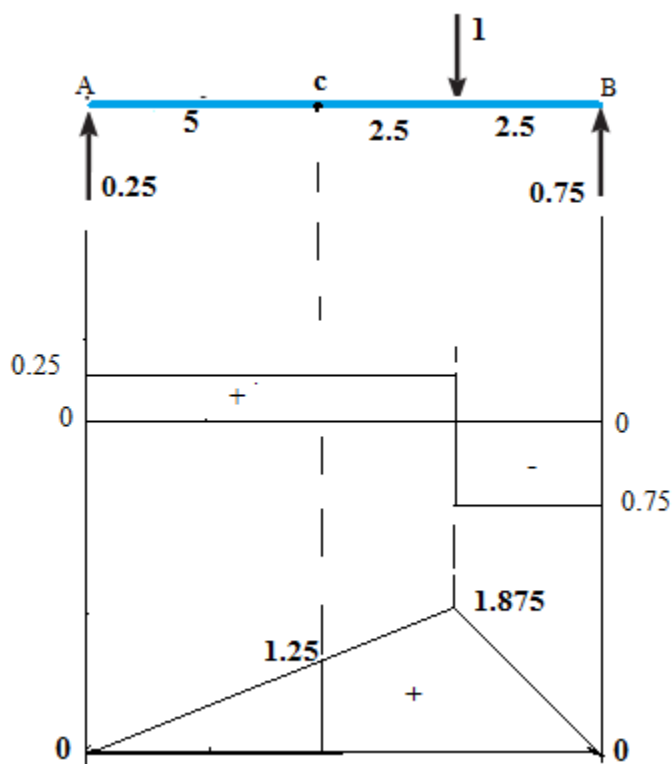
$$-M_C + 0.5(5) = 0$$

$$M_C = 2.5$$



خلورم پړاو:

Apply unit load at  $x=7.5\text{ft}$



$$\sum M_B = 0$$

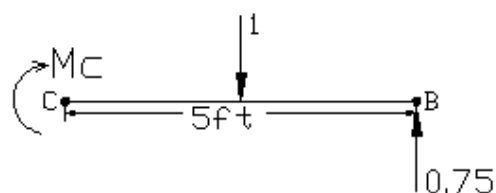
$$10R_A - (1 \times 2.5) = 0$$

$$R_A = 0.25 \quad \text{همدارنگه} \quad R_B = 0.75$$

$$\sum M_c = 0$$

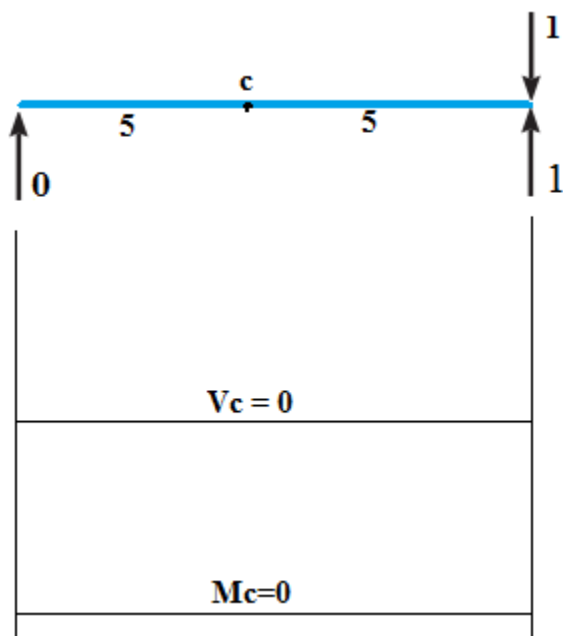
$$M_c + 2.5 - 0.75(5) = 0$$

$$M_c = 1.25$$



پنځم پړاو:

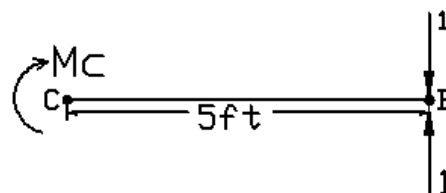
Apply unit load at  $x=10\text{ft}$



$$R_A = 0 \quad \sum M_c = 0$$

$$R_B = 1 \quad M_c + 1(5) - 1(5) = 0$$

$$M_c = 0$$

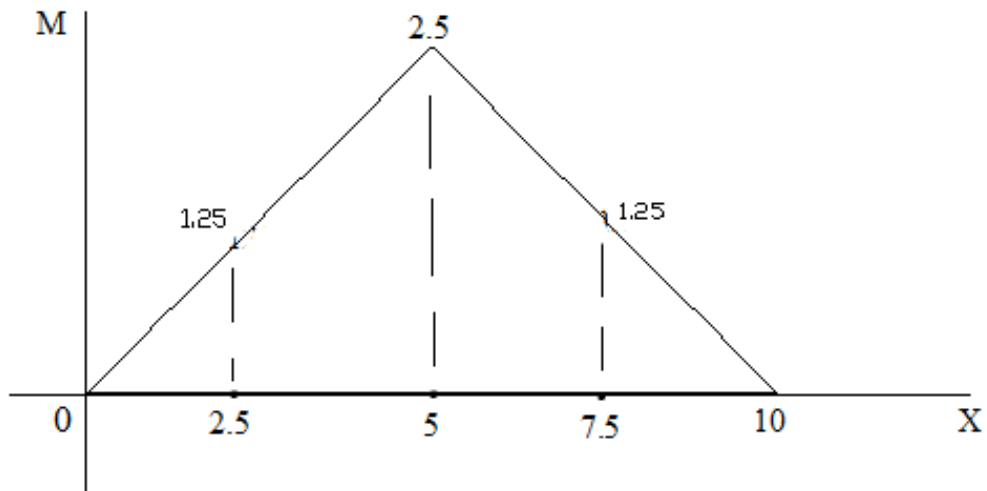




جدول:

X	$M_c$
0	0
2.5	1.25
5	2.5
7.5	1.25
10	0

تأثير خط



## د تاثیر خط کارلو لپاره د مولر برسلو قاعده (Muller-Breslau Principle)

په کال ۱۸۸۶ کی مولر برسلو د تاثیر خط په اسانی او چټک شکل کارلو 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 گراف رسمول مطلوب وی.

### کړنلاره (Procedure)

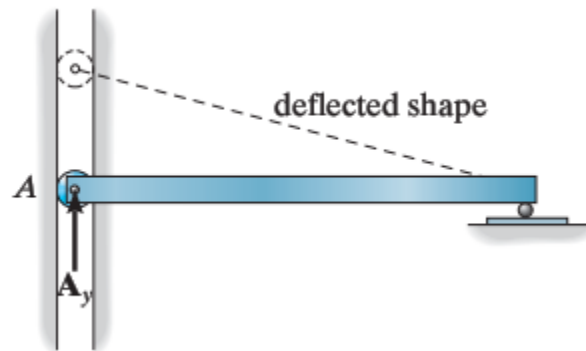
د یوی تابع ( عرضانی قوی ، مومنټ ، یا عکس العمل ) کوږ شوی شکل کارلو لپاره لومړی گډاډر هغه ظرفیت چی نوموړی تابعگانی مزاحم کړی، د منځه وړل کیږی یعنی هغه ټکی چیرته چی تابع لپاره گراف کارل مطلوب وی د هغه ټکی څخه اتکاء د مینځه وړل کیږی ( که چیرته موجوده وی ) تر څو د قواو په استعمال د گډاډر شکل تغیر و خوری او د تاثیر خط ئی په لاس راشی.

### بیلگه:

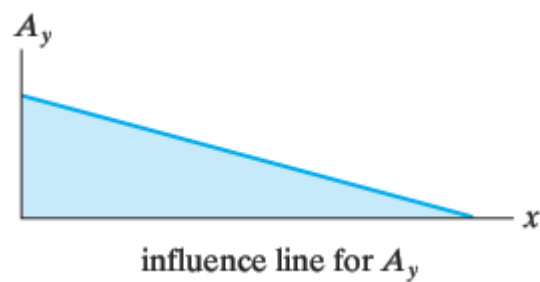
1. د ورکړل شوی ساده اتکائی گډاډر په A اتکاء عمودی غبرگون لپاره که چیرته د تاثیر خط کارل غواړو، لومړی باید د A ټکی څخه اتکاء لری کړو او همدارنگه ساکنه اتکاء په عمودی رولر بدله کړو تر څو گډاډر په اسانی سره کوږ شی.



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 ولنگول شی ، گډاډر د شکل په څیر کوږوالی پیدا کوی او همدا کوږ شوی شکل د تاثیر خط وی.



3. دا کور شوی شکل  $A_y$  لپاره د تاثیر خط عمومی شکل دی.



نوټ:

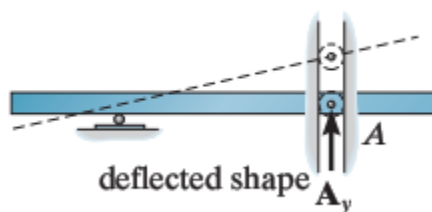
د یادونی وړ ده چی نوموړی قاعده د تاثیر خط عمومی اشکالو لپاره د استعمال وړ ده او نور هیڅ ډول معلومات نه څرگنده وی. دقیق معلوماتو لپاره پورته تشریح شوی میتودونو څخه استفاده کیږی.

مثال ۱: د ورکړل شوی بيم په A ټکي کې د عمودي غبرگون تاثیر خط وکارې. (مولر برسلو قاعده)

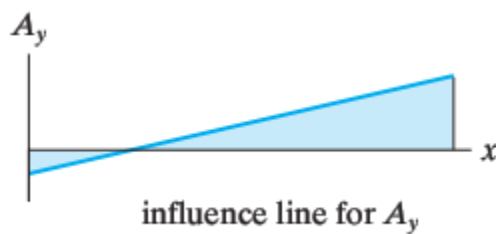


حل:

۱. د A ټکي اتکاء په يو عمودي رولر بدلېږي.

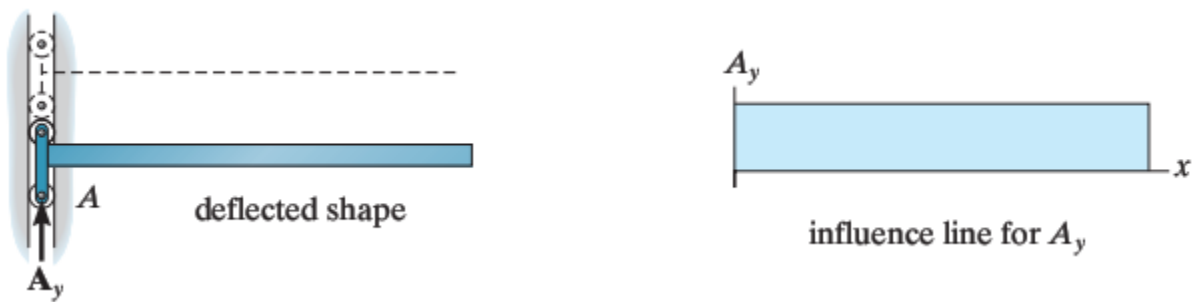


۲. د ا کورې شوی شکل (Deflected shape) د نوموړي بيم د تاثیر خط دی.

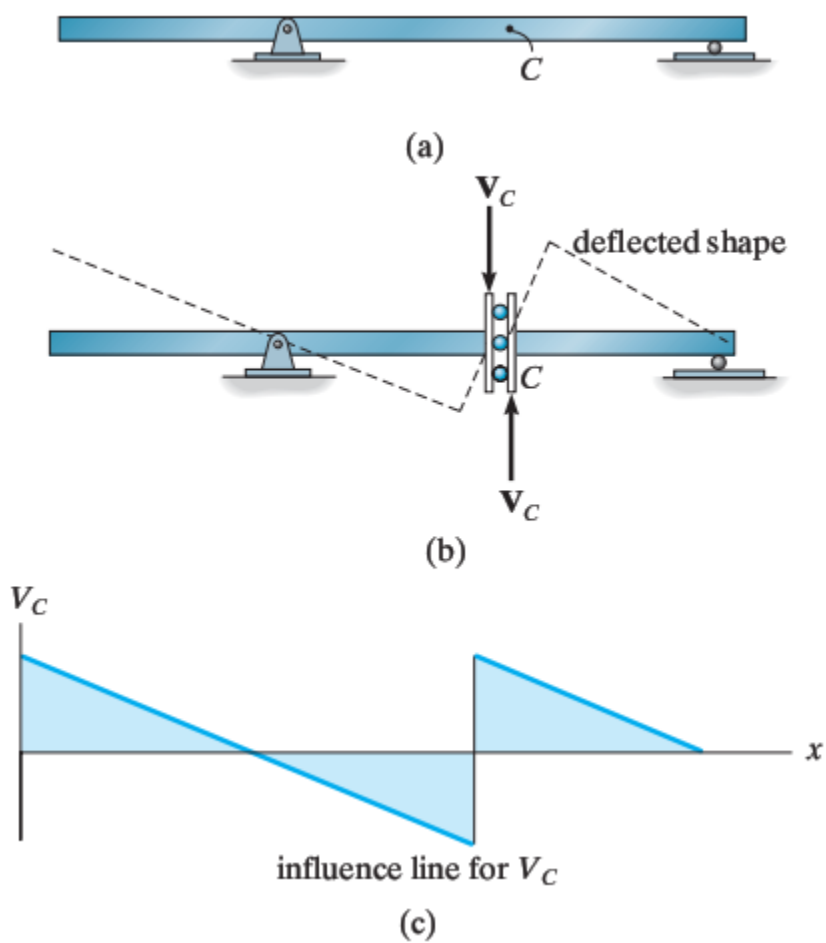


مثال ۲: د ورکړل شوی بيم په A ټکي کې د عمودي غبرگون تاثیر خط وکارې. (مولر برسلو قاعده)

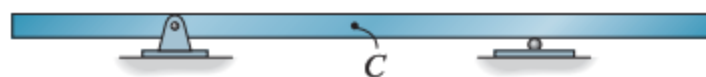




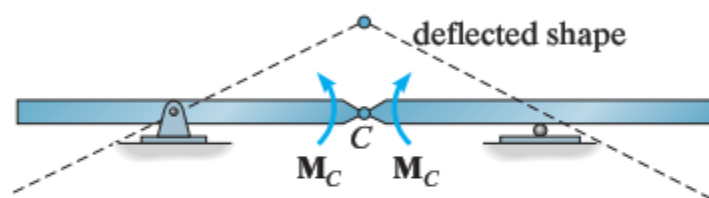
مثال ۳: د ورکړل شوی بيم په C نقطه کې د عرضی قوی تاثیر خط وکارې. (مولر برسلو قاعده)



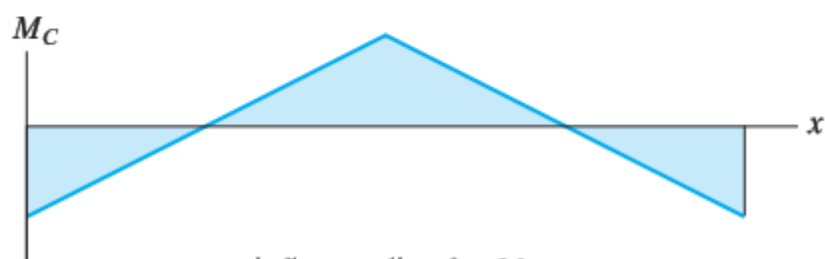
مثال ۴: د ورکړل شوی بيم په C نقطه کې د مومنت تاثیر خط وکارې. (مولر برسلو قاعده)



(a)



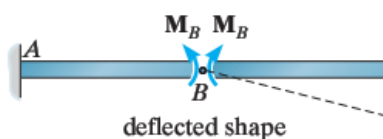
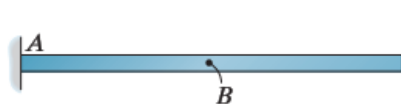
(b)



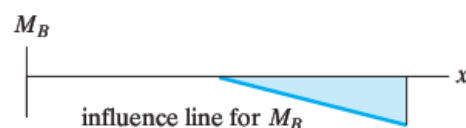
influence line for  $M_C$

(c)

مثال ۵: د ورکړل شوی بيم په B نقطه کې د مومنت تاثیر خط وکارې. (مولر برسلو قاعده)



deflected shape



influence line for  $M_B$

## تمرین (Exercise)

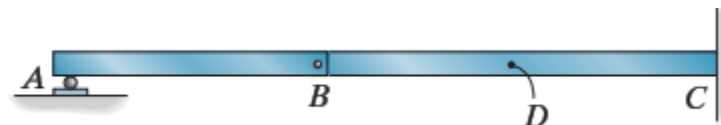
1. د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم د A اتکاء د عکس العمل او په C نقطه د عرضی قوی او مومنټ تاثیر خط وکارې.



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 وکارې.

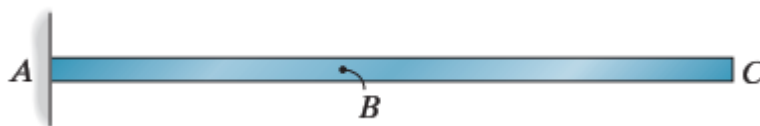


3. د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم د A اتکاء د عکس العمل او په D نقطه د عرضی قوی او مومنټ تاثیر خط وکارې.



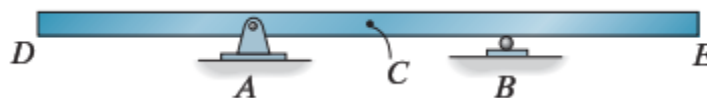
د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم په A اتکاء عکس العمل او په B نقطه د عرضی قوی او مومنت تاثیر خط وکارې.

4.



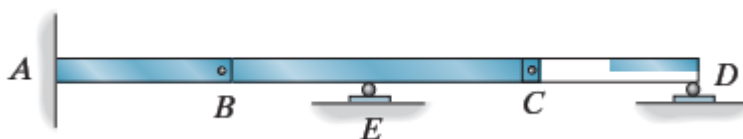
د مولر برسلو قاعدی څخه په استفاده، د لاندی ورکړل شوی بیم په A اتکاء د عکس العمل او په C نقطه د عرضی قوی او مومنت تاثیر خط وکارې.

5.



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

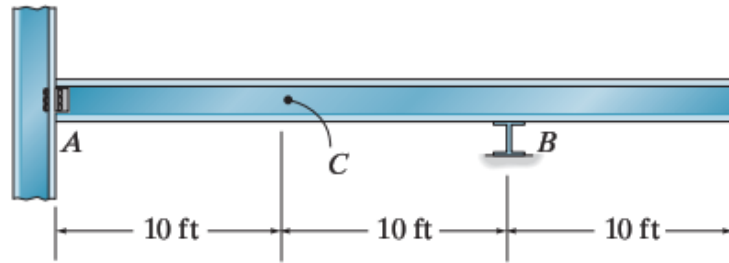
6.





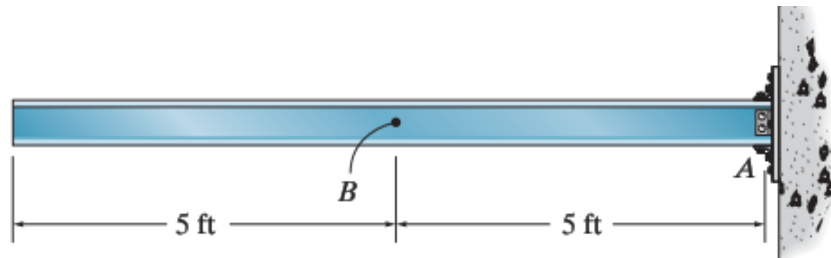
د تاثیر خط رسم کری.  
a. په C نقطه مومنت لپاره  
b. په B نقطه عکس العمل لپاره

7.



د تاثیر خط رسم کری.  
a. په A نقطه عکس العمل لپاره  
b. په A نقطه مومنت لپاره  
c. په B نقطه شیر فورس لپاره

.8



## پنجم خپر کی

### کیبلونه او زورند 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 انحنایي مومنت او عرضاني قوی صفروي همدا رنگه فشاری قوی هم په کیبلونو کی صفروي، یواځی کششی قواوی پری عمل کوی. د ډیر زیات ارتجاعیت له امله کیبلونه د عرضانی قواو او مومنت په مقابل کی مزاحمت نه شی بنودلی او ټول بارونه په کششی توگه پائو او تهداب ته انتقالوی. د کیبلونو څخه په څورند پلونو او زورند چتونو کی ډیره استفاده کیږی چی په لاندی حالتونو کی یی تر څپر نی لاندی نیسو.

په تحلیل کی اساتیا لپاره دا فرضیږی چی کیبل په مکمله توگه ارتجاعیت لرونکی دی او د وزن په لگیدو 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 د منظم ویشل شوی بارونو لاندی

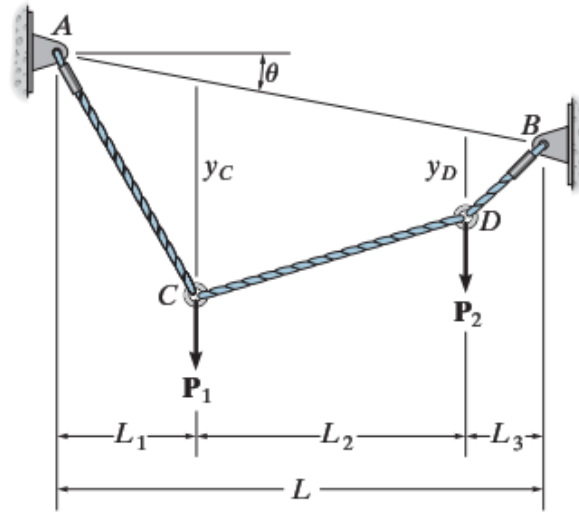
### کیبلونه د متمرکز بارونو لاندی

### Cables subjected to concentrated loads

کله چی په کیبل یوشمیر متمرکز بارونه عمل کوی، کیبل د شکل په څیر په مختلفو خطی برخو تقسیمیږی په کوم کی چی هره برخه د یو ثابت اندازه کششی قواو لاندی واقع کیږی. په لاندی ورکړ شوی شکل کی  $\theta$  د کیبل د رسی (AB) زاویه او  $L$  د کیبل طول دی. که چیرته فاصلی  $L_1$ ،  $L_2$ ، او  $L_3$  له مخکی نه معلوم وی نو بیا نهه نامعلومی قوی باند محاسبه شی.

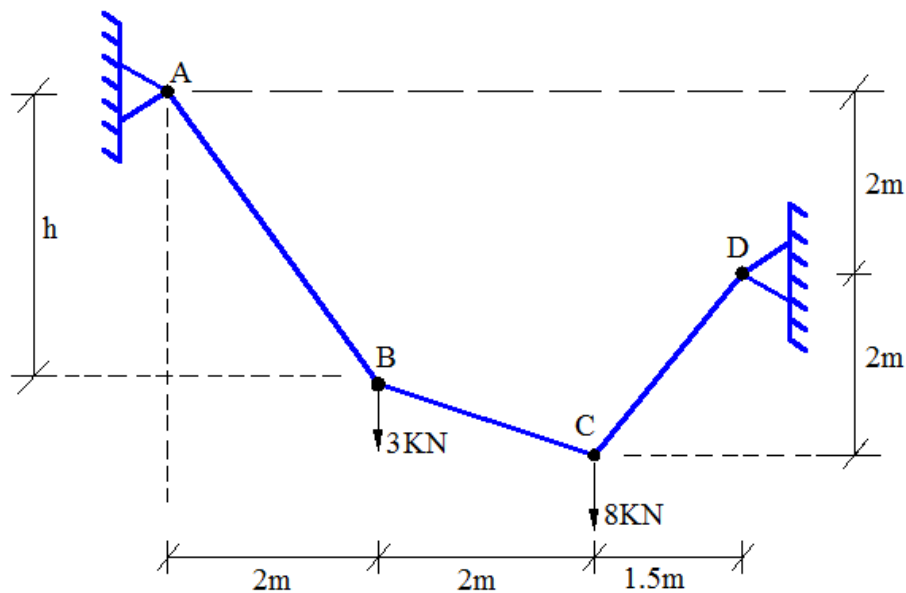
نامعلومی قوی پہ لاندی ډول دی .

- ✓ د کیبل د هری برخی کششی قوه (دری)
- ✓ په A او B اتکاء د غیرگون دوه ترکیبات (خلور)
- ✓ په C او D ټکو کی کرویدنه (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 باید د کیبل جیومیتری باره کی معلومات ولرو.

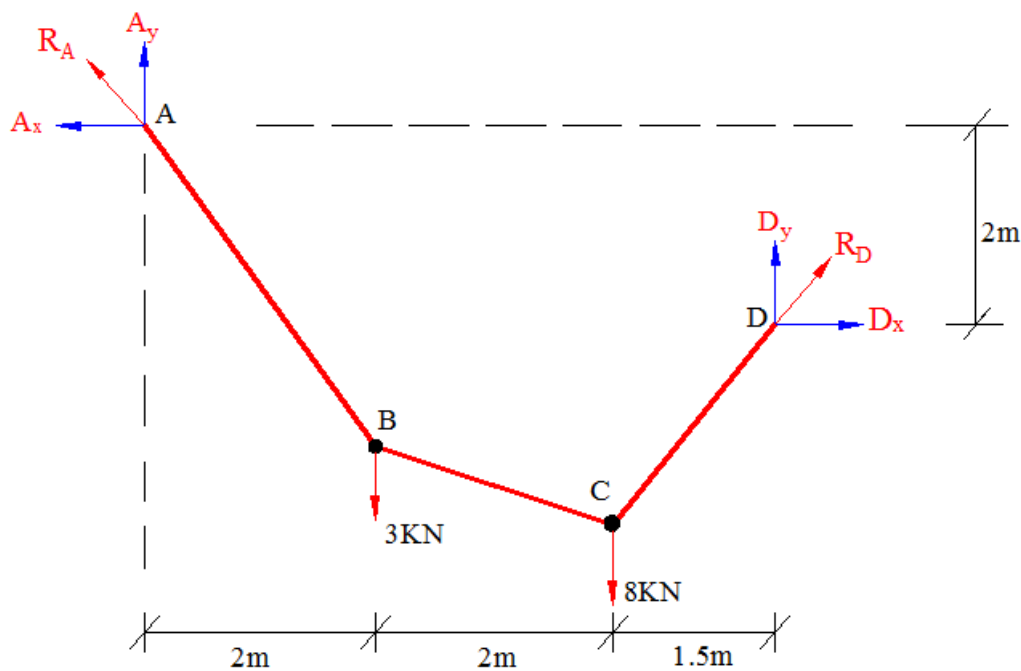
مثال 1: د ورکړ شوی کيبل په ټولو برخو کې کششي قواوې، اتکايي غبرگونونه، او د  $h$  نامعلوم لوړوالی محاسبه کړی.



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

حل:

(1) اتکايي عکس العملونه:



$$\sum M_A = 0$$

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

$$5.5D_y + 2D_x = 38 \dots\dots\dots 1$$

$$\sum M_C = 0$$

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

$$2 D_x - 1.5 D_y = 0 \dots\dots\dots 2$$

د 1 و 2 معادلو خخه لرو

$$D_y = 5.43 \text{KN}$$

$$D_x = 4.07 \text{KN}$$

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

$$R_A = 6.9 \text{KN}$$

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

$$R_D = 6.79 \text{KN}$$

$$T_{AB} = R_A = 6.9 \text{KN}$$

$$T_{DC} = R_B = 6.79 \text{KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y + D_y - 8 - 3 = 0$$

$$A_y + 5.43 - 8 - 3 = 0$$

$$\rightarrow A_y = 5.57 \text{KN}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$D_x - A_x = 0$$

$$A_x = D_x \rightarrow A_x = 4.07 \text{KN}$$

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

$$\sum F_Y = 0$$

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

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

$$\sum F_X = 0$$

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

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

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

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

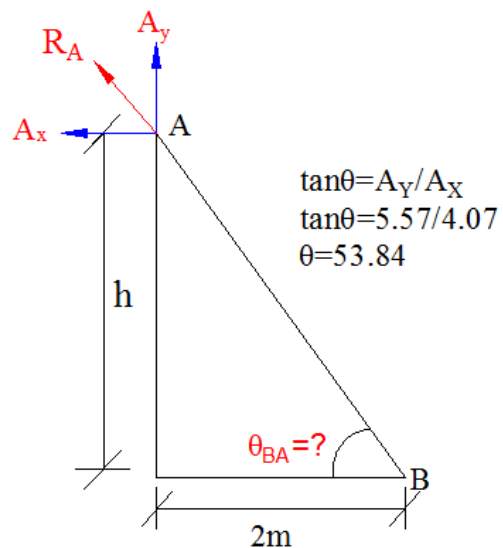
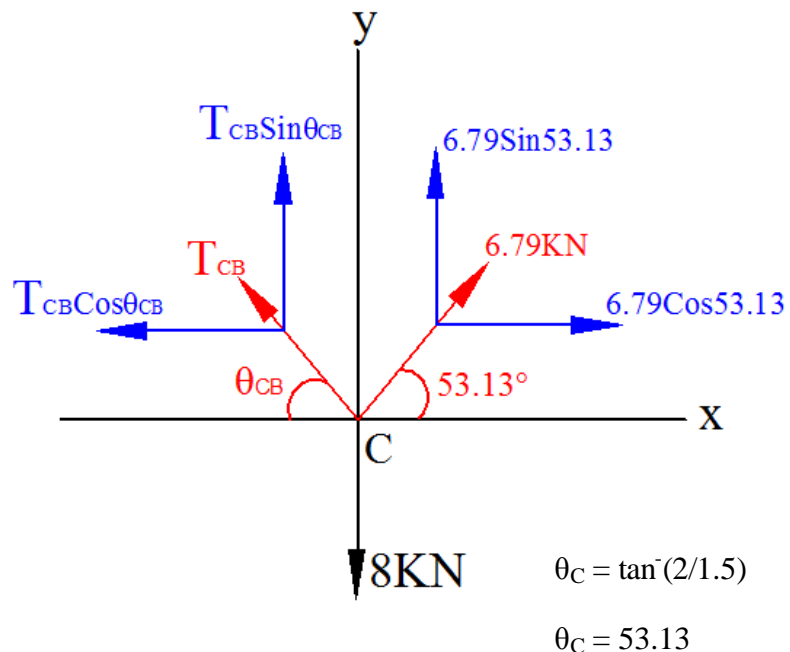
$\theta_{CB} = 32.3^\circ$  put this in above equation  
to get  $T_{BC}$

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

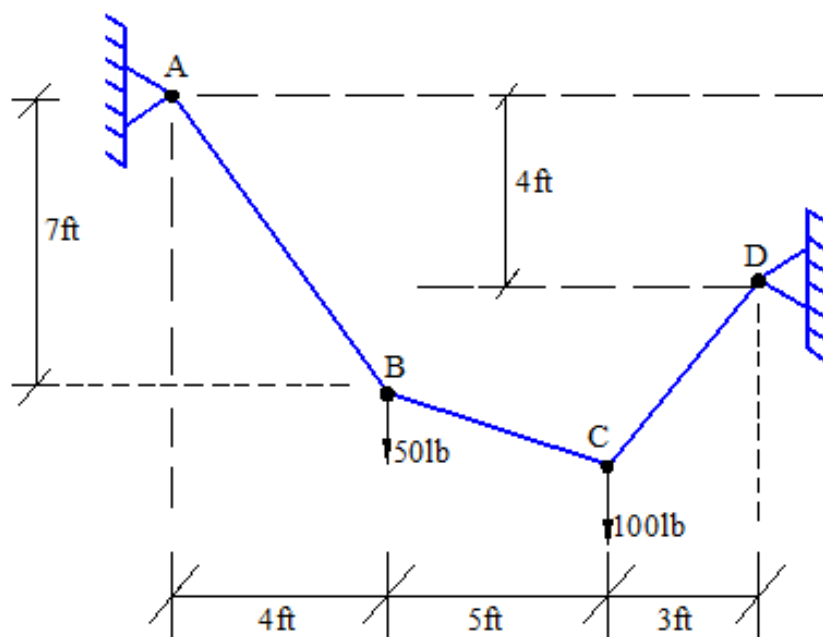
$$4.07 - 0.845 T_{CB} = 0$$

$$T_{CB} = 4.82 \text{ KN}$$

$$h = 2 \tan 53.8 = 2.74 \text{ m}$$

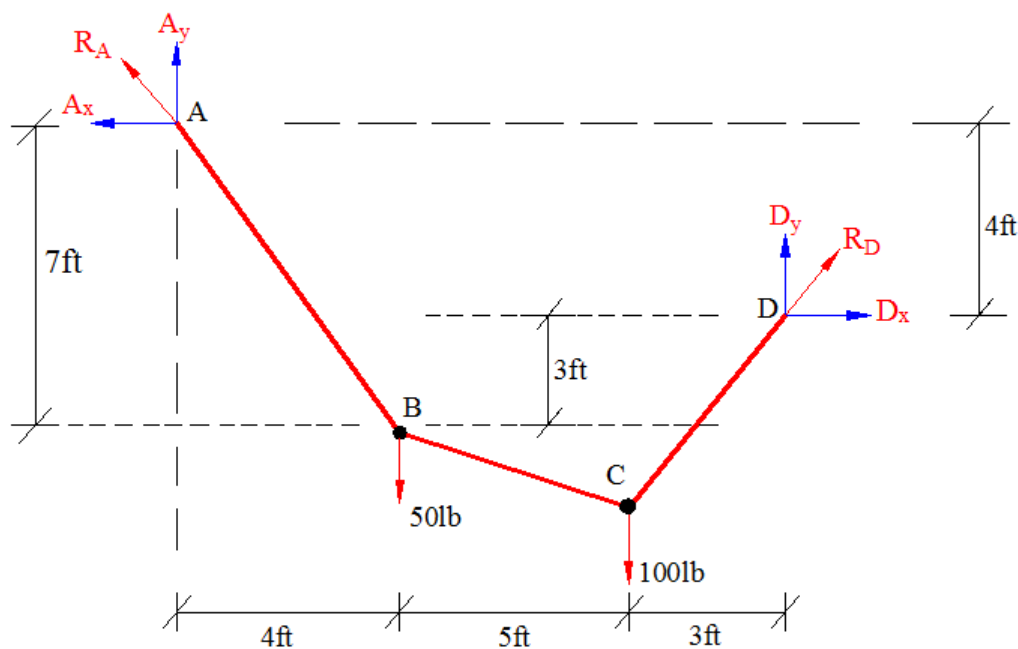


مثال 2: په شکل کې د بنودل شوی کیبل په ټولو برخو کې کششی قواوي، اتکایز غبرگونونه او د کیبل مجموعي اوږدوالي پیدا کړي



حل:

1) اتکایز عکس العملونه :



$$\sum M_A = 0$$

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

$$4D_x + 12D_y = 1100 \dots\dots\dots 1$$

$$\sum M_B = 0$$

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

$$3D_x - 8D_y = -500 \dots\dots\dots 2$$

د 1 او 2 معادلو څخه لرو

$$D_y = 77.94 \text{ lb}$$

$$D_x = 41.2 \text{ lb}$$

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

$$R_D = 88.1 \text{ lb}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y + D_y - 50 - 100 = 0$$

$$A_y + 77.94 - 50 - 100 = 0$$

$$\rightarrow A_y = 72.06 \text{ KN}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$D_x - A_x = 0$$

$$A_x = D_x \rightarrow A_x = 41.2 \text{ KN}$$

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

$$R_A = 83 \text{ lb}$$

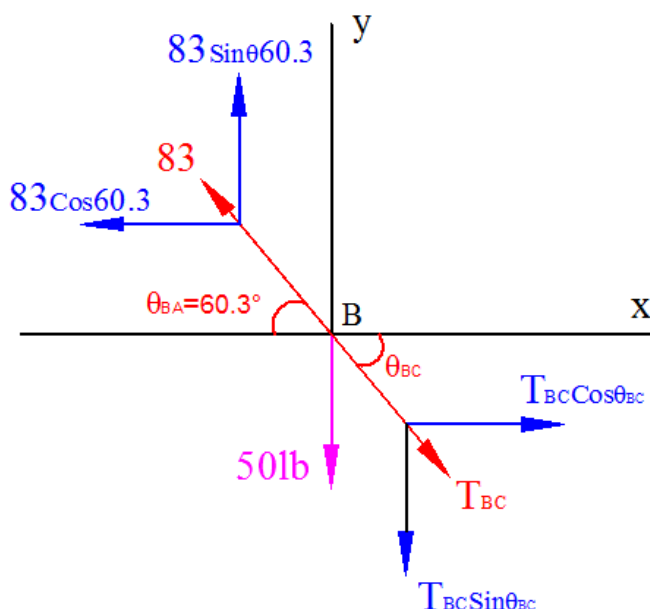
2) په هری برخې کې د کششی قوی پیدا کول:

برخه AB

$$T_{AB} = R_A = 83 \text{ lb}$$

برخه DC

$$T_{DC} = R_B = 88.1 \text{ lb}$$





### BC برخه

$$\sum F_Y = 0$$

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

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

$$\sum F_X = 0$$

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

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

$$41.12 \frac{\sin\theta_{BC}}{\cos\theta_{BC}} = 22.096$$

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

$$\theta = 28.252^\circ$$

$$\theta_{BC} = 28.252^\circ$$

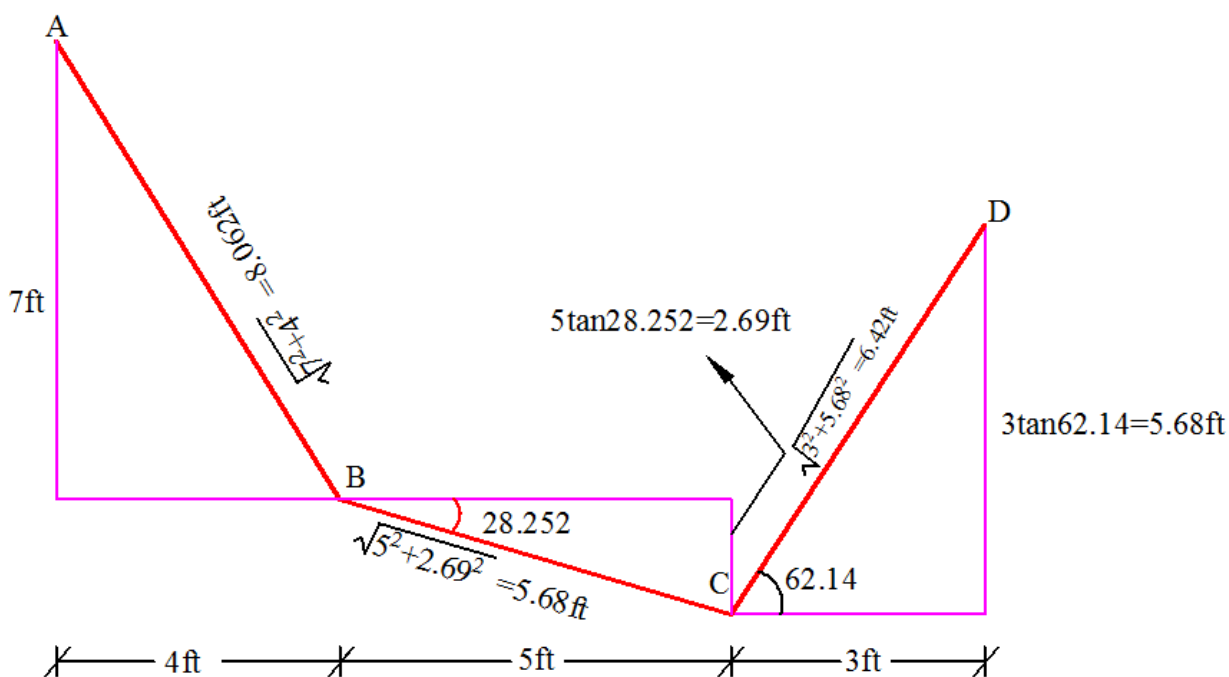
put this in above equation to get  $T_{BC}$

$$T_{BC}\sin\theta_{BC} = 22.096$$

$$T_{BC} = 19.5/\sin 25.37$$

$$T_{BC} = 46.7 \text{ lb}$$

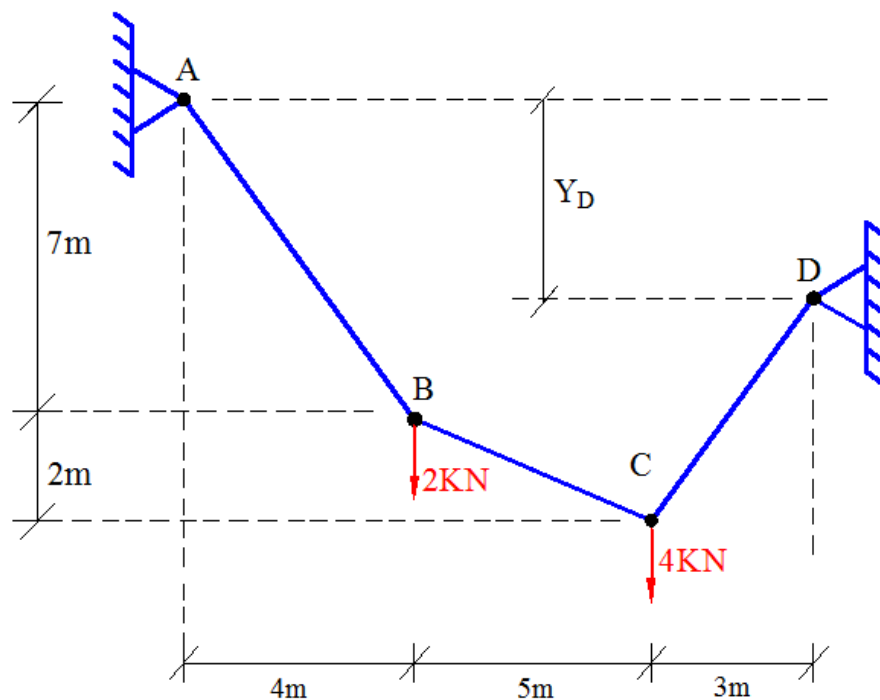
3. د کيبل مجموعی اوږدوالي:



$$\tan\theta_{CD} = \frac{D_Y}{D_X} = \frac{77.94}{41.2} \quad \theta_{CD} = 62.14$$

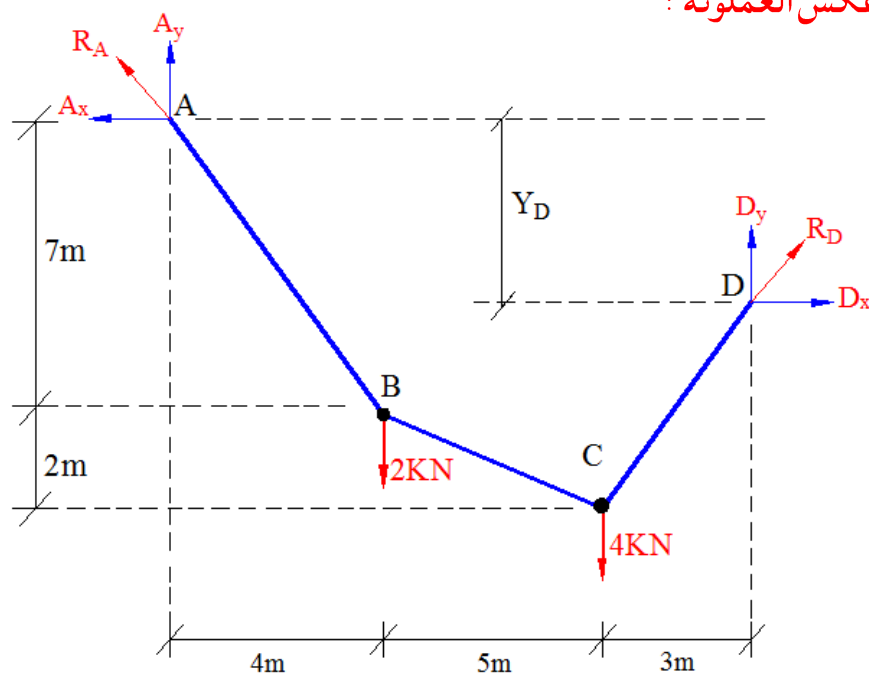
$$L = \sqrt{7^2 + 4^2} + \sqrt{5^2 + 2.69^2} + \sqrt{3^2 + 5.68^2} = 20.2\text{ft}$$

مثال 3 : د کيبل په ټولو برخو کې کششي قواوې، اتکايي غبرگونونه ، د کيبل مجموعي اوږدوالي، او د  $Y_D$  نامعلومه ارتفاع پيدا کړي؟



حل:

1) اتکايي عکس العملونه :



$$\sum M_B = 0$$

$$-7A_x + 4A_y = 0 \dots\dots\dots 1$$

$$\sum M_C = 0$$

$$-9A_x + 9A_y - 2(5) = 0 \dots\dots\dots 2$$

د 1 او 2 معادلو څخه لرو

$$A_y = 2.593 \text{KN}$$

$$A_x = 1.48 \text{KN}$$

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

$$R_A = 2.986 \text{KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y + D_y - 2 - 4 = 0$$

$$2.593 + D_y - 2 - 4 = 0$$

$$\rightarrow D_y = 3.41 \text{KN}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$D_x - A_x = 0$$

$$D_x = A_x \rightarrow D_x = 1.48 \text{KN}$$

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

$$R_D = 3.72 \text{KN}$$

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

برخه AB

$$T_{AB} = R_A = 2.986 \text{KN}$$

برخه DC

$$T_{DC} = R_D = 3.72 \text{KN}$$

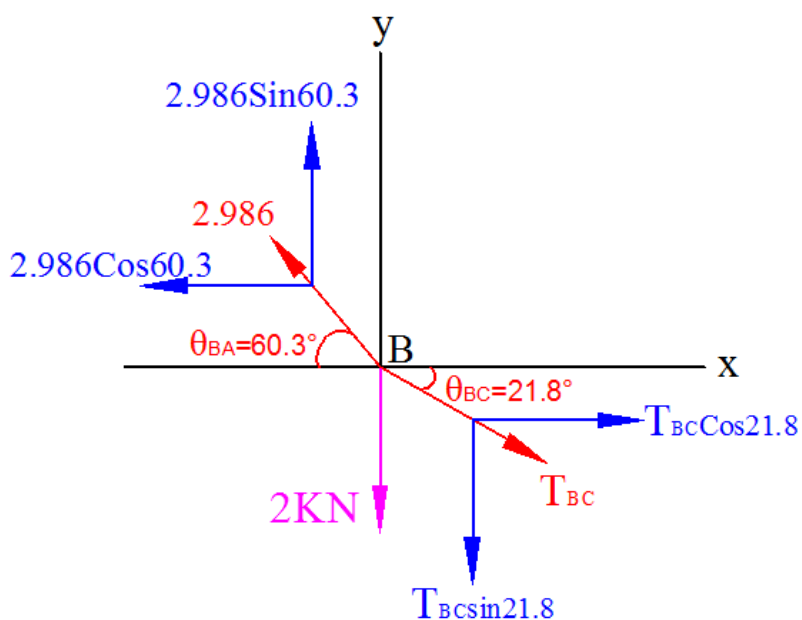
برخه BC

$$\sum F_y = 0$$

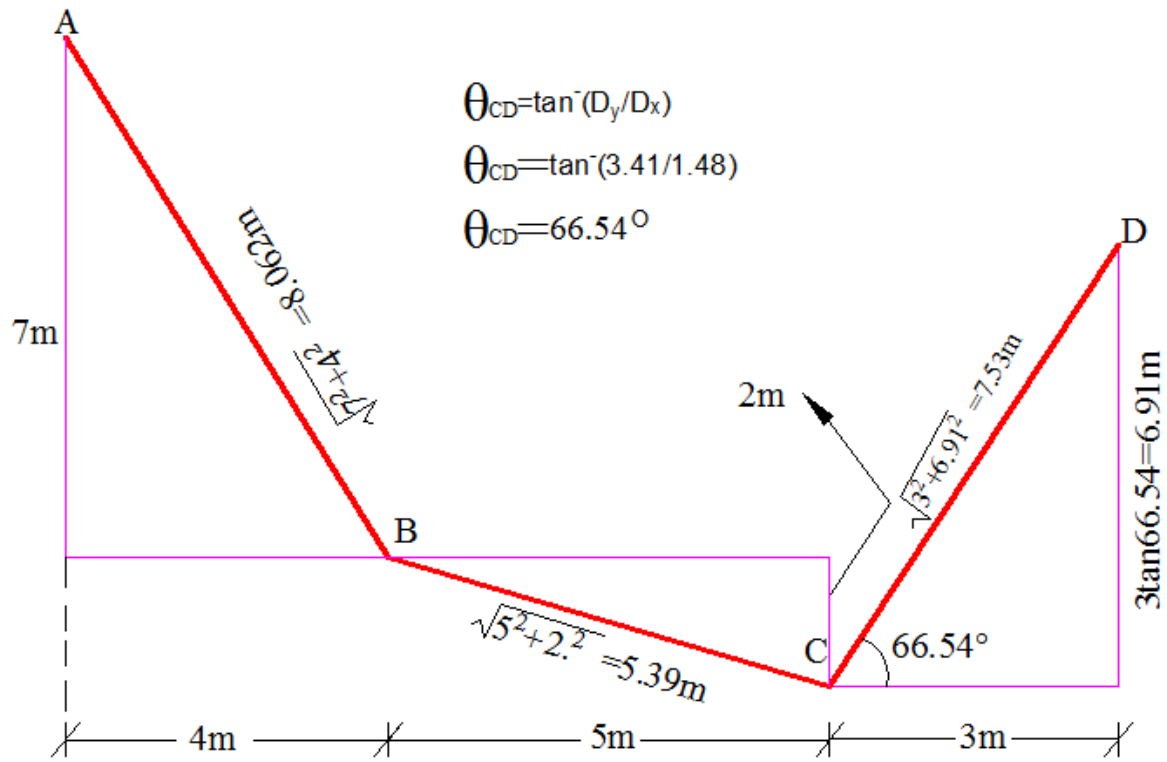
$$-T_{BC} \sin 21.8 - 2 + 2.986 \sin 60.3 = 0$$

$$0.37 T_{BC} = 0.594$$

$$T_{BC} = 1.6 \text{KN}$$



3) د کيبل مجموعی اوږدوالي:



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

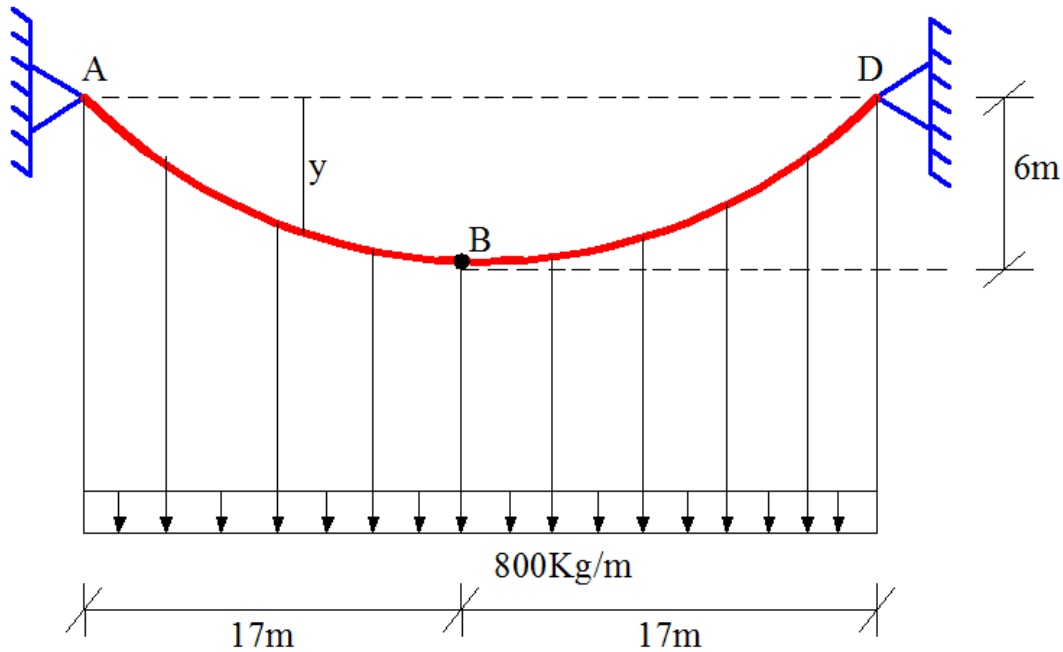
4) د  $Y_D$  نامعلوم اوږدوالي:

$$Y_D + 3 \tan \theta_{CD} = 9$$
$$Y_D = 9 - 3 \tan 66.54$$
$$Y_D = 2.1m$$

## کیبلونه د منظم ویشل شوی بارونو لاندی

### Cables subjected to uniformly distributed load

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



حل:

1) اتکایز عکس العملونه:

$$\sum M_y = 0$$

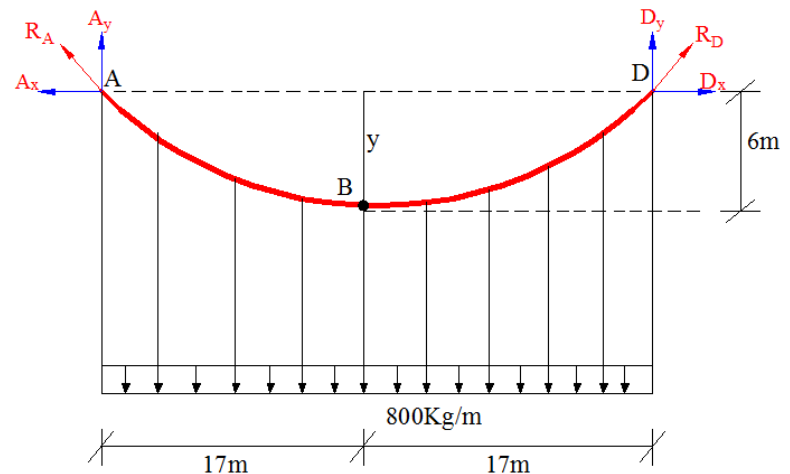
$$A_y (34) - (800 \times 34) 17 = 0$$

$$A_y = 13600\text{Kg}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$13600 + D_y - (800 \times 34) = 0$$

$$D_y = 13600\text{Kg}$$



$$\sum M_B = 0$$

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

$$A_x = 19266.7 \text{ kg}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-A_x + D_x = 0$$

$$A_x = D_x = H$$

$$D_x = A_x \rightarrow D_x = 19266.7 \text{ kg}$$

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

$$R_A = 23583.2 \text{ Kg}$$

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

$$R_D = 23583.2 \text{ Kg}$$

2) کششی قوی پیدا کول:

$$T_A = R_A = 23583.2 \text{ Kg}$$

$$T_D = R_B = 23583.2 \text{ Kg}$$

$$T_B = H = 19266.7 \text{ kg}$$

$$A_x = D_x = H$$

3) Y لپاره رابطه جورول:

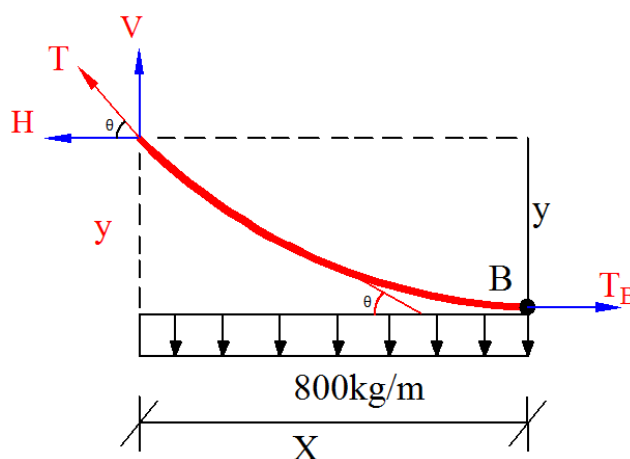
$$\sum F_y = 0$$

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

$$\sum F_x = 0$$

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

$$\sin \theta = \frac{V}{T} \rightarrow V = T \sin \theta$$



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

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

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

$$\tan \theta = \frac{800X}{H} \quad \text{پوهیرو چی} \quad \tan \theta = \frac{dy}{dx}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{800X}{H} \rightarrow \int \frac{dy}{dx} = \int \frac{800X}{H} \cdot dx \rightarrow = \frac{800x^2}{2H} = \frac{400x^2}{H}$$

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

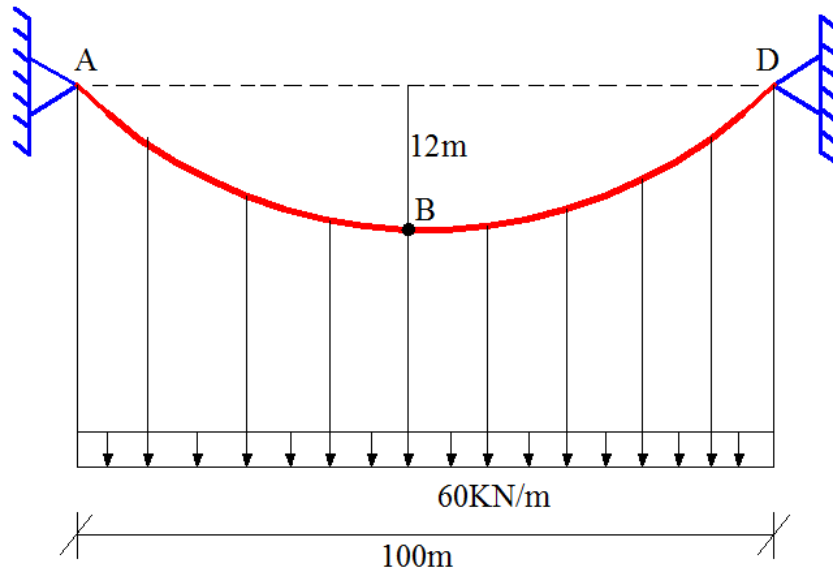
$$Y = 0.02076X^2$$

4، د کیبل اوږدوالي:

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



مثال: پہ شکل کی بنودل شوی کیبل کی اعظمی او اصغری کششی قواوی پیدا کری؟؟



حل:

1) اتکایز عکس العملونه :

$$\sum M_D = 0$$

$$A_y (100) - (60 \cdot 100 \cdot 50) = 0$$

$$A_y = 3000 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

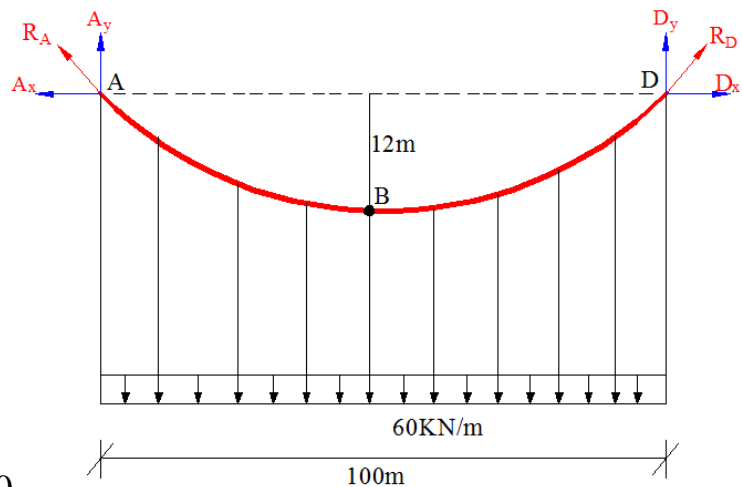
$$3000 + D_y - (60 \cdot 100) = 0$$

$$D_y = 3000 \text{ KN}$$

$$\sum M_B = 0$$

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

$$A_x = 6250 \text{ KN}$$



$$\sum F_x = 0$$

$$-A_x + D_x = 0$$

$$D_x = A_x \rightarrow D_x = 6250 \text{KN}$$

$$H = D_x = A_x = 6250 \text{KN}$$

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

$$R_A = 6932.7 \text{KN}$$

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

$$R_D = 6932.7 \text{KN}$$

## 2) اصغری کششی قوه

خرنگه چی پوهیرو تر ټولو کوچنی کششی قواوی په هغه ټکی کی موجود وی چیرته چی د کیبل میلان (Slope) صفروی نوموړی سوال کی تر ټولو کوچنی قواوی په B نقطه کی موجود دی او دا محاسبه شوی H سره مساوی کیږی.

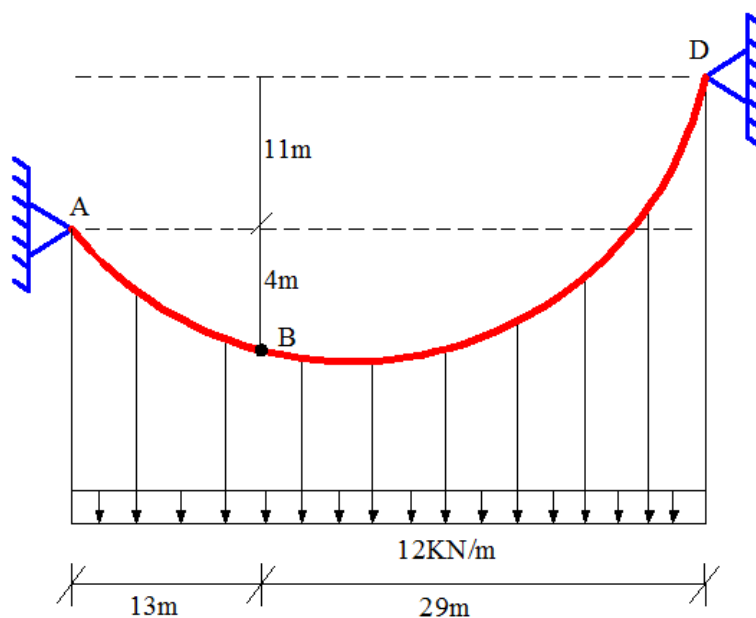
$$T_{\text{Min}} = H = 6250 \text{KN}$$

## 3) اعظمی کششی قوه

په نوموړی سوال کی دواړه اتکاگانی په یو لیول موجود دی لهذا کششی قواوی به هغه برخو کی اعظمی وی کوم چی له اتکاگانو سره تړلی وی او په لاندی ډول پیدا کیږی .

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

مثال: په شکل کی د ښودل شوی کيبل اتکایز غبرگونونه او اصغری او اعظمی کششی قواوی محاسبه کړی؟



حل:

1) اتکایز عکس العملونه :

$$\sum M_D = 0$$

$$A_y (42) + A_x (11) - (12 \cdot 42 \cdot 21) = 0$$

$$42A_y - 11A_x = 10584 \dots\dots 1$$

$$\sum M_B = 0$$

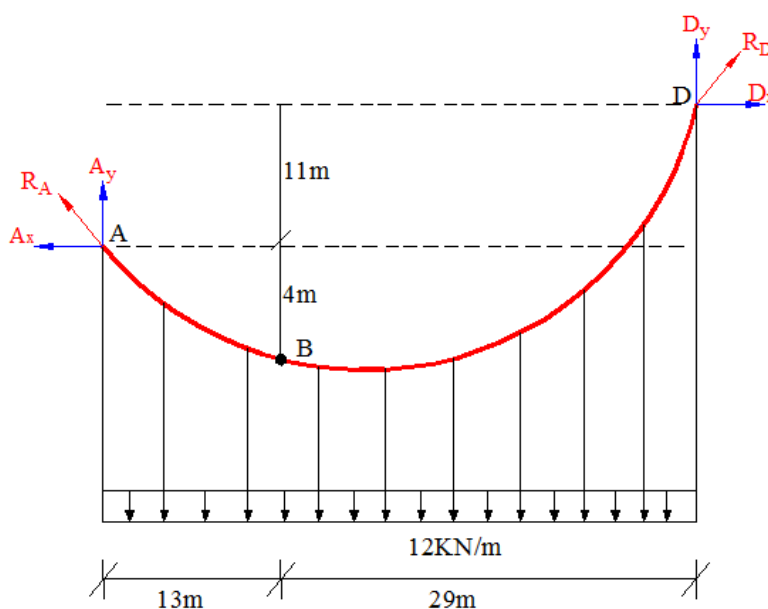
$$-4A_x + (A_y \cdot 13) - (12 \cdot 13 \cdot 6.5) = 0$$

$$13A_y - 4A_x = 1014 \dots\dots 2$$

د لومړی او دوهمی معادلی حلولو څخه لرو

$$A_x = 305.5 \text{ kN}$$

$$A_y = 172 \text{ kN}$$



$$\sum F_Y = 0$$

$$172 + D_y - (12 \cdot 42) = 0$$

$$D_y = 332 \text{ KN}$$

پوهیرو چی  $A_x$  او  $D_x$  سره مساوی دی. ( $\sum F_x = 0$ )

$$D_x = 305.5 \text{ KN}$$

(2) اصغری کششی قواوی:

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

$$R_A = 351 \text{ KN}$$

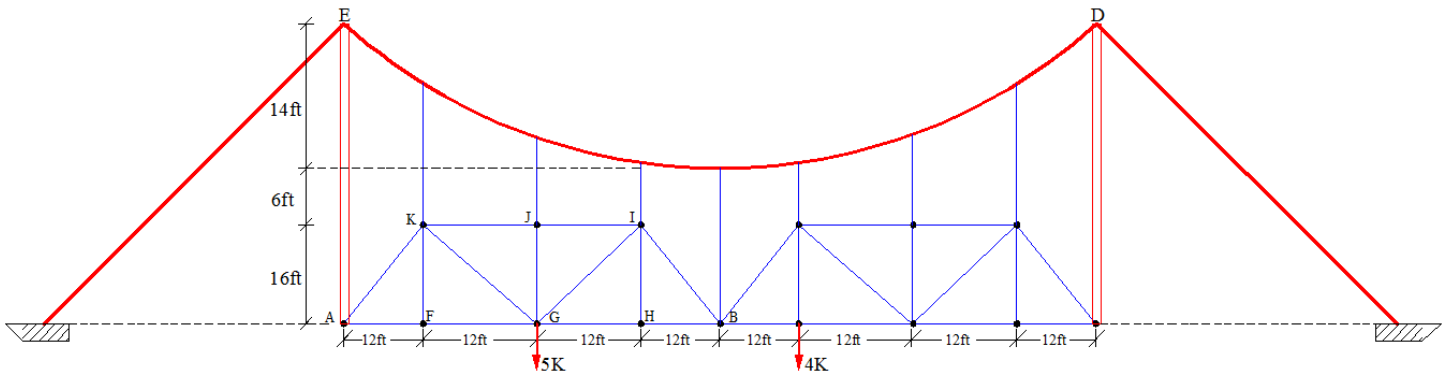
(3) اعظمی کششی قواوی:

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

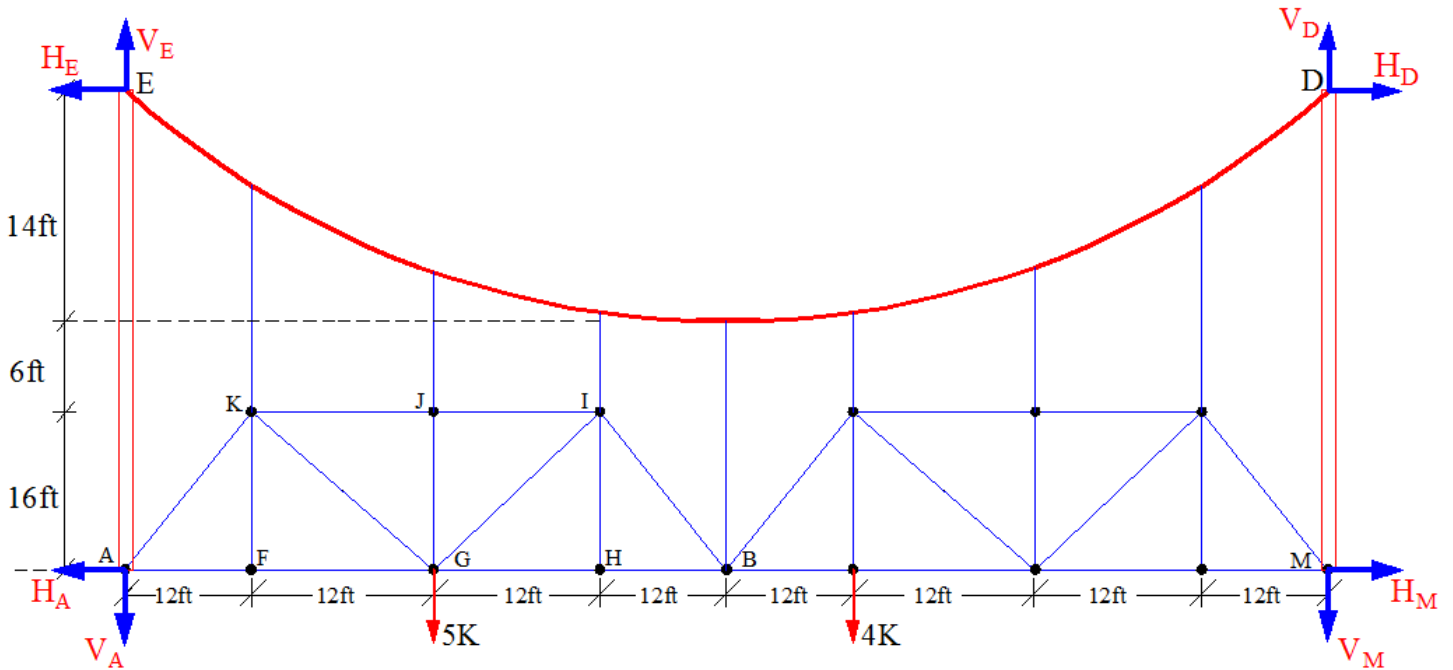
$$R_D = 451.2 \text{ KN}$$

## زورند پلونه (Suspension Bridges)

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



حل:

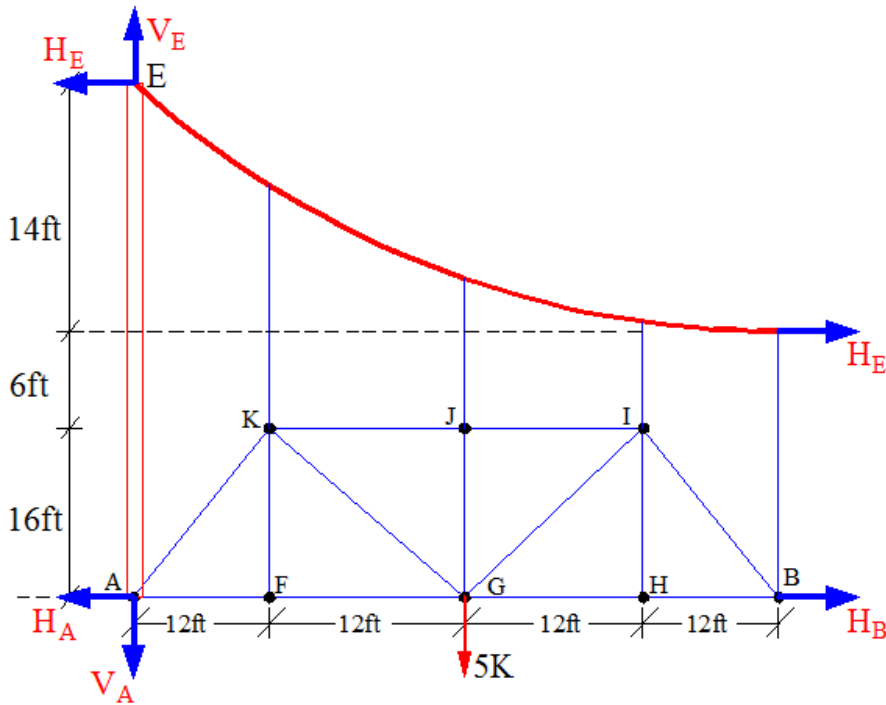


$$\sum M_M = 0$$

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

خرنگه چى پوهيږو  $H_D = H_E$

$$96V_E - 96V_A = 504 \dots\dots\dots(1)$$



$$\sum M_B = 0$$

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

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

$$96V_E - 96V_A = 504 \dots\dots\dots(1)$$

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

$$H_E = 9.43K$$

د ۱ او ۲ معادلو حلولو وروسته

د اعظمى کششى قوى پيدا کولو لپاره د  $w_0$  قيمت پيدا کوو.

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

پورتنی معادلی کی  $H_E$  د پائی پہ سر کی افقی عکس العمل  $h$  د کیبل ژوروالی  $Z$  د او  $A$  تر منخ فاصلہ ده.

$$W_0 = \frac{2 \cdot H_E \cdot h}{Z^2} = \frac{2 \cdot 9.43 \cdot 14}{48^2} = 0.115 \text{K/ft}$$

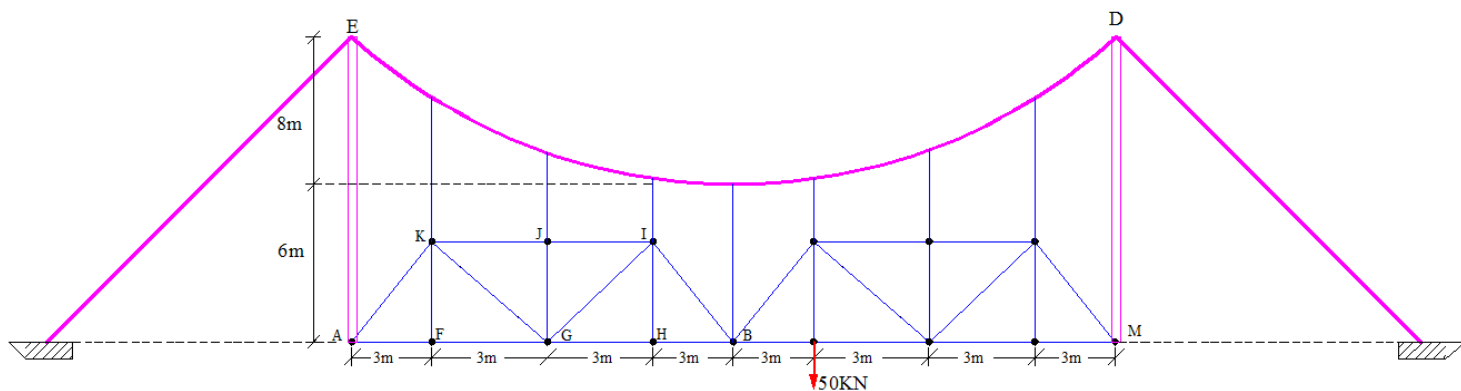
د اعظمی کششی قوو لپاره فورمول لرو

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

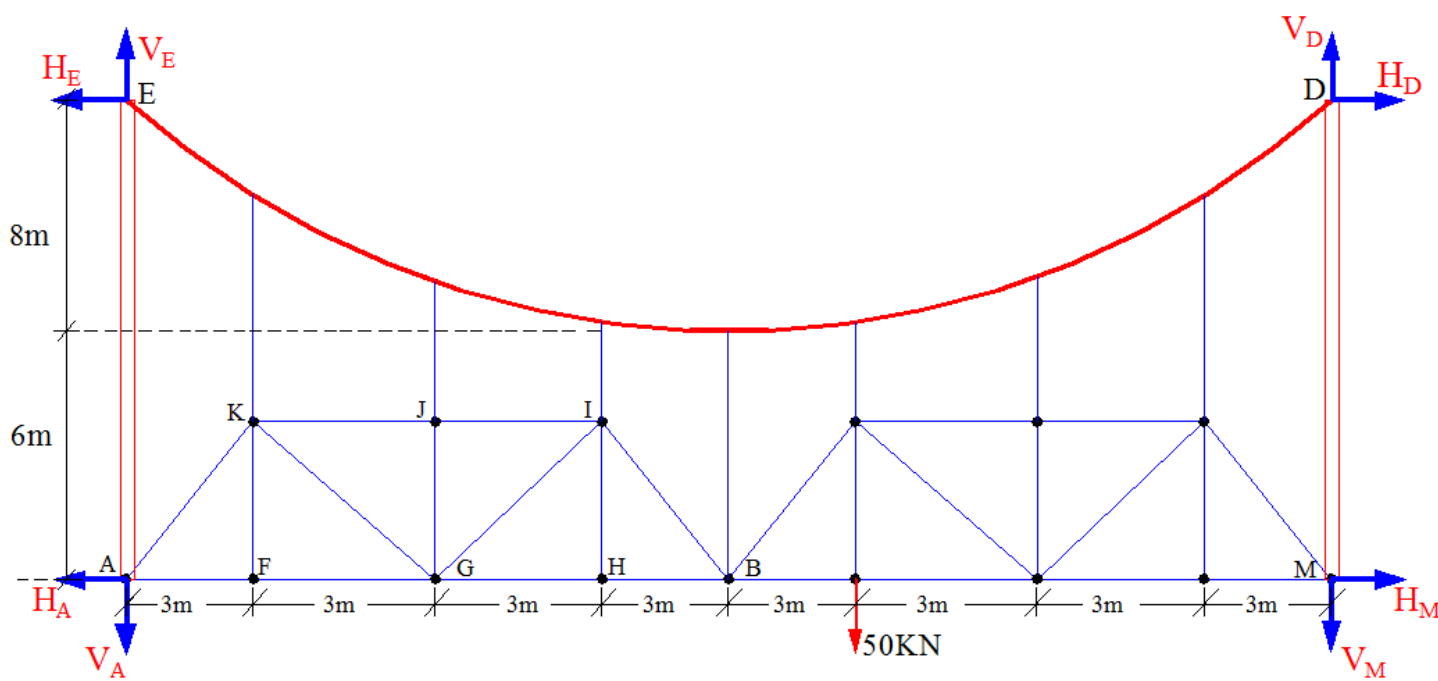
$$T_{\max} = 0.115 \cdot 48 \left\{ \sqrt{1 + \left( \frac{48}{2 \cdot 14} \right)^2} \right\} = 10.9 \text{K}$$

$$T_{\max} = 10.9 \text{K}$$

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



حل:



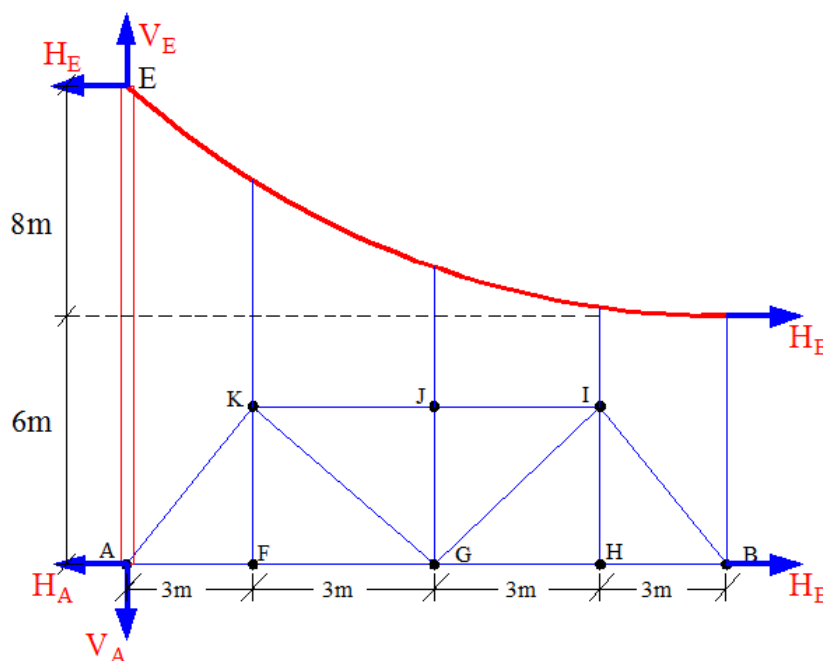
$$\sum M_M = 0$$

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

$$H_D = H_E \quad \text{څرنګه چی پوهیږو}$$



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



$$\sum M_B = 0$$

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

$$12V_E - 12V_A - 8H_E = 0 \dots\dots\dots(2)$$

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

$$12V_E - 12V_A - 8H_E = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$H_E = 28.13 \text{KN}$$

د ۱ او ۲ معادلو حلولو وروسته

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.

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

د اعظمی کششی قوو لپاره فورمول لرو

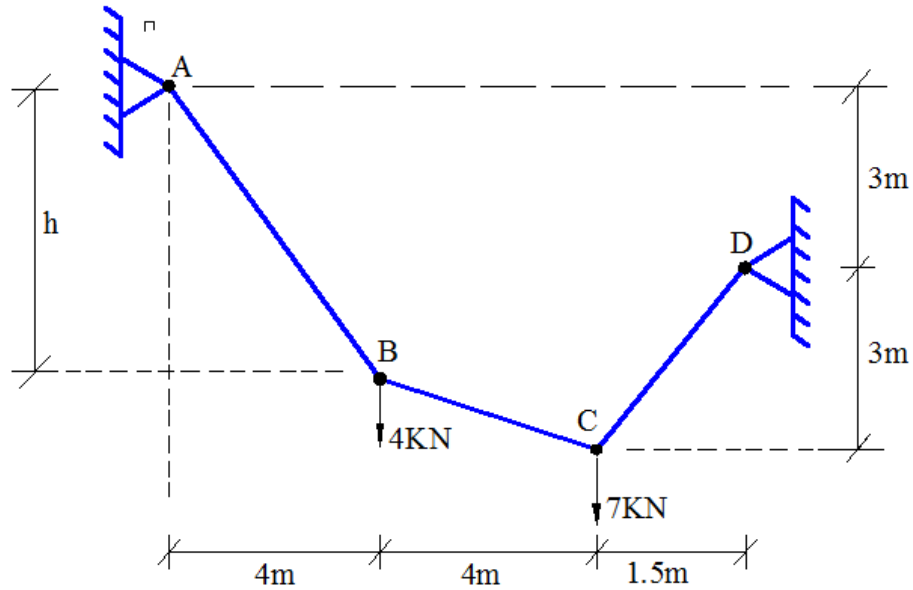
$$T_{\max} = w_0 \cdot Z \left\{ \sqrt{1 + \left( \frac{Z}{2 \cdot h} \right)^2} \right\}$$

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

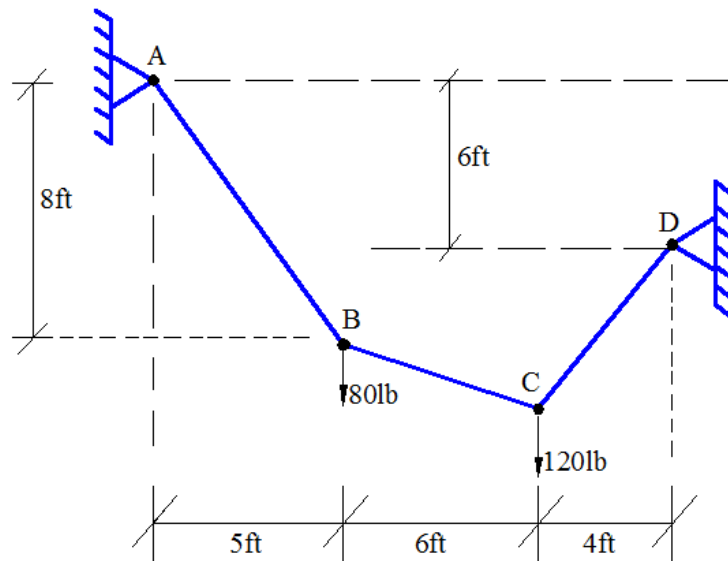
$$T_{\max} = 46.9 \text{KN}$$

### تمرین (Exercise)

(1) د ورکړ شوی کیبل په ټولو برخو کې کششی قواوی، اتکایز غبرگونونه، او د  $h$  نامعلوم لوړوالی محاسبه کړی.



(2) د ورکړ شوی کیبل په ټولو برخو کې کششی قواوی، او اتکایز غبرگونونه پیدا کړی؟



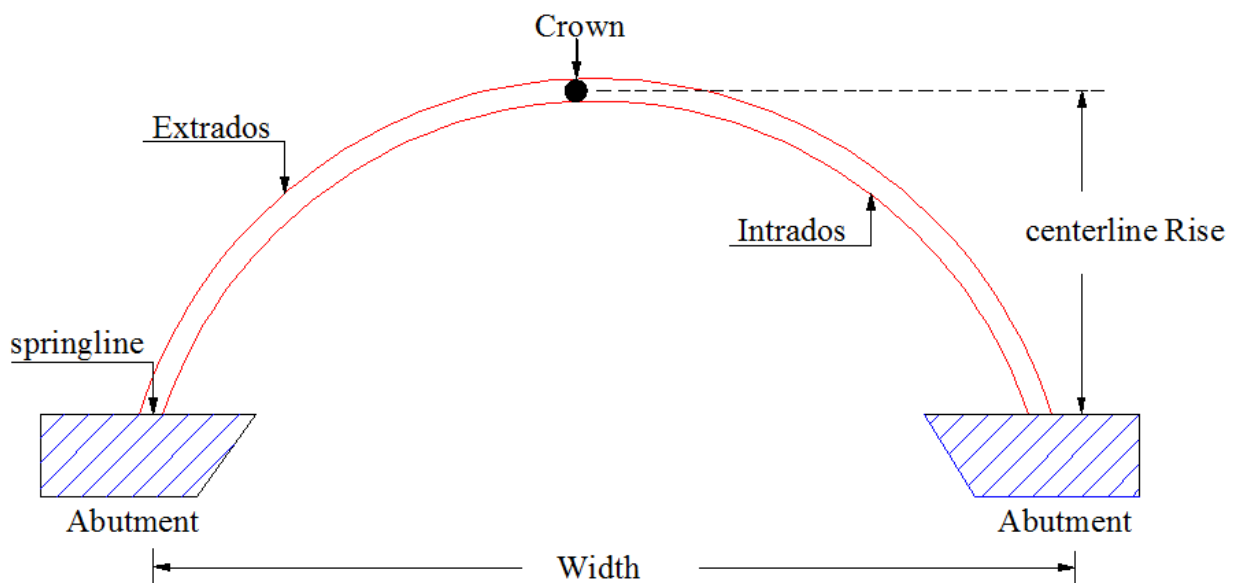
## شپږم څپرکی کمانونه (Arches)

د کيبلونو په څیر کمانونه هم په اوږدو وائی لرونکی ساختمانونو کې د کوږوالی مومنت کمولو لپاره استعمالیږي. کمان په شکل کې سرچپه کيبلونو 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 پرابولائی شکل ولری او منظم ویشل شوی بارونه پری عمل وکړی (د کيبلوونو تحلیل څخه پوهیږو) چی نوموړی کمان به یی فقط د فشاری قواو د زغم صلاحیت ولری، په د حالت کې نوموړی کمان د Funicular Arch په نامه یادیږی ځکه هیڅ ډول عرضی قواوی یا د کوږوالی مومنت پکی حضور نه لری.

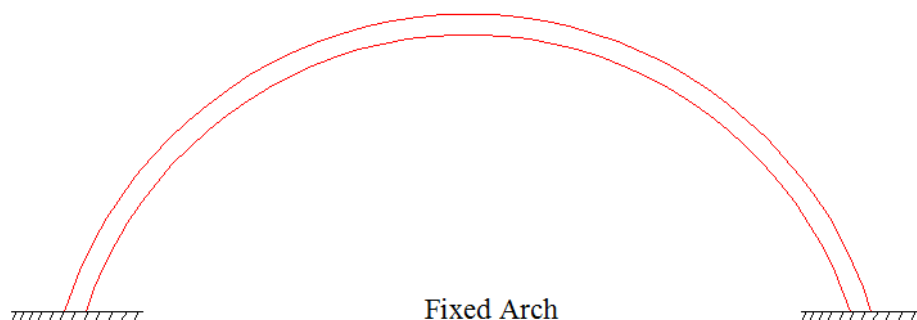
په لاندی شکل کې د کمان مختلفې برخې بنودل شوی دی .



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

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

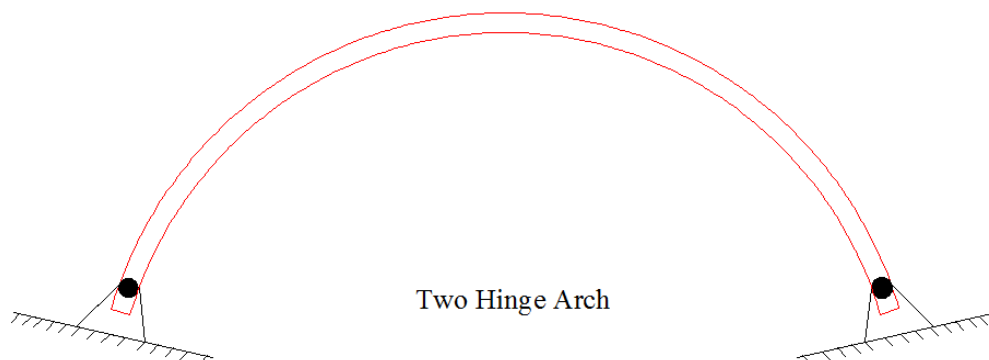
دا ډول کمانونه زیاتره د اوسپنیز کانکریتو شخه جوړیږي او د نورو کمانونو پر تله کم مواد غوښتونکي وي. په دواړو انجامونو کې سختی اتکاء له امله دا کمانونه درې درجې نامعین وي.



## 2) دوه مفصلي کمانونه (Two hinge Arches)

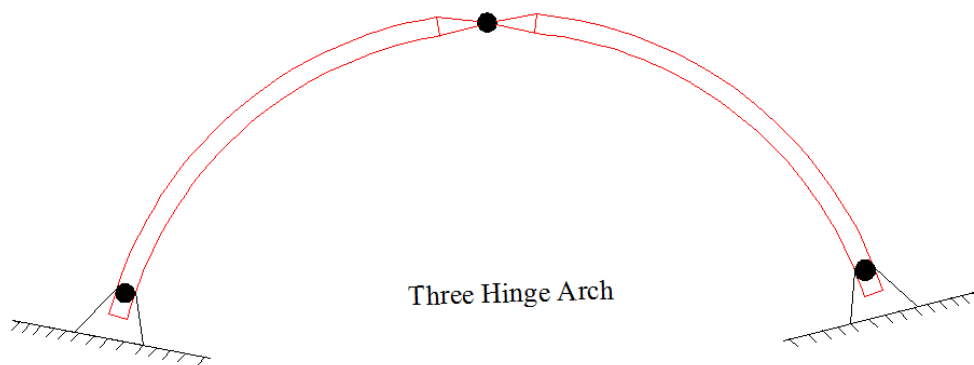
په عمومي توګه دا ډول کمانونه د فلز یا لرګو (Metal or timber) شخه جوړیږي او یوه درجه ستاتیکي نامعین والی لري. سره ددې چې د سختو کمانونو پر تله کم شخوالي لري بیا هم د ناستي پرضد قوي مقاومت لرونکي دي.

که غواړو د ډول ساختمانونه په معین ستاتیکي ساختمانونو تبدیل کو باید یوه ساکنه اتکاء ټي په متحرکي اتکاء بدله کړو، خو د دی په کولو سره ساختمان په اوږدو کې د کوروالي مومنت په مقابل کې خپل صلاحیت د لاسه ورکوي او د یو منځني ګاډر شکل اختیاروي.



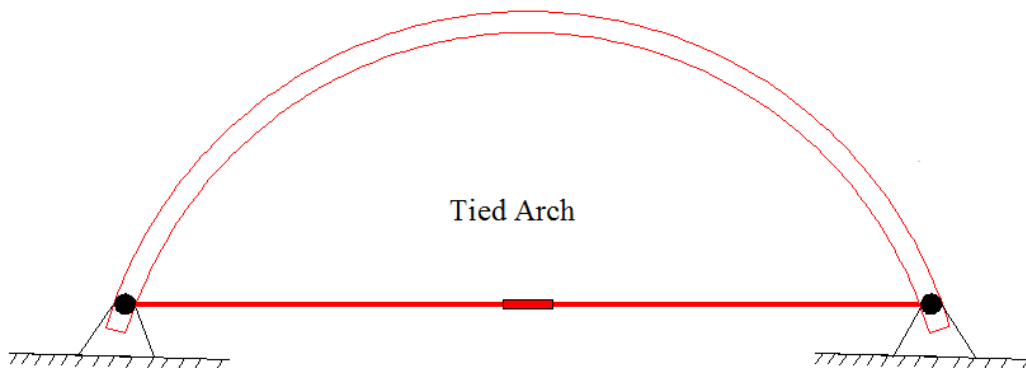
### 3) دری مفصلی کمانونه (Three Hinge Arches)

دا کمانونه هم د فلز یا لرگو (Metal or timber) څخه جوړ وی او تحلیل له نظره معین ستاتیکی وی. ددی کمانونو ځانگړتیاوی 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) تړلې 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 وبنائی 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.



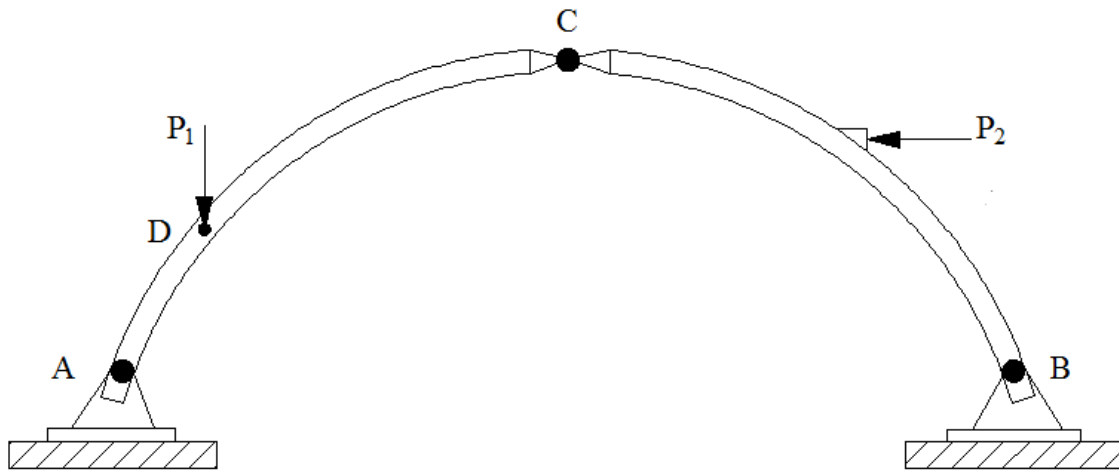
کمانونو څخه زیاتره په هغه وختونو کې ډیره استفاده کېږي کله چې ساختمان د زیات بار لاندې واقع وي او یا هم د ساختمان مهندسي بنکلاته اړتیا وي .  
په دې فصل کې د نامعین کمانونو تحلیل څخه تیروږو او صرف د معین کمانونو تحلیل په نظر کې نیسو ، (دری مفصلي کمانونه)



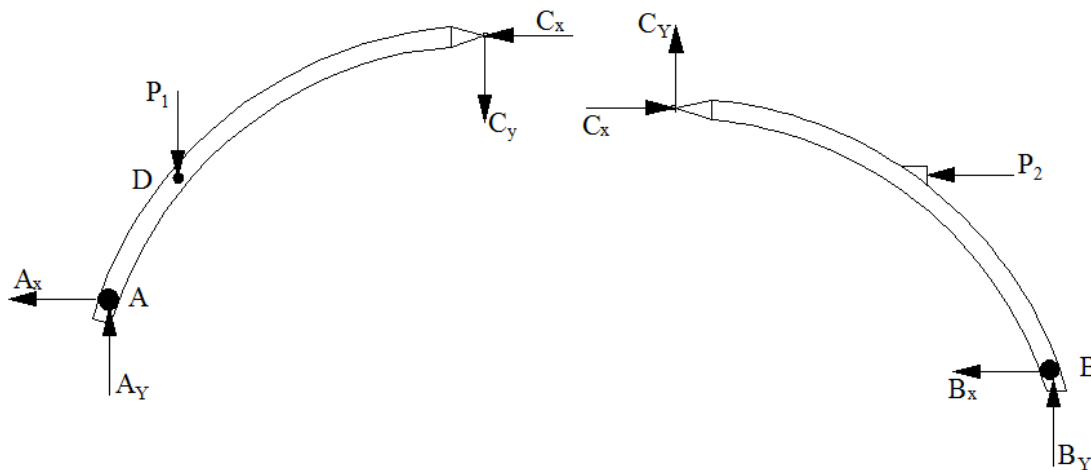
## د دري مفصلي کمانونو تحليل

### Analysis of three hinge arch

کمانونه څرنګه خپل بارونه انتقالوي ، پوهيدو لپاره يو دري مفصلي کمان په نظر کې نيسو .  
دري مفصلي کمان عبارت دی له له هغه منحنی ګاډرونو څخه کوم چې د يو مفصل په واسطه سره  
مينځ کې تړل کېږي او په دواړو انجامونو متکی وي .  
د نوموړي کمان دريم مفصل د کمان اعظمي ارتفاع لرونکی ټکی (Crown) سره تړلی وي .



اتکائي عکس العملونه پيدا کولو لپاره لومړی کمان په دوو برخو ويشل کېږي او هرې برخې لپاره  
تعادل په پام کې نيولو سره نامعلومې قوې پيدا کېږي .





پہ د حالت کی مونر سرہ شیپر نامعلومی قواوی موجود دی  $C_Y, C_X, B_Y, B_X, A_Y, A_X$

کرنلاره :

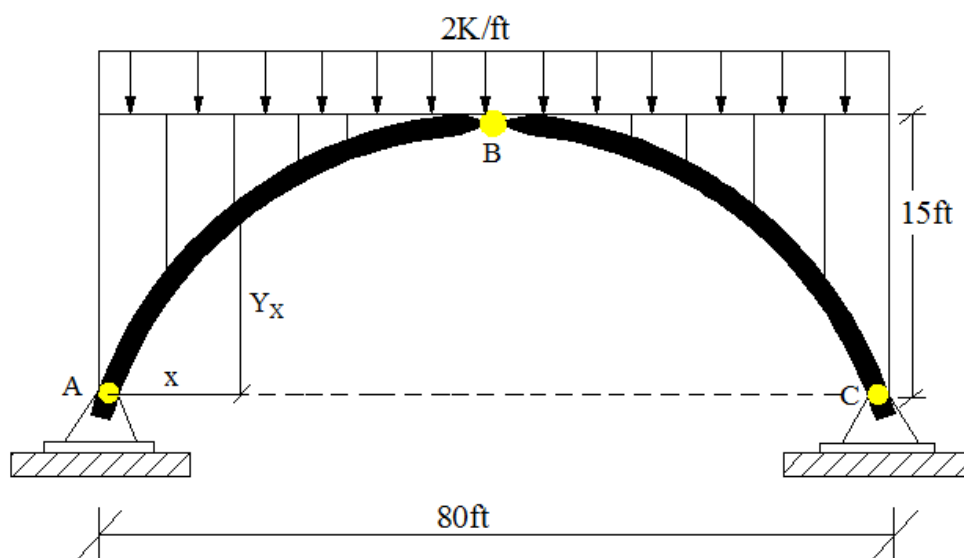
د کمان پہ A پہ تکی کی مومنت صفر کولو سرہ یوہ معادلہ لاس ته راوړو همدارنگه په B نقطه کی مومنت صفر کولو سرہ دوئمہ معادلہ لاس ته راخی او د دواړو معادلو د حل خخه  $C_Y$  او  $C_X$  پیدا کوو . په ورته ډول نور اتکائی غیرگونونه هم پیدا کیږی . وروسته له دی یو قطع اخلو او نور داخلی نامعلومی قوی ( عرضی قوه ، نارملی قوه او مومنت ) محاسبه کوو .

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

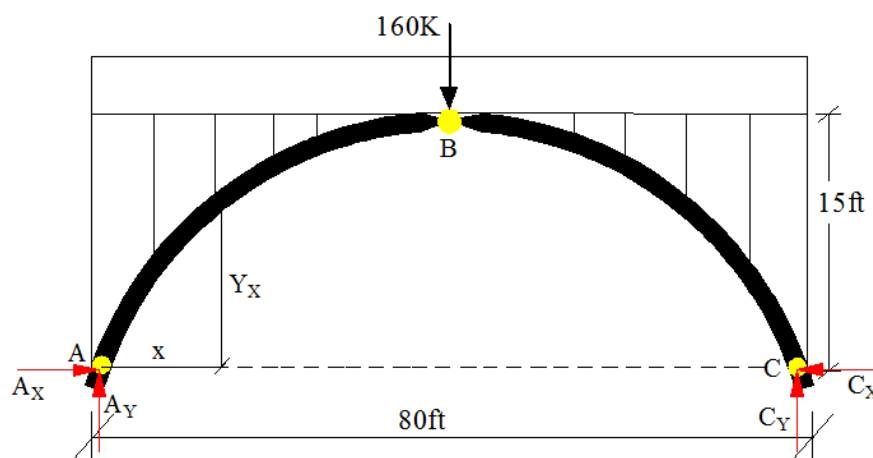
$$H = \frac{\int_0^L M_x \cdot y \, dx}{\int_0^L y^2 \, dx}$$

$$M = M_x - HY$$

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



حل:



$$\sum M_A = 0$$

$$-80C_y + (160 \cdot 40) = 0$$

$$C_y = 80K$$

$$\sum M_C = 0$$

$$-80A_y + (160 \cdot 40) = 0$$

$$A_y = 80K$$

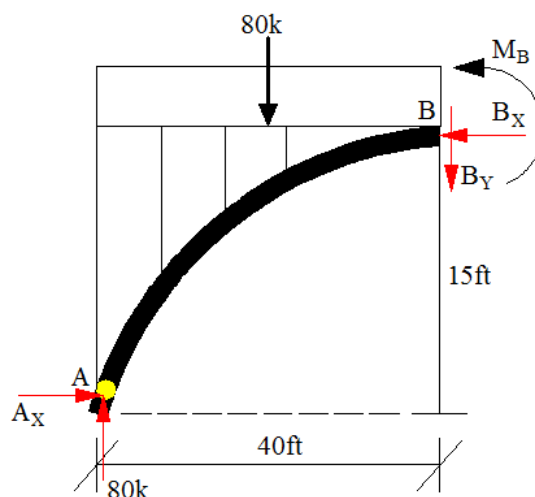
$$\sum M_B = 0$$

$$(80 \cdot 40) - 15A_x - (80 \cdot 20) = 0$$

$$A_x = 107K$$

We know that

$$A_x = C_x = 107K$$



کولی شود فورمول په واسطه پورتنی سوال حل کو. لومړی د A اتکا څخه په x فاصله د کمان لوروالی  $Y_x$  پیدا کوو.

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

$$y_x = \frac{4 \cdot 15}{80^2} x(80 - x)$$

$$Y_x = 0.75x - 0.0094x^2$$

په x فاصله مومنت  $M_x$

$$M_x = -(2 \cdot x \cdot x/2) + 80x$$

$$M_x = 80x - x^2$$

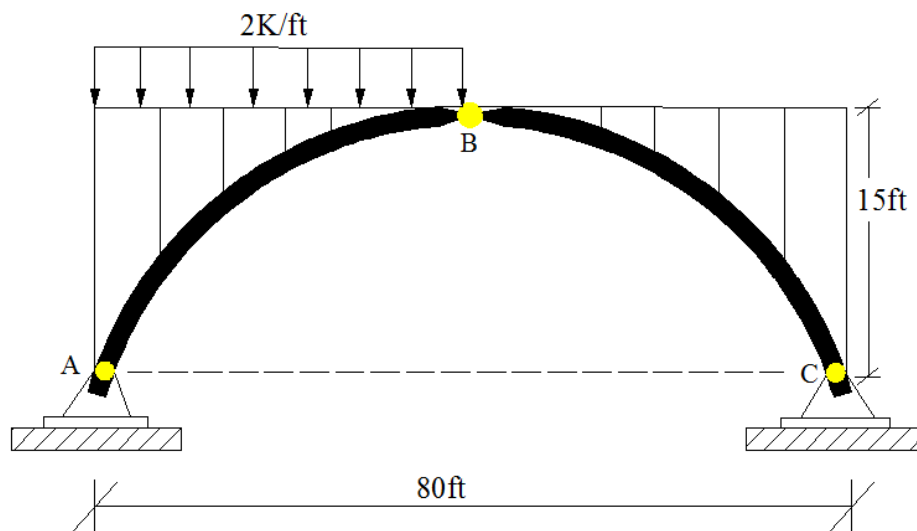
$$H = \frac{\int_0^L M_x \cdot y \, dx}{\int_0^L y^2 \, dx} \rightarrow H = \frac{\int_0^{80} (80x - x^2)(0.75x - 0.0094x^2) \, dx}{\int_0^{80} (0.75x - 0.0094x^2)^2 \, dx} = \frac{1019900}{95236} = 107K$$

$$H = A_x = C_x = 107K$$

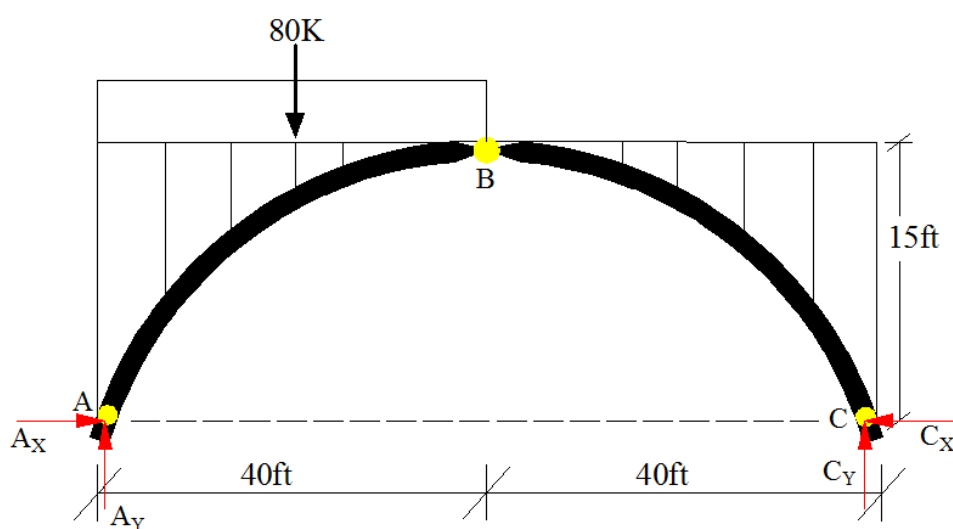
چیک

$$H = \frac{wl^2}{8yc} \longrightarrow H = \frac{2 \cdot 80^2}{8 \cdot 15} = 107K$$

مثال 2 یو دري مفصلي کمان چي 80 فټ وايي لرونکي ده. تاسي يي د اتکايو غبرگونو قيمت پيدا کړی؟

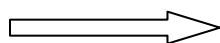


حل:



$$\sum M_C = 0$$

$$80A_y - (80 \cdot 60) = 0$$



$$A_y = 60K$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A_y + C_y - (80) = 0$$

$$A_y + C_y = 80 \implies C_y = 80 - 60 = 20K \quad C_y = 20K$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-15A_x + (60 \cdot 40) - (80 \cdot 20) = 0$$

$$-15A_x + 2400 - 1600 = 0$$

$$15A_x = 800$$

$$A_x = 53.3K \quad \text{and} \quad C_x = 53.3K$$

چیک:

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



مثال: 3 په انځور کې ښودل شوی پل درې مفصل لرونکی

کمان څخه جوړ دی او پرابولیک شکل لري. که چیرې د

پل واته 30m وی، او 50kN/m منظم ویشل شوی بار

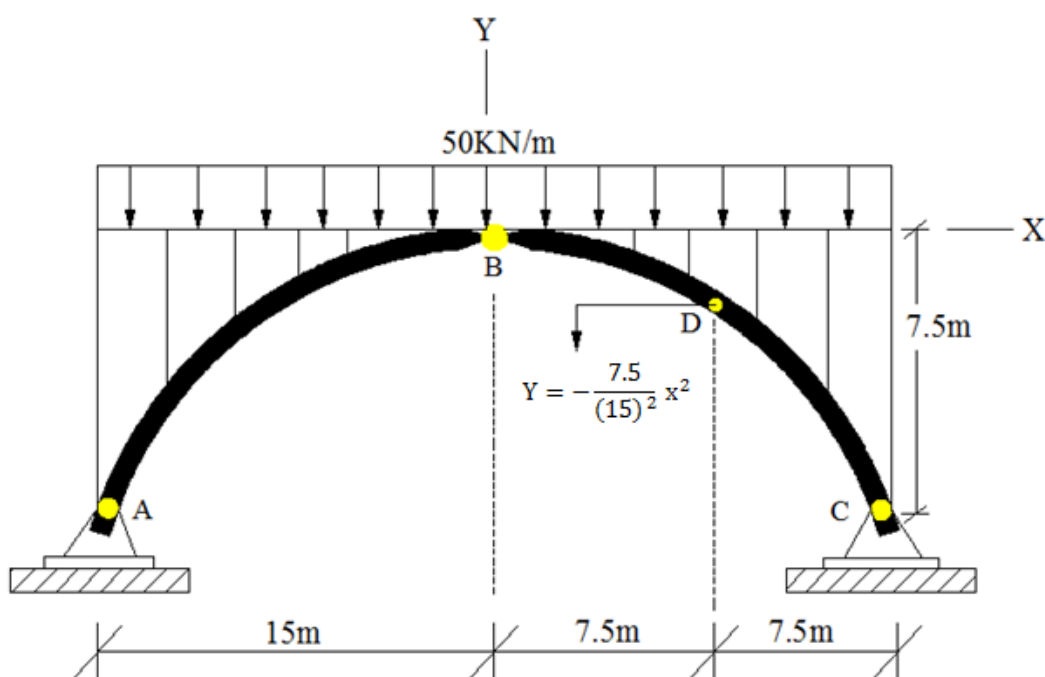
لپاره ډیزاین مطلوب وی، تاسې د نوموړي کمان اتکایز

عکس العملونه، په D نقطه کې نارملې فشاري قوه

( $N_D$ ) عرضي قوه ( $V_D$ ) او مومنټ ( $M_D$ ) محاسبه کړی؟ او وښای چې کمان د فشاري قواو لاندې

واقع دی او که نه؟

حل:



دلته دواړه اتکاګانې په مساوي ليدول واقع دي. اتکائی عکس العملونه پيدا کوو

$$\sum M_A = 0$$

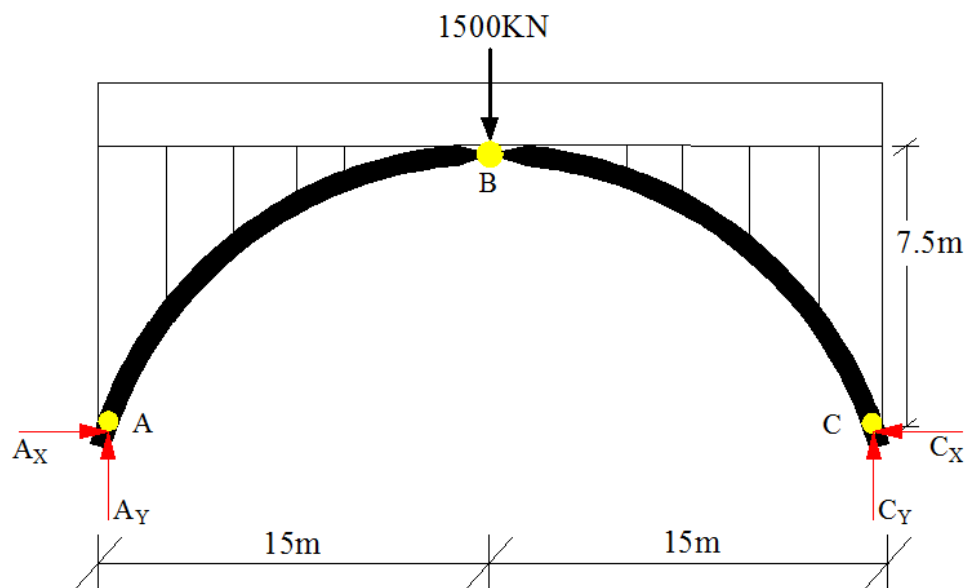
$$-30C_Y + (1500 \cdot 15) = 0$$

$$C_Y = 750 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0$$

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

$$C_X = 750 \text{ kN}$$



د کمان BC برخه :

$$\sum F_x = 0$$

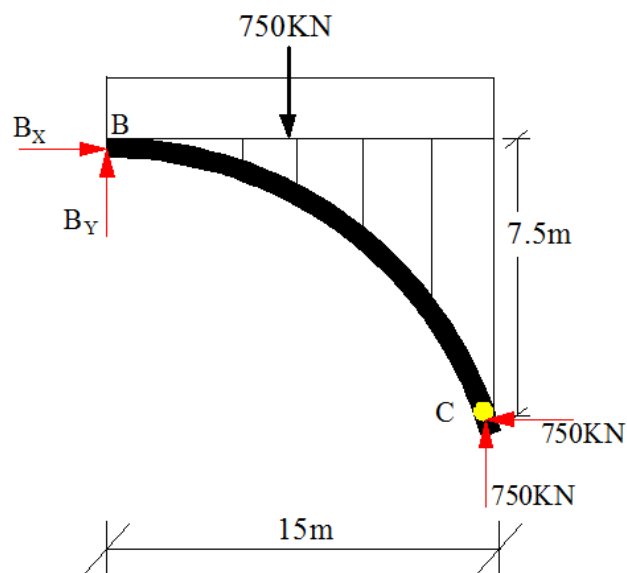
$$B_x - 750 = 0$$

$$B_x = 750 \text{ kN}$$

$$\sum M_C = 0$$

$$15B_y + (750 \cdot 7.5) - (750 \cdot 7.5) = 0$$

$$B_y = 0$$



د B نقطې څخه D پوری قطع اخلو او غوښتل شوی قوی پیدا کوو . (x=7.5m from B)

$$X = 7.5\text{m}$$

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

$$Y_D = -1.875\text{m}$$

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

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

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

$$\theta = 26.6^\circ$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-N_D \cos 26.6 - V_D \sin 26.6 + 750 = 0$$

$$-0.894N_D - 0.45V_D + 750 = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N_D \sin 26.6 - V_D \cos 26.6 - 375 = 0$$

$$0.5N_D - 0.894V_D - 375 = 0 \dots\dots\dots (2)$$

د 1 او 2 معادلو حل څخه لرو.

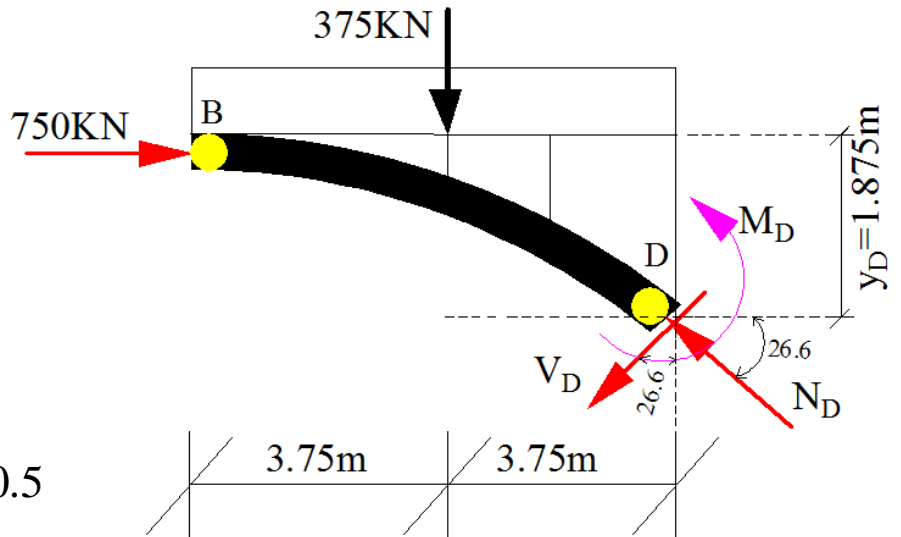
$$N_D = 838\text{KN}$$

$$V_D = 0$$

$$\sum M_D = 0 \rightarrow (750 \cdot 1.875) - (375 \cdot 3.75) - M_D = 0$$

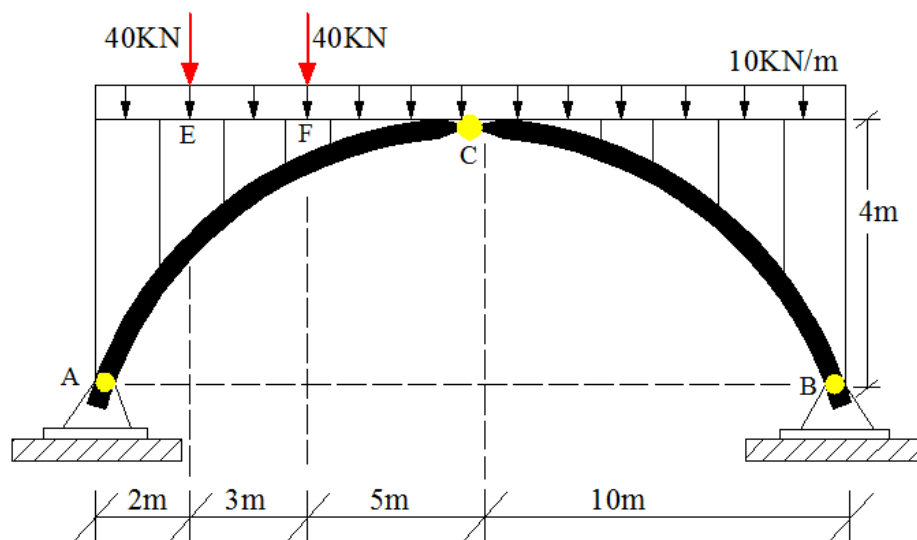
$$M_D = 0$$

په D نقطه کې عرضی قوه او مومنت صفر دی یعنی په کمان کې صرف فشاری قوای ( $N_D$ ) موجود دی.





مثال 4 یو دري مفصلي کمان چي 20 متره وایي لرونکي ده. تاسي يي د اتکایزو غبرگونونو قیمت پیدا کړی که چیرته په کمان بنودل شوی بارونو عمل کړی وی.



حل:

$$\sum M_B = 0$$

$$20A_Y - (40 \cdot 18) - (40 \cdot 15) - (10 \cdot 20 \cdot 10) = 0$$

$$A_Y = 166 \text{ kN}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$166 + B_Y - 40 - 40 - (10 \cdot 20) = 0$$

$$B_Y = 114 \text{ kN}$$

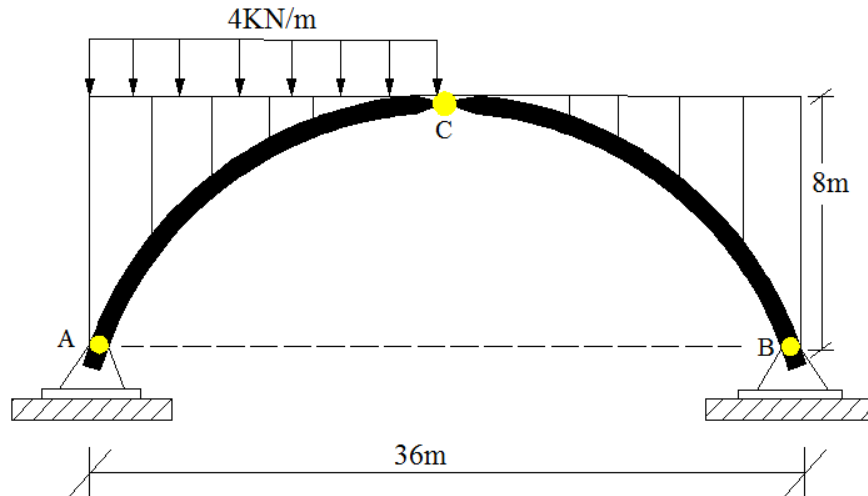
$$\sum M_C = 0$$

$$(166 \cdot 10) - 4A_X - (40 \cdot 8) - (40 \cdot 5) - (10 \cdot 10 \cdot 5) = 0$$

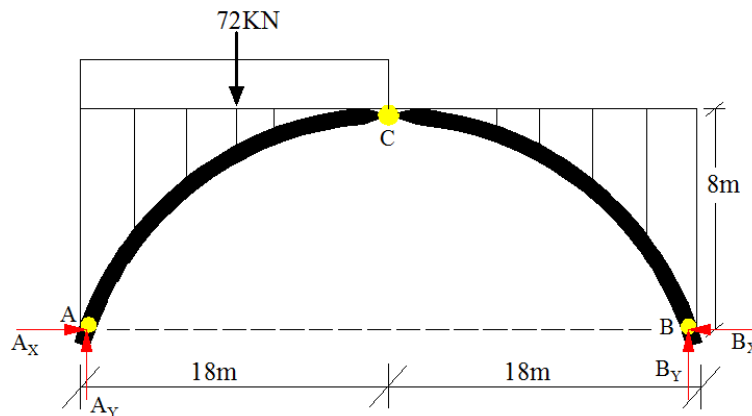
$$A_X = 160 \text{ kN}$$

$$\text{Also } A_X = B_X = 160 \text{ kN}$$

مثال 5 یو دري مفصلي کمان چي 36 متره وایئ لرونکي ده تاسي يي د اتکایز غبرگونونو قیمت ، په C ټکی کی عرضی قوه ( $V_C$ ) ، نارملی قوه ( $C_X$ ) او مومنټ ( $M_C$ ) پیدا کړی .



حل:



1) اتکائی عکس العملونه :

$$\sum M_B = 0$$

$$36A_Y - (72 \cdot 27) = 0$$

$$A_Y = 54 \text{ kN}$$

$$\sum M_C = 0$$

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

$$A_X = 40.5 \text{ kN}$$

we know that

$$\sum F_Y = 0$$

$$54 + B_Y - 72 = 0$$

$$B_Y = 18 \text{ kN}$$

$$B_X = 40.5 \text{ kN}$$

$M_C$  ,  $N_C$  ,  $V_C$  (2

$$C_X = 40.5 \text{KN}$$

$$\sum F_Y = 0$$

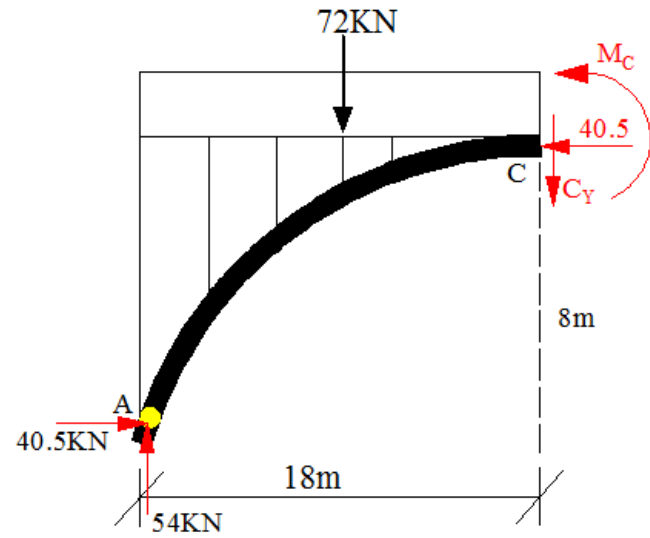
$$54 - 72 - C_Y = 0$$

$$C_Y = -18 \text{KN}$$

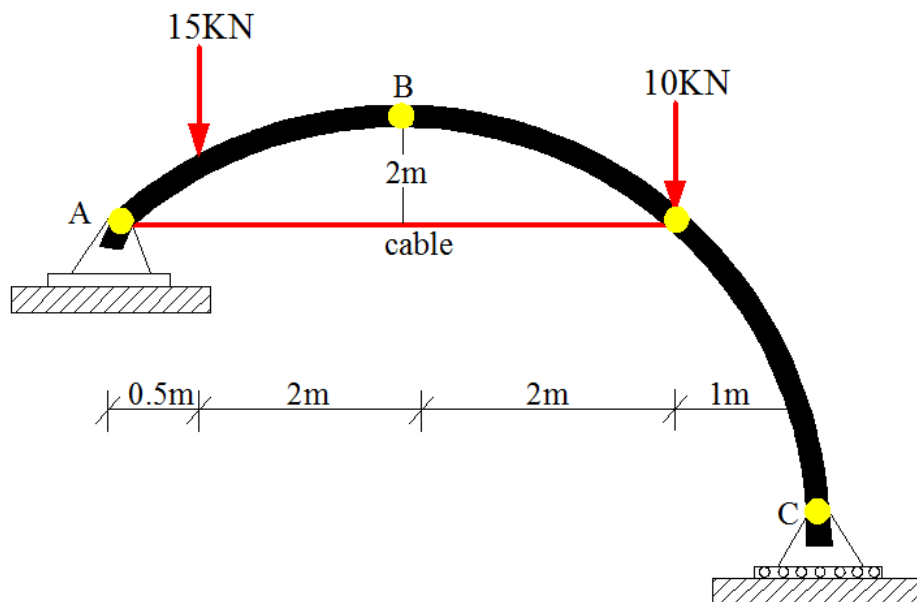
$$\sum M_C = 0$$

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

$$M_C = 0$$



مثال 6 یوتپرل شوی دري مفصلي کمان چي 5.5 متره وائہ لری تاسي يي د اتکایزو غیرگونونو قیمت او په ترل شوی کیبل کی کششی قوه پیدا کړي



حل:

$$\sum M_A = 0$$

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

$$C_Y = 9.55 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$A_Y + 9.55 - 15 - 10 = 0$$

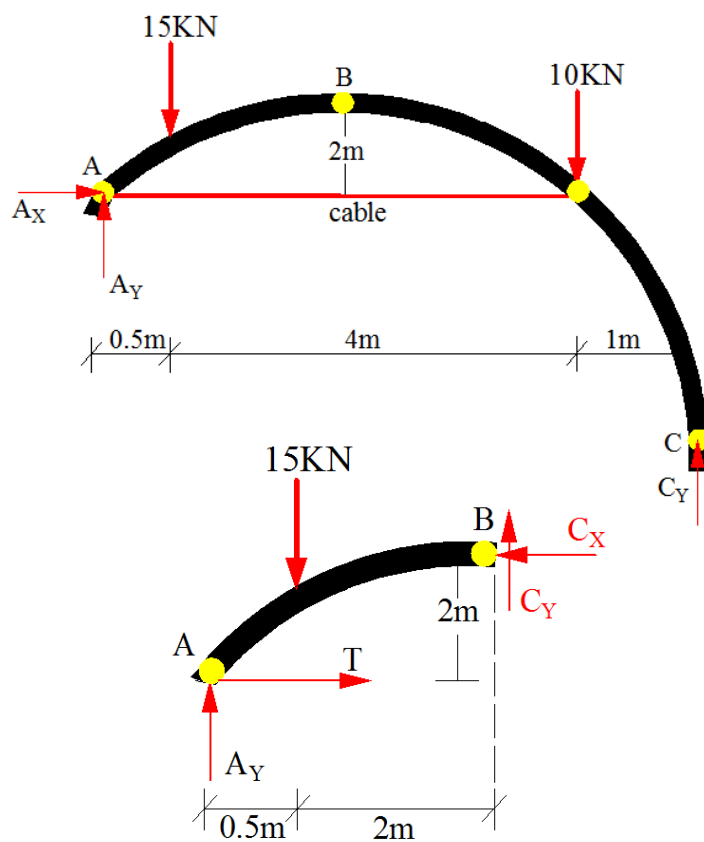
$$A_Y = 15.5 \text{ kN}$$

Section AB

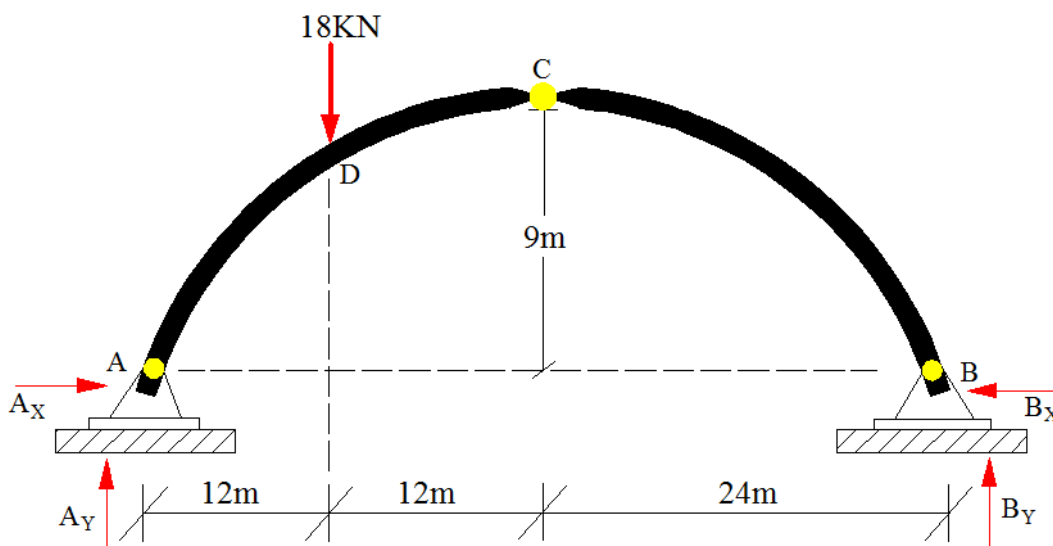
$$\sum M_B = 0$$

$$(15.5 \cdot 2.5) - (2T) - (15 \cdot 2) = 0$$

$$T = 4.32 \text{ k}$$



مثال 7 د ورکړ شوی درې مفصل لرونکی پرابولی کمان د انحنائی مومنت دیاگرام رسم کړی؟؟



حل:

$$\sum M_B = 0 \rightarrow 48A_Y - (18 \cdot 36) = 0 \rightarrow A_Y = 13.5 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -48B_Y + (18 \cdot 12) = 0 \rightarrow B_Y = 4.5 \text{ kN}$$

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

$$\sum M_C = 0 \rightarrow -9A_X - (18 \cdot 12) + (13.5 \cdot 24) = 0 \rightarrow A_X = B_X = H = 12 \text{ kN}$$

د X او Y ترمنځ رابطه.

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

$$y = \frac{4 \cdot 9}{48^2} \cdot x \cdot (48 - x) = 0.75x - 0.0156x^2$$

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

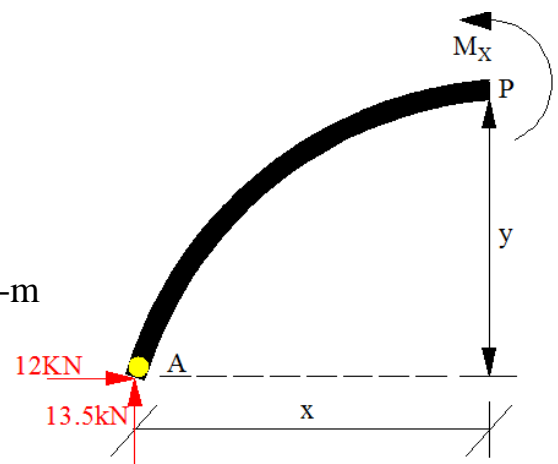
A او D ترمنځ قطع:

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

$$M_X = 13.5x - 12y \rightarrow 0 \leq x \leq 12 \text{ او } 0 \leq y \leq 6.75$$

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

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



D او C تر منخ قطع:

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

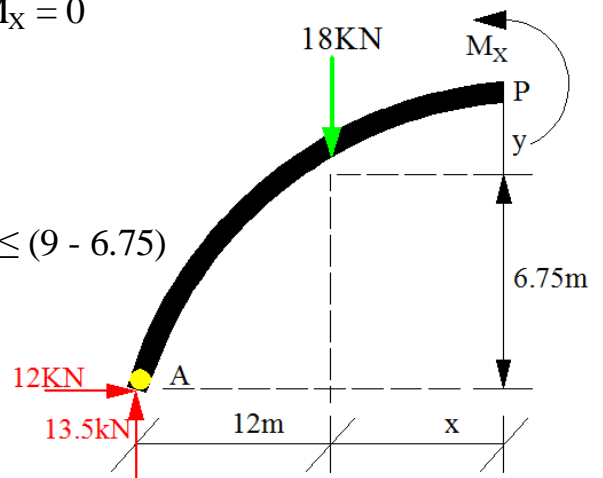
$$\rightarrow M_x = 162 + 13.5x - 81 - 12y - 18x$$

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

$$M_x = -4.5x - 12y + 81 \rightarrow 0 \leq x \leq 12 \quad \text{او} \quad 0 \leq y \leq (9 - 6.75)$$

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

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



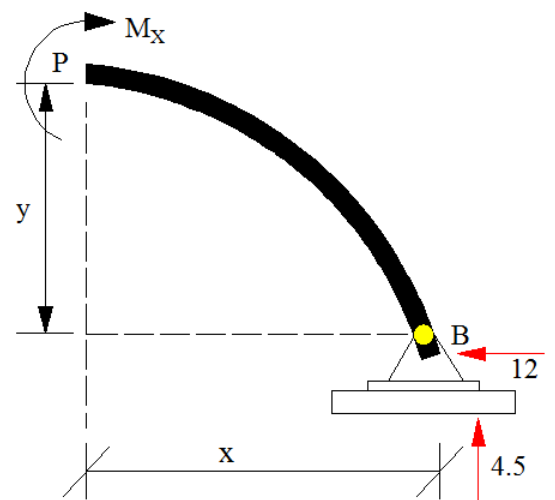
B او C تر منخ قطع:

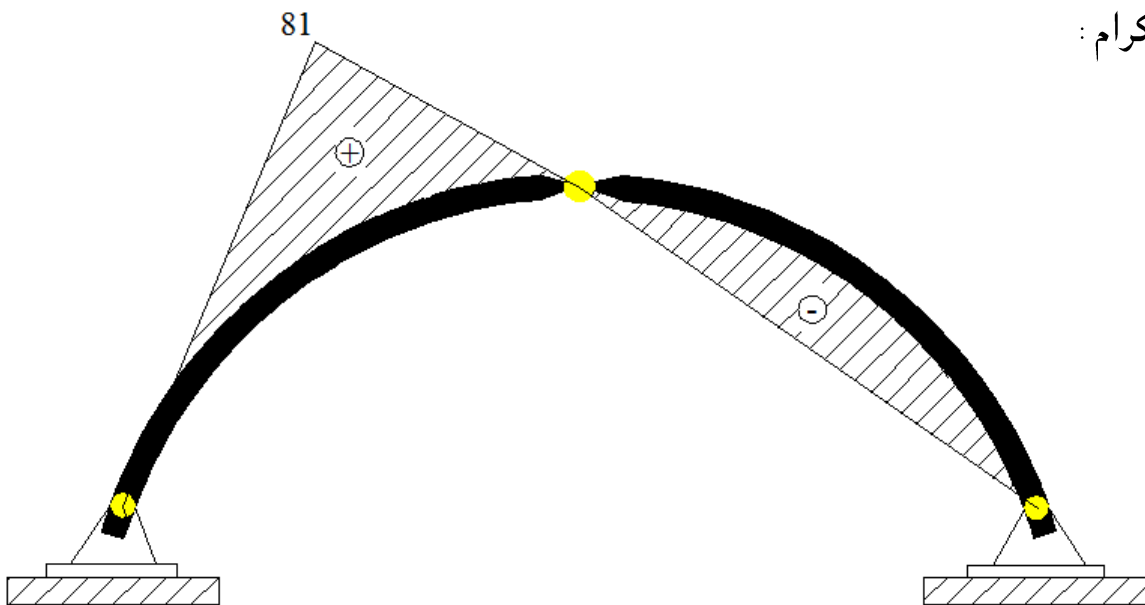
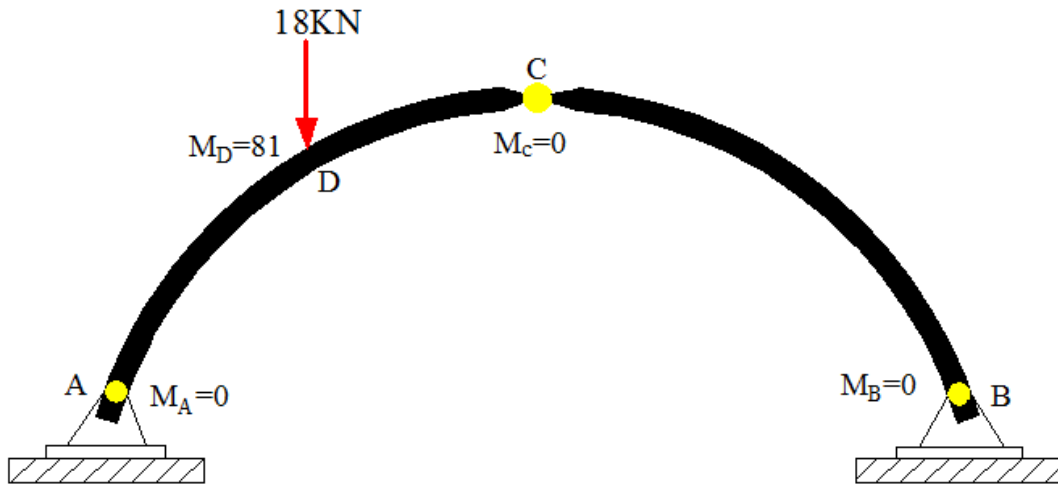
$$\sum M_P = 0 \rightarrow -4.5x + 12y + M_x = 0$$

$$M_x = 4.5x - 12y \quad 0 \leq x \leq 24 \quad \text{او} \quad 0 \leq y \leq 9$$

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

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

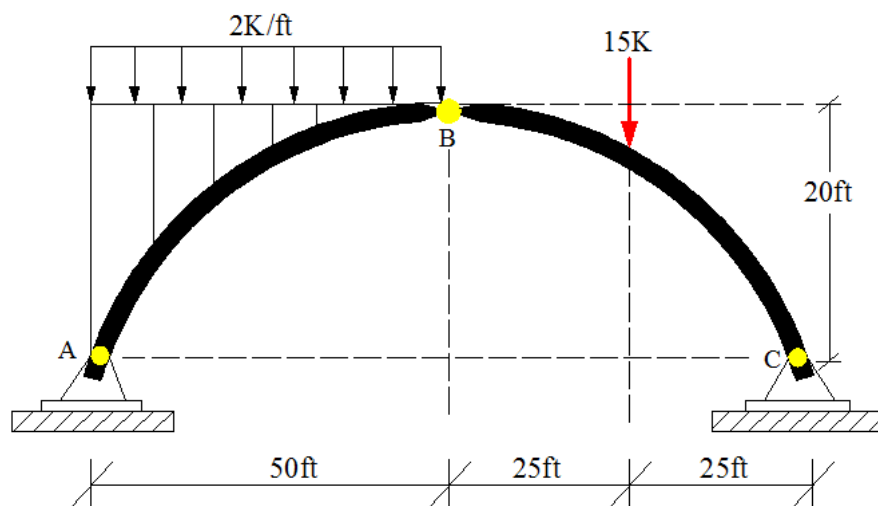




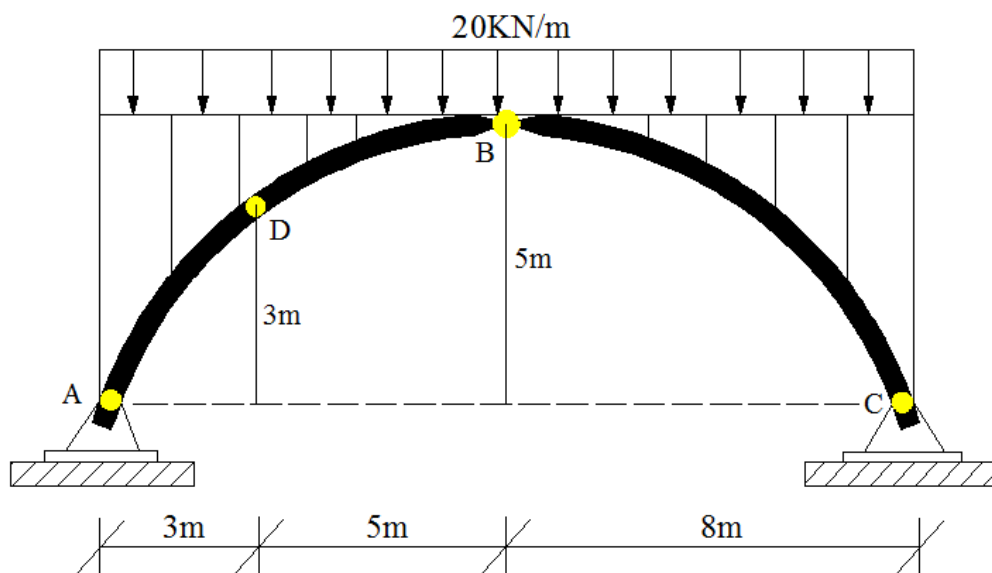
دیاگرام :

## تمرین (Exercise)

(1) د کمان اتکائی عکس العملونه پیدا کړی؟

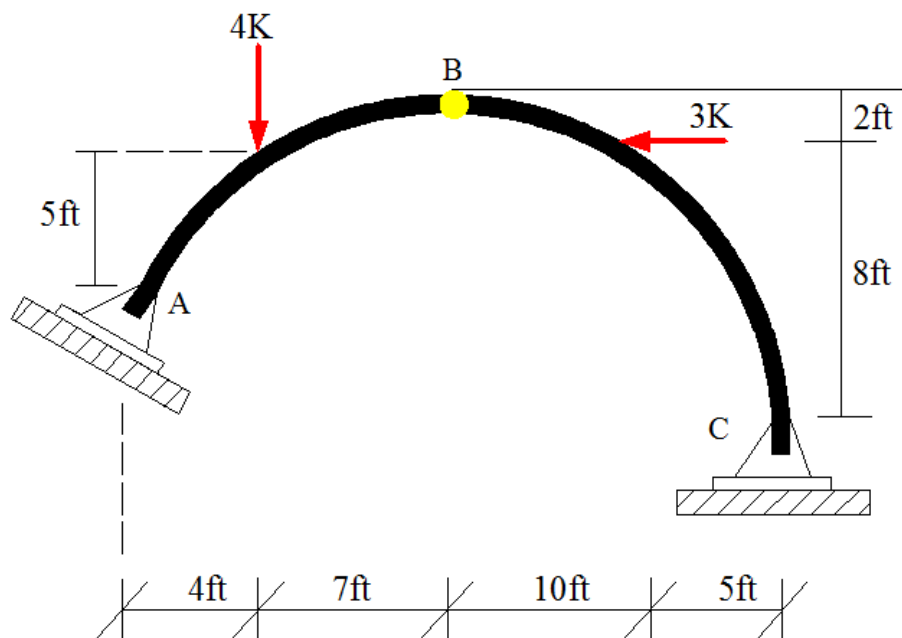


(2) د ورکړل شوی دری مفصلی کمان په D نقطه کی داخلی مومنت پیدا کړی که چیری کمان د  $20\text{KN/m}$  منظم ویشل شوی بار لاندی واقع وی؟

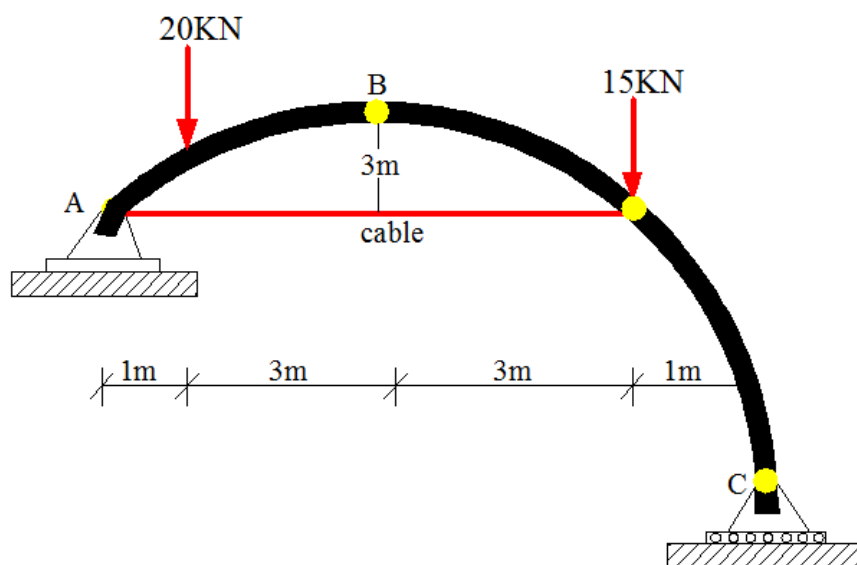




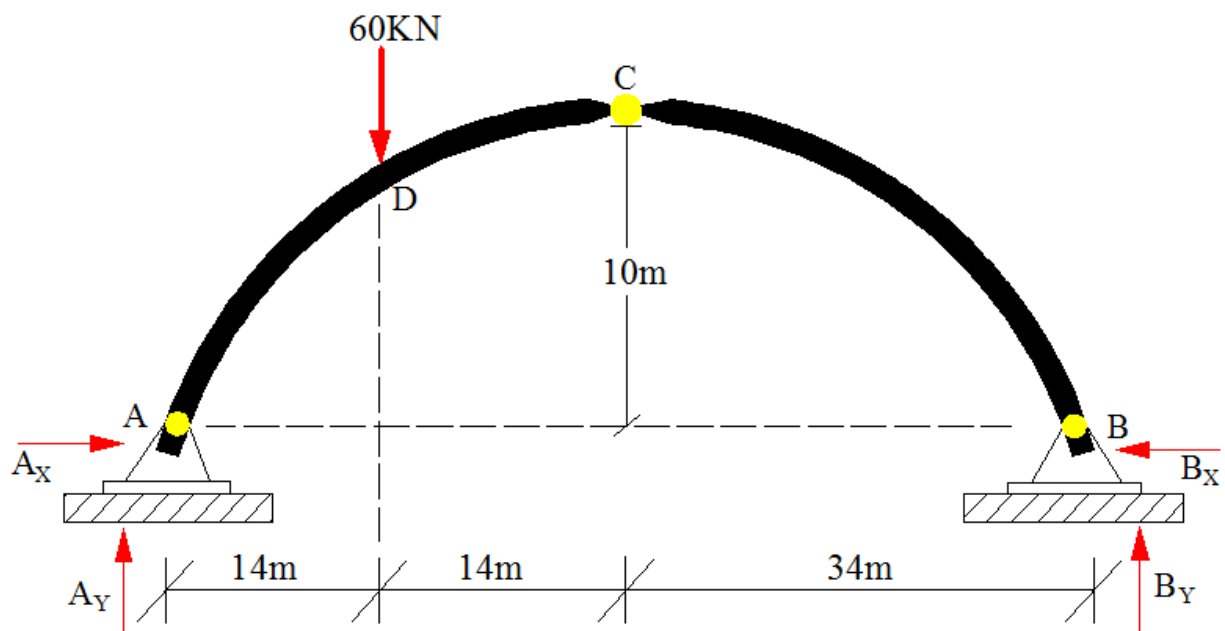
(3) د ورکړل شوی دري مفصلي کمان په A ، B ، C ټکو کې اتکائي عکس العملونه پيدا کړي



(4) يوتړل شوی دري مفصلي کمان چي 8 متره وائهلری تاسي يي د اتکاييزو غبرگونونو قيمت او په تړل شوی کيبل کې کششی قوه پيدا کړي



5) د ورکړ شوی درې مفصل لرونکی پرابولی کمان د انحنائی مومنت دیاگرام رسم کړی؟؟



## اووم خپرکی

### د معین ستاتیکی ترسونو تحلیل

### (Analysis of statically determinate Trusses)

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

### ترس ( Truss )

د مثلی برخو څخه جوړ هغه ساختمانی جوړخت چي د فلز یا لرگو ( Metal and Wood ) نري میلی پکې په مثلی شکل یو ځای شوي وي او دا میلی د کششی یا فشاری قواو لاندی واقع وی عبارت دی له ترس څخه.

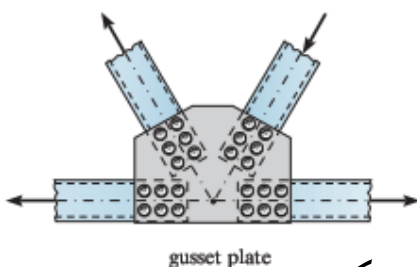
په ترس کې ټولې قواوي په محوري بڼه اساس ته انتقالیږي.

ترسونه په هغه ساختمانونو کښی استعمالیږي، چي وایه یی لوي وي او د ګادرونو استعمال پکې غیر اقتصادي وي.

ترس ته په ګادر هله فوقیت ورکول کیږي که مونږ د ساخمان په طول کې دلچسپی 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 کیږي، د ترسونو په عناصرو کې په کششی او فشاری قواو بدلیږي.

### ګزټ پلیټ (Gusset Plate)



د فلزی موادو هغه پلیټ کوم څخه چي په غوتو (Joints) کی استفاده

کیږی او د وصل شویو میلو په خپل ځای ساتلو لپاره په جوائنټ کی کوشیر کیږی.

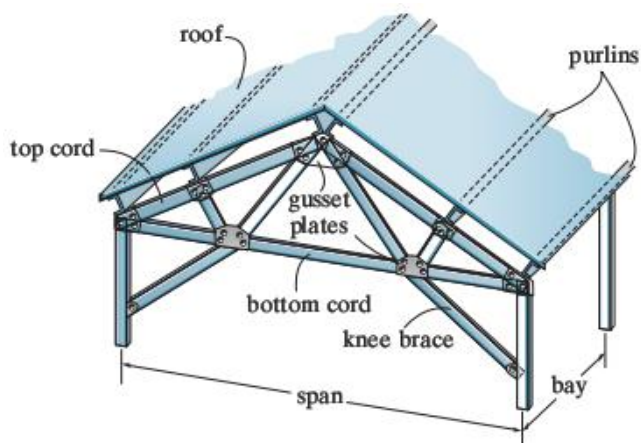
## د ترسونو ډولونه (Types of Trusses)

### 1) په چتونو کې استعمالیدونکی ترسونه (Roof Trusses)

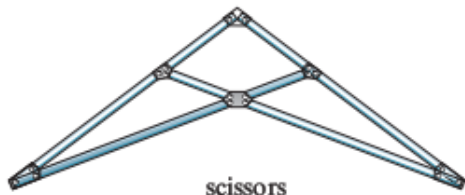


دا ډول ترسونه زیاتره د صنعتی تعمیراتو یا فابریکو په چتونو کې د مکمل ساختمان یوی برخی په حیث کار کوی لکه څرنګه چی په انځور کې ښودل شوی .  
دلته د چت خپل وزن او نور چاپیریالی بارونه لومړی د پرلنر (purlins) د لاری غوتو (Joints) ته انتقالیږی او د غوتو څخه تړل شویو میلو ته. دا ډول ترس سره د تکیه ګانو د بینت (Bent) په نامه یادیږی .  
دوه ګاونډی بینتونو ترمنځ فاصلی ته bay وئیل کیږی .  
اقتصادی ډیزائن لپاره باید لاندی نورمونه په پام کې ونیسو .

- که چیری ترس 18m وائی لرونکی وی باید د bay اوږدوالی ئی 4.6m وی .
- که چیری ترس 30m وائی لرونکی وی باید د bay اوږدوالی ئی 6.1m وی .



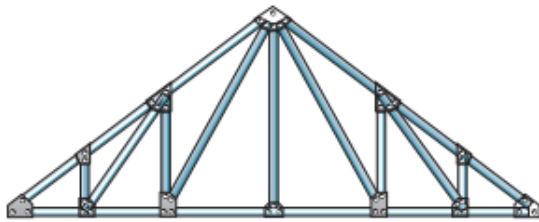
کله چی یو ساختمان لپاره ترس مشخص کیږی د ټولو مخه د ساختمان وائ، د چت میلان (slope) او مواد ټاکل کیږی اودغه مشخصات په پام کې نیولو سره د مناسب ترس انتخاب کیږی . په چتونو کې د کوم ډول ترسونو څخه چی استفاده کیږی ، لاندی ښودل شوی دی .



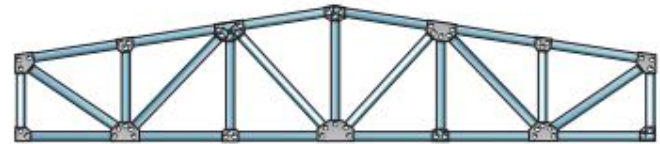
scissors  
(a)



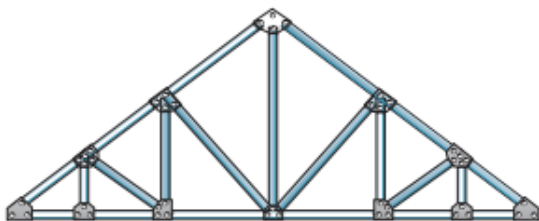
cambered Fink  
(f)



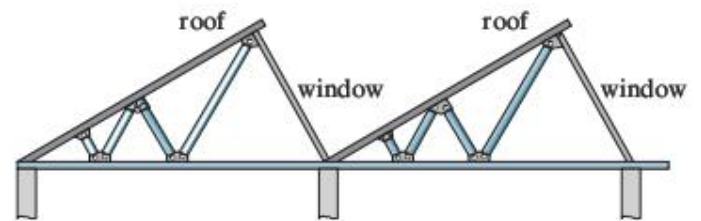
Howe  
(b)



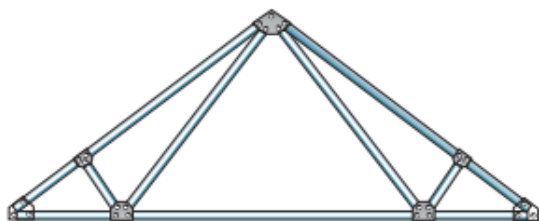
Warren  
(g)



Pratt  
(c)



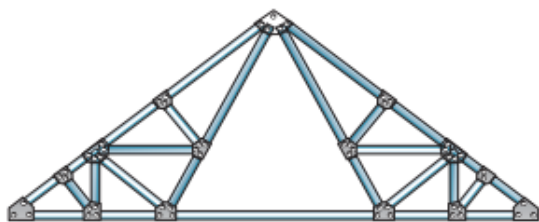
sawtooth  
(h)



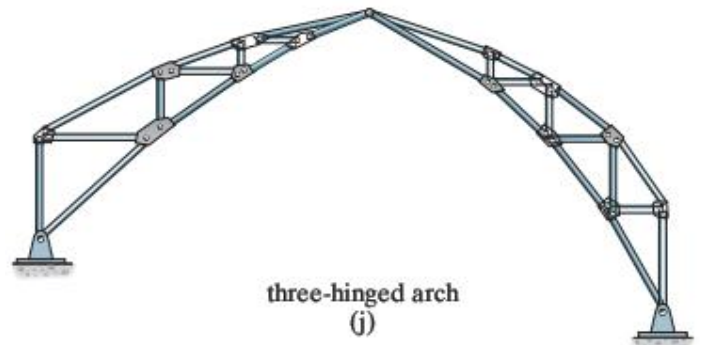
fan  
(d)



bowstring  
(i)



Fink  
(e)

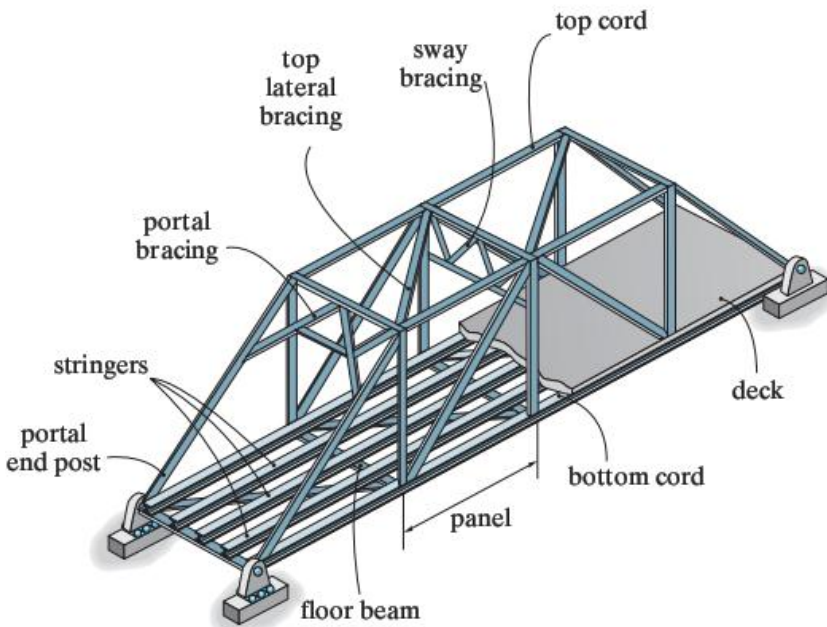


three-hinged arch  
(j)

## 2, په پلونو کې استعمالیدونکی ترسونه (Bridge Trusses)

په پلونو کې استعمالیدونکی ترسونه مهم غړی په شکل کې بنودل شوی. د بارونو انتقال:

په د ډول ترسونو کې لومړی د عراده جاتو وزن د پل سلب ته انتقالیږي د سلب (deck) څخه طولی ګاډرونو (stringers) ته، عرضی ګاډرونو (Floor Beams) ته او په ورته ډول غوتو (joints) ته انتقالیږي همدارنګه

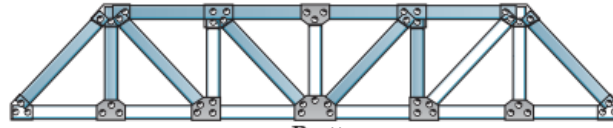


ټول بارونه په منظم ډول غوتو سره وصل شویو میلو ته او په ورستیو کې اتکاګانو ته انتقالیږي. په نوموړیو ترسونو کې پورتنۍ او لاندینۍ میلی خپل مینځ کې د افقی قواو (Wind, EQ) زغملو لپاره ټرل کیږي کوم چې د lateral Bracing په نامه بلل کیږي.

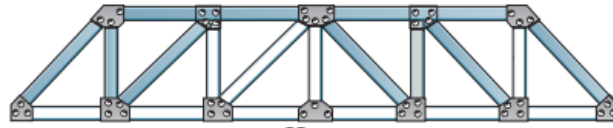


دا چې تودوخې له امله پیدا شوی اوږدیدنه د پل ویجاړتیا لامل ونه ګرځي په عملی ساحه کې د پل یوی خوا ته متحرکه اتکاء نسب کیږي.

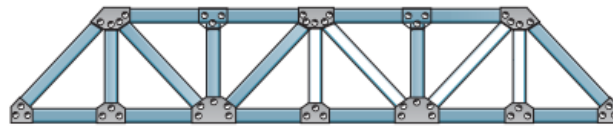
## لاندی ورکر شویو ترسونو خخه په پلونو کی استفاده کیږی .



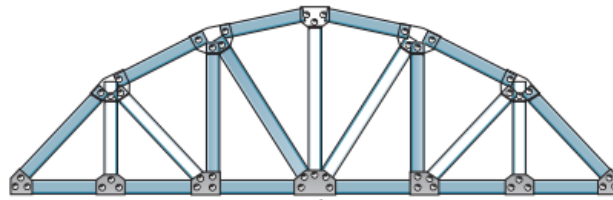
Pratt  
(a)



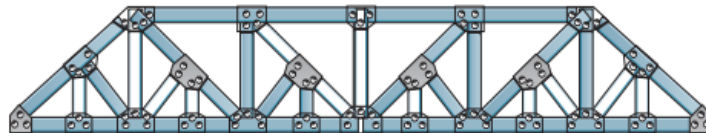
Howe  
(b)



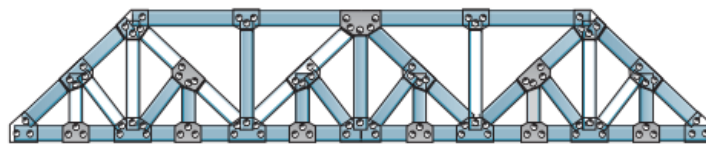
Warren (with verticals)  
(c)



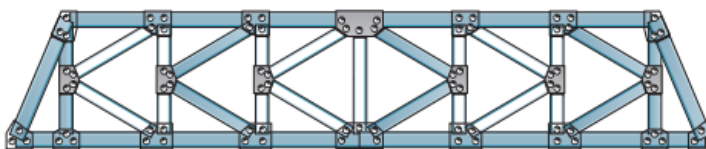
Parker  
(d)



Baltimore  
(e)



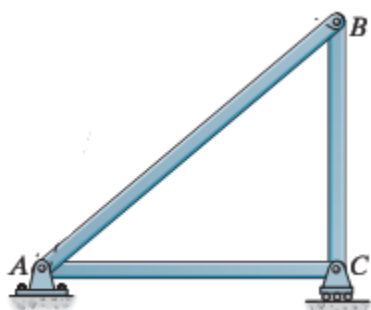
subdivided Warren  
(f)



K-truss  
(g)

د تحلیل له نظره ترسونه په لاندی ډولونو ویشل کیږی .

### (1) ساده ترسونه (Simple trusses)

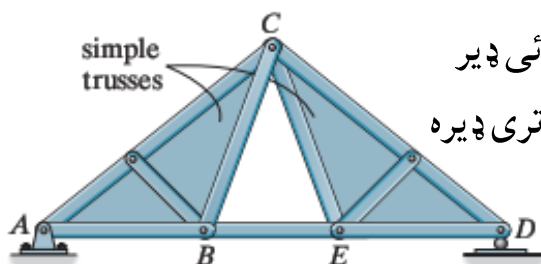


د ډول ترسونه ساده او بنیادی مثلثی غړیو څخه جوړ وی لکه څرنګه چې په شکل کی ښودل شوی . د ویجاړتیا مخنیوی لپاره باند ترس څخ او هندسی تغیر نه منونکی وی .

د ترسونو سټیبلټی 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 مرکبې ترسونو څخه .



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

### (3) پیچلې ترسونه (Complex Trusses)

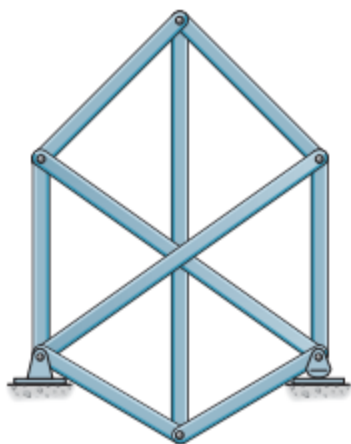
د ډول ترس ساده او مرکبې ترسونو سره ډیر توپیر لری او تحلیل

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 کورډوالی مومنت یا هم عرضی قوه پکی حضور نه

لری .





د ترس په ميلو کې داخلي قوی پيدا کولو لپاره لاندې طريقي لرو

۱. د غوتو طریقه (Method of joints)

۲. د قطعي طریقه (Method of section)

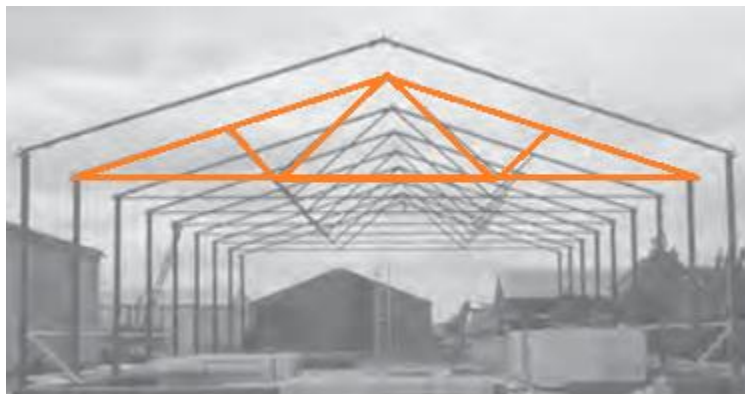
۳. گرافيکي طریقه (Graphical Method)

د معين ستاتيکي ترسونو تحليل (د غوتو طریقه)

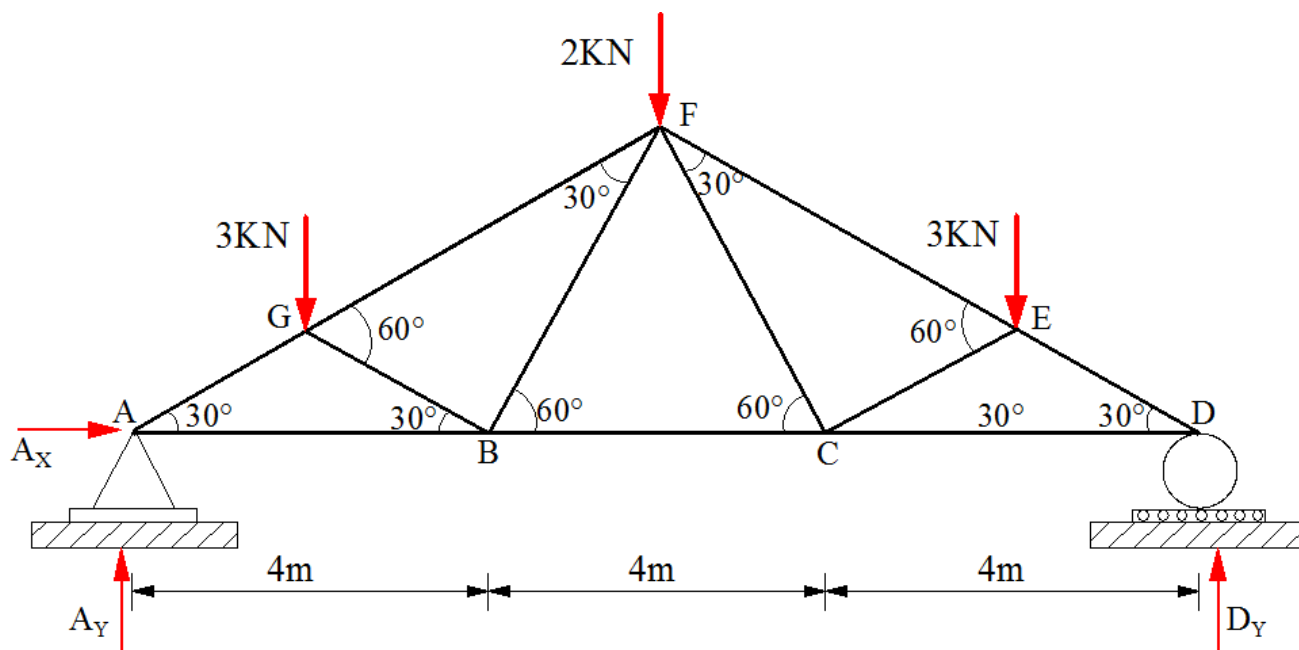
(Analysis of Truss using Method of joint)

د تحليل کړنلاره: (Procedure for Analysis)

- ✓ لومړی باند اتکائی غبرگونونه پيدا کړو .
- ✓ د هغه غوتی Free body diagram کارو چی يو يا له يو څخه زیاتي معلومی قوی ولری .
- ✓ د قوو اجزا بیلولو لپاره باند X او Y محور مشخص کو .
- ✓ تعادلی معادلو څخه په استفاده نامعلومی قوی پيدا کوو.  $\sum F_x$  ،  $\sum F_y$
- ✓ مثبت او منفي علامت د قوو جهت بنائی. مثبت کشش لپاره او منفي فشار لپاره .
- ✓ تحليل لپاره باند هغه غوتی ته فوقیت ورکول شی کوم چی کم نه کم يو او زیات نه زیات دوه معلومی قوی ولری .
- ✓ کله چی د يو میلی په سر کی نامعلومه قوه محاسبه شی د میلی په دوئم سر کی همدا قیمت استعمالیږی ( فقط جهت ئی تغیر خوری)
- ✓ کله چی میله په کشش کی واقع وی غوتی به ئی فشار کی وی
- ✓ کله چی میله په فشار کی واقع وی غوتی به ئی کشش کی وی



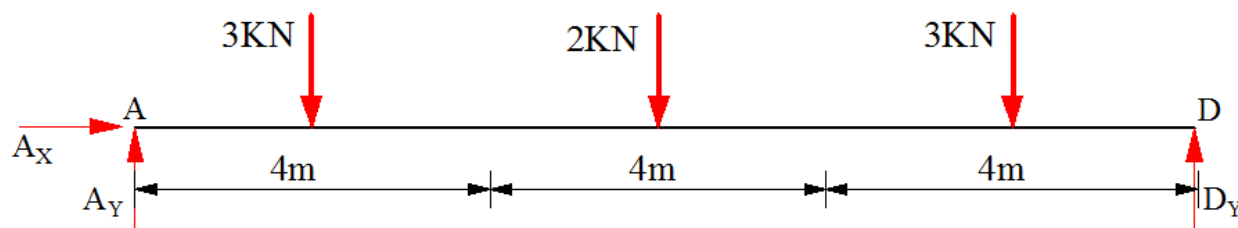
1 مثال: په انځور کې د بنودل شوی ترس (Roof Truss) د ټولو میلو داخلی قوی محاسبه کړی او وښائی کومه برخه په کشش یا فشار کې واقع ده. نور معلومات په لاندې ډول دی.



حل:

دا چې ترس د قوو او هندسی شکل دواړو د لحاظه مشابهه دی نو صرف یو اړخ نی تحلیل کوو

1) اتکائی غیرگونونه



$$\sum M_D = 0 \rightarrow 12A_Y - (3 \cdot 10) - (2 \cdot 6) - (3 \cdot 2) = 0 \rightarrow A_Y = 4 \text{KN}$$

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow 4 + D_Y - 3 - 2 - 3 = 0 \rightarrow D_Y = 4 \text{KN}$$

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

### Joint A:

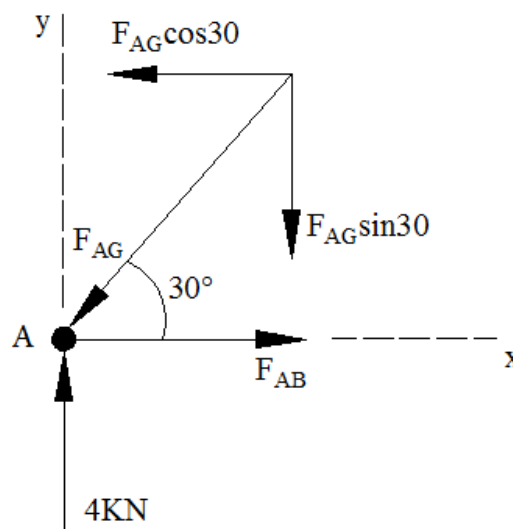
$$\sum F_Y = 0 \rightarrow 4 - F_{AG} \sin 30 = 0$$

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

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

$$F_{AB} = 8 \cos 30$$

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



### Joint G:

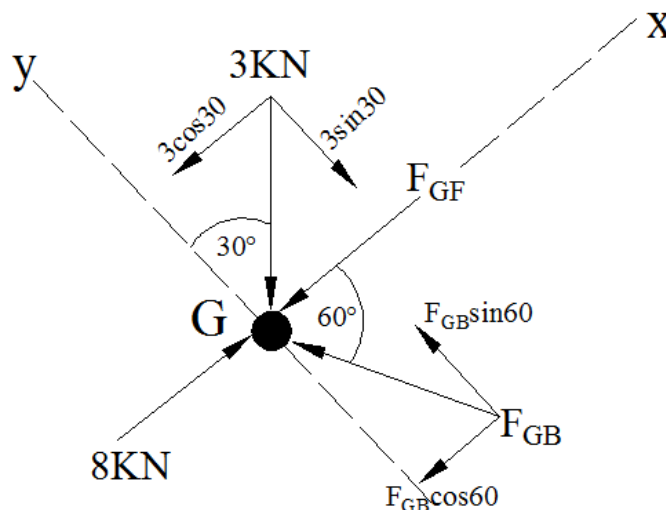
د محور اتوپه تغیر کولو سره سوال د اوږدې محاسبې څخه ژغورل کیږی .

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

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

$$\sum F_X = 0 \rightarrow 8 - F_{GF} - 3 \cos 30 - 3 \cos 60 = 0$$

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



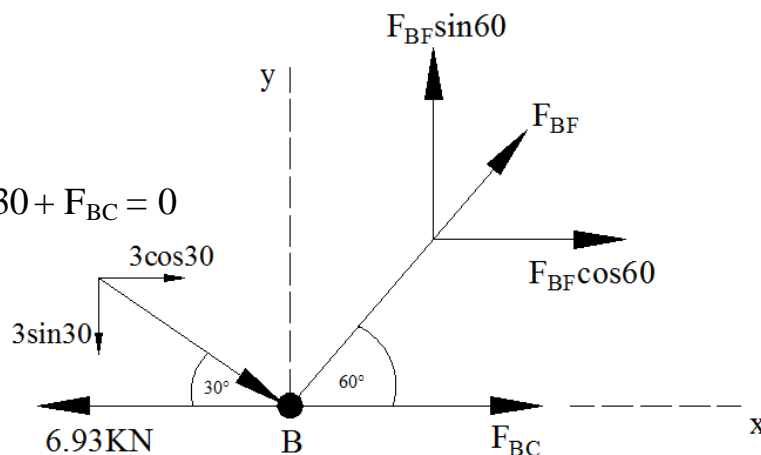
### Joint B:

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

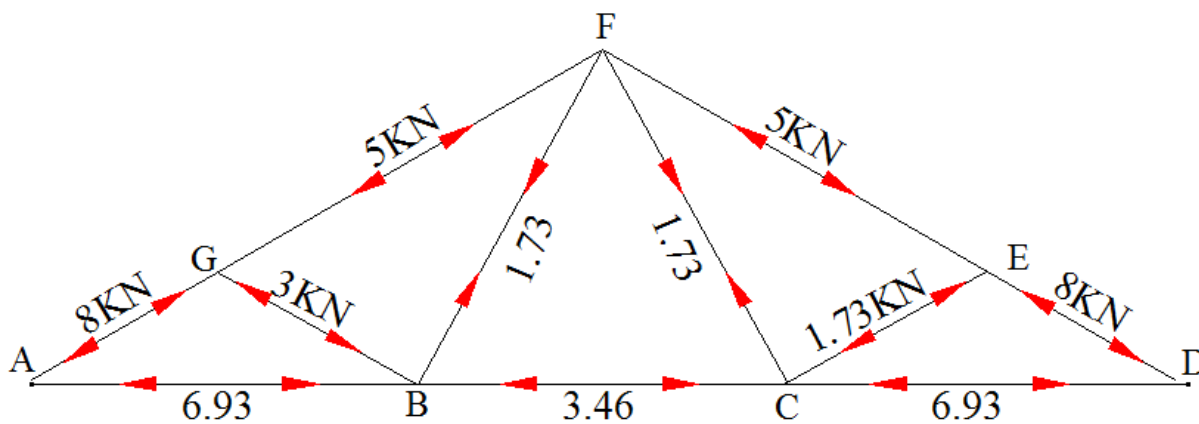
$$F_{BF} = 1.73 \text{KN (Tension)}$$

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

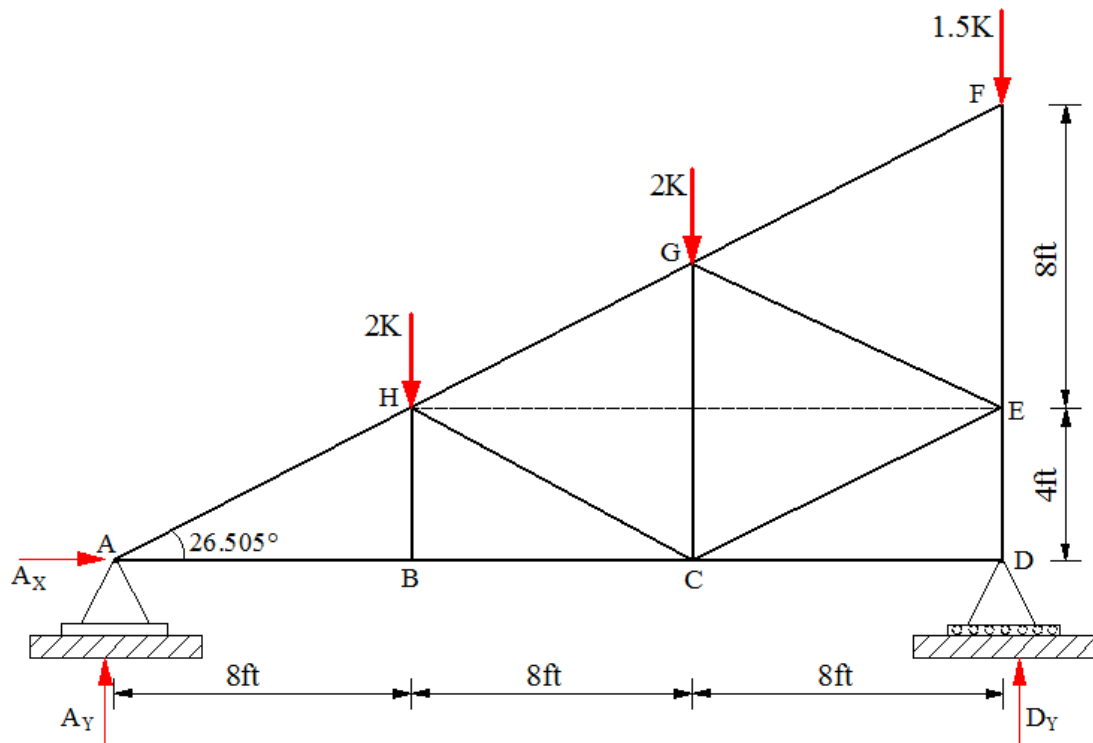
$$F_{BC} = 3.46 \text{KN (Tension)}$$



### Final Diagram

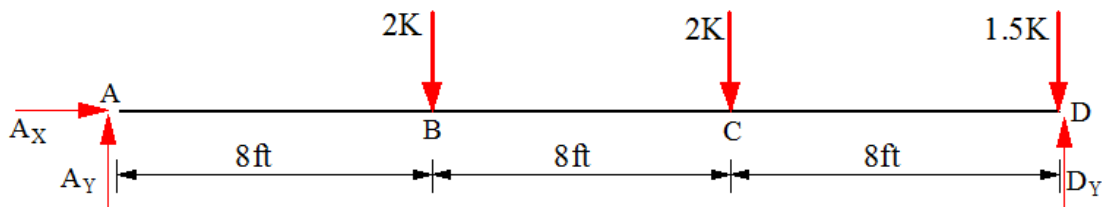


مثال: 2 د ورکړل شوي ترس په ټولو برخو کې قوي پيدا کړی او وښائي کومه برخه په کشش يا فشار کې واقع ده.



حل:

1) اتکائی غیرگونونه (Support Reactions)



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

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

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

**Joint A:**

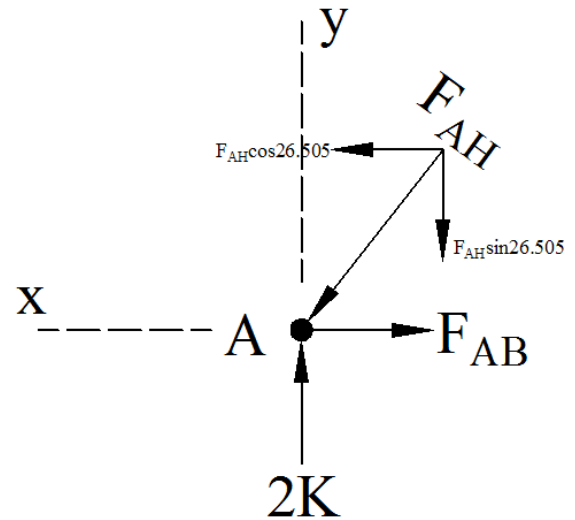
$$\sum F_Y = 0 \rightarrow 2 - F_{AH}\sin 26.505 = 0$$

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

$$\sum F_X = 0$$

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

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

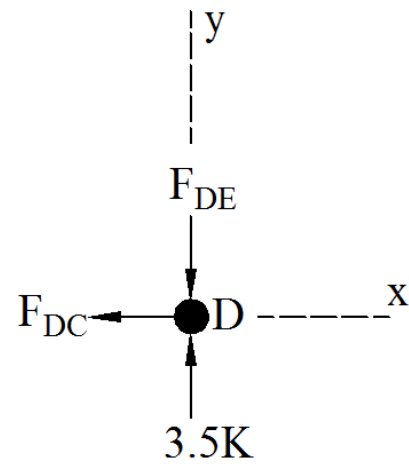
**Joint D:**

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

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

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

$$F_{DC} = 0$$

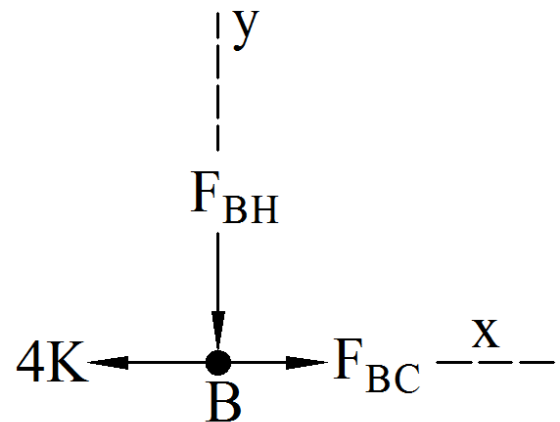
**Joint B:**

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

$$F_{BH} = 0$$

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

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



**Joint H:**

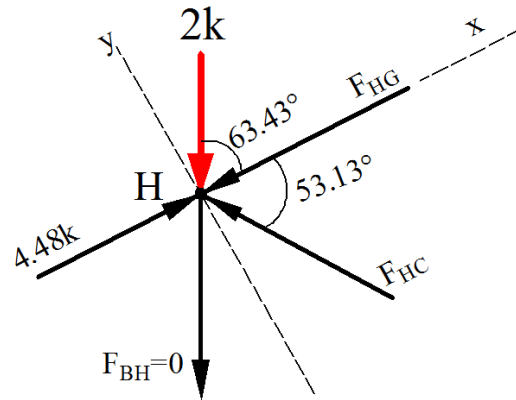
$$\sum F_Y = 0 \rightarrow -2\sin 63.43 + F_{HC}\sin 53.13 = 0$$

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

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

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

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

**Joint F:**

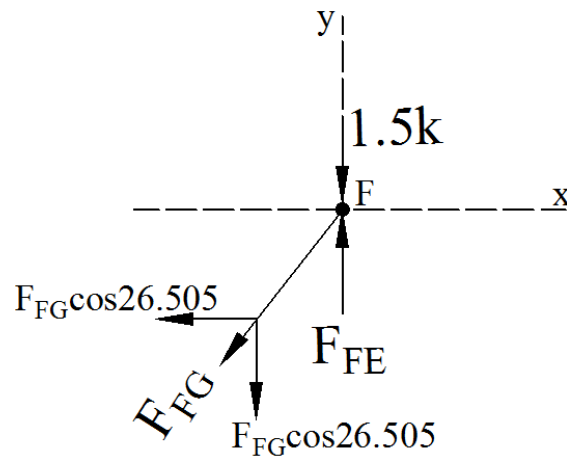
$$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{BC} = 0$$

$$F_{FG}\cos 26.505 = 0$$

$$F_{FG} = 0$$

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

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

**Joint G:**

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

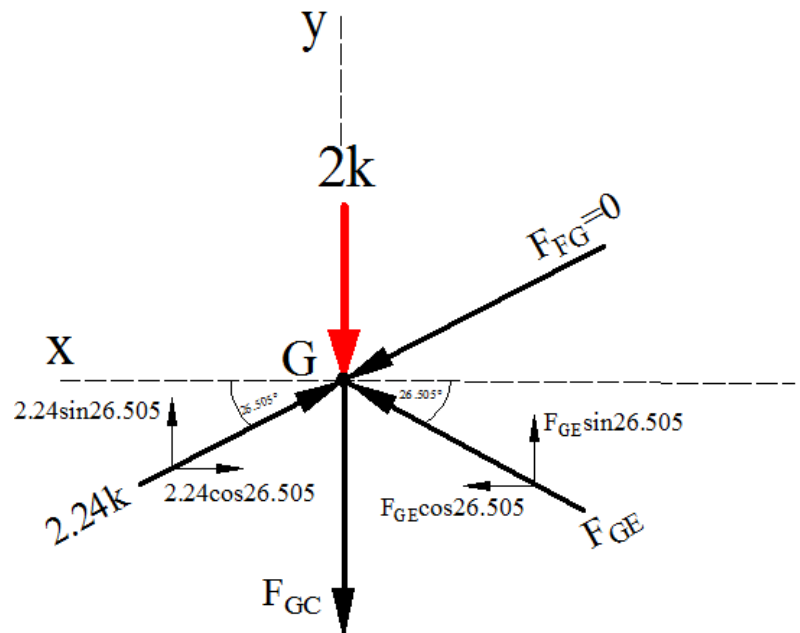
$$2.24\cos 26.505 - F_{GE}\cos 26.505 = 0$$

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

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow$$

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

$$F_{GC} = 0$$



**Joint E:**

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

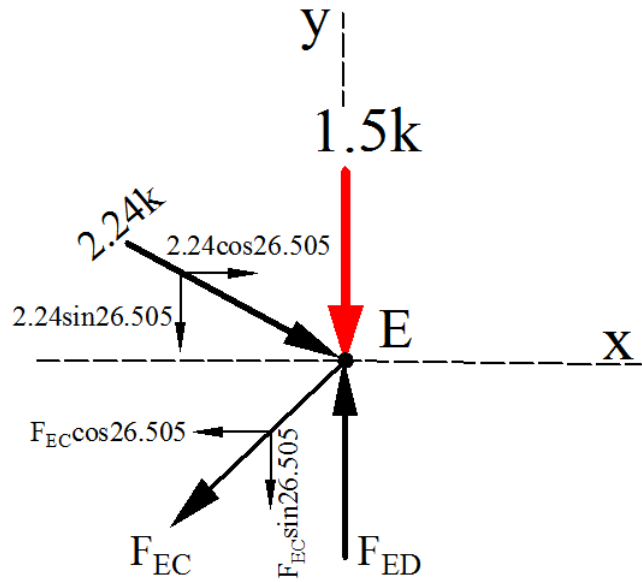
$$2.24\cos 26.505 - F_{EC}\cos 26.505 = 0$$

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

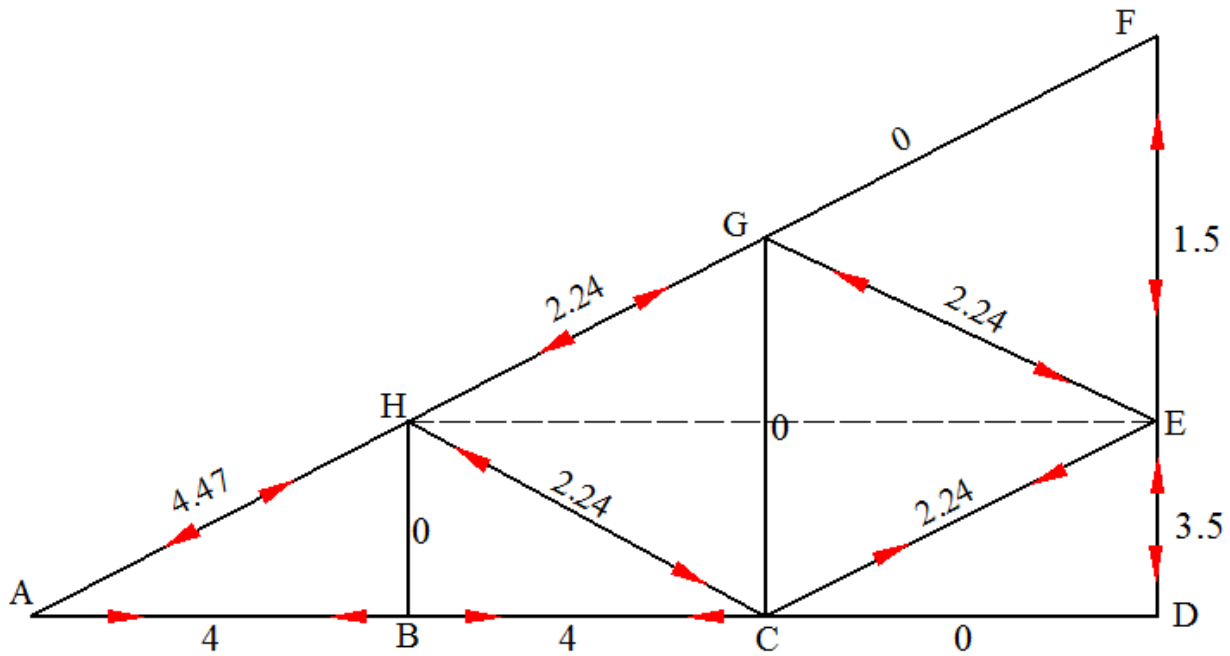
$$\sum F_Y = 0 \rightarrow$$

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

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

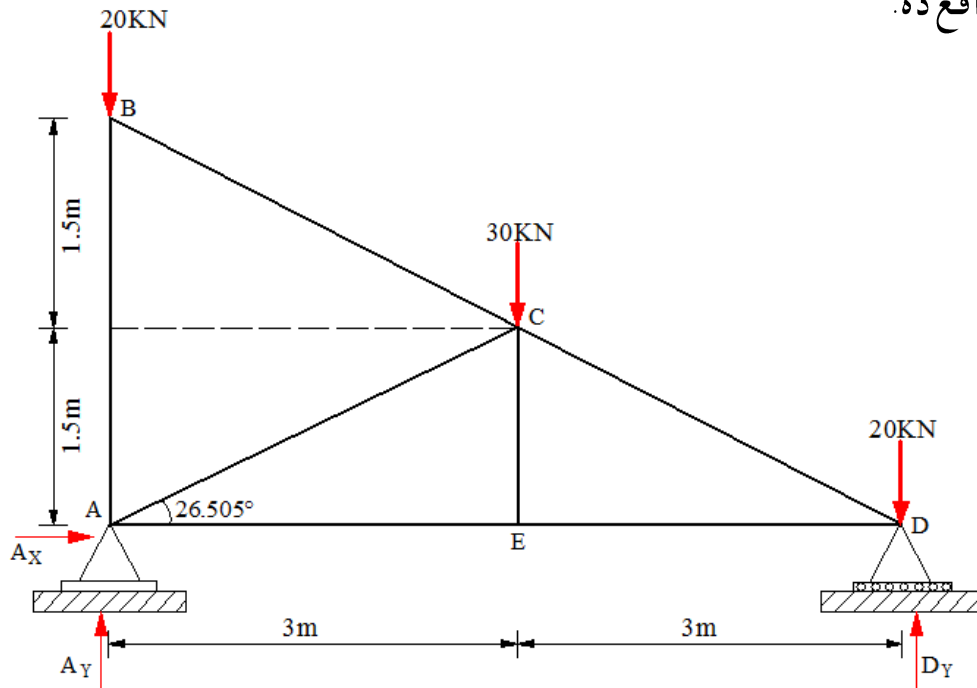


**Force Diagram:**





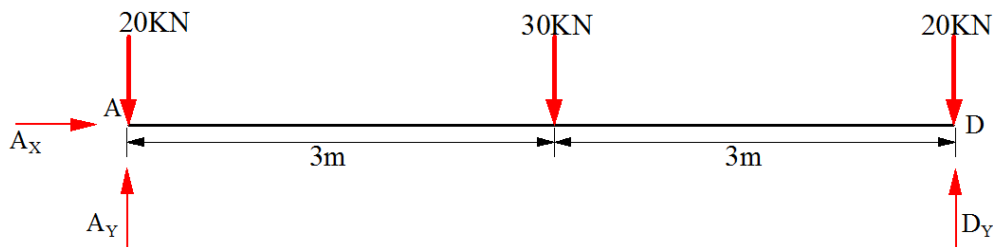
مثال: 3 د ورکړل شوي ترس په ټولو برخو کې قوي پيدا کړي او وښايي چي کومه برخه په کشش يا فشار کې واقع ده.



حل:

$$S.I = m + r - 2j = 7 + 3 - (2 \cdot 5) = 0 \quad (\text{معین ستاتیکی سیستم})$$

اتکائی عکس العملونه : ( Support Reactions )



$$\sum M_D = 0 \rightarrow 6A_Y - (20 \cdot 6) - (30 \cdot 3) = 0 \rightarrow A_Y = 35 \text{ kN}$$

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow 35 + D_Y - 20 - 30 - 20 = 0 \rightarrow D_Y = 35 \text{ kN}$$

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

**Joint D:**

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow$$

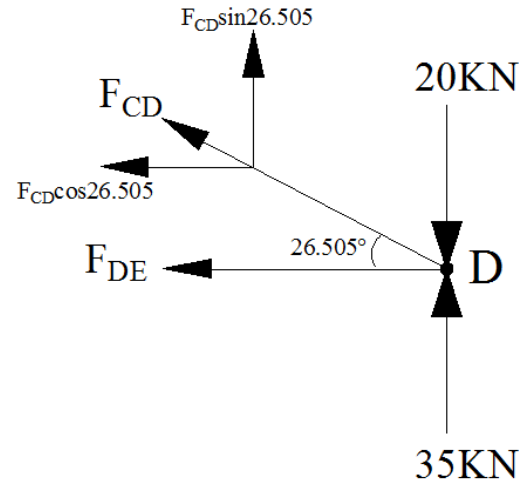
$$35 + F_{CD}\sin 26.505 - 20 = 0$$

$$F_{CD} = -33.5 \text{ kN (Compression)}$$

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

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

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

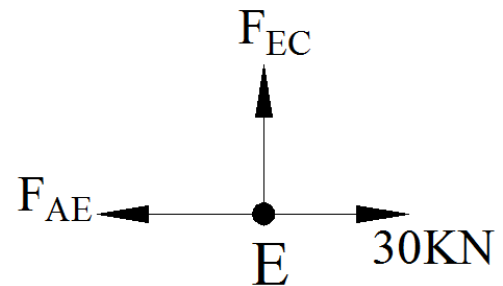
**Joint E:**

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow$$

$$F_{EC} = 0$$

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

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

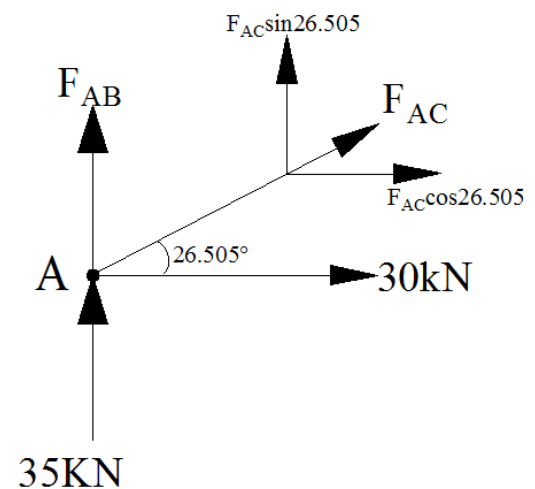
**Joint A:**

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

$$F_{AC} = -33.5 \text{ kN (compression)}$$

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

$$F_{AB} = -20 \text{ (compression)}$$

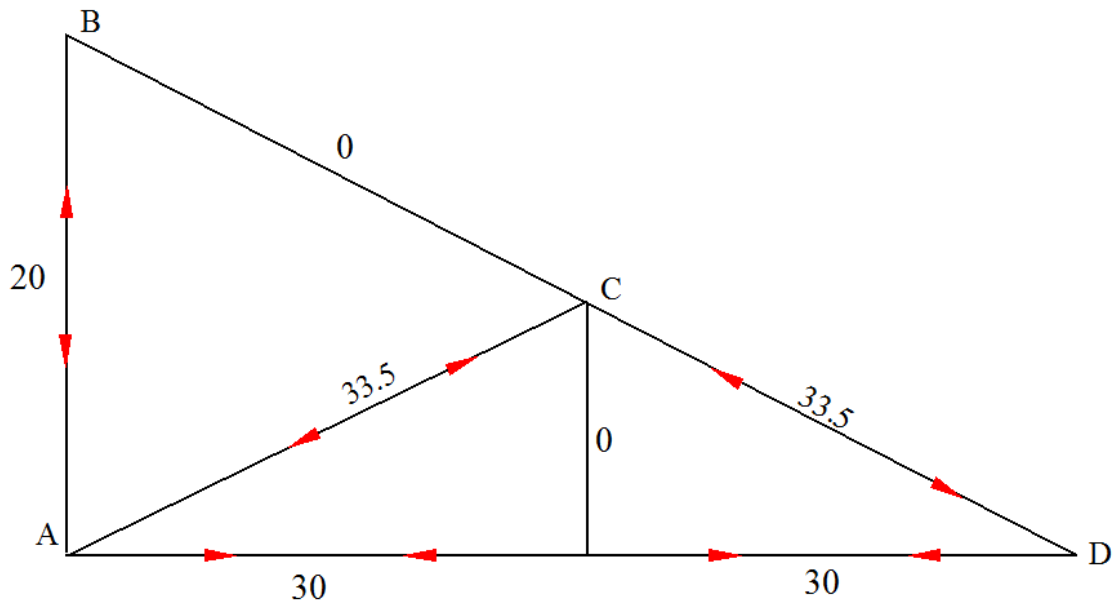


**Joint B:**

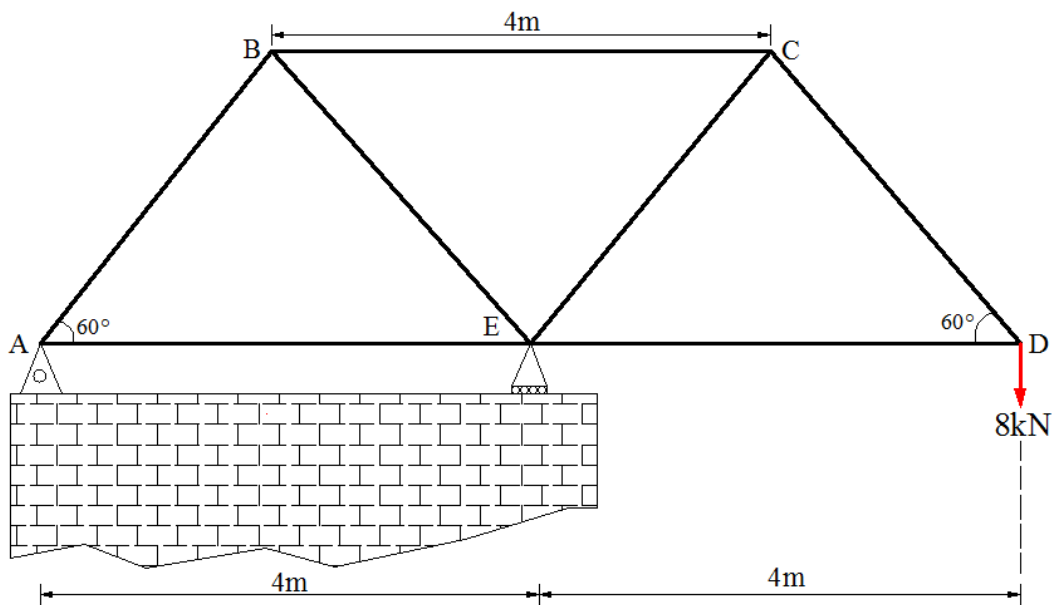
$$\sum F_X = 0 \rightarrow +F_{BC}\cos 26.505 = 0$$

$$F_{BC} = 0$$

Force Diagram:

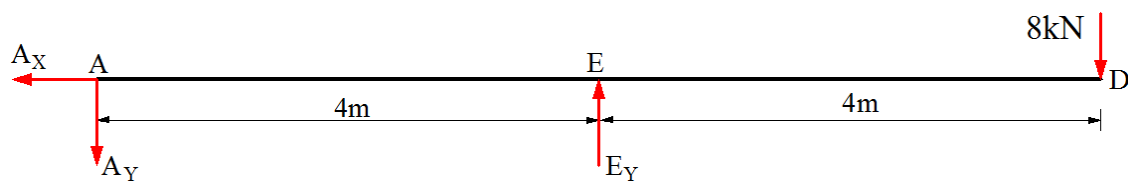


مثال: 4 ورکړ شوي ترس په ټولو برخو کې قوي پيدا کړی او وښايي چې کومه برخه په کشش يا فشار کې واقع ده.  $P=8\text{KN}$



حل: جواينټ ميتود:

اتکايي عکس العملونه (Support Reactions)



$$\sum M_E = 0 \rightarrow -4A_Y + (8 \cdot 4) = 0 \rightarrow A_Y = 8\text{kN}$$

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow -8 + E_Y - 8 = 0 \rightarrow E_Y = 16\text{kN}$$

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

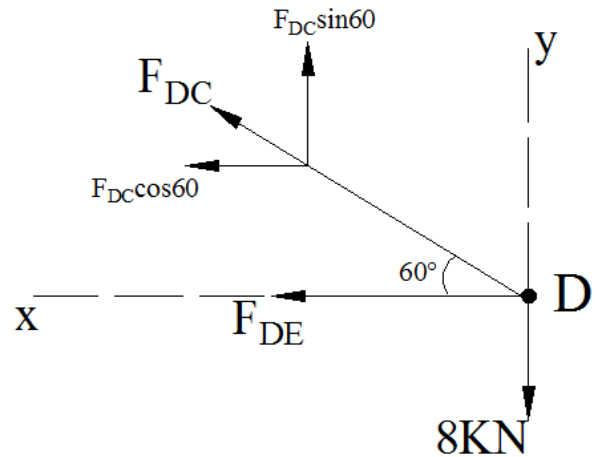
**Joint D:**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{DC}\sin 60 - 8 = 0$$

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

$$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_{DE} - 9.24\cos 60 = 0$$

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

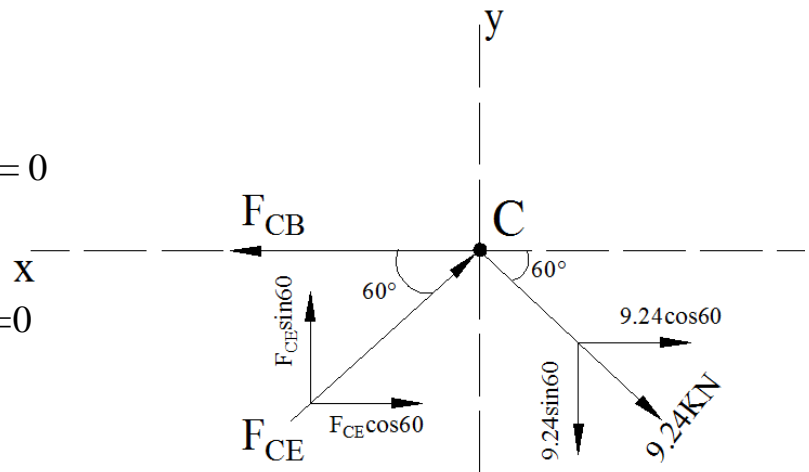
**Joint C:**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{CE}\sin 60 - 9.24\sin 60 = 0$$

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

$$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_{CB} + 2(9.24\cos 60) = 0$$

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

**Joint B:**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{BE}\sin 60 - F_{BA}\sin 60 = 0$$

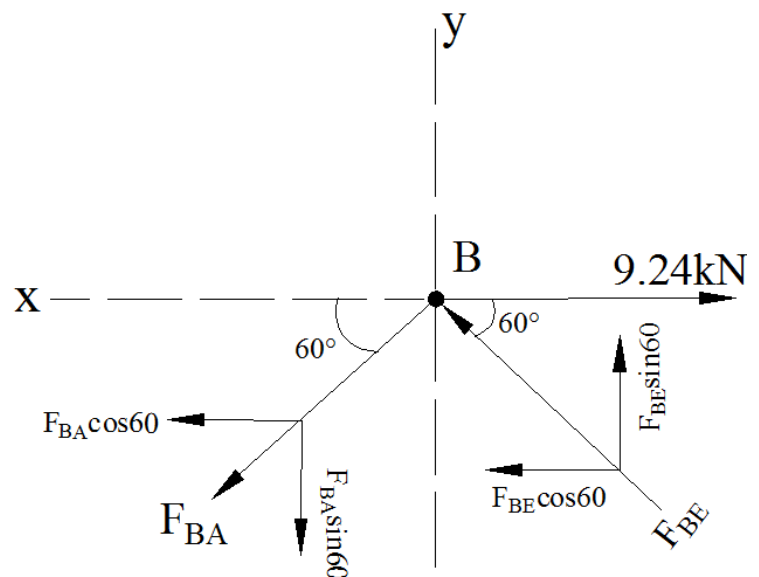
$$F_{BE} = F_{BA}$$

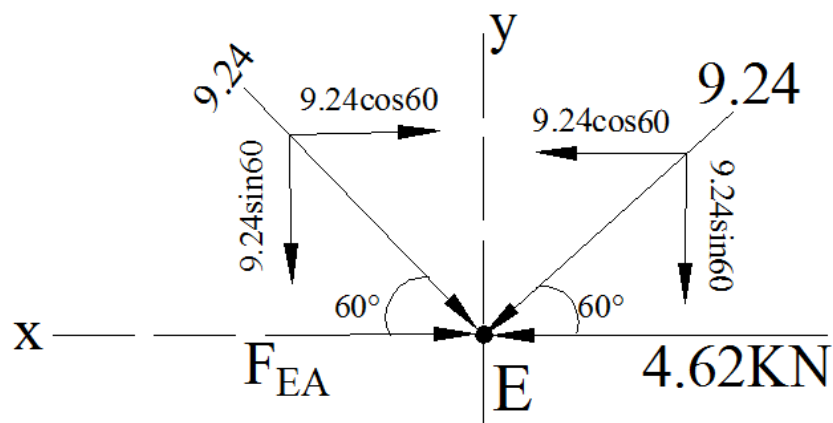
$$\sum F_x = 0 \rightarrow 9.24 - 2F\cos 60 = 0$$

$$F = 9.24 \text{ KN}$$

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

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



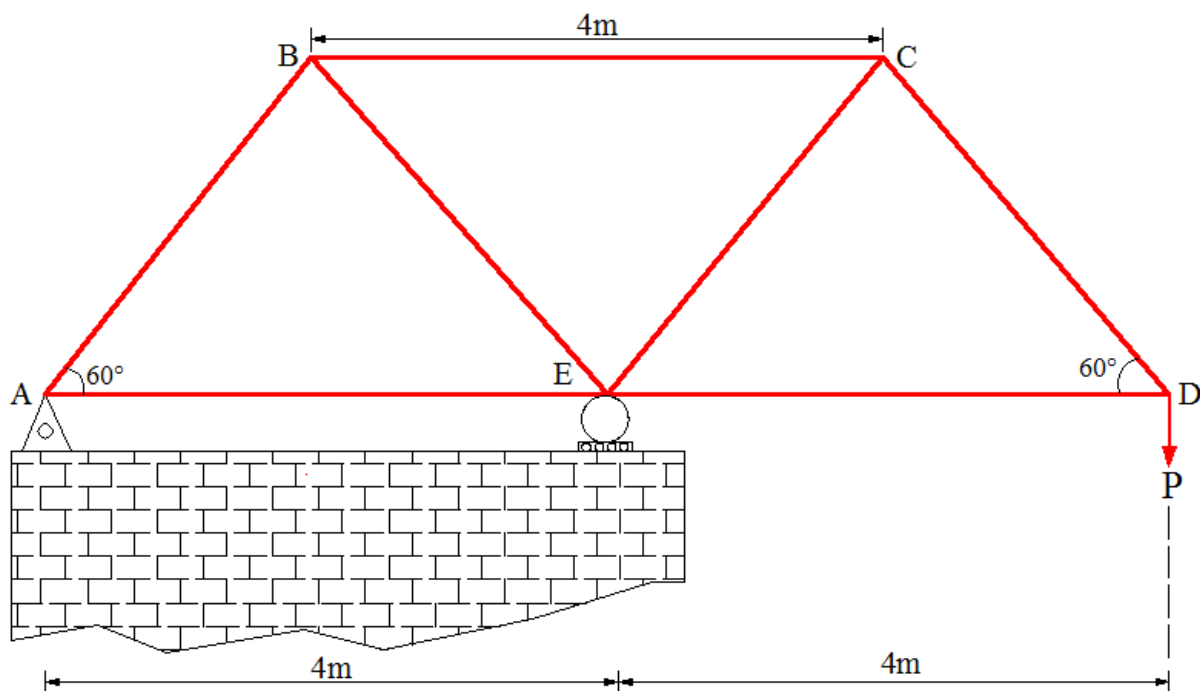


**Joint E:**

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{EA} + 9.24 \cos 60 - 9.24 \cos 60 - 4.62 = 0$$

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

مثال: 5 که چیری په بنودل شوی ترس کی د هری میلی 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 .

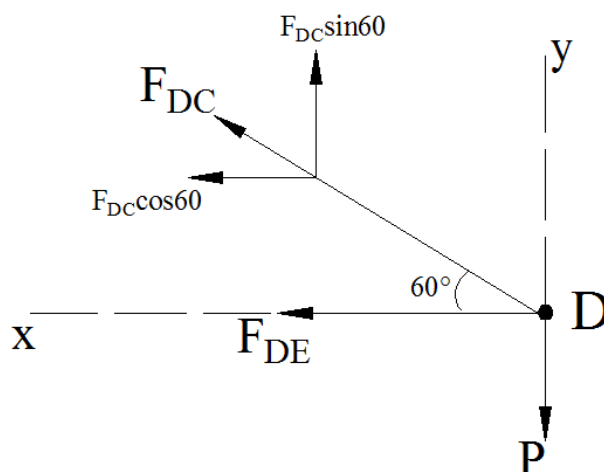
### Joint D:

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

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

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

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



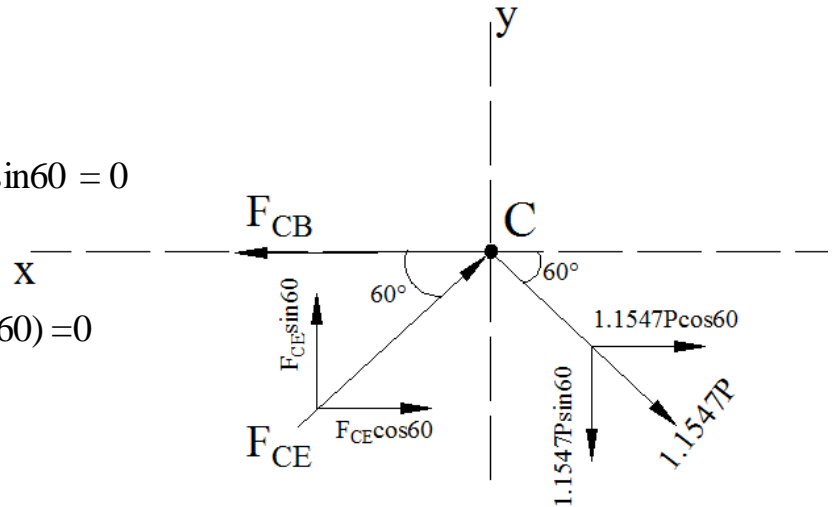
**Joint C:**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{CE}\sin 60 - 1.1547P\sin 60 = 0$$

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

$$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_{CB} + 2(1.1547P\cos 60) = 0$$

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

**Joint B:**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow +F_{BE}\sin 60 - F_{BA}\sin 60 = 0$$

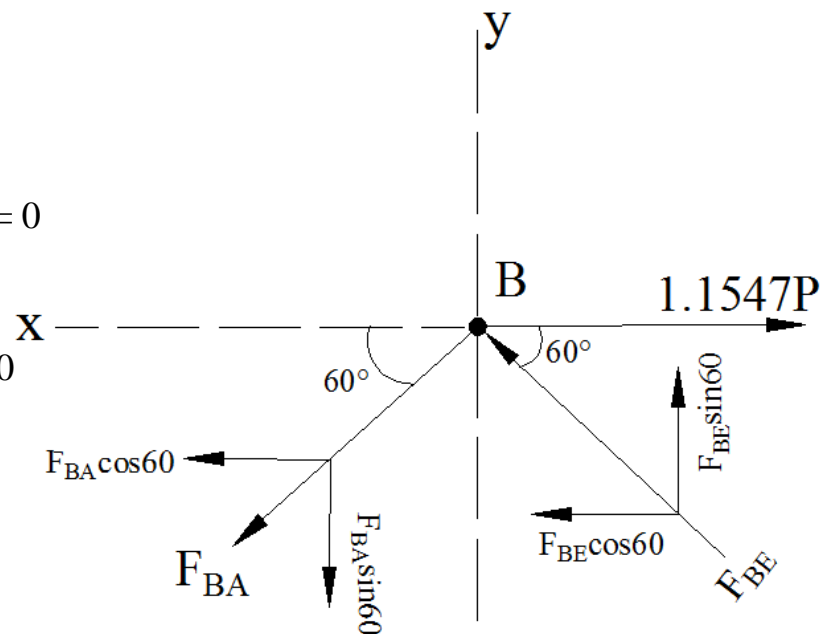
$$F_{BE} = F_{BA}$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow 1.1547P - 2F\cos 60 = 0$$

$$F = 1.1547P$$

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

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

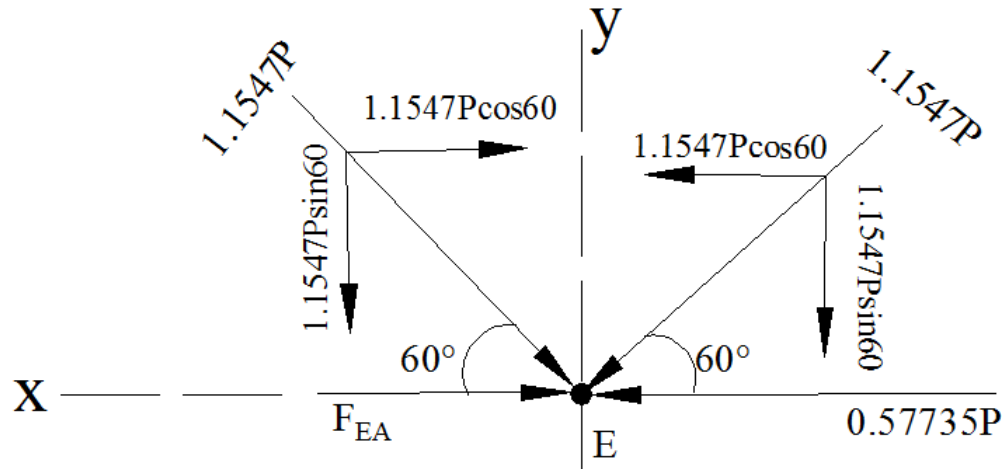




**Joint E:**

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{EA} + 1.1547P \cos 60 - 1.1547P \cos 60 - 0.57735P = 0$$

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



پورتنی تحلیل خخه پوهیرو

اعظمی کششی قوه =  $1.1547P$

اعظمی فشاری قوه =  $1.1547P$

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

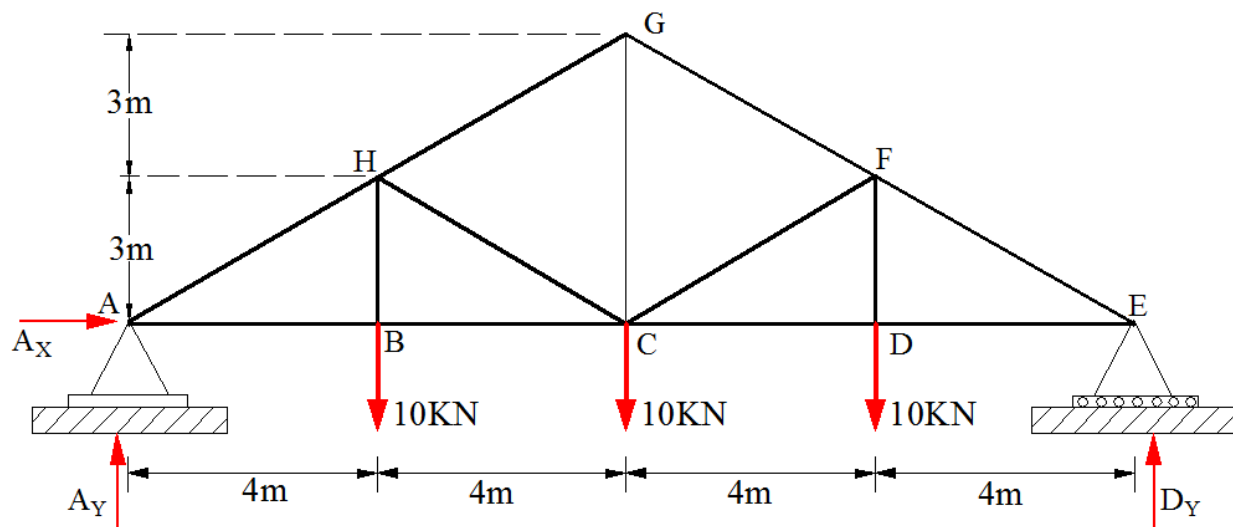
$$P = 6.93 \text{KN}$$

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

$$P = 5.20 \text{KN}$$

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

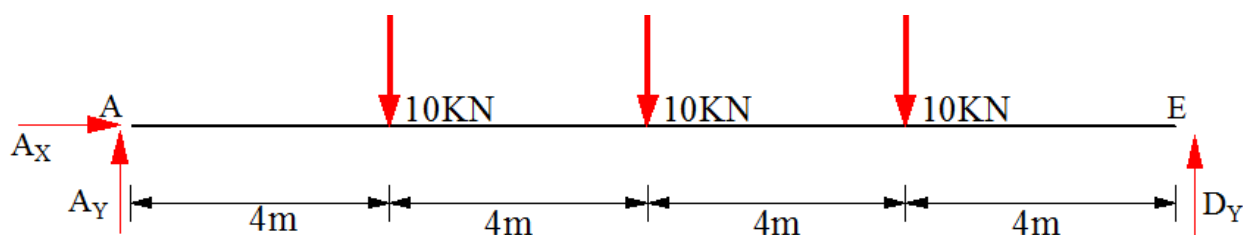
مثال: 6 د لاتدی ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کی داخلی قوی محاسبه کړی؟ او وښائی کوم غړې ئی په کشش یا فشار کی واقع دې؟ (د غوتو طریقہ)



حل:

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

2) اتکائی غیرگونونه



$$\sum M_D = 0 \rightarrow 16A_Y - (10 \cdot 12) - (10 \cdot 8) - (10 \cdot 4) = 0 \rightarrow A_Y = 15 \text{ kN}$$

$$\sum F_Y = 0 \rightarrow 15 + D_Y - 10 - 10 - 10 = 0 \rightarrow D_Y = 15 \text{ kN}$$

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

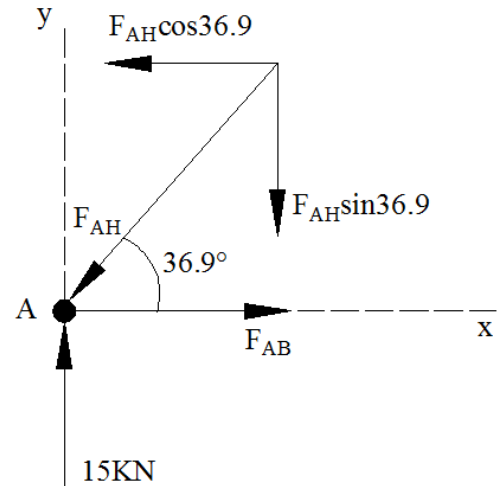
**Joint A:**

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

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

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

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

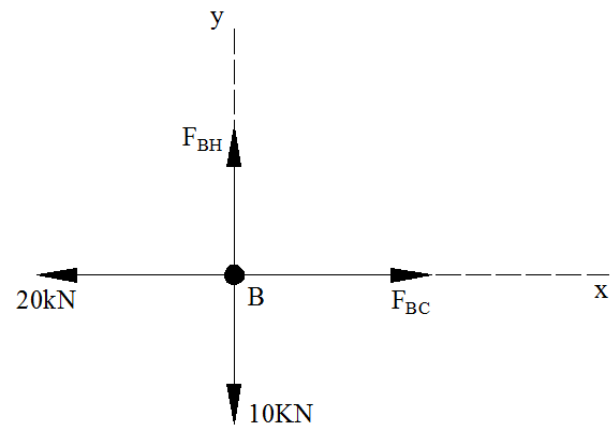
**Joint B:**

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

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

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

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

**Joint H:**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow$$

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

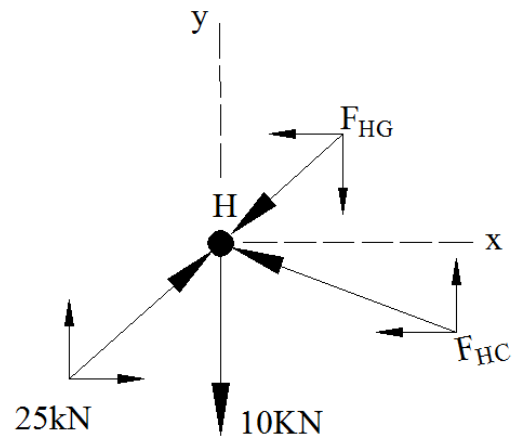
$$-0.6F_{HG} + 0.6F_{HC} + 15 = 0 \dots \dots (1)$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow$$

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

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

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



**Joint G:**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow$$

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

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

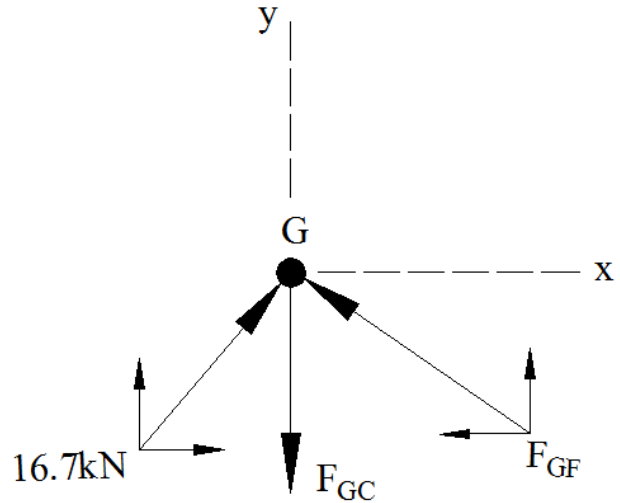
$$\sum F_x = 0 \rightarrow$$

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

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

Putting in Equation (1) we get

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

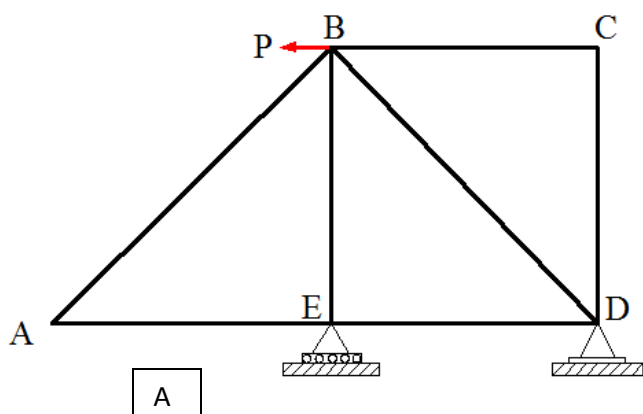


## هغه ميلی چي قوی پکی صفر وی (Zero Force Members)

د ترسونو تحلیل د جوائنټ میتود په استعمال ډیر اسانیکي که چیري لومړی په دی وتوانیگو هغه ميلی چي قوی نه زغمی په گوته کوڅکه دا ميلی په ترسونو کی د بارونو انتقال پر ځائی Stability لپاره استعمالیږی . او په لاندی ډول محاسبه کیږی .

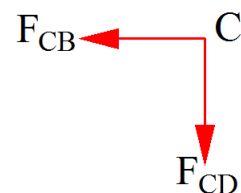
### 1) لومړی حالت :

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



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

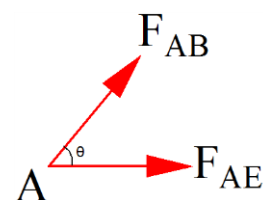
$$\sum F_Y = 0 \rightarrow F_{CD} = 0$$



همدا رنگه A غوټی سره تړلی ميلو کی هم قوی صفر دی

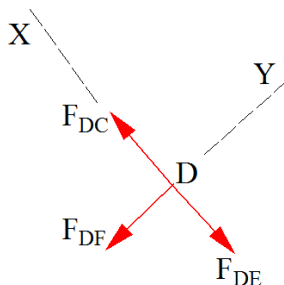
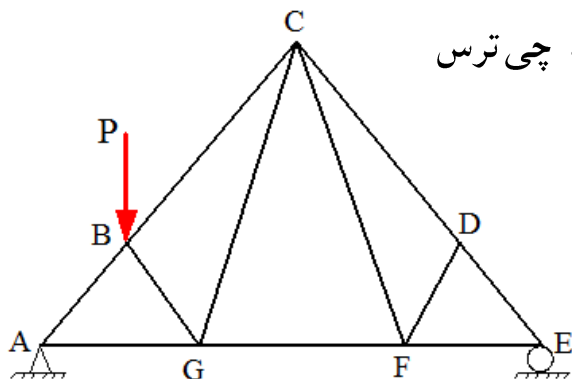
$$\sum F_Y = 0 \rightarrow F_{AB} \sin \theta = 0 \rightarrow F_{AB} = 0$$

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



### 2) دوئم حالت :

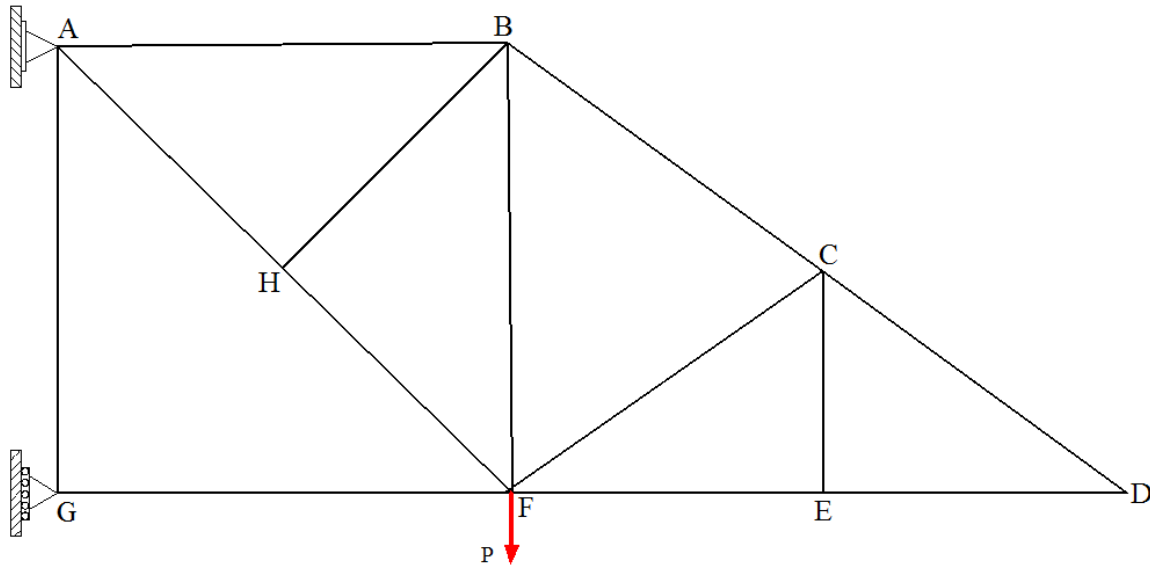
قوی نه لرونکی ميلی په هغه حالت کی هم پیدا کیږی کله چي ترس د D جوائنټ په څیر هندسی شکل ولری .



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

$$F_{CF} = 0 \text{ همدارنگه}$$

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

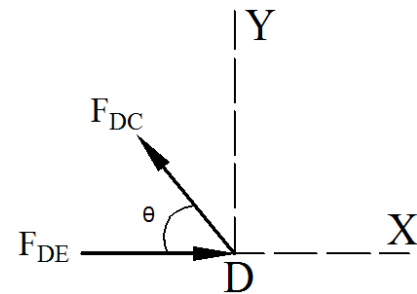


حل:

#### Joint D:

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

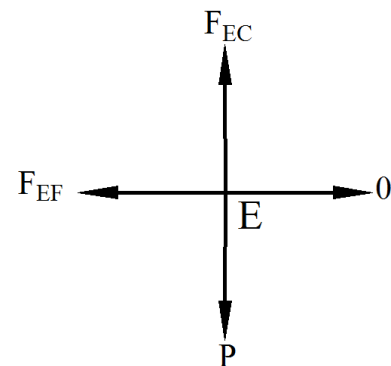
$$\sum F_X = 0 \rightarrow F_{DE} - (0) \cos \theta = 0 \rightarrow F_{DE} = 0$$



#### Joint E:

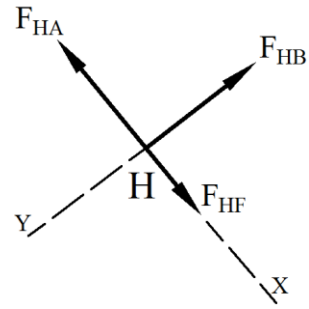
$$\sum F_Y = 0 \rightarrow F_{EC} - P = 0 \rightarrow F_{EC} = P$$

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



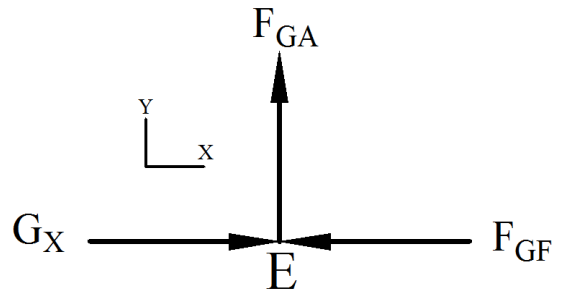
**Joint H:**

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



**Joint G:**

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



قوی نہ لرونکی غری Zero force Members

GA, HB, EF, DE, and DC

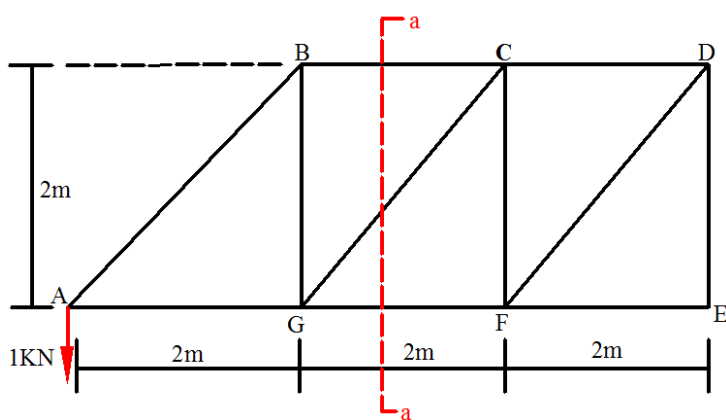
## (د ترسونو تحلیل لپاره د قطعي طريقه) Analysis of truss using method of section

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

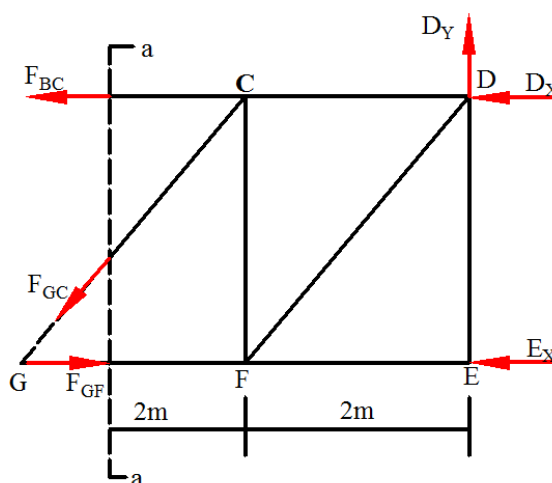
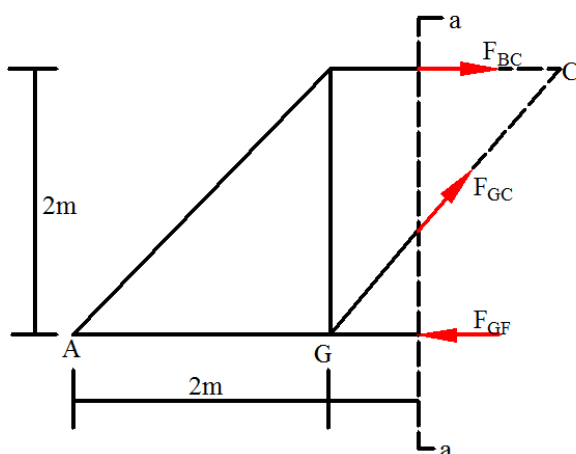
په نوموړی میتود کی یو فرضی خط ( قطعي ) د ترس څخه تیریگی او ترس په دوو برخو وویشل کیږی او هری برخه لپاره تعادل په پام کی نیولو سره نامعلومی قوی محاسبه کیږی .

د قطعي اخیستو کی باید ډیر دقت څخه کار واخیستل شی او له داسی ځی قطع واخیستل شی چی له دري نامعلومو میلو څخه پکی زیاتي میلی غوڅی نه شی .

بیلگه :



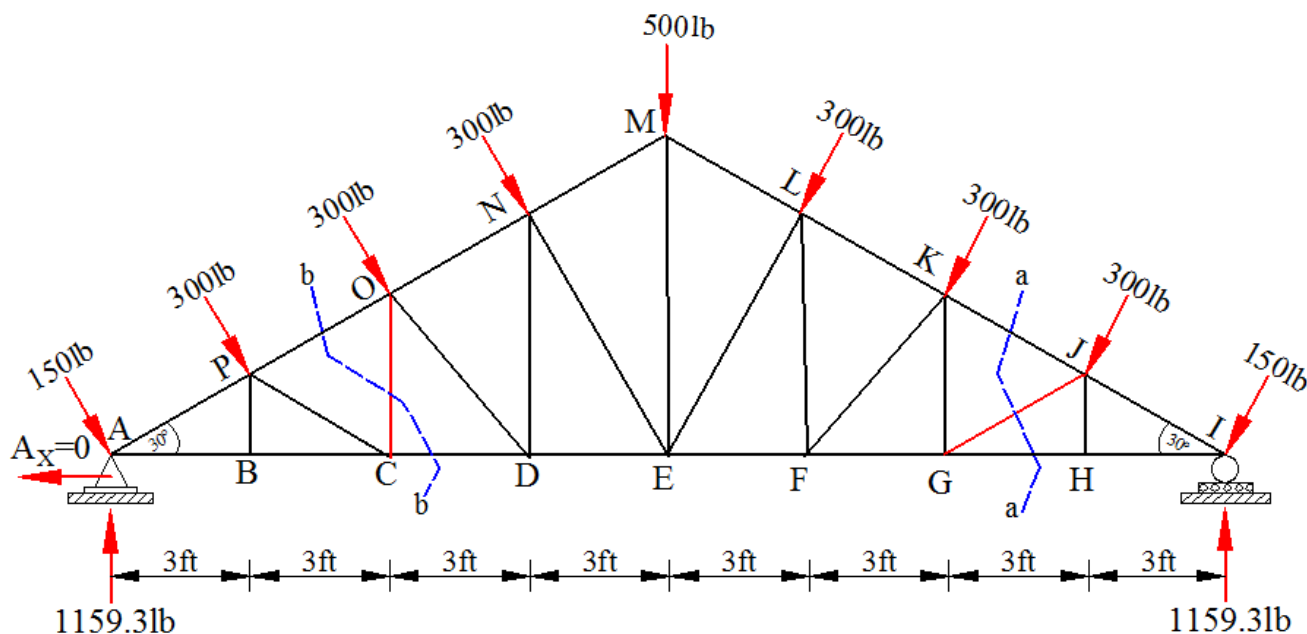
که چیری د ترس په GC میله کی قوه پیدا کول غواړو باید د BC او GF ترمینځ قطع (a-a) واخلوڅکه د دوه نامعلومی قوی لرونکی میلی غوڅوی . د هری میلی قوه به د هغه میلی په محور عمل کوی .







مثال 1: په انځور کې د ښودل شوی ترس په GJ او CO غړیو کې قوی محاسبه کړی او وښائی کوم یو په کشش یا فشار کې واقع دی. اتکائی غیرگونونه محاسبه شوی دی. نور معلومات په لاندې ډول دی.



حل:

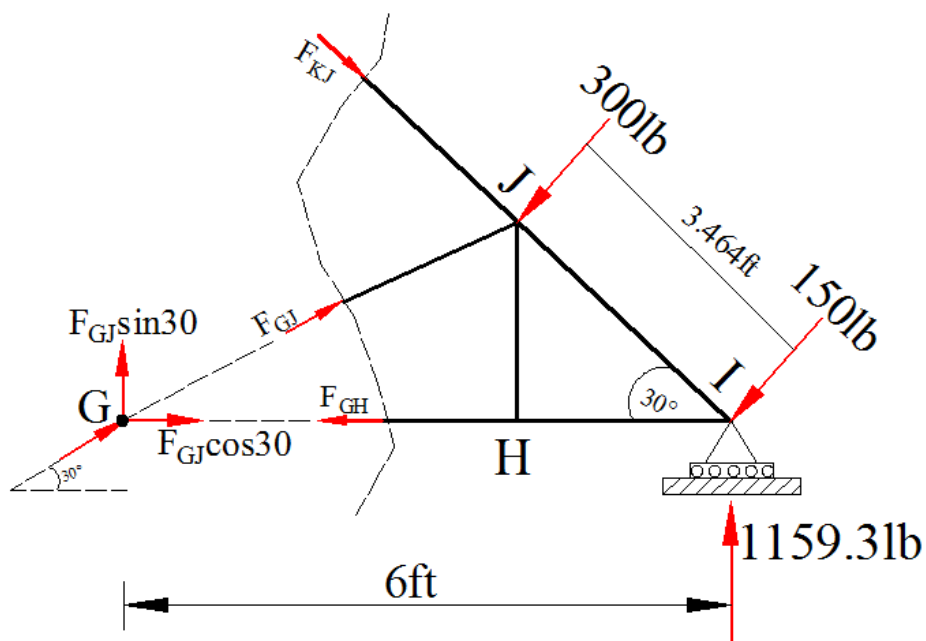
په GJ غړی کې داخلي قوه پیدا کولو لپاره a-a قطع په پام کې نیسو. د نوموړې قطعي ښی اړخ لاندې ښودل شوی دی.

$$\sum M_I = 0 \rightarrow 6F_{GJ}\sin 30 - (300 \cdot 3.464) = 0$$

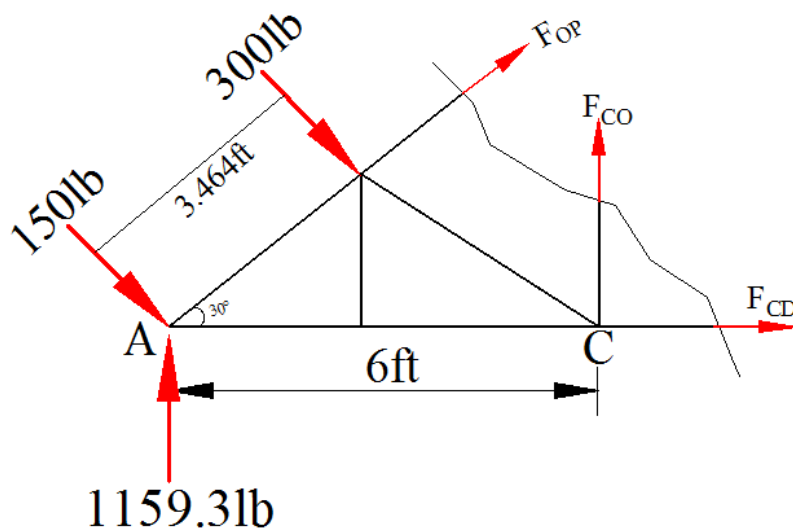
$$6F_{GJ}\sin 30 - (300 \cdot 3.464) = 0$$

$$F_{GJ} = \frac{300 \cdot 3.464}{6\sin 30}$$

$$F_{GJ} = 346 \text{ lb (compression)}$$



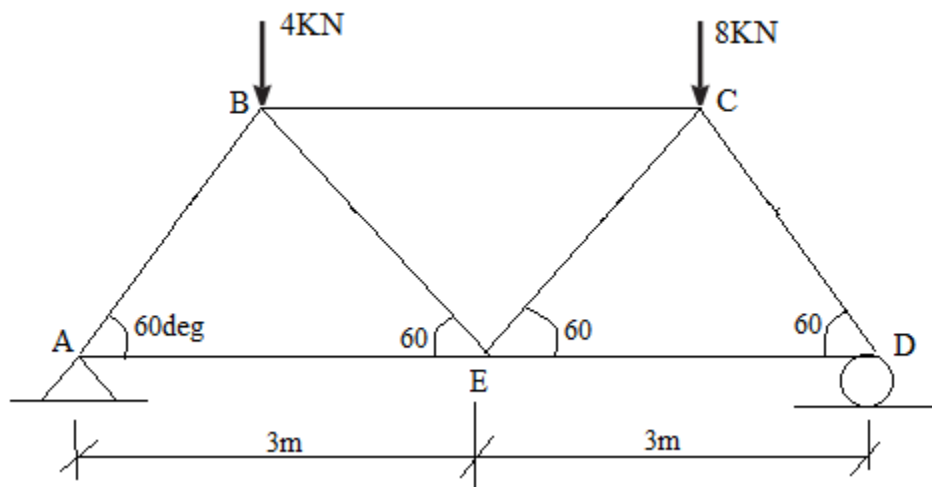
پہ CO غری کی داخلی قوہ پیدا کولو لپارہ b-b قطع پہ پام کی نیسو .



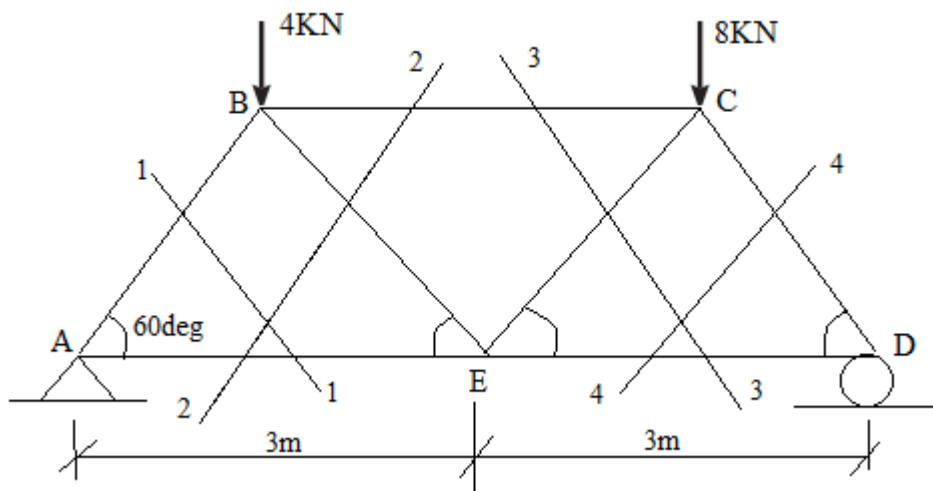
$$\sum M_A = 0 \rightarrow 6F_{CO} + (300 \cdot 3.464) = 0$$

$$F_{CO} = 173 \text{ lb (Tension)}$$

مثال 2: د لاندې ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کې داخلي قوی محاسبه کړی؟



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



$$\sum M_D = 0$$

$$12R_A - (4 \times 4.5) - (8 \times 1.5) = 0 \rightarrow R_A = 5 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$5 + R_D - 8 - 4 = 0 \rightarrow R_D = 7 \text{ KN}$$

سکشن 1-1

$$\sum F_y = 0$$

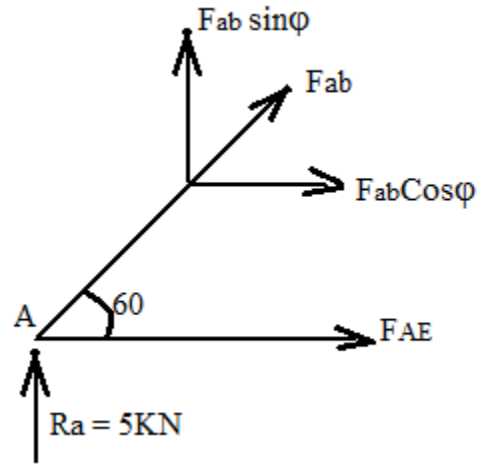
$$F_{AB} \sin 60 + 5 = 0$$

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

$$\sum F_x = 0$$

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

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



سکشن 4-4

$$\sum F_y = 0$$

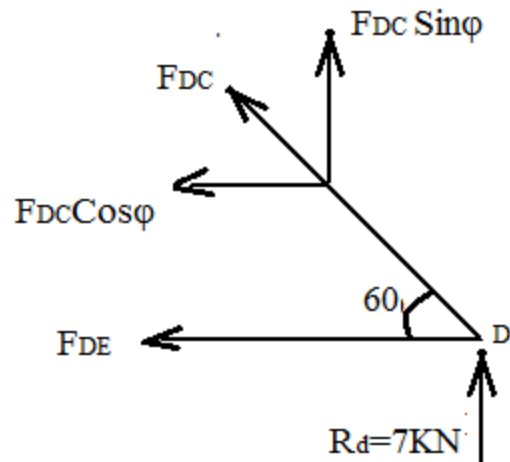
$$F_{DC} \sin 60 + 7 = 0$$

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

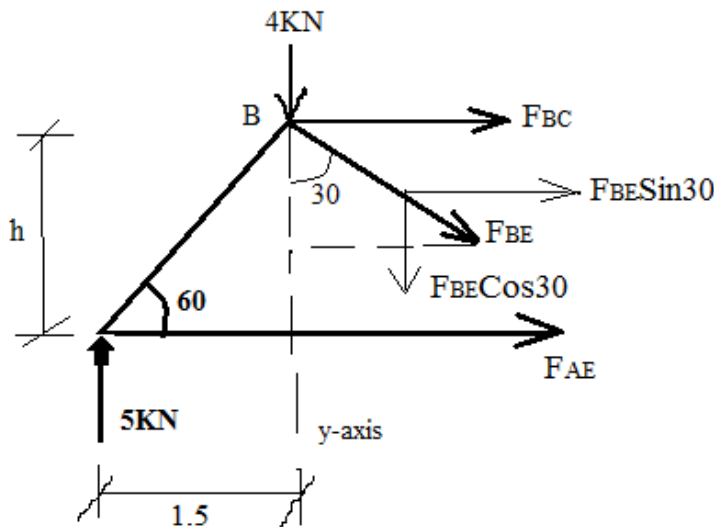
$$\sum F_x = 0$$

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

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



سکشن 2-2



$$\tan \phi = \frac{h}{1.5}$$

$$h = \tan 60 (1.5)$$

$$h = 2.6 \text{m}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$5 - 4 - F_{BE} \cos 30 = 0$$

$$F_{BE} = 1.15 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$(4 \times 1.5) + (1.15 \cos 30 \times 1.5) + (1.15 \sin 30 \times 2.6) + 2.6 F_{BC} = 0$$

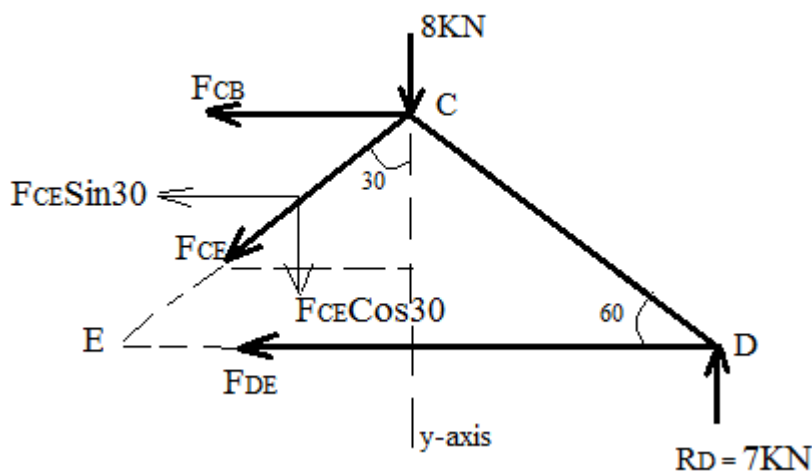
$$F_{BC} = -3.5 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{AE} + (1.15 \sin 30) - 3.5 = 0$$

$$F_{AE} = 2.9 \text{ kN}$$

سکشن 3-3



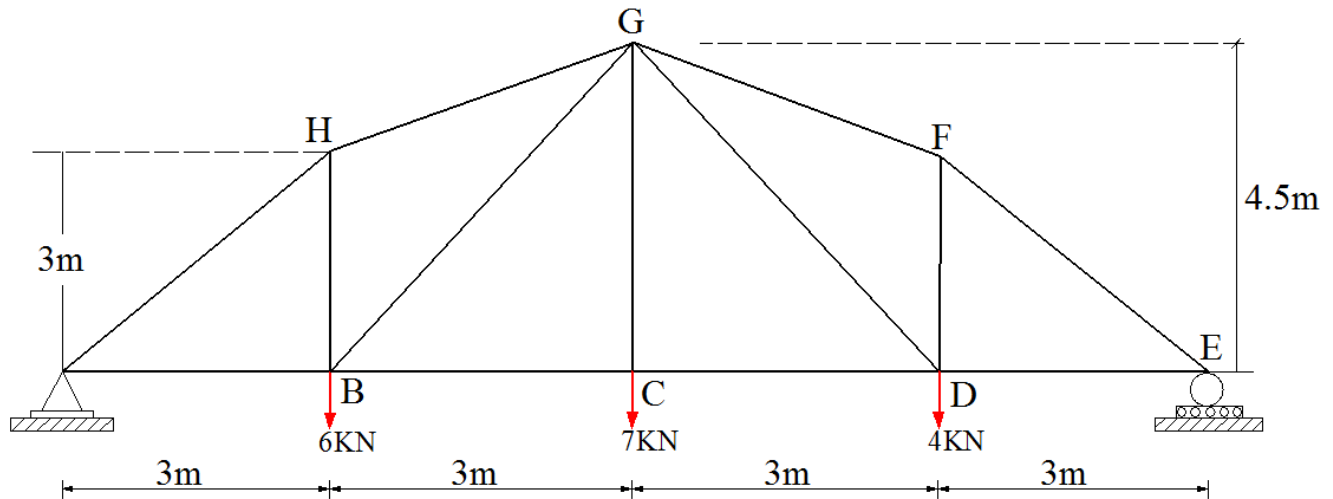
$$\sum F_y = 0$$

$$7 - 8 - F_{CE} \cos 30 = 0$$

$$F_{CE} = -1.15 \text{ kN}$$

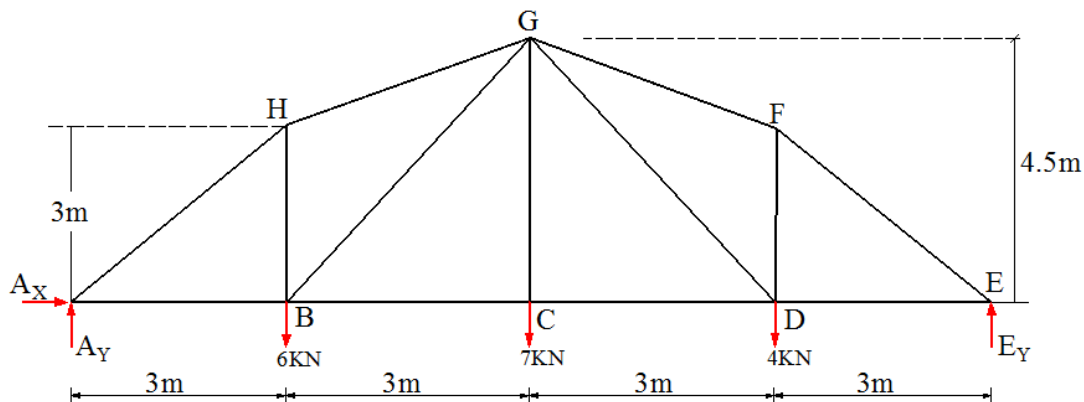
عناصر	قوى	ڊولونه
AB	5.77	فشار
AE	2.88	کشش
BC	3.5	فشار
BE	1.15	کشش
DE	4.04	کشش
DC	8.08	فشار
CE	1.15	فشار

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



حل:

1) اتکائي عکس العملونه پيدا کوو



$$\sum M_E = 0$$

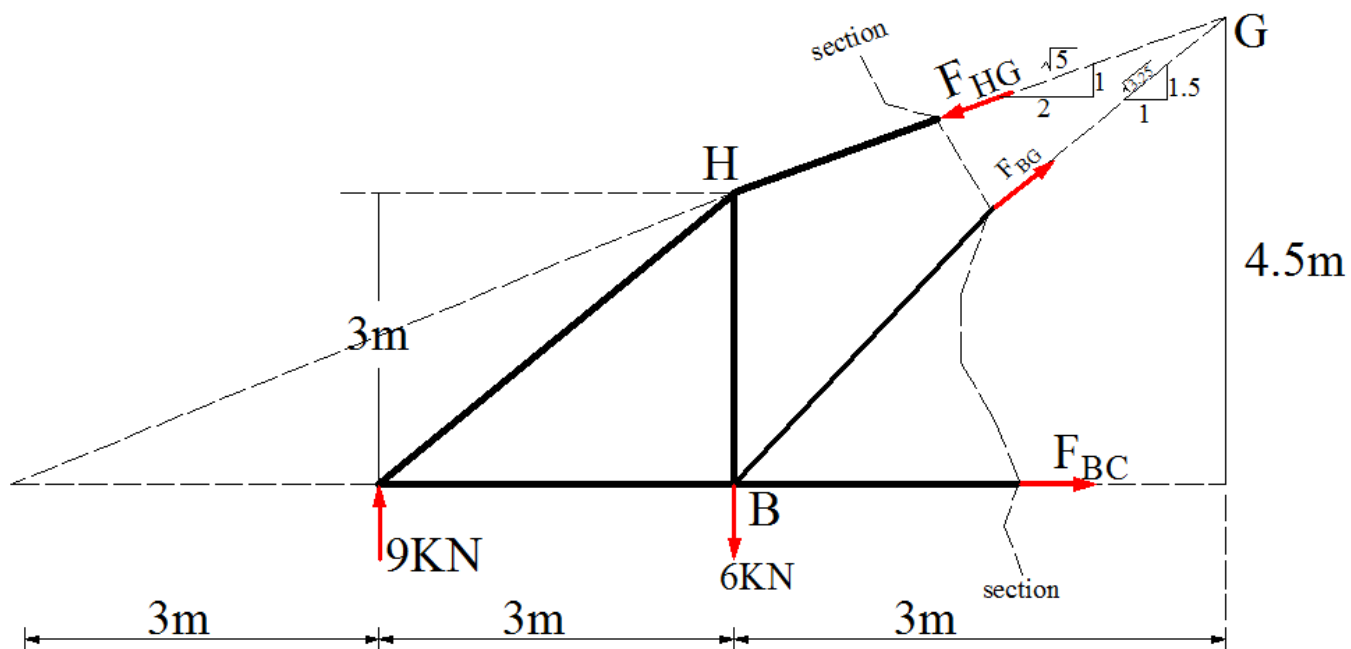
$$12A_Y - (6 \cdot 9) - (7 \cdot 6) - (4 \cdot 3) = 0 \rightarrow A_Y = 9 \text{ kN}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$9 + E_Y - 6 - 7 - 4 = 0 \rightarrow E_Y = 8 \text{ kN}$$

$$\sum F_X = 0$$

$$A_X = 0$$



Method of Section:

$$\sum M_G = 0$$

$$F_{BC} (4.5) + (6 \cdot 3) - (9 \cdot 6) = 0$$

$$F_{BC} = 8 \text{ kN (T)}$$

$$\sum M_B = 0$$

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

$$F_{HG} = 10.1 \text{ kN (C)}$$

$$\sum M_o = 0$$

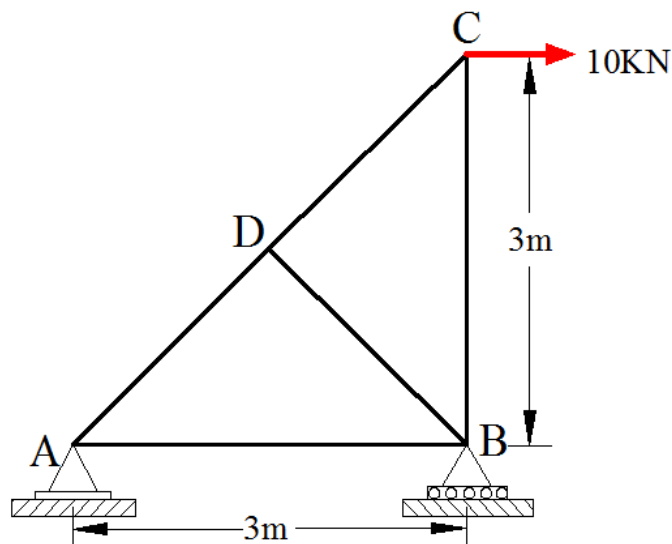
$$F_{BG} \left( \frac{1.5}{\sqrt{3.25}} \right) (6) + (9 \cdot 3) - (6 \cdot 6) = 0$$

$$F_{BG} = 1.8 \text{ kN (T)}$$

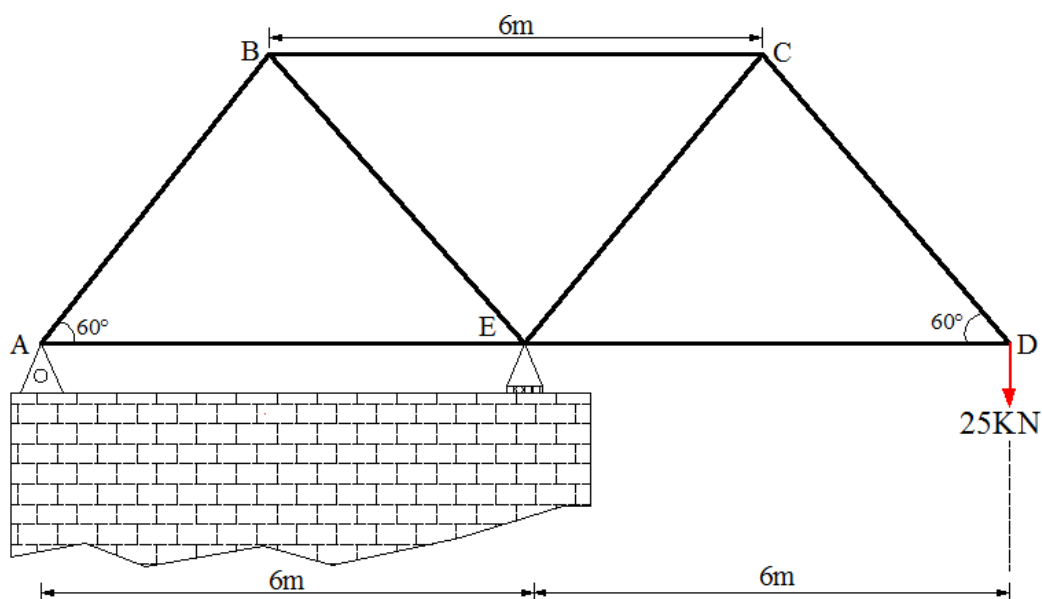


## تمرین (Exercise)

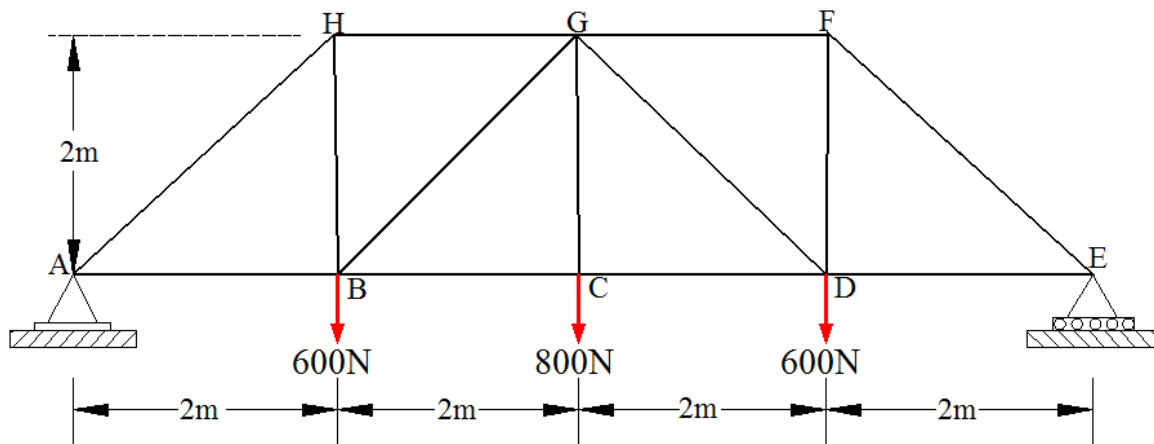
- 1) د لاندی ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کی داخلی قوی محاسبه کړی؟ او وښائی چی په کشش کی واقع دی او که فشار؟ (د غوتو طریقہ)



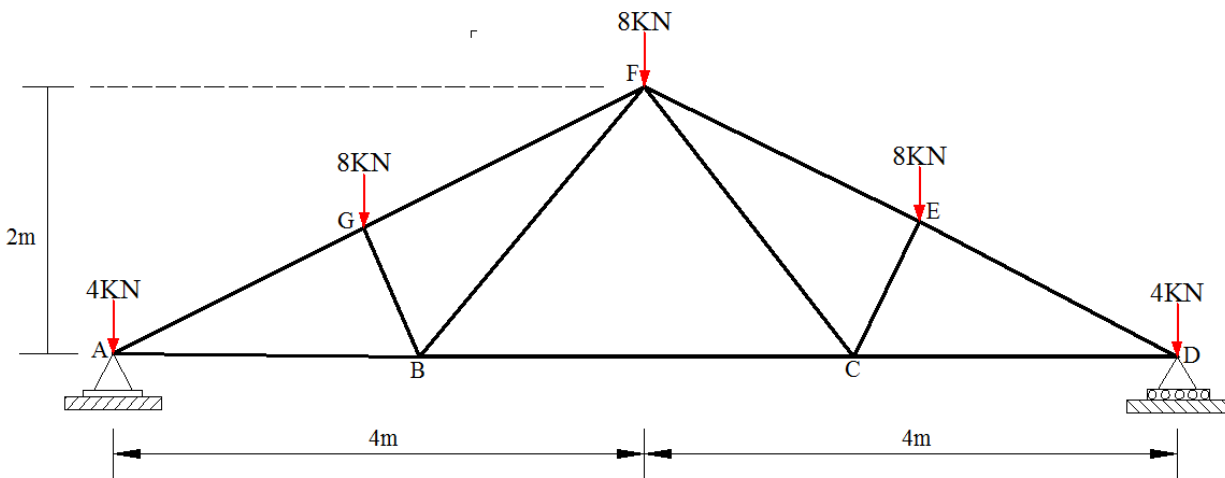
- 2) د لاندی ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کی داخلی قوی محاسبه کړی؟ او وښائی کوم غړې ئی په کشش یا فشار کی واقع دي؟ (د غوتو طریقہ)



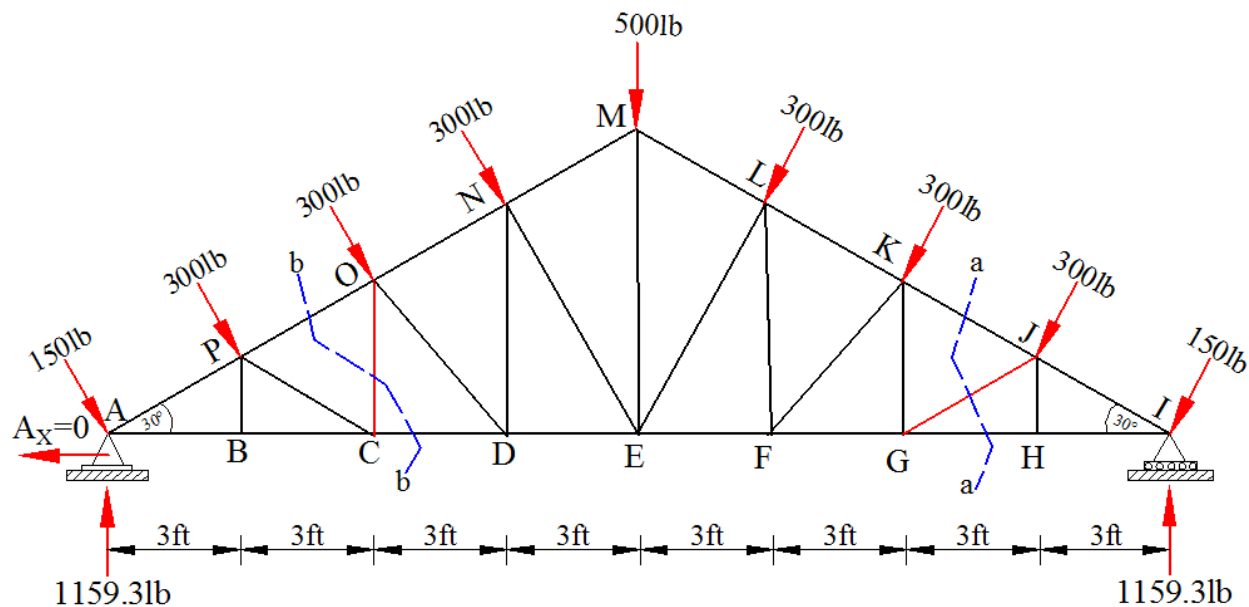
3) د لاندې ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کې داخلي قوی محاسبه کړی؟ او وښائی کوم غړې ئی په کشش یا فشار کې واقع دي؟ (د غوتو طریقه)



4) د لاندې ورکړ شوی ترس په ټولو میلو کې داخلي قوی محاسبه کړی؟ او وښائی کوم غړې ئی په کشش یا فشار کې واقع دي؟ (د غوتو طریقه)  $AG=GF=FE=ED$



5. په شکل کی د بنودل شوی ترس په OD او KF غړیو کی قوی محاسبه کړی او وینائی کوم یو په کشش یا فشار کی واقع دی. اتکائی غیرگونونه محاسبه شوی دی. نور معلومات په لاندی ډول دی.



## اتم خپرکی

### Methods of deflection

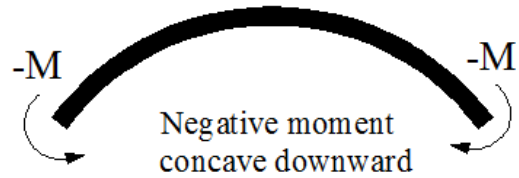
په دی فصل کی د مختلفو ګاډرونو د اتکاگانو یا اتکاگانو ترمینځ په یوه نقطه کی د ناستی (deflection) او میلان (Slope) په اړه بحث کوو .

دا ډول ستونځی (deflection and slope) په ساختمانونو کی د بارونو له امله او یا هم د تودوخی تغیراتو له امله رامینځ ته کیږی او ساختمانونه د ویجاړتیا سره مخامخ کوی. د ساختمانونو استواری (stability) او دوام لپاره باید 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 کانکریت، پلستر او خبستو کی درزونه پیدا کوی او ساختمان دائمی ستونځو سره مخامخ کوی. همدارنگه یو ساختمان باید دومره لږزه ونکی چی اوسیدونکی ئی نارامی محسوس کی. کومه ناسته چی په دی فصل کی تر خپرنی 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 زورونو لکه نارملی قوه ، عرضی قوه ، او د کوډوالی مومنټ له امله پیدا کیږی خو په ګاډرونو او چوکاټونو کی زیاتره وخت د کوډوالی مومنټ له امله رامینځ ته کیږی همدارنگه په ترسونو کی داخلی محوری قوی د ساختمان د کوډوالی او ناستی لامل ګرځی.

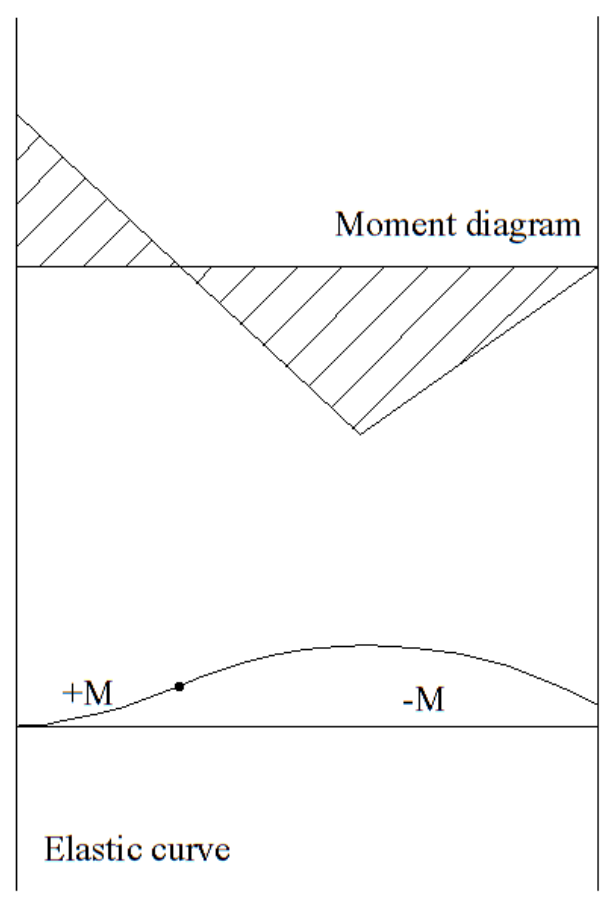
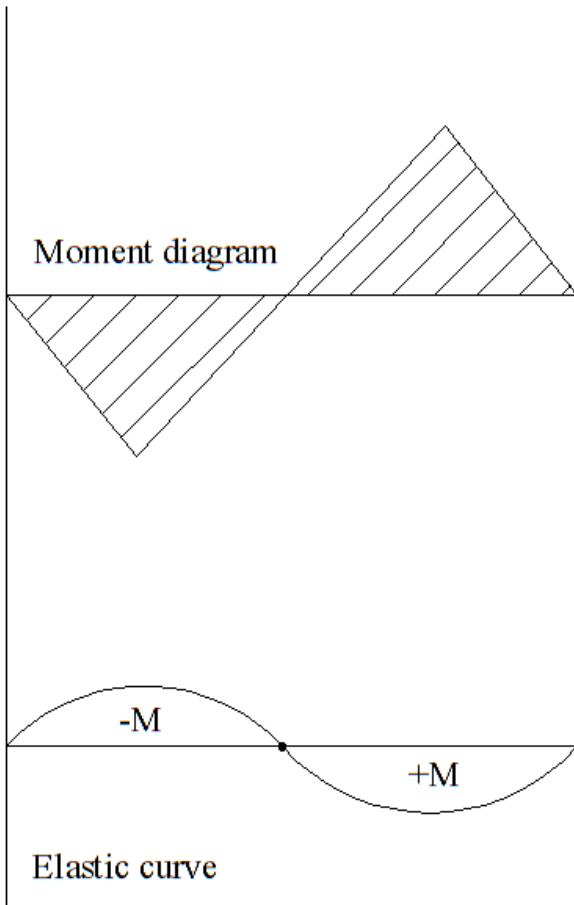
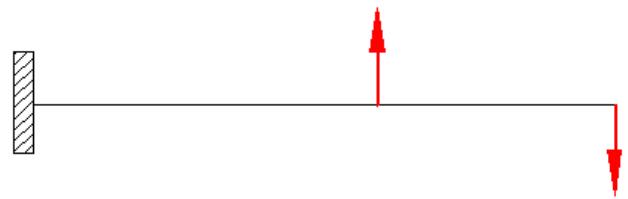
مخکی له دی چی د ساختمان په یوه نقطه کی میلان یا ناسته پیدا کړو لومړی باید د ساختمان کوډوشوی شکل وکارو او تحلیل لپاره تری استفاده وکو دا کوډوشوی شکل د ارتجاعی کوډوالی خط (Elastic curve) په نامه یادیږی او د مقطع د مرکزی نقطی تغیر شوی ځائی بنائی. کولی شود انحنائی مومنټ دیاگرام څخه په استفاده ډیر په اسانۍ سره د یو ګاډر ارتجاعی کوډوالی خط (Elastic curve) وکارو.



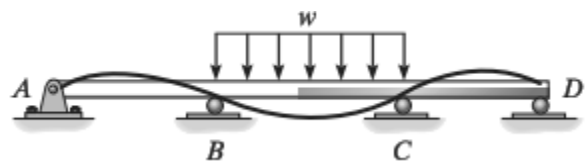
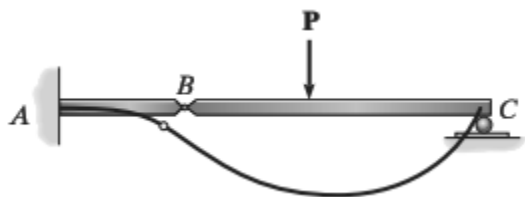
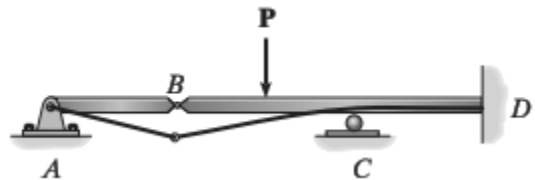
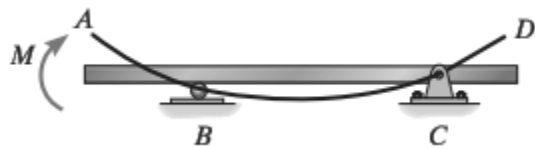
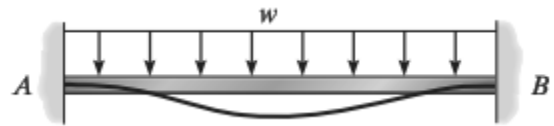
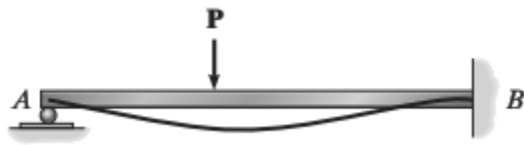
positive moment  
concave upward



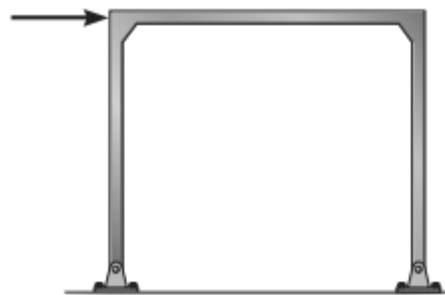
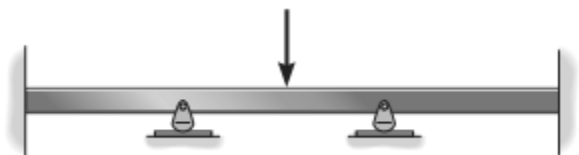
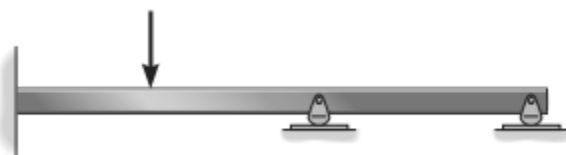
Negative moment  
concave downward



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



Draw the elastic curve of following Beams??



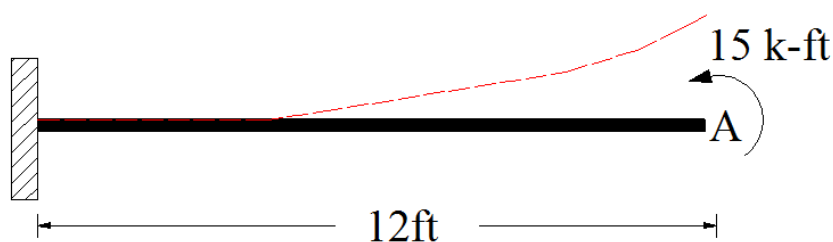
## (Double integration Method for Deflection)

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

د پورتنۍ معادلې یو ځل انتیگرال نیولو سره میلان ( $\theta$ ) لپاره رابطه جوړیږي او دوئم ځل انتیگرال نیولو سره ناسته ( $\Delta$ ) لپاره رابطه لاس ته راځي.

مثال: 1 د لاندې ورکړ شوی ګاډر په A نقطه کې د  $\theta$  او  $\Delta$  قیمتونه پیدا کړي. د ارتجاعیت موډل او انرشیائی مومنټ په لاندې ډول دی.

$$I=16.4 \text{ in}^4, \quad E=29 \times 10^3 \text{ ksi}$$



حل:

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

First integration:

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

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

Second integration:

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

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

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

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

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

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

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

Slope ( $\theta$ ):

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

Deflection ( $\Delta$ ):

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



## (Moment Area Method for Deflection)

### First Theorem:

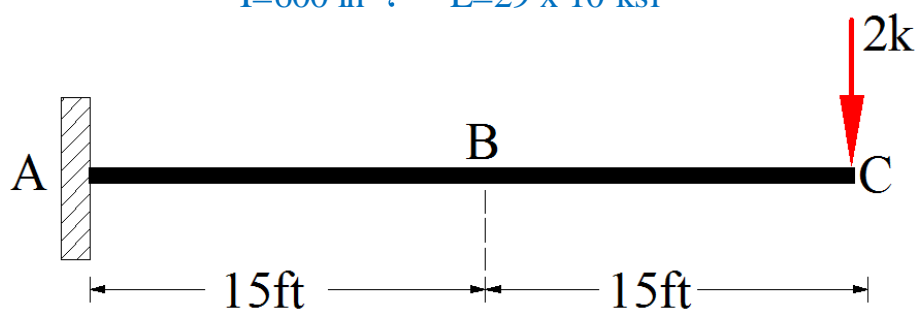
The change in slope between any two points on the elastic curve equals to the area under the  $M/EI$  diagram between these two points.

### First Theorem:

The Vertical deviation of the tangent at a point (A) on the elastic curve with respect to the tangent extended from another point (B) equals the moment of the area under the  $M/EI$  diagram between the two points (A) and (B). the moment is computed about A

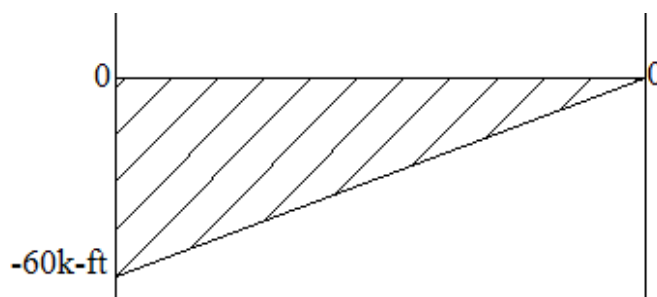
مثال: 1 د لاندی ورکړ شوی ګاډر په B او C نقطه کې د  $\theta$  قیمت پیدا کړی. د ارتجاعیت موډل او انرشیائی مومنټ په لاندی ډول دی.

$$I=600 \text{ in}^4, \quad E=29 \times 10^3 \text{ ksi}$$

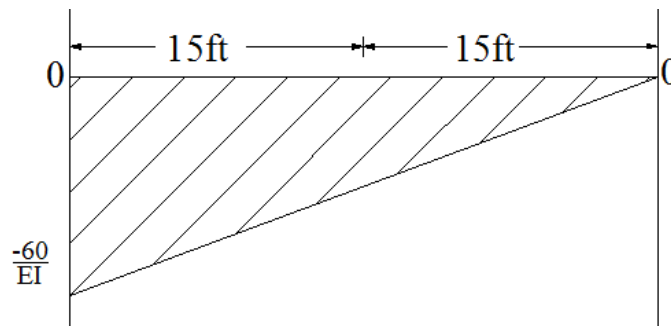


حل:

✓ مومنټ دیاگرام

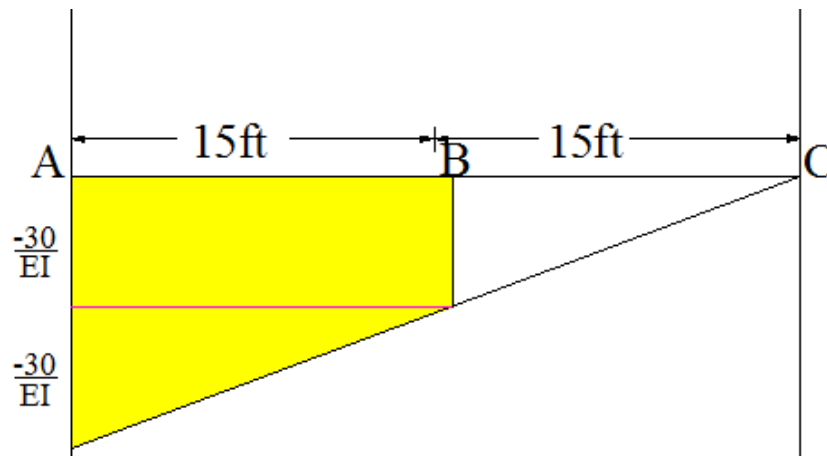


دیاگرام:  $\frac{M}{EI}$  ✓



Moment Area theorem ✓

دوہ نقطو تر مینخ د میلان تغیر د نوموریو نقطو تر منخ د مساحت سرہ مساوی کیری.



$\theta_B$  = A او B تر مینخ مساحت

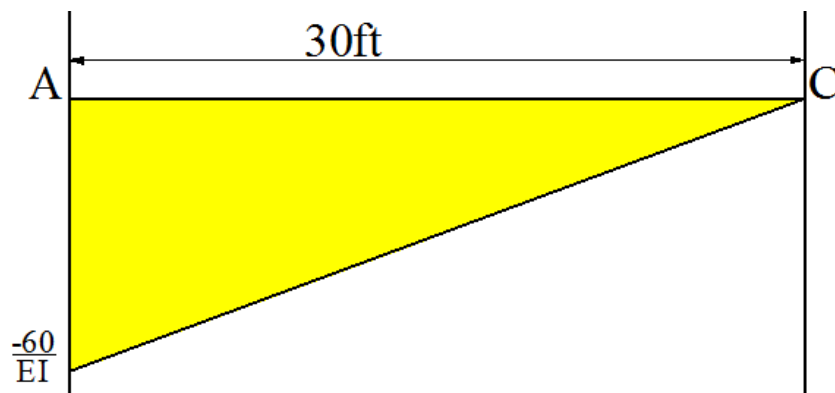
$$\theta_B = - \left( \frac{30}{EI} * 15 \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{30}{EI} * 15 \right)$$

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

$\theta_C =$  A او C تر مينخ مساحت

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

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



## (Conjugate Beam Method for Deflection)

### اوله قضیه (First Theorem)

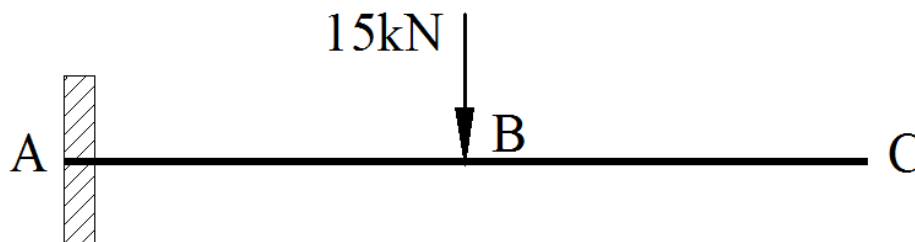
د حقیقی گادر په یوه نقطه کې میلان (Slope,  $\theta$ ) د مزدوج گادر (conjugate beam) په همغه نقطه کې د عرضی قوی مقدار سره مساوي کیږي.

### دوهمه قضیه (Second Theorem)

د حقیقی گادر په یوه نقطه کې بدلون (Displacement,  $\Delta$ ) د مزدوج گادر (conjugate beam) په همغه نقطه کې د مومینټ مقدار سره مساوي کیږي.

نوموړی میتود مولر برسلو په کال 1865 کې اخذ کړی ده او د نورو میتودونو پرتله ډیر اسان او چټک نتایج ورکونکی ده، د نوموړی میتود زیاتره کار د ستاتیک په اصولو ولاړ دی او همدا وجه ده چې د نورو میتودونو پرتله ئی استعمال اسان دی.

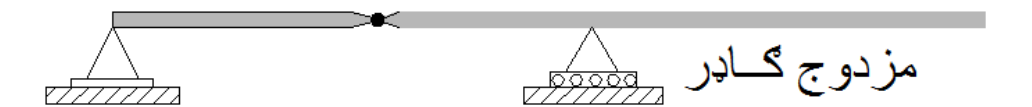
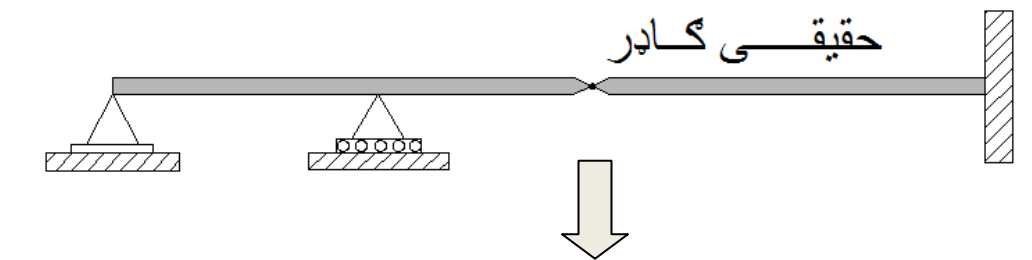
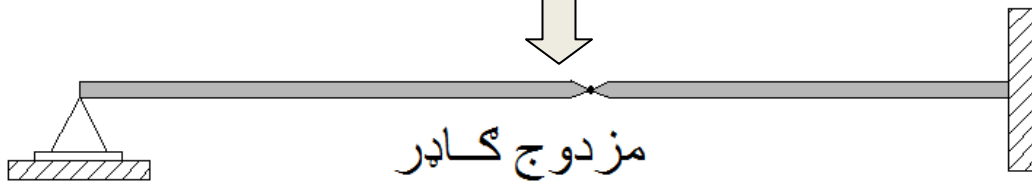
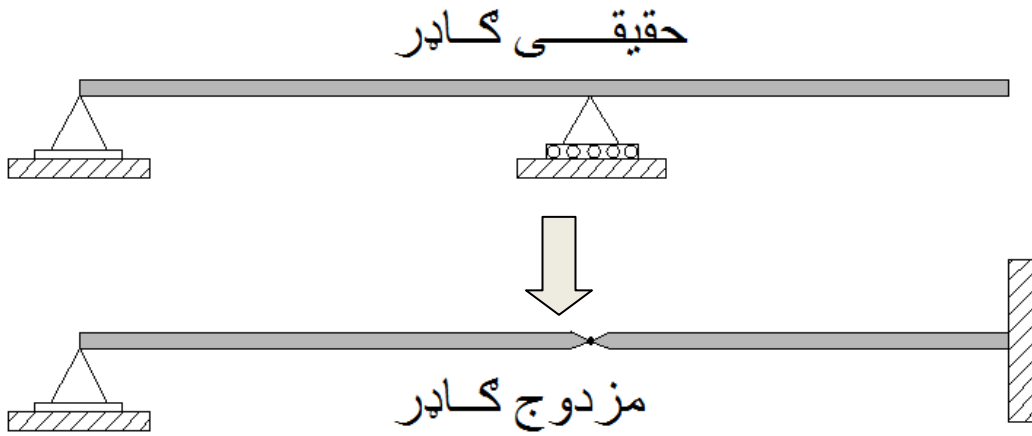
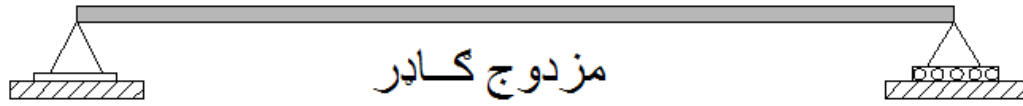
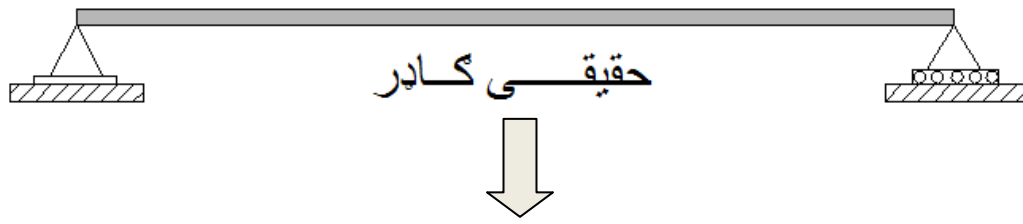
بیلگه:



که چیرې د گادر په C ټکی کې slope او یا هم displacement پیدا کول غواړو د قضیې مطابق په نوموړی ټکی کې باید عرضی قوه او مومینټ پیدا کو

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

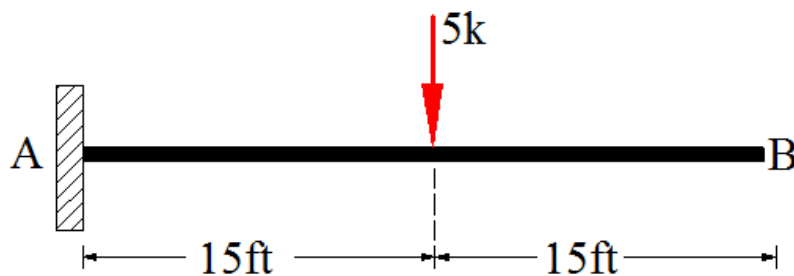
## د مزدوج گایر اتکاگانې:



## کرنلاره:

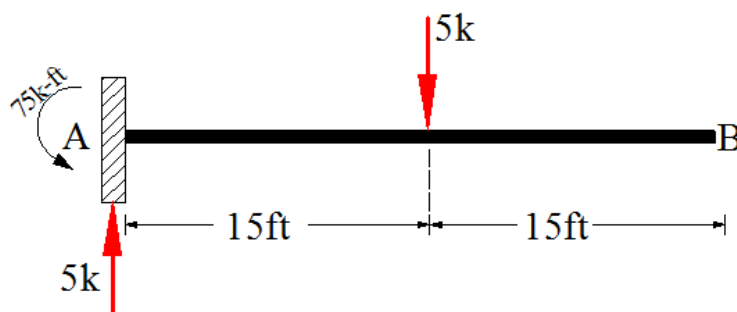
- ✓ د حقیقی گاهر مزدوج گاهر کارل
- ✓ د اتکاگانو په تبدیلولو کی باند پورته ورکړ شوی گاهرونه په پام کی ونیول شی .
- ✓ د حقیقی گاهر او مزدوج گاهر طول باند توپیر ونلری .
- ✓ که چیری د حقیقی گاهر یوه اتکاء میلان پیدا کیدو ته اجازت ورکونکی وی باند د مزدوج گاهر اتکاء ئی هم د غوڅونکو قوو مخنیوی ونکی .
- ✓ که چیری د حقیقی گاهر یوه اتکاء ناستی ته اجازه ورکونکی وی باند د مزدوج گاهر اتکاء ئی د مومنت مخنیوی ونکی .
- ✓ د حقیقی گاهر M/EI دیاگرام کارل.
- ✓ د حقیقی گاهر M/EI دیاگرام په مزدوج گاهر د بار په حیث اینسودل کیږی او د فرضیږی چی منظم ویشلی بار دی ، که چیری M/EI دیاگرام مثبت وی د قوو جهت پورته طرف ته اخیستل کیږی او که منفی وی د قوو جهت د گاهر څخه لاندی طرف ته اخیستل کیږی .
- ✓ د تعادل معادلوه په استعمال کولی شو په مزدوج گاهر کی مومنت ، 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 بيم په B نقطه کې ناسته (displacement,  $\Delta_B$ )، او ميلان (slope,  $\theta_B$ ) پيدا کړي.



حل:

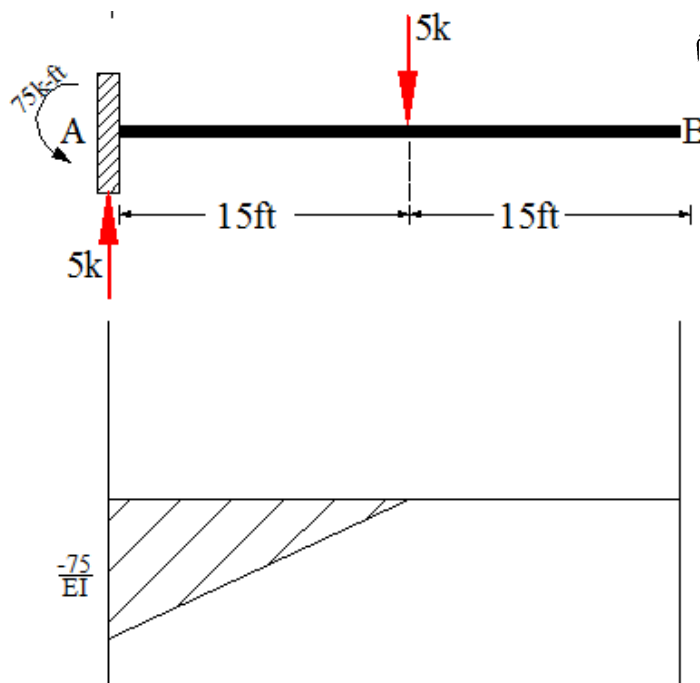
1، اتکائی عکس العمل او مومنت



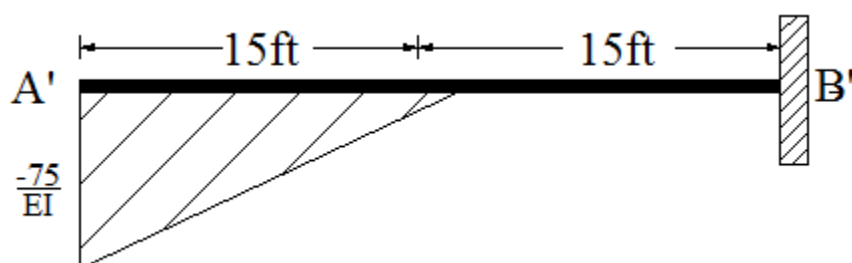
$$R_A = 5k$$

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

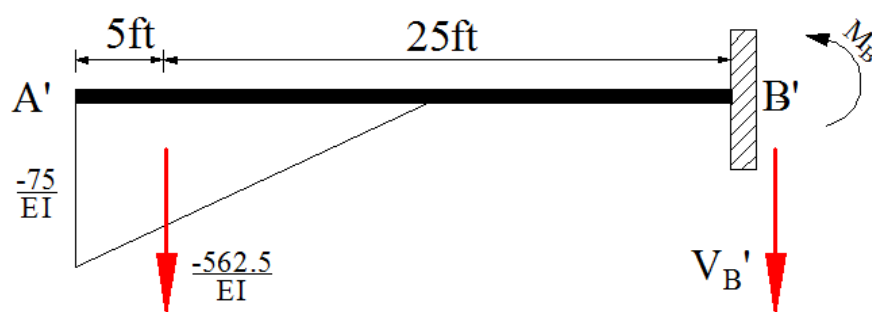
2، دياگرام  $M/EI$



## (3) مزدوج کاهر (Conjugate Beam)



4) تعادل (Equilibrium)

 $\theta_B$  لپاره باند  $V_B'$  او  $\Delta_B$  لپاره  $M_B'$  پیدا کو.

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

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

$$\theta_B = -0.00349 \text{ rad}$$

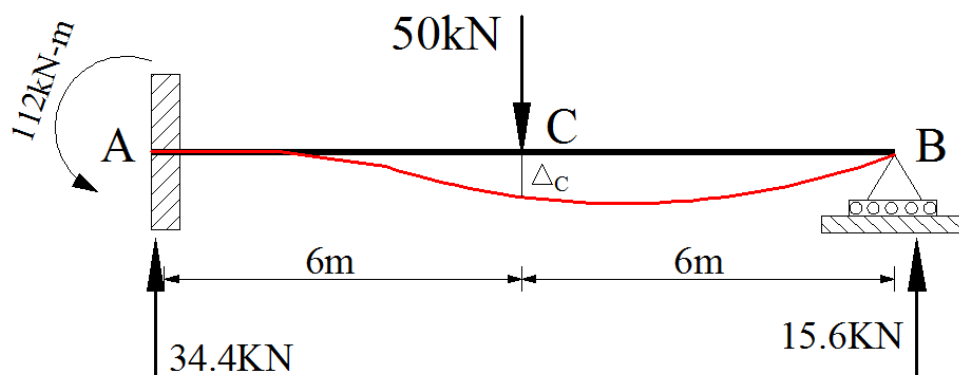
$$\sum M_B' = 0 \rightarrow \left( \frac{562.5 \text{ k-ft}^2}{EI} * 25 \right) + M_B'$$

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

$$\Delta_B = -1.05 \text{ in}$$

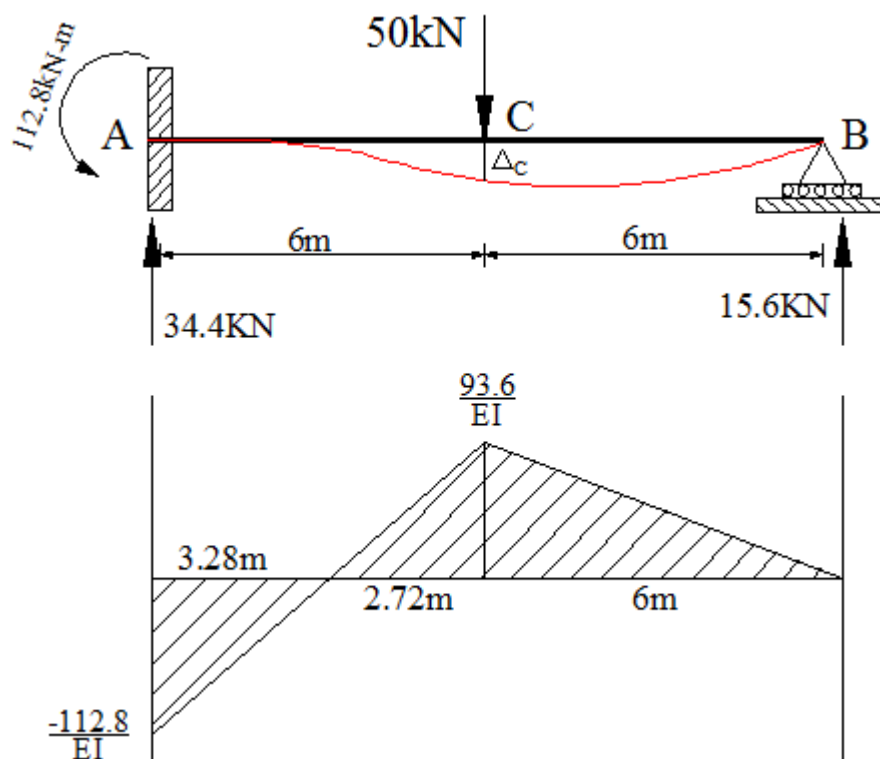


مثال 2: د ورکړ شوي ګاډر په C نقطه کې ( $\Delta_c$ ) پیدا کړي. د  $EI$  قیمت ثابت دی

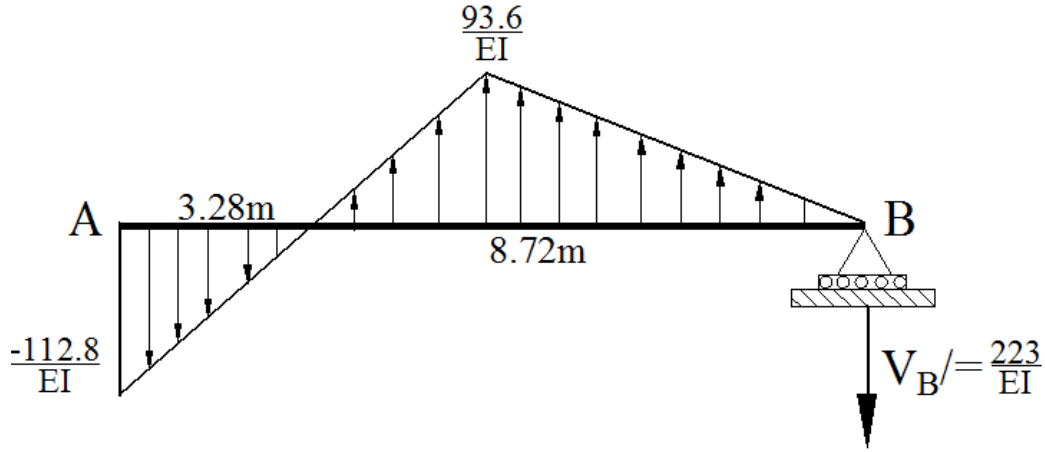


حل:

1)  $M/EI$  ډیاګرام



## (2) مزدوج گھادر (Conjugate Beam)



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

$$V_B' = \frac{223}{EI}$$

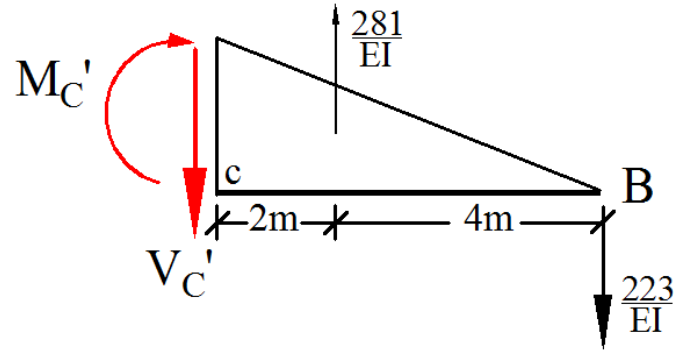
## (3) تعادل (Equilibrium)

پہ نقطہ کی ناستہ  $(\Delta_C)$  پیدا کولو لپارہ باید د قضيي مطابق پہ نوموری نقطہ کی مومنت محاسبہ کو. یعنی  $\Delta_C = M_C'$  پہ نقطہ کی مومنت پیدا کولو لپارہ قطع اخلو.

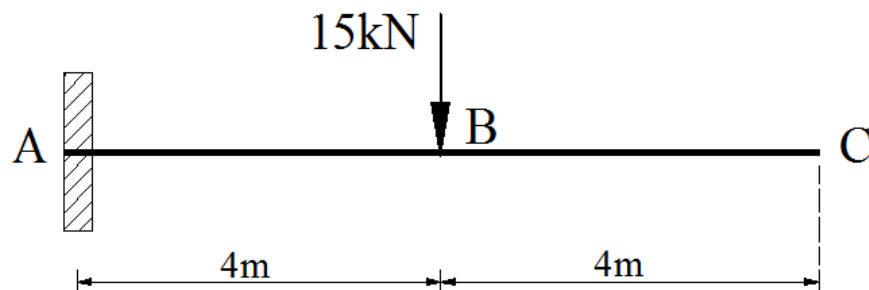
$$\sum M_C = 0$$

$$\left(\frac{223}{EI} \cdot 6\right) - \left(\frac{281}{EI} \cdot 2\right) + M_C' = 0$$

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

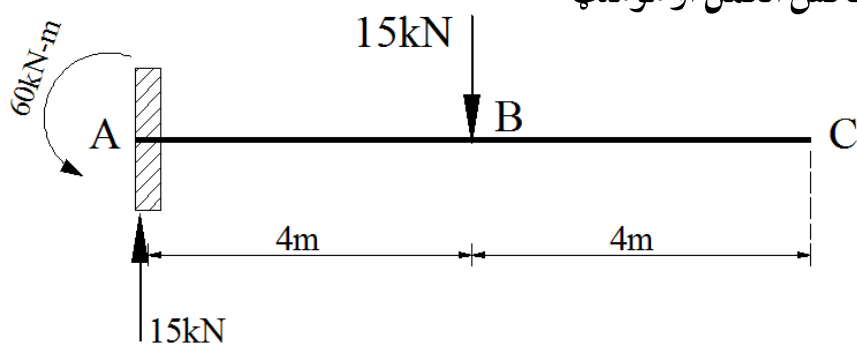


مثال: 3 د ورکړ شوي کادر کې په B نقطه کې میلان (slope,  $\theta_B$ ) او اعظمي بدلون (maximum displacement,  $\Delta$ ) پیدا کړي.  $E=29 \times 10^3 \text{Ksi}$  او  $I=500 \text{in}^4$

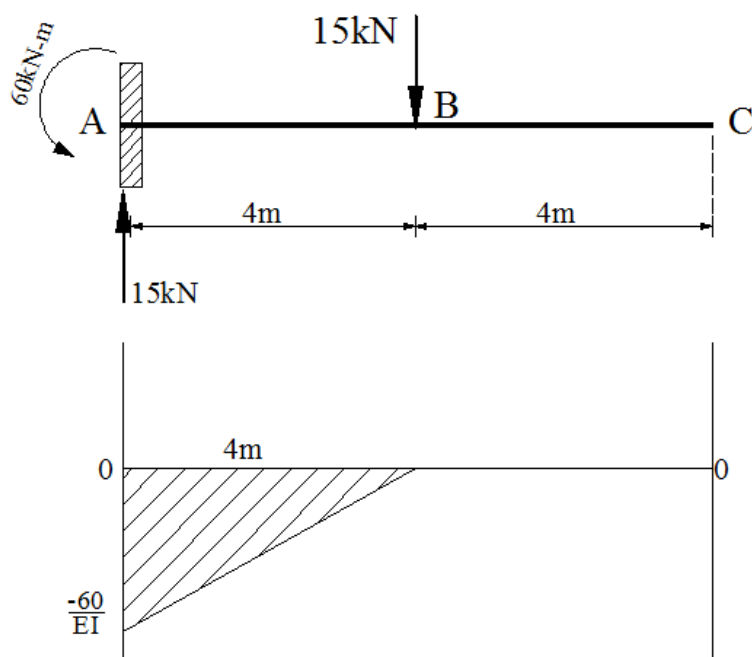


حل:

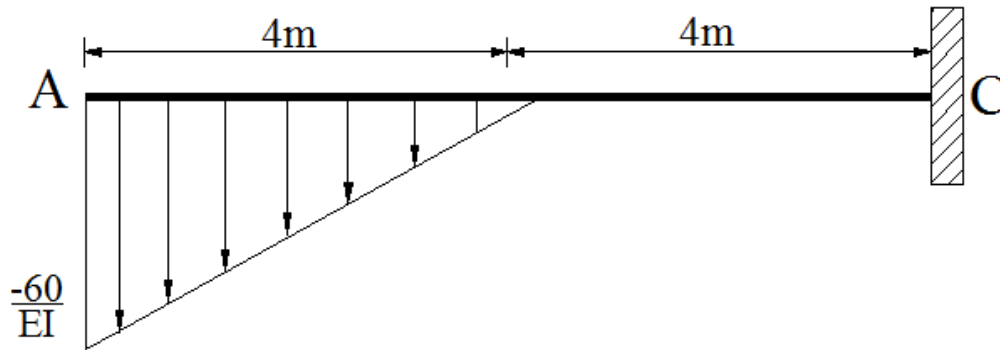
1) اتکائی عکس العمل او مومنت



2) دیاگرام  $M/EI$

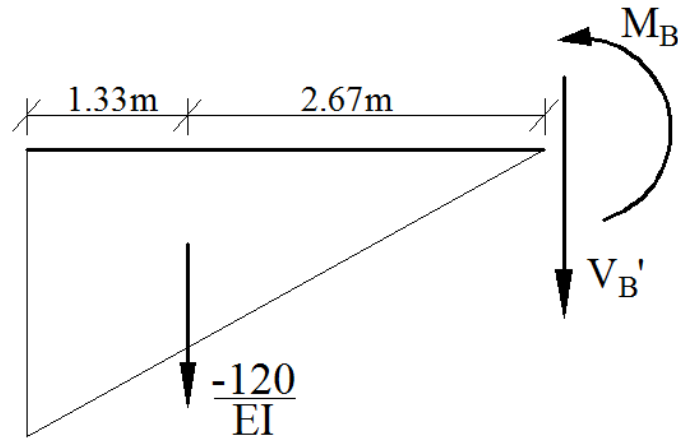


## 3، مزدوج کادر (Comjugate Beam)



## 4) تعادل (Equilibrium)

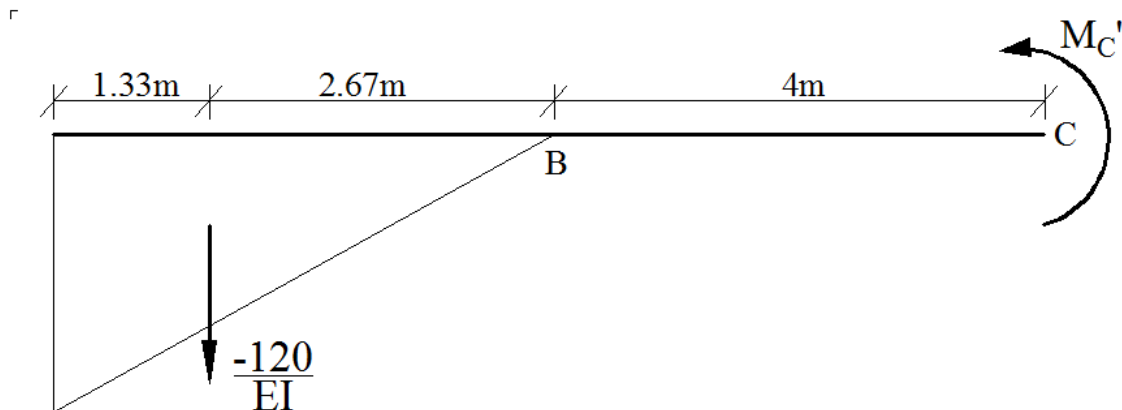
پہ B نقطہ کی ناستہ  $(\Delta_B)$  پیدا کولو لپارہ باہد د قضیہ مطابق پہ نوموری نقطہ کی مومنت او میلان لپارہ عرضی قوه محاسبہ کو. یعنی  $\Delta_B = M_B'$  او  $\theta_B = V_B'$



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

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

پوهیرو چي اعظمی Dislacment په C نقطه کی پیدا کیږی .



$$\sum M_C = 0$$

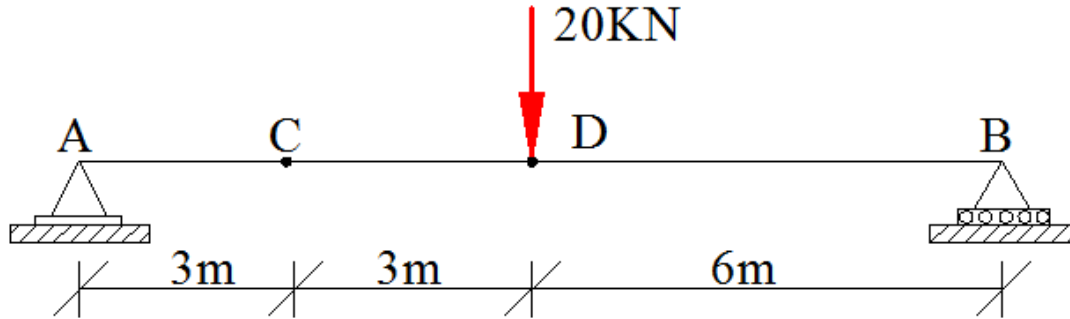
$$- \left( \frac{120}{EI} * 6.67 \right) - M_C' = 0$$

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

### تمرین (Exercise)

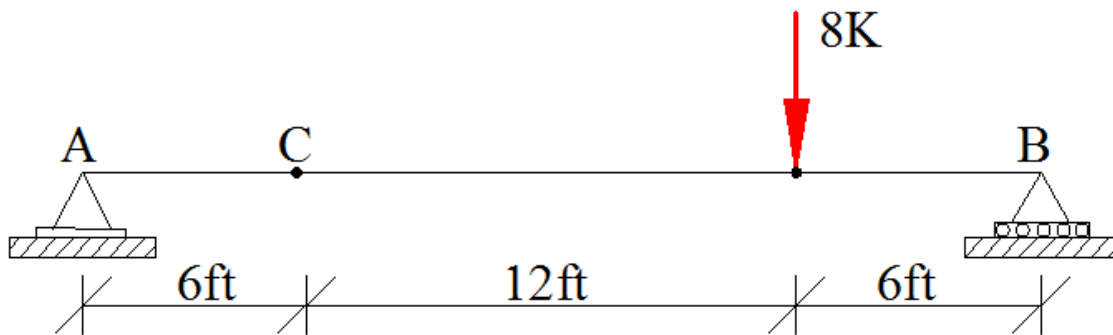
1، د ورکړ شوی ګاډر په C نقطه کې میلان  $(\theta_C)$  پیدا کړی؟  $E=200\text{GPa}$  او  $I=6*10^6 \text{ mm}^4$

use Moment Area method

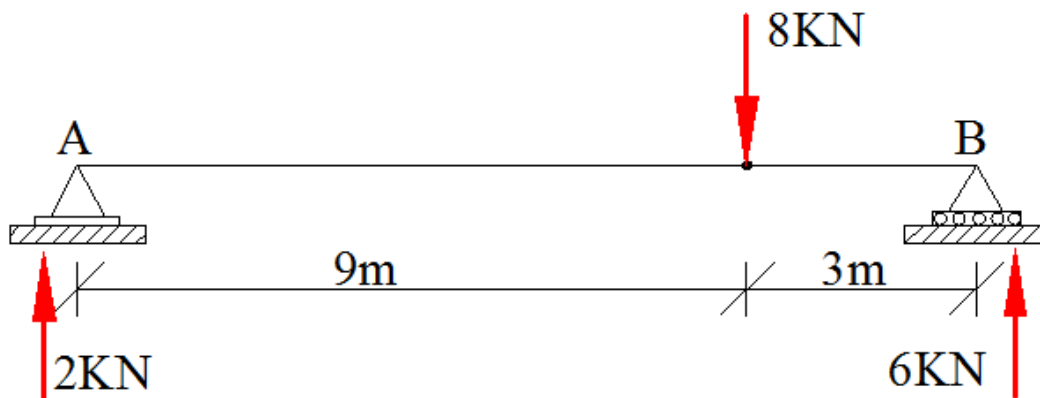


2، د ورکړ شوی ګاډر په C ټکی کې میلان  $(\theta_C)$  پیدا کړی؟  $E=29*10^3\text{ksi}$  او  $I=600 \text{ in}^4$

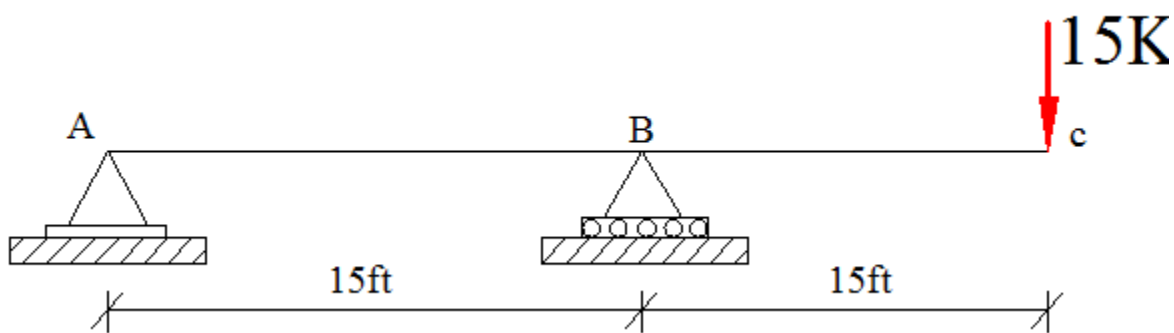
use Moment Area method



3) ورکڑ شوی گھاپر کی اعظمی displacement ( $\Delta_{max}$ ) پیدا کری؟  $E=200\text{GPa}$  او  
use Conjugate Beam method  $I=60*10^6\text{mm}^4$

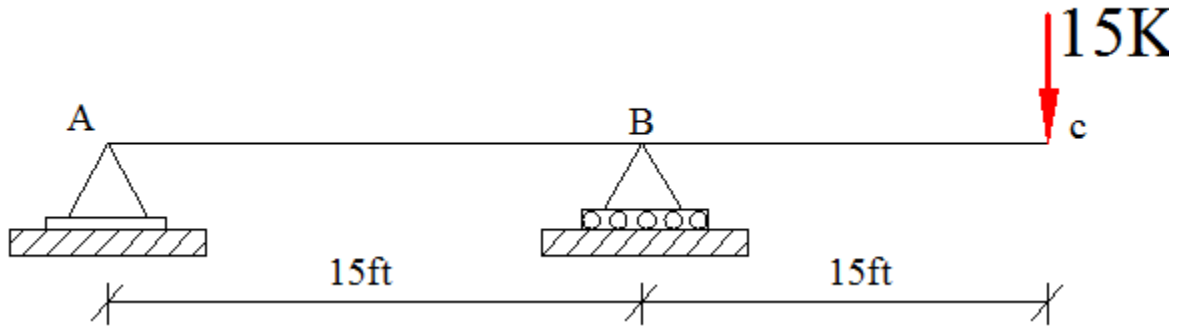


4) د ورکڑ شوی گھاپر پہ C تکی کی  $(\theta_C)$  او  $\Delta_C$  پیدا کری؟  $EI$  قیمت ثابت دی.  
Use moment Area method



5) د ورکړ شوی ګاډر په C ټکی کې  $(\theta_C)$  او  $\Delta_C$  پیدا کړی؟ د EI قیمت ثابت دی.

Use conjugate Beam method





**Get more e-books from [www.ketabton.com](http://www.ketabton.com)  
Ketabton.com: The Digital Library**