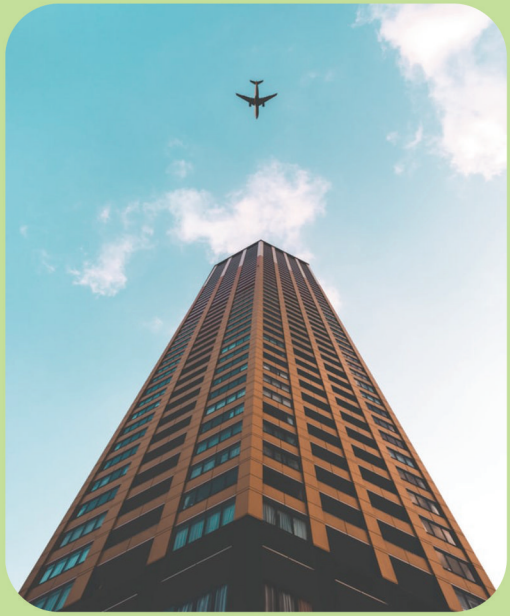
انجنیری پوهنځی

د جوړښتونو تحلیل

(لومړی ټوک)



پروفیسور حفیظ الله وردک

پروفیسور دکتور زرجان بها

۱۳۹۹

پلورل منع دی

د جوړښتونو تحلیل (لومړی ټوک)

Structural Analysis Vol I

پروفیسور حفیظ الله وردک
پروفیسور دکتور زرجان بها

Shaikh Zayed Unversity, Khost, Engineering Faculty

Afghanic

Hafizullah Wardak & Dr. Zarjon Baha

Structural Analysis Vol I

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

ISBN 978-9936-620-68-1

9 789936 620681

Not for Sale

2020

بسم الله الرحمن الرحيم

د جوړښتونو تحليل

سټرکچرل انالیسیز

(Structural Analysis)

پروفیسور حفیظ الله وردک

پروفیسور زرجان بها

لومړی ټوک

دغه کتاب په پي ډي ایف فارمټ کې په مله سي ډي کې هم لوستلی شئ:

د کتاب نوم د جوړښتونو تحلیل (لومړی ټوک)
لیکوالان پروفیسور حفیظ الله وردک او پروفیسور دکتور زرجان بهاء
خپرندوی شیخ زاید پوهنتون، خوست، انجنیری پوهنځی
ویب پاڼه www.szu.edu.af
د چاپ کال ۱۳۹۹(۲۰۲۰م)، لومړی چاپ
چاپ شمېر ۱۰۰۰
مسلسل نمبر ۳۰۶
ډاونلوډ www.ecampus-afghanistan.org
چاپ ځای سهر مطبعه، کابل، افغانستان

دا کتاب د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمېټې، په جرمني کې د Eroes کورنۍ یوې خیریه ټولنې لخوا تمویل شوی دی.
اداري او تخنیکي چارې یې په آلمان کې د افغانیک لخوا ترسره شوي دي.
بـاټک د د محتوا او لیکنې مسؤلیت د کتاب په لیکوال او اړونده پوهنځي پورې اړه لري. مرسته کوونکي او تطبیق کوونکي ټولنې په دې اړه مسؤلیت نه لري.

د تدریسي کتابونو د چاپولو لپاره له موږ سره اړیکه ونیسئ:
ډاکتر یحیی وردک، د لوړو زده کړو وزارت، کارته ۴، کابل
تیلیفون ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰، ۰۷۰۶۳۲۰۸۴۴
ایمیل textbooks@afghanic.de

د چاپ ټول حقوق له مؤلف سره خوندي دي.

ای اس بي ان ۱-۶۸-۶۲۰-۹۹۳۶-۹۷۸

د لوړو زده کړو وزارت پیغام

د بشر د تاریخ په مختلفو دورو کې کتاب د علم او پوهې په لاسته راوړلو، ساتلو او خپرولو کې ډېر مهم رول لوبولی دی. درسي کتاب د نصاب اساسي برخه جوړوي چې د زده کړې د کیفیت په لوړولو کې مهم ارزښت لري. له همدې امله د نړیوالو پیژندل شویو معیارونو، د وخت د غوښتنو او د ټولنې د اړتیاوو په نظر کې نیولو سره باید نوي درسي مواد او کتابونه د محصلینو لپاره برابر او چاپ شي.

له ښاغلو استادانو او لیکوالانو څخه د زړه له کومې مننه کوم چې دوامداره زیار یې ایستلی او د کلونو په اوږدو کې یې په خپلو اړوندو څانګو کې درسي کتابونه تألیف او ژباړلي دي، خپل ملي پور یې اداء کړی دی او د پوهې موتور یې په حرکت راوستی دی. له نورو ښاغلو استادانو او پوهانو څخه هم په درنښت غوښتنه کوم تر څو په خپلو اړوندو برخو کې نوي درسي کتابونه او درسي مواد برابر او چاپ کړي، چې له چاپ وروسته د ګرانو محصلینو په واک کې ورکړل شي او د زده کړو د کیفیت په لوړولو او د علمي پروسې په پرمختګ کې یې نېک ګام اخیستی وي.

د لوړو زده کړو وزارت دا خپله دنده بولي چې د ګرانو محصلینو د علمي سطحې د لوړولو لپاره د علومو په مختلفو رشتو کې معیاري او نوي درسي مواد برابر او چاپ کړي.

په پای کې د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې او زموږ همکار ډاکتر یحیی وردک څخه مننه کوم چې د دی کتاب د خپرولو لپاره یې زمینه برابره کړېده.

هیله منده یم چې نوموړې ګټوره پروسه دوام وکړي او پراختیا ومومي تر څو په نیږدې راتلونکې کې د هر درسي مضمون لپاره لږ تر لږه یو معیاري درسي کتاب ولرو.

په درنښت

پوهنمل دیپلوم انجنیر عبدالتواب بالاکرزی

د لوړو زده کړو سرپرست وزیر

کابل، ۱۳۹۹

د درسي کتابونو چاپول

قدرمنو استادانو او گرانو محصلینو!

د افغانستان په پوهنتونونو کې د درسي کتابونو کموالی او نشتوالی له لویو ستونزو څخه گڼل کېږي. یو زیات شمیر استادان او محصلین نویو معلوماتو ته لاس رسی نه لري، په زاړه میتود تدریس کوي او له هغو کتابونو او چپترونو څخه گټه اخلي چې زاړه دي او په بازار کې په ټیټ کیفیت فوتوکاپي کېږي.

تر اوسه پورې موږ د ننگرهار، خوست، کندهار، هرات، بلخ، البیروني، کابل،کابل طبي پوهنتون او کابل پولي تخنیک پوهنتون لپاره ۳۱۱ عنوانه مختلف درسي کتابونه د طب، ساینس، انجنیري، اقتصاد، ژورنالیزم او زراعت پوهنځیو (۹٦ طبي د آلمان د علمي همکاریو ټولنې DAAD، ۱۹۰ طبي او غیر طبي د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمېټې Kinderhilfe-Afghanistan، ۷ کتابونه د آلماني او افغاني پوهنتونونو ټولنې DAUG، ۲ کتابونه په مزار شریف کې د آلمان فدرال جمهوري جنرال کنسولگري، ۳ کتابونه د Afghanistan-Schulen، ۱کتاب د صافی بنسټ ، ۲ کتابونه د سلواک اېډ، ۸ کتابونه د کانراد ادناور بنسټ KAS، ۱کتاب په آلمان کې د اناسیس کمپنی) په مالي مرسته چاپ کړي دي.

د یادونې وړ ده، چې نوموړي چاپ شوي کتابونه د هېواد ټولو اړونده پوهنتونونو او یو زیات شمېر ادارو او مؤسساتو ته په وړیا توگه وېشل شوي دي. ټول چاپ شوي کتابونه له www.afghanistan-ecampus.org ویب پاڼې څخه ډاونلوډ کولای شئ.

دا کړنې په داسې حال کې تر سره کېږي چې د افغانستان د لوړو زده کړو وزارت د (۲۰۱۰ - ۲۰۱۴) کلونو په ملي ستراتیژیک پلان کې راغلي دي چې:

"د لوړو زده کړو او د ښوونې د ښه کیفیت او زده کوونکو ته د نویو، کره او علمي معلوماتو د برابرولو لپاره اړینه ده چې په دري او پښتو ژبو د درسي کتابونو د لیکلو فرصت برابر شي د تعلیمي نصاب د ریفورم لپاره له انگریزي ژبې څخه دري او پښتو ژبو ته د کتابونو او درسي موادو ژباړل اړین دي، له دې امکاناتو څخه پرته د پوهنتونونو محصلین او استادان نشي کولای عصري، نویو، تازه او کره معلوماتو ته لاس رسی پیدا کړي."

مونږ غواړو چې د درسي کتابونو په برابرولو سره د هیواد له پوهنتونونو سره مرسته وکړو او د چپټر او لکچر نوټ دوران ته د پای ټکی کېږدو. د دې لپاره دا اړینه ده چې د لوړو زده کړو د موسساتو لپاره هر کال څه نا څه ۱۰۰ عنوانه درسي کتابونه چاپ شي.

لـه ټولـو محترمـو اسـتادانو څخـه هیلـه کـوو، چـې پـه خپلـو مسـلکي برخـو کـې نـوي کتابونـه ولیکـي، وژبـاړي او یـا هـم خپـل پخـواني لیکـل شـوي کتابونـه، لکچـر نوټونـه او چپټرونـه ایـډېټ او د چـاپ لپـاره تیـار کـړي، زمـونږ پـه واک کـې یـې راکـړي چـې پـه ښـه کیفیـت چـاپ او وروسـته یـې د اړونـد پوهنځیـو، اسـتادانو او محصـلینو پـه واک کـې ورکـړو. همدارنګـه د یـاد شـویو ټکـو پـه اړونـد خپـل وړاندیزونـه او نظریات له مونږ سره شریک کړي، تر څو په ګډه پدې برخه کې اغیزمن ګامونه پورته کړو.

د مؤلفینـو او خپروونکـو لـه خـوا پـوره زیـار ایسـتل شـوی دی، ترڅـو د کتـابونو محتویـات د نړیوالـو علمـي معیـارونو پـه اسـاس برابـر شي، خـو بیـا هـم کیـدای شي د کتـاب پـه محتـوی کـې ځینـې تیروتنـې او سـتونزې ولیـدل شي، نـو لـه درنـو لوسـتونکو څخـه هیلـه منـد یـو تـر څـو خپـل نظریـات او نیـوکې مؤلـف او یا مونږ ته په لیکلې بڼه راولیږي، تر څو په راتلونکي چاپ کې اصلاح شي.

له افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې او د هغې له مشر ډاکتر ایروس څخه ډېره مننه کوو چې د دغه کتاب د چاپ لګښت یې ورکړی دی، دوی تر دې مهاله د ننګرهار پوهنتون د ۱۹۰ عنوانه طبي او غیرطبي کتابونو د چاپ لګښت پر غاړه اخیستی دی.

د جـې آی زیـت (GIZ) لـه دفـتر او CIM (Center for International Migration & Development) څخـه، چـې زمـا لپـاره یـې لـه ۲۰۱۰ نـه تـر ۲۰۱٦ پـورې پـه افغانسـتان کـې د کـار امکانـات برابـر کـړي وو، هـم د زړه له کومې مننه کوم.

د لـوړو زده کـړو لـه سرپرسـت وزیـر پوهنمـل دیپلـوم انجنیـر عبـدالتواب بـالاکرزی، مـالي او اداري معـین ډاکـتر احمـد سـیر مهجـور، مـالي رئـیس احمـد طـارق صـدیقي، پـه لـوړو زده کـړو وزارت کـې سـلاکار ډاکـتر ګـل رحـیم صـافي، د پوهنتونونـو رئیسـانو، د پوهنځیـو رییسـانو او اسـتادانو څخـه مننـه کـوم چـې د کتـابونو د چـاپ لـړۍ یـې هڅـولې او مرسـته یـې ورسره کـړې ده. د دغـه کتـاب لـه مؤلـف څخـه ډېـر مننـدوی یـم او سـتاینه یـې کـوم، چې خپل د کلونو-کلونو زیار یې په وړیا توګه ګرانو محصلینو ته وړاندې کړ.

همدارنګـه د دفـتر لـه همکـارانو هـر یـو حکمـت اللـه عزیـز او فهـیم حبیبـي څخـه هـم مننـه کـوم چـې د کتابونو د چاپ په برخه کې یې نه ستړې کیدونکې هلې ځلې کړې دي.

ډاکتر یحیی وردک، د لوړو زده کړو وزارت سلاکار
کابل، فبروري ۲۰۲۰
د دفتر ټیلیفون: ۰۷۵٦۰۱۴٦۴۰، ۰۷۰٦۳۲۰۸۴۴
ایمیل: textbooks@afghanic.de

ډالۍ

دا کتاب چې د جوړښتونو تحلیل (Structural Analysis) تر عنوان لاندې په پښتو لیکلی شوی د می (May) د میاشتې په ۲۹ کال ۲۰۲۰ تکمیل اود انجینری محصلینو ، انجینرانو، د ساینس او تکنالوجی مینه والو، او هغو ټولو ته چې غواړی په دې ساحه کې خپله پوهه لا زیاته ، د بشریت د ژوند ښه کولو، هوساینې، د لوړ کیفیت زدکړې، په ټولنه کې د مثبت پرمختګ، سولې، او ثبات راوستلو لپاره ترې کار واخلی ډالۍ یې کوو.

اړینه یادونه

ددی کتاب په لیکلوکی چی په پښتو دی موږ فکر وکا چی په څه ډول به داکتاب په معیاری ژبه ولیکل شی تر څو د ټول افغانستان وګړی تری پوره ګټه واخلی.

روښانه ده چی موږ کابو څلوښت کال کیږی چی د افغانستان نه بهر ژوند کړی او نه پوهیږو چی معیاری پښتو په څه ډول ده. لدی کبله مو منا سبه وبلله چی په هغه ژبه دا کتاب و لیکو چی موږته اسانه او په خپلو کوروکی یی تر اوسه استعمالوو.

لدی نه چی موږ دواړه په وردګو کی زیږیدلی او اوس هم د وردګو په لهجه غږیږو نو دا کتاب مو په خپله لهجه کومه چی زموږ سره تر اوسه پاتی ده لیکلی دی.

موږ پدی باور لرو چی هغه پښتو لوغتونه چی پدی کتاب کی راغلی تاسو به ورسره بلد وی. که ځنی نویی کلیمی پدی کتاب کی وی هیله ده چی د پښتو په بډایتوب کی ښه اغیزه ولری. موږ دا کوشش هم ندی کړی چی وګورو پدی ساحه کی که نور کتابونه لیکل شوی وی او دهغود لوغتو څخه ګټه واخلو. لد ی کبله به د نورو لیکنو لوغتونه پدی کتاب کی نه وی راغلی.

بسم الله الرحمن الرحیم

تقریظ

چندی قبل اثرپربهای تخنیکی بدستم رسید که بلا درنگ اینجانب را به یاد سالهای قبل و تحصیل در پوهنتون تخنیک پراگ "جمهوری چک" انداخت.

کتابی را که شما درآینده نزدیک بدست خواهید آورد حاصل کارسالها سعی وتلاش ومحصول دانشمند ان، استادان محترم انجنیرحفیظ الله وردک ومحترم دکتورزرجان بها، رئیس اسبق فاکولته انجنیری میباشد. ایشان چه بحیث استادان توانا ی فاکولته انجنیری کابل وچه بحیث انجنیران مطرح در ادارات طرح ودیزاین وهم بحیث پرفیسوریونورستی درآمریکا ، زندگی پر باری داشته اند.

اگرخوانندگان گرامی نظرعمیق به تقسیم بندی محتویات این اثر بیاندازند فوراً متوجه میشوند که مندرجات آن طوری تقسیم بندی گردیده اند که نه تنها تسلسل موضوعات رادر برمیگیرد. بلکه ، تصاویرگویا ومستند وهم آهنگ ارایه و محاسبا ت مشرح درآن گنجانیده شده است. حتی باید اذعان نمود که مؤلفین محترم با عرضه تصاویرتخنیکی وجداول در مقدمه نیز، ازساختمان هاوآبدات تاریخی وطن عزیزمثالهای ارزشمندآورده اند.

این اثروزین برعلاوه که بحیث یک مرجع مطمئین مورداستفاده قرار خواهد گرفت، میتوا ند در تدوین نصاب تعلیمی پوهنتون های افغانستان عزیزوحتی با توجه وموافقه مقامات دولتی واستادان شامل برنامه درسی گردد.

یکباردیگراقدام به نشراین اثرپربهارا برای نویسنده های محترم آن ، فاضل دانشمند انجنیر وردک و فاضل دانشمند داکتربها ،ازصمیم قلب تبریک میگویم وازین خدمات بزرگ علمی شان در راه مساعدت به نسل های جوان ، شگوفانی واعتلای افغانستان عزیز قدردانی بی نهایت مینمایم.

دکتور سید شریف حسینی

Said Sharif Hossainy, Eng. Arch. PhD.
Former deputy minister,
Ministry of Urban Development (MoUD)
Senior advisor to the Minister (MoUDH)
Canadian Architectural Registration No: 2280
Member of The Society of Afghan
Architects &Engineers (SAAE) ID No: 0018
Member in the Roster of CANADEM No: 2808 - CANADEM is an Ottawa based non-profit, government related organization, originally designed as Canada's national roster of civilian experts.

د لوی څښتن په نامه

تقریظ:

خوشحاله یم چی د خپلو دوو نیژدی درنو ملګرو ډاکتر زرجان بها او انجینر حفیظ الله وردګ د افغانستاند انجینری پوهنځی شاګردانواو انجینرانوته په پښتو ملی ژبه د سیول انجینری لیکلی کتاب په هکله خپل نظر څرګندوم.

که وغواړم چی د ډاکتر بها په علمی شخصیت او زموږ دواړ د ملګرتیا به هکله رڼا واچوم دا به ځو مخه ونیسی او دلته یواځی دا لیکم چی زموږ پیژندنه او ملګیری د ۱۹۷۵ کال نه را پدی خوا شروع شوی چی دواړه د کابل د پو هنتون د ترفیعاتو د کمیټی غړی وو او زموږ ورته نظر چی ټول کاندیدان مو د اسنادو په اسا س ارزیابی کول او دا مو نه کتل چی نوموړی د کوم ځای او په کومه ډله پوری تړلی دی. زموږ دا شریک دریځ زموږ د ټینګی ملګیری سبب شوه.

هم دارنګه د ډاکتر بها پواسطه خوشحاله شوم چی انجینر حفیظ الله وردګ سره مو پیژندنه وشو او تر اوس د صمیمی ملګریو په توګه پاتی یو. په هغه وخت کی نوموړی زموږ ته نیژدی ا یالت ایلونای کی د یوه مجرب او ډیر بر یالی انجینر په حیث کار کاوا.

ددیکتاب دواړو لیکونکیو نه یواځی چی په افغانستان کی د خدمت او ښه شهرت نوم پریښی بلکی دلته په امریکا کی ددوی کارنامی زموږ د افتخاروړدی. موږ دا هیله لرو چی په راتلونکی کی هم دوی دا ډول خدمتوته د افغانستان د باره دوام ورکړی او موږ به ددوی بریالیتوب ته دعاګانی کوو.

ما چی دا کتاب ولید چی په څومره روانه او فصیح ملی ژبه پښتو لیکل شوی دواړو ته افرین وایم. او له پاکه خدایه ورته اجرونه غواړم. ما هم یو طبی کتاب دری کاله پخوا د افغنستان د طب پو هنځیومحصلینو د پاره تیار او چاپ کا نو راته معلومه شوه چی دا څومره کار ته ضرورت لری. زه یقین لرم چی دا کتاب نه یواځی به د انجینری محصلینو د پاره یو ګټور درسی کتاب وی بلکی هغه انجینران چی په سا حه کی کار کوی دیوه ښه موخذ په توګه به تری ګټه واخلی.

و من الله تو فیق. د می دمیاشتی ۱۹ کال ۲۰۲۰ میلادی

الحاج پوهاند ډاکتر محمد ناصر شینواری

د افغانستان د ننګرهار د پوهنتون بخوانی استاد

د اندیانا د یونیورسیټی د طب د پوهنځی پخوانی ادجنکټ پرو فیسور

منن لیک (دحفیظ الله وردګ له خوا)

ډیر خوشحاله یم اوشوکرکوم چی الله (ج) د دی توان راکړ چی د خپل فامیل په بی ساریو مرستو ، د یو شمیر محترمو او معززو استادانو او ملګریو په لارښونه او هڅونو، د ګران او محترم استاد د انجینری پوهنځی پخوانی ریئس او زما قدر من استاد پروفیسور ډاکتر زرجان بها سره چی اوس په د اندیانا کی د پوردوپه پوهنتون (Purdue University) کی پروفیسردی، او دا کتاب مو په ګډه د سټرکچرل انالیسیز(Structural Analysis) په نامه په پښتو ژبه د ګران افغانستان د انجینری زده کړیالانو (محصلینو) د پاره دیوه درسی کتاب په توګه اود نورو انجینرانو د پاره چی په ساحه کی کار کوی وکړی شی دیوه رفرینس په توګه تری ګټه واخلی بشپړ کا.

دلته غواړم چی له هغو ملګریو چی د دی کتاب یا دیوی برخي ددی کتاب په بیا کتنه کی او اصلاحاتو راوستلو کی یی مرسته او خپل ارزښتنا که وړاندیزونه رالیږلی په ډیر قدر یاده ونه او مننه وکړم. زما ډیر قدرمن د انجینري پوهنځی پخوانی او زما استاد او ډیردروند ملګری په ګلیفورنیا کی محترم ډاکتر سورګل وردګ، د انجینری پوهنځی پخوانی استاد په نیویارک کی محترم انجینر عبدالمنان خالد، د افغانستان د اسلامی جمهریت د کور جوړولو وزارت پخواني معین محترم ډاکتر سید شریف حسینی چی اوس په ونکور کانادا کی ژوند کوي،د الحاج پوهاند ډاکتر محمد ناصر شینواری د افغانستان د ننګرهار د پوهنتون پخوانی استاد چی د اندیانا ایالت کی ژوند کوی، او یو شمیر نورو ملګریو د ارزښت ناکو لارښونو ، هڅونو، وړاندیزونواو ملا تړ څخه مننه وکړم.

هر ښی چی الله ماته راکړی دا ټول زما د پلار او مور، او تره حاجی عبدلقدیر خان د نیکو هلو ځلو، بیحده مرستو ، دعاګانواوارزشتناکو لارښونو ثمره ده. الله د دوی ځای جنتت فردوس کړی ، دوی همیشه زما په دعا کی دی اووی به. دلته هم له خپلی میرمنی ثریاجاني چی په ډیره حوصله یی په کور کی هر ډول آسنتیاووی د ما د کار دپاره برابري کړي په ډیر قدریادونه او مننه کوم. زما دوو زامنو ډاکتر ذبیح الله وردک او میرمن یي ډاکتر انجیلا فاروقي ، او بل زوی ډاکتر نجیب الله وردک او میرمن یي قانون پوهه لانه میره کي ، او دوو لورا نو ډاکتر لمیا وردګ او خاوند یي ډاکتر ښالان ، او بله لور می انجینره وژمه وردګ او خاوند یي ډاکتر حسن ددوی له بیحده مرستو ، هڅونو، او دعاګانو په قدر یادونه او مننه کوم. زما دکور د دفتر وسایل ، د دریو کمپیوترونو په پښتو او انګلیسی ژبوسمبالول او برابرول ، پښتو او انګلیسي کیبوردونه، پرینتر، سکنر او زما د کمپیوټری ستونزو له مینځه وړل د څو کلونورا پدی خوا چی دوی راسره مل دی ماته د قدر او مننې وړ دی. بیله شکه ما دا کار د دوی د تخنیکی مرستو پرته او د پښتو کیبورد چی وړمی جانی لورمی له دوبي (Dubai) نه راوړه سر ته نشوی رسولي.

دلته غواړم چی د افغانستان د لوړو تحصیلاتو مشاورمحترم ډاکتر صاحب یحیی وردګ ، او د ګران افغانستان د خوست ولایت د شیخ زاید پوهنتون محترم ریس حسین ګل آریوبي، د انجینري پوهنځي له

محترم رئیس ریدی ګل همدرد، او د سیول انجینری دیپارتمنت مشر نصرت الله نصرت څخه د زړه له کومی مننه وګړم چی ددی کتاب په چاپولو او په خپل کوریکیولم کی ځای ورکولوکی یې زموږ سره بی ساریه مرسته کړې.

په پای کی له ټولو لوستونکیو زما هیله دا ده چی خپل وړاندیزونه او نیوکی زموږ سره شریکی کړی تر څو د بل چاپ په لیا ښه توب کی زموږ سره ونډه ولری. کوشش شویی چی دا کتاب ډیری نیمګړتیاوی ونلری او بیا هم د نیمګړتیاوو امکانات شته اوهیله ده چی ومو ببښی.

په درناوي حفیظ الله وردګ

منن لیک (زرجان بها)

تر هر څه د مخه زه د کایناتو د جوړوونکی **الله سبحان الله وتعالله** دی بی ساریه لورینونه چی په ماباندی یی کړی منند وی یم.

زما په ژوند کی زما پلار ډیر مثبت رول لوبولی چی په کوچنوالی کی یی ماته واک راکا چی کړی شم ددینی زده کړو د پاره د طا لبی لار ونیسم او یا د عمومی زده کړو د باره ښونخی ته ولاړ شم چی ما ښونځی خوښکا او د تکیی په ښونځی کی داخل شوم. او پدی کار کی زما تره چی ملک وا هم رول در لود چی ارزو یی وه چی زه په ښونځی کی لیک او لوست زده کړم تر څو وکړی شم د خپل پلار په څیر د وولس د پاره ګتور تمام شم. زما پلار زموږ د ټولی که لی (قلعی) ښونکی وا چی نجونی او هلکان به هر سهار زمو کورته د درس ویلو د پاره راتلل. لږ تر لږه به ټولو د قران مجید لوستل زده کړل. د سبق ویلو د پاره یو شمیرنوری نجونی او ښخی د نورو نیږدی که لونه هم را غلی دی. دقران مجید له لوستلو نه پس که چا غوښتل نور درس ووایی په هلکانو به یی پنجکتاب چی په دری ژبه وا او په نجونو به یی رشید بیان چی په پښتو ژبه وا شروع کړل او دا دده دپاره اخری مرحله د تدریس وه.. ما یو لږ درسونه او لیکل د کلی په جومت کی پیل کړل پخوا لدی چی په ښونځی کی دا خل شم او معلومیده چی په درسو کی تر نورو همځولیو په مخکی وم.

په دوهمه مرحله کی زما میرمنی فاطمی (ګول) زما به ژوند کی مثبت رول درلود چی په دوامداره توګه یی په ډیره حوصله ربړونه پر ځان قبول کړی وو تر څو زه وکړی شم د ارزو سره سم خپلو زده کړوته دوام ورکړم. همدارنګه نوموړیی د دریسو اولادو په روزنه کی د کورنی د نورو غړیو په مرسته پوره ونډه اخستی وه چی ډیر وخت ځان ملامت بولم چی زه د افغانستان په جوړولو کی دومره مصروف وم چی دوی ته می ډیر کم وخت درلود او ښښنه تری غواړم.

زه ډیر طالع من یم چی اولادونو می عبدالغفورچی د ژوند شریکه یی ملالی ، عبد الرءوف چی د ژوند شریکه یی هیلی . او وسیمه چی د ژوند شر یک یی عبدالحکیم دی، نه یواځی په کوچنوالی کی ماته هیڅ تکلیف ندی راکړی ، او اوس چی لوی شوی او دژوند د شریکانو او اولادوسره په خپلو کورونو کی ژوند کوی زما او د ګول بی نهایته احترام او هر اړخیزه پام لرنه لری.

یو ډیر نیږدی ملګری می ډاکتر محمد رسول وردګ وا چی موږ دواړه په یوه وخت کی د کابل په پوهنتون کی وو او پس له پوهنتونه دواړه په پو هنتون کی د استادانو په توګه پاتی شوو. نوموړی څو کاله پخوا په سویس کی چی ډاکتر وا وفات شو. نوموړی دما دپاره د صداقت او دیانت بی مثاله نمونه وا او زما په ژوند کی چی وکړی شم پر خپلو کړنلارو کی بریالی شم مثبته اغیزه درلوده.

ددی کتاب به لیکلو کی زما خواخوږی ملګری چی د کابل د انجینری پوهنځی په استادانو کی یی خا ص او ډ یر پیاوړی ځای در لود، حفیظ الله وردګ، ددی کتاب په لیکلو کی بی ساریه زیاریستلی او زه تری مننه کوم چی ماته یی ددی کتاب په لیکلو کی برخه راکړه. هیله لرو چی په راتلونکیی وخت کی موږ په ګډه سره وکړی شو د افغانستان د پاره د نوروعلمی پروژو په تکمیلولو کی بریالی شو.

سر لیک

سټرکچرل انالیسیز(Structural Analysis) د سیول انجینری دیپارتمنت د کیوریکولم یو ارزښتناک مضمون دي. دا کتاب چی نه (9) فصلونه او یو اپینديکس لري په دوه ټوکو کی داسی جوړ شوي چی په یوه یا دوو سمسترو کی د زدکړي لپاره ورځیني ګټه واخیستل شي. په ټولو فصلونو کی ګڼ شمیر مثالونه وروسته لدی چی په موضوع عمومی بحث شوی حل شوي او د تمرین لپاره یو شمیرسوالونه راغلی دی.

اول فصل کی د جوړښت په ریکشنونو ، قواوو اود ستاتیکلی معلومو جوړښتونو شننه شوی او بیا د ریکشنو د پیدا کولو لاری لټول شوی دی.

په دوهم فصل کی د شیر او مومنټ ډیاګرامو جوړه ول او ګڼ شمیرمثالونو او تمرینوته ځای ورکړل شوي.

په دریم فصل کی د ټرس جوړښت د سیکشن (برخی) یا جاینټ(ګنډی) په طریقوسره د ټرس د غړیو د معلومولومثالونه وړاندی شوي. په پای کی یو شمیرد تمرین سوالوته ځای ورکړ شوی.

څلورم فصل کی د جوړښت بیځایه کیدل او څنګه د جوړښت بیځایه کیدنه پیدا کولا ی شو تر بحث لاندی نیول شوي. د جوړښت د بی ځایه کیدو معلومولو لپاره د خیالی کار (virtual work) طریقه چی د اینتیګریشن په طریقه هم یا دیړی، د مومنت ایریا طریقه (moment area method) ، د کاستیګلایان دوهمه فرضیه(Castilian’s second theorem) په تفصیل بحث شوی او هره طریقه د مثالونوسره پدی فصل کی وړاندی شوي. د کانجوګیت بیم طریقه چی د بیځایکیدلو د تحلیل او معلومولود پاره یوه بله ارزښتناکه طریقه ده او ددی طریقی اصول او بنسټ په ستاتیک (static) او هند سه (Geometry) تکیه لری چی په دی فصل کی ځاي ورکړل شوي.

په پنځم فصل کی د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین (Influence Line) ته ځای ورکړل شوی. د تحلیل په اساساتو او د مثالونو په راوړلو سره په تفصیل سره پری شننه شوی. همدارنګه د خوځید ونکیو لوډونو، او انفلوینس لاین د بیم، ټرس ، ګردر او غولی سیستم په حالت کی د تیوري او مثالونو سره وړاندی شوي.

په شپږم فصل کی د سلوپ ډیفلکشن طریقه چی د تحلیل یوه پخوانی طریقه ده او د بیمونو او فریمونود تحلیل لپاره تری کار اخیستل کیږی وړاندی شویی. دا طریقه د ستاتیکلي نا معلومو جوړښتونو(Statically indeterminate structures) تحلیل لپاره زیاته استعمالیږی . هغه جوړښتونه چی خوځیدل هم لری په دی فصل کی ځای ورکړل شوي.

په اوم فصل کی مومنټ ډیسټربیوشن (Moment Distribution) ته ځای ورکړل شوي. مومنټ ډیسټربیوشن د جوړښتونو د تحلیل لپاره یو ستایلی پخوانی طریقه ده. دا طریقه د سلوپ ډیفلکشن طریقی

په شان د ستاتیکلی نا معلومو جوړښتونو د تحلیل لپاره یو ښه پخوانی طریقه ده. بیمونه او فریمونه چی خوځیدل هم ولری په تفصیل او مثالونو سره وړاندی شوي.

په آتم فصل کی د میټریکس (Matrix) طریقه د ټرس او بیمو تحلیل لپاره وړاندی شوی. په شروع د فصل کی د میټریکس په عملیاتو شننه شوي او وروسته د جوړښتونو تحلیل او مثالونه وړاندی شوي.

په نهم فصل کی د د جوړښتونو ډینامیک انالیسیز (Dynamic Analysis) اساسی او بنسیټیز اصولو شننه شوي. د زلزلي په باره کی هم لنډه شننه او د تحلیل مثالونه وړاندی شوي.

په اپنډیکس کی یو لړمعلومت او فورمولوته ځای ورکړی شوی چی د ددی کتاب په مطالعه او ډیروو نورو مسلکی حالتوکی به خورا ګټور تمام شی.

لیک لړ

اول ټوک

سر لیک	**مخ**
د کتاب نوم	**i**
ډالۍ	**ii**
اړینه یادونه	**iii**
تقریظ	**iv**
تقریظ	**v**
منن لیک (د حفیظالله وردک له خوا)	vi
منن لیک(زرجان بها)	iivi
سر لیک	viii
لیکلړ	xi
سریزه	1
1.0 ساختمانی تحلیل (Structural Analysis)	1
1.1 جوړښتونه (Structures)	1
1.2 د جوړښت غړي	3
1.3 بیم (Beam)	3
1.4 د بیم ډولونه د بارونو په اساس	6
1.5 ستني (Column)	7
1.6 ټای رادونه (Tie Rods)	11
1.7 د جوړښتونو ډولونه	11

1.8 ټرس (Truss) 11

1.9 چوکاټونه یا فریمونه (Frames) 13

1.10 ګنبدی او کیبلونه (Arch and Cables) 14

1.11 سطحی جوړښتونه (Plates and Shells) 17

1.12 د جوړښت وزنونه او بارونه (Loads) 18

1.13 ثابت لوډونه (Dead Loads) 21

1.14 د موادو کثافت (Density) 22

1.15 ګړندی او ژوندی بارونه یا وزنونه (Live Loads) 23

1.16 د لویو لارو د پلونو وزنونه او لوډونه 23

1.17 د ټکر لوډ په پله باندی 24

1.18 د باد لوډ (Wind Loads) 24

1.19 د خاوری فشار په جوړښت 25

1.20 د زلزلی تاثیر او قواوی په جوړښت 26

1.21 تحلیلی لاری چاري 30

1.22 محدودیتونه 31

1.23 د موادو د مقاومت طریقه (کلاسیکه طریقه) 31

1.24 د ایلستیستی طریقه 32

1.25 د نومریکل اټکل لاری چاري 32

اول فصل

(ریکشن یا دغبرګون قوی)

(Reactions)

1.0	ریکشنونه یا غبرګونو قواوی (Reactions)	33
1. 1	د کوپلنرقواوو ډولونه	33
1.2	د ریکشنو او اتکا ډولونه او استعمال یی	36
1.2.1	پن اتکا (Pin Support)	37
1.2.2	ثابت یا فیکسډ اتکا (Fixed Support)	37
1.2.3	ساده اتکا (Simple Support)	39
1.2.4	رولر اتکا (Roller Support)	40
1.3	د جوړښت ایدیلایزیشن (Idealization of a Structure)	40
1.4	د قواوو یا لوډونو ډولونه	42
1.4.1	بهرني قواوي یا لوډونه	42
1.4.2	داخلی قواوي یا لوډونه	43
1.5	د جوړښت تعادل یا توزن حالت (Equilibrium)	44
1.6	د جوړښت ستاتیک ثبات	46
1.7	د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام (Freebody Diagram)	50
1.8	د ریکشنو پیداکولو مثالونه	51
1.9	اول مثال	51
1.10	دوهم مثال	53

1.11 دریم مثال 56
1.12 څلورم مثال 58
1.13 پرکتس سوالونه 61

دوهم فصل

(شیر او مومنټ)

(Shear and Bending Moment)

2.0 شیر او کږیدونکی مومنټ (Shear and Bending Moment) 64
2.1 داخلي لوډونه او قواوي 64
2.2 د داخلي لوډونو د جهت انتخابولو لار (sign convention) 68
2.3 اکسیل یا نارمل لوډ 68
2.4 شیر یا مماسي لوډ 68
2.5 مومنټ لوډ 68
2.6 تورژن یا تاویدنه (Torsion) 69
2.7 د لوډ شیر او مومنټ اړیکي 72
2.8 لوډ ، شیر، او مومنټ دایګرام 78
2.9 د شیر او مؤنت دایګرام مثالونه 78
2.9.1 اول مثال 78
2.10 دوهم مثال 84
2.11 دریم مثال 87
2.12 څلورم مثال 93

2.13 پنځم مثال 98
2.14 شپږم مثال 102
2.15 اوم مثال 105
2.16 آتم مثال 109
2.17 نهم مثال 112
2.18 پرکتس سوالونه 118

دریم فصل

(ټرس)

(Truss)

3.0 ټرس جوړښت 122
3.1 ټرس جوړه ول 123
3.2 ټرس د غړیو ټرون او نومولو کانونشن 124
3.3 ټرس ثبات او ستاتیک معلومول 124
3.4 ټرس تحلیل لاري 126
3.5 جوینت طریقه 126
3.6 اول مثال 126
3.7 دوهم مثال 132
3.8 تمرین سوالونه 137
3.9 د ټرس د غوځیدو طریقه (Method of Section) 142
3.10 مثال 142

3.11 پرکتس سوالونه 146

څلورم فصل

بیځایه کیدل

(Deflection)

4.0 تعریف دجوړښت بیځایه کیدل 148
4.1 مومنټ او منحني کرشي اړیکي 151
4.2 اول مثال 152
4.3 د جوړښت بیځایه کیدو معلومول 155
4.4 خیالي کار کړنلاره (Virtual Work) 156
4.5 خیالي کار کړنلاري تفصیل 156
4.6 خیالي کار فرضیي لنډیز 158
4.7 داخلی او بهرنی لوډ خیالي کار معادلي 159
4.8 بیم او ټرس بیځایه کیدلو معلومول 160
4.9 ټرس خیالي کار 160
4.10 ټرس غړي خیالي کار 161
4.11 ټرس غړي خیالي سترین انرژي 162
4.12 مثال 164
4.13 د ټرس تحلیل تګلاره 167
4.14 مثالونه 167
4.14.1 اول مثال 168
4.14.2 دوهم مثال 175

4.14.3 دریم مثال 180
4.14.4 څلورم مثال 185
4.15 پرکتس سوالونه 192
4.16 بیم بیځایه کیدلو پیداکول او تګلاره د انټیګریشن په طریقه 197
4.17 د اینټیګریشن تګلاره 200
4.17.1 پنځم مثال 200
4.17.2 شپږم مثال 203
4.17.3 اوم مثال 206
4.17.4 اتم مثال 209
4.17.5 نهم مثال 212
4.17.6 لسم مثال 213
4.18 مومنټ ایریا طریقه (Moment Area Method) 215
4.18.1 یولسم مثال 217
4.18.2 دولسم مثال 219
4.18.3 دیارلسم مثال 221
4.19 مومنټ ایریا تفصیل 226
4.20 عمودی فاصلي او زاویي مثبت او منفي غوا کانوانسیون 228
4.21 مومنټ ایریا اول مثال 230
4.22 مومنټ ایریا دوهم مثال 237
4.23 تمرین سوالونه 239
4.24 کانجوګیت بیم طریقه (Conjugate Beam method) 244
4.25 د تحلیل تګلاره 246
4.26 د کانجوګیت بیم د اتکا جوړول 246

4.27 اول مثال 248
4.28 کانجوګیت بیم او M/EI لوډ 249
4.29 دوهم مثال 252
4.30 دریم مثال 255
4.31 پرکتس سوالونه 261
4.32 د کاستیګلیانو طریقه د بیځایه کیدلو معلومولو لپاره (Castigliano) 263
4.33 اول مثال 264
4.34 دوهم مثال 264
4.35 دریم مثال 268
4.36 څلورم مثال 269
4.37 پنځم مثال 270
4.38 شپږم مثال 271

پنځم فصل

د نفوذ کرښه

(Influence Line)

5.0 د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین 278
5.1 د تحلیل اساسات 279
5.2 اول مثال 279
5.3 انفلوینس لاین جوړه ول 280
5.4 د مومنټ انفلوینس لاین جوړه ول 281
5.5 دوهم مثال 287

5.6 انفلوینس لاین ځانګړتیاوی او د استعمال اهداف یي 291
5.7 دریم مثال 293
5.8 څلورم مثال 295
5.9 پنځم مثال 298
5.10 ګردر او فرش سیستم (Girder and Floor System) 302
5.11 شپږم مثال د ګردر او فرش انفلوینس لاین 303
5.12 اوم مثال 307
5.13 آتم مثال 309
5.14 نهم مثال 310
5.15 لسم مثال 315
5.16 یولسم مثال 320
5.17 دولسم مثال 325
5.18 دیارلسم مثال 329
5.19 څوارلسم مثال 333
5.20 پرکتس سوالونه 336
اپنډیکس 339
د مؤلف (حفیظ الله وردک) لنډه پیژندنه 380
د مؤلف (زرجان بها) لنډه پیژندنه 383
د کتاب معرفي په انګلیسی (Brief Introduction to the book) 388

دوهم ټوک

Volume II

شپږم فصل

د سلوپ ډیفلکشن طریقه

(Slope Deflection Method)

6.0 میلان ډیفلکشن طریقه	389
6.1 بیم آخري مومنټونه	390
6.2 تړلشویو اتکاو مانع کیدلو مومنټونه	395
6.3 آزادی دزجه	396
6.4 حد یا درجه د دازادی (Degree of Freedom)	397
6.5 د غړي سختی (ستیفنیس)	399
6.6 د میټریکس جوړه ول	399
6.7 اول مثال	400
6.8 توازن حالت او معادلي په هر جاینټ کي	402
6.9 دوهم مثال	405
6.10 د تعادل او توازن پیژندل	409
6.11 دریم مثال	409
6.12 څلورم مثال	418
6.13 تړلشویو اتکاوو (فیکسډ ایند) مومنټونه	423

6.14 پنځم مثال 425
6.15 ښپږم مثال 427
6.16 اوم مثال 432
6.17 آتم مثال 435
6.18 نهم مثال 440
6.19 لسم مثال 447
6.20 مثال 11 456
6.21 مثال 12 دوه پوړیزه وداني 467
6.22 مثال 13 بیم چی خوځیدل لري 475
6.23 پرکتس سوالونه 483

اوم فصل

مومنټ ډیسټریبیوشن طریقه

(Moment Distribution)

7.0 د مؤمنټوویشل 494
7.1 د مومنټ ډیسټریبیوشن طریقه لنډیز 494
7.2 د طریقه تفصیل 494
7.3 د لور یا جهت تړون 497
7.4 فیکسډ ایند مومنټ 497
7.5 د غړیو سختوالي 497
7.6 تاویدونکي سختوالي 498

7.7 سختوالي فکتور 498
7.8 بل لور ته د وړلو فکتور 498
7.9 د ویش فکتور 499
7.10 د مومنټ ډیسټریبیوشن مثالونه -اول مثال 502
7.11 دوهم مثال 507
7.12 دریم مثال 510
7.13 څلورم مثال 511
7.14 پنځم مثال 513
7.15 شپږم مثال 517
7.16 اوم مثال 522
7.17 آتم مثال فریم 528
7.18 نهم مثال فریم 531
7.19 لسم مثال فریم 535
7.20 فریم چی خوځیدل لري 541
7.21 مثال 11 543
7.22 مثال 12 554
7.23 مثال 13 562
7.24 پرکتس سوالونه 572

آتم فصل

میټریکس استعمال د جوړښتونو د تحلیل لپاره

(Matrix Method)

8.0 تعریف	583
8.1 ړد میټریکس ښودل	583
8.2 میټریکس نومول	584
8.2.1 میټریکس عناصرو نشه	584
8.3 میټریکس ډولونه	585
8.3.1 کلم میټریکس	585
8.3.2 قطار میټریکس	585
8.3.3 مربع میټریکس	585
8.3.4 مشابه میټریکس	586
8.3.5 دایګنل میټریکس	586
8.3.6 پورتني اړخ دایګنل میټریکس	587
8.4 د میټریکس عملیات	587
8.4.1 جمع کول	587
8.4.2 منفي عملیه	588
8.4.3 د تفریق عملیه	588
8.4.4 ضرب عملیه په ثابت عدد	589
8.4.5 ضرب عملیه د یو میټریکس په بل میټریکس	589
8.4.6 واحد میټریکس	591

8.4.7 میټریکس تقسیم عملیه 591
8.4.8 میټریکس ټرسپوز عملیه 592
8.5 میټریکس ډیټرمینت 592
8.6 میټریکس معکوسولو عملیه 597
8.6.1 معکوسولو مثال 598
8.6.2 د حذ فولو طریقه 600
8.7 د خطی معادلاتو ښودنه 602
8.7.1 مثال 604
8.8 ټرس تحلیل د میټریکس طریقه 612
8.8.1 اول مثال 615
8.8.2 دوهم مثال 620
8.9 ټرس تحلیل د میټریکس طریقه 624
8.9.1 ټرس جاینټونو ګرافیک دایګرام 625
8.10 څلورم مثال 631
8.11 مثال 637
8.12 د متركس د بیځایه کیدو طریقه 643
8.12.1 ستاتیک میټریکس جوړ ه ول 643
8.13 مثال 644
8.14 غړیو سختوالي میټریکس 647
8.15 جوړښت عمومی سختوالي 648
8.16 مثال 649
8.17 مثال 653
8.18 بیم تحلیل میټریکس طریقه 655

8.18.1 ستاتیک میټریکس جوړ ه ول 656
8.18.2 بیځایه کیدو میټریکس جوړ ه ول 659
8.18.3 د بي میټریکس جوړ ه ول 660
8.19 ګلوبل شخي میټریکس 662
8.20 د بیم برخي ځانګړي شخی میټریکس 666
8.21 مثال 670
8.21.1 جاینټونو توازن معادلي 671
8.21.2 بهرنی لود پی او بیځایه میټریکس ایکس 672
8.21.3 فیکسذ ایند مومنټونه 672
8.21.4 ځانګړي برخی شخي میټریکس 673
8.21.5 جاینټونو ټول مومنټونه 677
8.22 لسم مثال 677
8.22.1 فیکسډ ایند مؤمومنټ 678
8.22.2 بیم ځانګړی برخي 679
8.22.3 بهرنی او داخلي لوډونه په جاینټونو 679
8.22.4 توازن په جاینټونو کی 680
8.22.5 بیم ځانګړي برخی شخي میټریکس 681
8.22.6 بیم ګلوبل میټریکس 682
8.22.7 بیم بیځایه کیدنه 682
8.22.8 بیم برخي مومنټونه 683
8.22.9 جاینټونو پایلي مومنټونه 678
8.23 مثال 11 684
8.24 مثال 12 691

8.25 مثال 13 700
8.26 پرکتس سوالونه 712

نهم فصل

(دجوړښتونو ډینامیک انالیسیز)

(Dynamic Analysis of Structures)

9.0 ډینامیک انالیسیز 721
9.1 نیوټن حرکت معادله 723
9.2 اول مثال 727
9.3 دوهم مثال 729
9.3.1 نومریکل انټیګریشن 730
9.3.2 دریم مثال 732
9.4 دوهم درجه ایلستیک سیستمونه 742
9.4.1 دوهمی درجه ایلستیک سیستمونو معادلي 743
9.5 ډمپینګ 749
9.5.1 مثال 750
9.6 د زلزلي د اندازه کولو وسیله 758
9.7 د بهرني دینامیکي لوډونو ډولونه 759
9.8 ډینامیک لوډ فکتور 761
9.8.1 مستطیلي شکل بهرني لوډ 762
9.8.1a مثال 764

9.8.2 مثلثي شکل بهرني ډيناميک لوډ 768
9.8.3 مثلثي شکل دري مساوی ضلعي 771
9.8.4 ډيناميک لوډ فکتور وروسته ثابت کيږي 773
9.8.5 شير ديوالونه 774
9.8.6 مثال 776
9.8.7 ذلزلي تاثيرات په ودانيو 778
9.8.8 د ودانيو تحليل او ديزاين په ذلزله لرونکيو ساحو کي 782
9.8.9 د افقي لوډونو ويش 785
9.8.10 څرخيدونکي مومنټ 787
9.8.11 مثال 787
9.8.12 د اوړيدو مومنټ (Overturning Moment) 796
9.9 پرکتس سوالونه 797
اپنډيکس (Appendix) 802
بيبليوګرافي 840
د مؤلف (حفيظ الله وردک) لنډه پيژندنه 841
د مؤلف (زرجان بها) لنډه پيژندنه 844
معرفي د کتاب په انګليسي (Brief Introduction to the book) 849

سریزه

(Forward)

1.0 ساختمانی تحلیل (Structural Analysis)

ساختماني انجنيري ساينس او هم هنردی، تګلاره داده چه د ډیزاین په واسطه اقتصاد ی او ښکلی وداني، پلونه، فریمونه،الوتکي، فضايي بيړي، بندونه اوداسي نور جوړښتونه داسی جوړشی ترڅو د هغو لوډونو مقاومت وکړي چې ورسره مخامخ کیږي.

ساختماني تحلیل د قواو، وزنونو، بارونو په عمومي توګه د لوډونو (Loads) اغیزه په فزیکی جوړښتونو او د دوی پر اجزاو باندی معلوموی. ساختمانی شننه د انجینری ډیزاین یوه مهمه برخه ده. د دی ډول تحلیلولو سره د وزنونو، داخلی یا خارجی لوډونو اغیزه پر جوړښتونو لکه ودانی، پلونه، د خاوری ساحه اوتهدابونه، الوتکي، توغندی، فضایی بیړي، او داسی نورو باندی څرګند یدی شی.
ساختمانی تحلیل د ساینس اوریاضیاتوله اصولو او طریقو څخه کار اخلی او د تحلیل پایلی د یوساختمان فزیکی جوړښت د تایید لپاره تري ګټه اخیستل کیږی.

1.1 جوړښتونه (Structures):

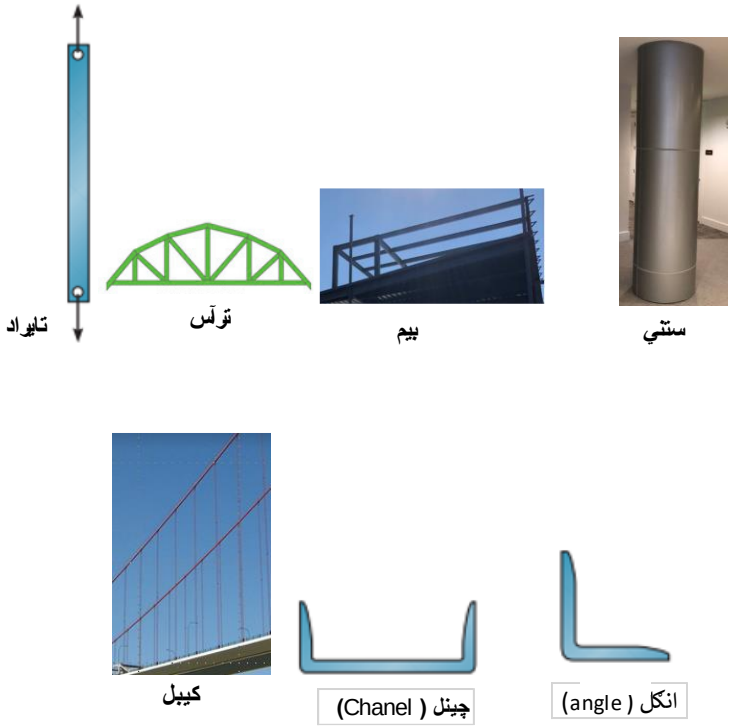
یوجوړښت یا ستركچرچه دتړل شویو یا یو ځای شویو غړیو پواسطه را مینځ ته شوی وی د مشخص بار یا لوډونو مقاومت او وړلو لپاره جوړیږي. د ساختمانی انجینری پوري اړوند مهم مثالونه یی ود اني، پلونه، بندونه او برجونه شامل دي؛ او د انجنیري نور مثالونه، الوتکی اود الوتکو چوکاټونه، ټانکونه، میخانیکی سیستمونه، او د بریښنا د لیږدولو جوړښتونه او داسی نور دی. کله چې د عامه ګټې اویا ځانګړي فعالیت خدمت کولو لپاره یو جوړښت ډیزاین شي، انجنیر باید د جوړښت ساتنه ښکلا او دخدمت دوام (سرویس ابلیتی) په نظرکی ونیسی، او همدارنګه اقتصادي او چاپیریال خنډونه او تاثیرات هم په پام کې ولري. مخکې له دې چې د یو خورا مناسب جوړښت د مینځ ته راوړلو آخری پریکړه وشی ډیر وختونه ، بیلابیل حلونه او ډیری خپلواکي مطالعاتو ته اړتیا ده. په دی اساس د ډیزاین پروسه دواړه ابتکاری (creative) او تخنیکي پلو لري ، او د جوړښت دموادو انتخاب یی خورا مهم او ضروری دی.
یو ځل چې د یوه جوړښت د ډیزاین وړاندیزوشی، جوړښت باید تحلیل شي ترڅو ډاډ ترلاسه شي چې اړین توان او ثبات لري که نه. د یوه جوړښت تحلیل کولو لپاره ځانګړي مشخصات باید په نظرکی ونیولشی چې غړي یي څنګه د یوبل سره وصل او څنګه له یوځای یا تهداب سره وتړل شي. بارونه یا وزنونه په عمومی توګه لوډونه د کوډونو او محلي مشخصاتو له مخی ټاکل کیږی، اوبیا د غړیود قوتونو او د دوی بیځایه کیدلو تحلیل معلومیدای شی .

د جوړښت تحلیل پایلې کیدای شي چه د غړیو وزن او دقیقی اندازې درستې معلومی کړی. له همدې کبله د یوبریالی ساختماني ډیزاین شروع په یوسلسله اټکلونو پیل کیږی ، چې په هره برخه کې تحلیل ته اړتیا لري. په دې کتاب کې، د جولښتونو شننه د ساختمانی انجینرۍ په جوړښتونو کې دلته ښودل کیږي. د تشریح شوي تحلیل طریقی د انجنیري د نورو ساحو اړوند جوړښتونو لپاره هم کارول کیدای شي.

د ساختماني انجنیر لپاره مهمه ده چه څنګه له بیلابیلو غړیو یو جوړښت جوړیږ ي او د دې لپاره چې یو جوړښت جوړ شی او د ګټې اخیستلو وړتیا ولری دلته به یې یو څو بنسټیزاړخونه معرفي کړو.

1.2 دجوړښت غړی:

یوساختماني سیستم له ساختماني غړیو او د هغوی له موادو چی دا غړی جوړوی منځ ته راځي. د ساختماني انجنیر لپاره اړینه ده چې د جوړښت بیلابیل غړیو د هغوی د موادو پیژند نه وکړی. هغه اعضاوی چه له یوبل سره وصل اوجوړښت ورځینی جوړیږی د جوړښت غړی بلل کیږی. په عمومی توګه د یو جوړښت غړی عبارت دی له بیم، ستني ، کیبل، نښلونکی راد (سترت)، ترس، چینل، پلیت، سلب او انګل انځور 1.0



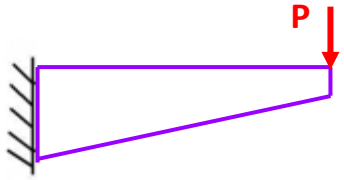
انځور 1.0 د جوړښت غړی

پورته غړیو لنډه یادونه په دی لاندی ډول کیږي.

1.3 بیم (Beam):

بیم معمولاً مستقیم افقی غړي دي چې د ستنیي لوډونو لیږدولو لپاره تری کار اخیستل کیږي. ډیروختونه دا چه دوی څنګه تړل شوی د هغه اتکاو په اساس، او یا دا چه څه نوع لوډ ورباندی عمل کړی هم نامول شوي دي، لکه څنګه چې په لاندی انځورونو کې ښودل شوي. بیمونه کیدی شی چه له کانکریت، وسپنی اویا داسی نورو موادو جوړه شی.

په ځانګړي توګه، کله چې د کراسیکشن یا مقطع برخې توپیر وکړي، بیم د مخروطی بیم (taper) په نامه یادیږي.



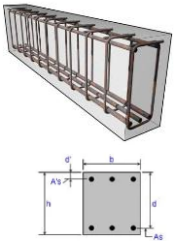
انځور 2.0 مخروطی بیم

بیمونه په عمومی توګه د مؤمنت لپاره ډیزاین کیږی، اما که دوی لنډی وي او لوی بار ورباندی عمل وکړي، داخلي شیر ممکن خورا لوی شي او دا نوع لوډ ممکن د دوی ډیزاین ټاکونکی کړي. کله چې د بیم لپاره کارول شوي مواد وسپنه یا المونیم په شان فلز وی، په انځور 3.0 کې ښودل شوي کراسیکشنونه اغیزه من دي. دلته کرا سسیکشن په پورته او ښکته برخه کی فلنج (flange) رامینځته شوي اړین مؤمنت لپاره مقاومت کوی ، پداسې حال کې چې ویب د شیر په مقاومت کې اغیزمن دی .

انځور 3.0 د بیم کراس سیکشن

که چیری د بیم اوږدوالی ډیر وی او د مخالف سمت واړه بیمونه هم پری تکیه وی (دمثال په توګه له ۲۵ متره زیات) د ګردر په نا مه یادیږی، اوله یولړځانګړیو مشخصاتو سره دیزاین کیږی. د کانکریټ بیمونه په عمومي ډول مستطیلي یا دایروی مقطع لري، ځکه ډیریي په ساحه کې جوړیږي. څرنګه چې

کانکریټ د تاو (مؤمنت) یا تینشن په وړاندې مقاومت کې کمزوری دی، د فولادو سیخونه د تینشن په حصه کی ایښودل کیږی تر څود تینشن یا کشش پیاوړتیا پیدا کړی .



انځور 4.0 د لرګی ، اوسپنې او کانکریت جوړ شوي بیمونه

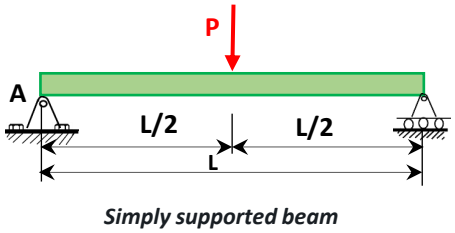
د بیم څلور بیل ډولونه دسپورت یا اتکا په اساس عبارت دي له:

ساده تړل شوی بیم

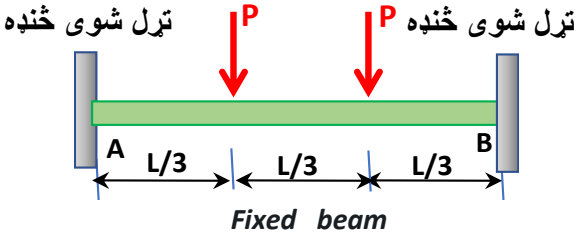
ټینګ تړل شوی بیم

کنتیلیور(د یوه څنډی خلا صه) بیم

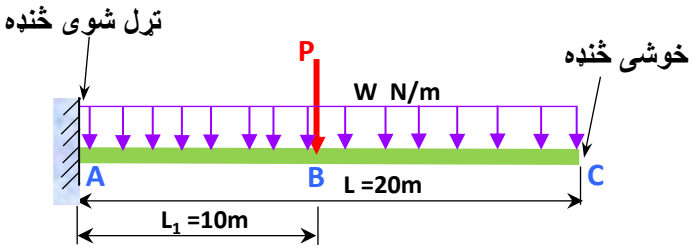
دوامداره بیم چی تر دو زیات تکي ولري



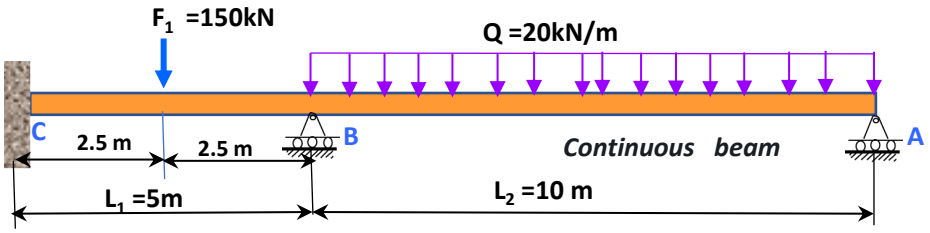
انځور5.0 ساده تړل شوی بیم



انځور 6.0 تړل شوي بیم



انځور 7.0 کنتیلیور بیم



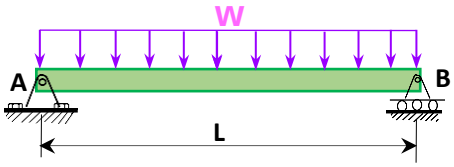
انځور8.0 دوامداره بیم

انځور 9.0 کانکریتی کنتیلیور بیم

انځور 10.0 د لرګیو دوامداره بیم

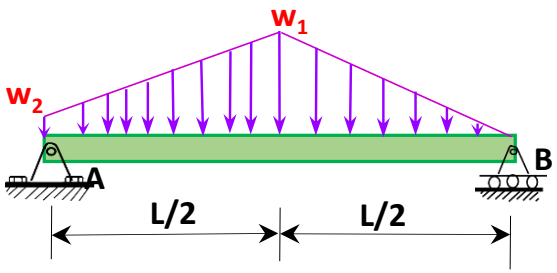
1.4 د بیم ډولونه د بارونو په اساس

مساویانه ویشل شوی بار بیم (Uniformly Distributed Beam)



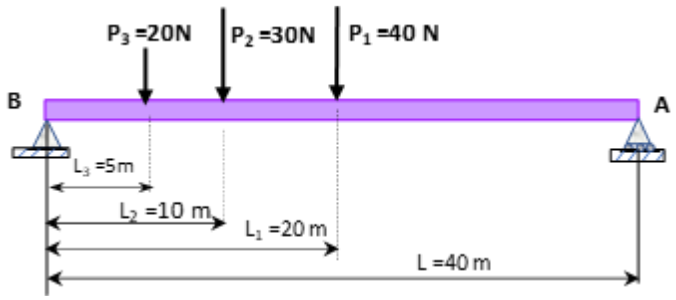
انځور 11.0 مساویانه ویښل شوي لوډ

نا مساویانه ویشل شوی لوډ بیم (Variable Distributed Beam)



انځور 12.0 نا مساویانه ویشل شوي بار بیم

متمرکز بار بیم (Concentrated loaded Beam)

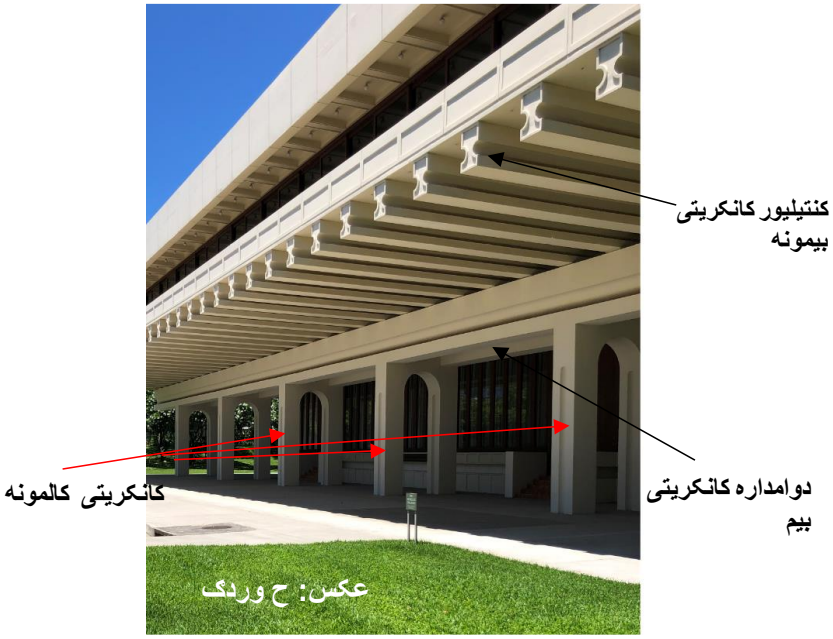


انځور 13.0 متمرکز بار بیم

1.5 ستني یا کالم (Column)

ستني هغه غړي دی چې په عمومی ډول د محوری فشار (کمپرشن) بارونو یا لوډونو مقاومت کوي. د نلونو او پراخه فلانج کراسسیکشن اکثراً د فلزي ستني لپاره کارول کیږي، ګردي او مستطیلی مقطع د هغو ستنیو لپاره کارول کیږي چې د کانکریټ یا لرګیو څخه جوړ شوي.

ځینې وختونه، پر ستنیو د محور کمپرشن بارپر سر تاودونکي بار یا مؤمنت هم وربانده عمل کوی دا غړي بیا د بیم- ستني په نامه یادیږی. ستني له وسپنی، کانکریت او هم له لرګیو جوړیږی.



انځور 14.0 کانکریتی کالمونه او بیمونه

انځور 15.0 **کانکریتی کالم د جوړه ولوپه حالت کی**

انځور 16.0 **د ډبرو او خښتو کالم د دارالمان ماڼی**

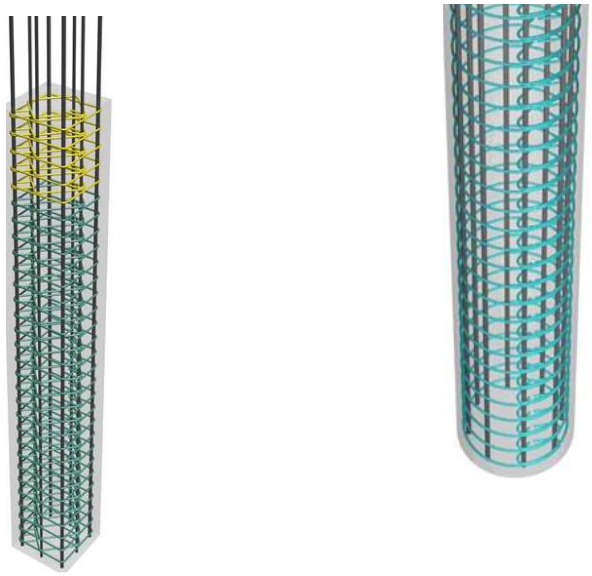
انځور 17.0 د لرګیو ستني

د وسپنی ستني

کانکریتی ستني (دایروی مقطع)

زینتی ډبرو ستني

انځور 18 د ستنیو مثالونه

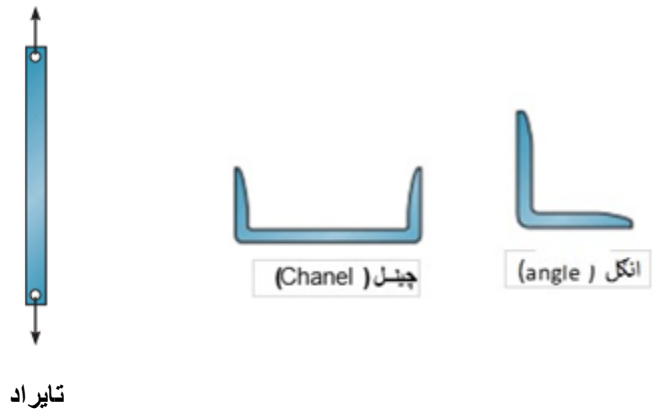


انځور 19.0 کانکریتی کالم د سیخونو سره

انځور 20.0 د پله لاندی کانکریتی ستني او کانکریتي بنسټ

1.6 ټای رادونه (Tie Rods)

ساختماني غړي چې د کشش (تینشن) حالت کی وی د ټای راد او یا بریسینگ سترت په نامه یادېږي. د داخلی قواوو(تینشن لوډ) د خاصیت له امله، دا غړي نازک او ډیر وختونه دگردی یا مستطیلي مقطع ریښو (راد) ، زاویه گانو (انگل) یا چینلونو څخه غوره کیږي



انځور 21.0 ټاي راد مثالونه

1.7 د جوړښتونو ډولونه

ساختماني سیستم د ساختماني غړیو یو ځای والي او هغه مواد چې دوی تری جوړ شوي تشکیلوی، او هر سیستم د یوه یا څلورو بنسټیزو جوړښتونو څخه جوړیدای شی. دا بنسټیزو جوړښتونه په لاندې ډول دي:

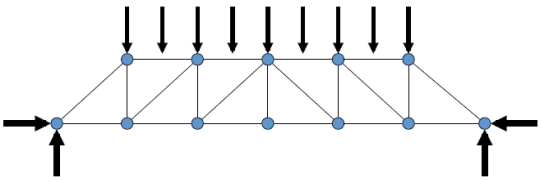
1.8 ټرس (Truss)

ترس د وړو غړیو څخه جوړیږي، او غړی معمولا په دری کونجی انځور سره تنظیم کیږي. کله چې جوړښت د اوږده واټن لپاره جوړ شوي او ژوروالی یې د ډیزاین لپاره مهم معیار نه وی ترس مناسب انتخاب دی.

که چیری د ترس غړی په عین سطح کی جوړ وی په نامه د پلنر ترس (Planar Truss) یادولکیږی او د ا نوع ترس د پلونو او بامونو لپاره مناسب اود کار وړدی، او که چیری غړی په دریوجهتو کې غزیدلې وی په نامه د فضایی (Space)ترس یادیږی او د برجونو، کرینو، او دبریښنا

لیږدولو پایو لپاره مناسبه دی. د خپلو غړو د هندسی (جیومټریک) ترتیب له امله کله چه بار یا قوتونه وربانديی عمل کوی ، د هغه دتیټوالی سبب ګرځي چې ټول غړی په ټیشن یا کمپرشن حالت کی راځی . د دې له امله د ترس لومړنی ګټی د بیم په پرتله دا ده چې د ورکړل شوي وزن یا بارونو لپاره غړی یی لږ مواد کاروي.

د یو ترس غړی نظر په نوعیت د بار یا لوډ په مختلفو لارو تنظیم کیدای شی . ډیری وختونه دا د اقتصادي پلوه ممکنه ده چې د واټن پوښلو لپاره له 9 مترو تر 122 متره اوزیاد واټن لپاره استعمال شي.



انځور 22.0 پلنر تراس

انځور 22.0 پلنر او فضا یي تراس د کرینو لپاره

انځور **23.0** پلنر او فضايي تراس

انځور **24.0** پلنر او فضايي تراس

1.9 چوکاټونه يا فريمونه

فريمونه اکثرا په ودانيو کې استعماليږي او د بيمونو او ستنيونو څخه چې په پن (Pin)او يا ټينګ فيکسد (Fixed) حالت کی تړل شوی وي جوړيږی، 25 او26 انځورونه . چوکاټونه يا فريمونه په دوو يا درېو اړخونو کې پراختيا کولاي شی. کله چه بارونه يا قواوی پر يو فريم باندی عمل وکړی دفريم په غړوکی تاويدل يا موؤمنت را پيدا کيږی او که چيری دا فريم ټينګ تړل شوی وی نو دا جوړښت په عمومي ډول د تحليل له نظره اند يټرمنت يا نا معلوم فريم بلل کيږيی. د داسې چوکاټ توانايی په متقا بل عمل د بيم او ستني په تړلو اود دوی اړيکوتر مينځ سره مربوط ده. د پايلې په توګه، د يوه چوکاټ اقتصادي ګټې دا دی چه بيم وړوکی او په عوض يی ستني لوي راځی. دا په علت د "بيم - ستني" تړلنی (يوځای کيدوجاينت) له امله چه د مؤمنت اغيزمنتوب پورې اړه لري.

انځور 25.0 کانکریټي فریم

انځور 26.0 فلزي فریم

1.10 ګنبدي (آرچ) او کیبلی جوړښت

د اوږده واټن لپاره دوه نور ډوله جوړښتونه په نامه د آرچ او کیبل د استفادی وړ دی. کیبلونه معمولاً ارتجاعی (فلکسبل) دي او خپل وزنونه په کشش یا تینشن سره اخلي. بهرني لوډ د کیبل محورونو کې نه پلي کیږي، او په نتیجه کې کیبل یو بیځایه شوی حالت نیسی چې (Sag) نومیږی . کیبلونه په عام ډول د پلونو او د چتونو جوړولو لپاره کارول کیږي . کیبل د بیم او ترس په پرتله، په تیره بیا د اوږده واټن لپاره چې له 46 متره څخه زیات وي منا سب جوړښت دی. ځکه چې کیبل تل په تنشن یا کشش کې وي، او کیبلونه د ترس او آرچ په پرتله په ناڅاپي توګه نه نسکوریږی. سربېره پر دې، د ودانولو لپاره اضافي لګښتونو ته اړتیا نلري ځکه د ترس او آرچ ژوروالی او دغړیو پنډوالی نظر په واټن یا (span) باید ډیرشی. د کیبلونو استعمالول او ډیزاین یی یوازې د (Sag) ، وزن، او تړلو طریقې سره محدود دي.

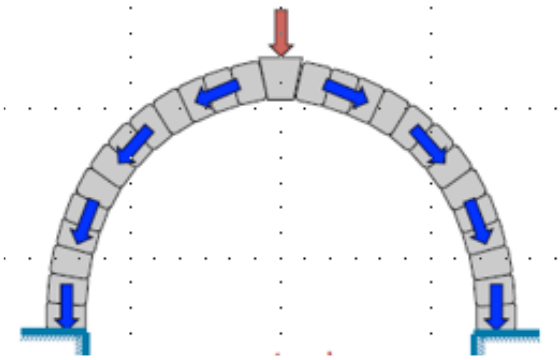
د آرچ موؤثریت په کمپرشن کی دی او با ید چه سخت یا ریجید وی ترڅوخپل شکل اوحالت وساتی او دا سبب د اضافی شیر او موؤمنت کیږی چه په ډیزاین کی باید په پام کی ونیول شی. آرچونه اکثرا د پلونو په جوړښت ، د ګنبدو او د ودانیو دیوالونو کې د کړکیواو دروازو لپاره استعمالیږي .

انځور 27.0 د ډبرو آرچ

انځور28.0 کانکريتي آرچ

انځور 29.0 کبلي تارونو استعمال د لویو پلونو لپاره

انځور 30.0 قوسي آرچونه

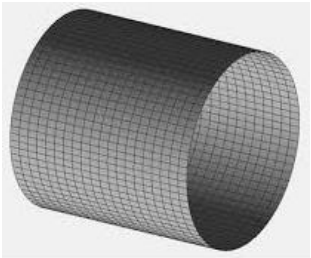


انځور 31.0 آرچ د کمپرشن په حالت کي

1.11 سطحی جوړښتونه (Plates and Shells)

سطحی جوړښت د هغه موادو څخه جوړ شوی دی چې د نورو اړخونو په پرتله خورا کوچنی ضخامت ولري. په دی حالت کې مواد د پردی (Membrane) په توګه عمل کوي چې یوازې د کشش یا تینشن سره مخامخ کیږي. سطحي جوړښتونه کیدای شي د سختو موادو څخه جوړ شي لکه پیاوړي کنکریټ. په داسې حال کې چې کیدای شي د پوښ شویو تختو، سلینډرونو، یا هایپربا لیک پرابولوبنه ونیسي، اودا حالت ته د نازکو تختو (تین پلیت) یا شیل په توګه ورته اشاره کیږی. دا جوړښتونه د کیبلونو او آرچونو په څیر کشش یا تینشن او کمپرشن وزنونو او بارونو اخیستلی شي .او د مؤمنت توانایی لږده.

د پلیټ یا شیل جوړښتونه په عمومي توګه خورا ستونزمن او پیچیلی تحلیل لری . دا ډول تحلیل په بشپړ ډول ځانته وقف شوي مضمون لری او دلته نور بحث ورباندی نکړو.



انځور 31.0 پلیت پوړ

انځور 32.0 پلیت پوړ

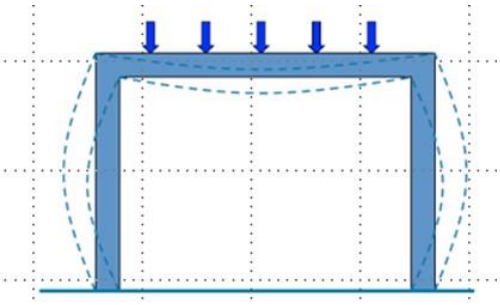
1.12 دجوړښت وزنونه او بارونه (لوډونه)

یوځل چې د جوړښت لپاره هر اړخیزه ګټه اخیستل، موقعیت، او د اړتیا وړ انځور او اندازی (جیومتری) تعریف شی ، نو اړین دي اول هغه لوډونه (بارونه اوقواوی) چه پرجوړښت عمل کوی وپیژندل شی.

څرنګه چې په یوه جوړښت ډیر ډولونه بارونه او وزنونه عمل کوی او له مختلفو غړیو سره تړون لري، دلته لنډ بحث یی وړاندې کیږي

ساختماني بارونه یا عمل کونکی خارجی قواوی، بیځایه کیدل (displacement)، متحرک بارونه کله چه په جوړښت یا د هغې په کومه برخه کې پلي شي په ساختمانونو کې داخلی قواوی ، اود جوړښت د بې ځایه کید نې سبب ګرځي. د هغوی د اغیزو ارزونه د ساختماني شننو(سترکچورل انالیسیس) له لارې ترسره کیږي.

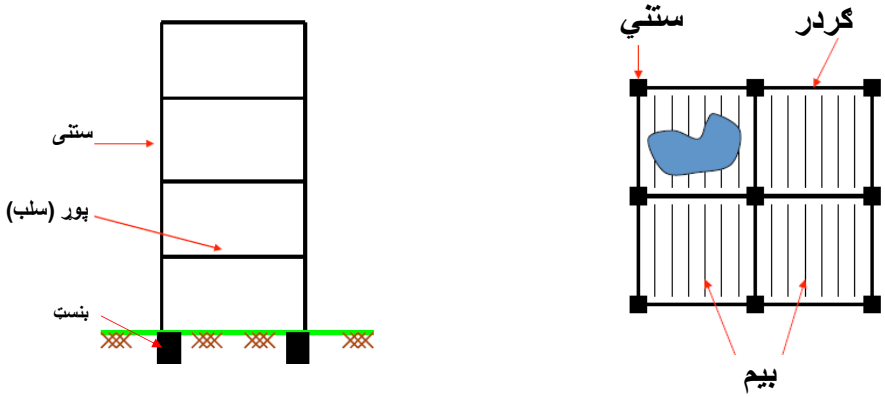
انځور 33.0 د منار جام انحراف د تهداب کیناستلو له کبله



انځور 34.0 فریم انحراف (دیفلکشن) د لوډ له کبله

ډیری وختونه هغه مختلف بارونه یا لوډونه چې په جوړښت عمل کړی د دیزاین په شروع کی پیژندل کیږی . د مثال په توګه، لوړ جوړښتونو باید د باد یو مخی (Lateral) لوی ګړندی فشارونه تحمل کړی ، اوپه دی اساس د شیر دیوالونه او لوله یی فریم سیستمونه غوره بلل کیږی، په داسې حال کې هغه ودانی چی په زلزله لرونکیو ځایو کی وی باید داسی ډیزاین شی چه زلزلې ته توان ولري او باید په ډیزاین کی پیوستونونه او فریمونه د کشیدو توانایی (ډکټالیتی) ولری.

کله چې د ساختماني جوړښت پریکړه وشي، اصلي ډیزاین د هغو غړیویا غړو سره پېل کیږي چې مهم او کیلیدی بارونه او وزنونه ورباندی عمل کوی، او په ترتیب سر ه بیا نورو مرسته کونکی غړی په نظر کښی نیول کیږی ترڅو چه تر بنسټ پوری ورسیږي. په دې توګه، د ودانیو فرش (سلب) به لومړی ډیزاین شي، وروسته به بیمونه، ستني او وروسته، د بنسټونو تهدابونه ډیزانیږی. د ساختمان د ډیزاین لپاره اړینه ده چې لومړی هغه بارونه او وزنونه مشخص کړئ چې په هغې باندې عمل کوي.



انځور 35.0 د ودانې اعضاوي

انځور 36.0 په لوړو ودانیو د باد جانبي لوډ

د جوړښت لپاره د ډیزاین لوډونه اودا چه څنګه عمل کړیی اکثرا په کوډونو کې مشخص او تفصیل شوی وی. په عمومی ډول ، ساختماني انجنیر د دوه ډوله کوډونو سره کار کوي: د عمومي ودانیو کودونه اودویم د ډیزاین کوډونه. د عمومي ودانیو کودونه هغه د لږترلږه د لوډونو (وزنونو او بارونو) چه پر جوړښت عمل کوی ، او هم د جوړښت د رغونې (کانسترکشن Construction) لپاره ډیزاین وزن او معیارونه مشخصوي. ډیزاین کوډ مفصل تخنیکي معیارونه چمتو کوي تر څو د اصلي ساختماني ډیزاین مرحله کې تری کار واخیستل شي . په لاندنی جدول کی ځیني مهم کوډونه چې په عمل کې کارول کیږي ښودل شوي. دا باید احساس اوو پیږندل شي چه دا کودونه د ډیزاین لپاره یوازې عمومي لارښونه چمتو کوي. د ډیزاین وروستی مسؤلیت د ساختماني انجنیر سره دی.

جدول -1 عمومی کودونه

عمومی کودونه (General Building Codes)
حد اقل لودونه دودانیو او نورو جوړښتونو لپاره (International Building Code ASCE)
د کانکریتی جوړښتونو کود (American Concrete Institute)
د لرګیو لپاره (AFPA) کود
د سړکونو پلونو د پاره کود (AASHTO)
د فولادوودانولود پاره کود (AISC)

دلته دوه ډوله بارونه (لوډونه) شتون لري چې ساختماني انجنیري باید د ډیزاین او تحلیل یا انالیسیس په مرحله کې په نظرکی ونیسی.

1.13 ثابت وزنونه (Dead Load)

د ساختماني غړیو وزن، او د هر هغه شی وزنونه دي چې د جوړښت سره په دوامداره توګه تړل کیږي. په دې توګه، د ودانۍ لپاره، په ثابتووزنو کې د ستنیو وزنونه، بامونه، ګرډرونه، فرشونه، دیوالونه، دیوالونو کړکۍ، پایپونه یا پلمبینګ، بریښنایی تجهیزات، او نور ضمیمې شامل دي. په ځینو مواردو کې، د ساختماني جوړښت وزن کیدای شي د جوړښت د ابعادو او د هغوی د موادو له مشخصاتو (کثافت) د ساده فورمولونو په واسطه پیدا شی . د تجربې له لارې یو انجینر کولی شي د دې وزنو د اندازې لپاره اټکل ترلاسه کړي. که څه هم، یوځل کله چې د جوړښت بیلابیلې برخې مواد او اندازې معلومې شي، وروسته دقیق وزنونه موندی کیدی شي . په تعمیر کې استعمالول شوي ځانګړي توکي په جدول کې لیست شوي ، او د کثافت یوه برخه یې ښودل شوي، د عمومي ودانیو اجزاو وزنونه په لاندنی جدول (2) کې ښودل شوي دی.

جدول -2

دوهم جدول د ودانیو لږ تر لږ لود		
د جوړښت نوعیت	پونډ په هر مربع فت کی	کیلو نیوتن په هر مربع متر کی
	lb/ft^2	kN/m^2
دیوالونه (Walls)		
خاوری خښته (203) میلی متره (8) انچه	79	3.78
خاوری خښته (305) میلی متره (12) انچه	115	5.51
فرش (Floor)		
کانکریت د شګو سره (په هر ملی متر)	12	1
بام (Roof Slab)		
پلستر د کانکریت یا تایل پر سر	5	22%
خړیدلی د ګچو یا وسپني پلستر	10	48%

موؤخذ : website ASCE

1.14 د موادو کثافت (ډنستی)

دریم جدول د ودانیو د موادو کثافت		
د موادونوم	lb/ft^3	kN/m^3
المونیم (Aluminum)	170	27
کانکریت	150	24
وچه خاوره	63	10
لمده خاوره	110	17
لمده شګی او جغل	120	19
لرګی	36	6
وسپنه	492	77

موؤخذ : website ASCE

دویم ډول وزنونه ګړوند او ژوندی وزنو یا لوډو په نامه یادیږی چې د دوی شدت اود عمل ځای توپیر لري. د ژوندی بارونو ډیری ډولونه شتون لري لکه د تعمیر ژوندی بارونه، د لویي لارې پلونو لوډونه، د اورګاډي پلونولوډونه، دټکر اغیزی وزن، د باد ، د واورې ، د زلزلې ، او نور طبیعي لوډونه .

1.15 ګړندی اوژوندی بارونه یا وزنونه (Live Loads)

ژوندی او ګړندی بارونه کید ای شي په شدت او ځای کې توپیر ولري. دا ممکن د ساختماني وزنونو، حرکتونو، یا طبیعي لوډونوو په واسطه ایښودل شوي وزنونو وزن له امله وي. په کودونو کې تعین شوي ژوندی بارونه د موجوده جوړښتونو په اړه د هغوی د اغیزو د تاریخ مطالعې څخه ټاکل شوي.

عموما، په دغو بارونو یا لوډونو کې ددیفلکشن او یا ناڅاپي لوډ زیاتوالی په وړاندې اضافي ساتنه شامل دي.

د

ودانیو فرشونه د ژوندی لوډونو سره مخامخ کیږي او دا لودونه په ډیزاین کی باید تعریف او شامل شی. دا لوډونه او وزنونه عموما په محلي، دولتي یا ملي کودونو کې تنظیم کیږي. لږ تر لږه د ژوندیو لوډونو ځینی نموني په څلورم جدول کې ښودل شوي. دا ارزښتونه د تاریخ څخه د مختلفو ودانیو لوډونو لپاره ټاکل شوي دي. پدې کې د بیړني حالت له امله د زیاتوالي احتمال شامل دي . د مساوی ویشل شوی لوډونو برسیره، ځینې کودونه لږ تر لږه متمرکز ژوندی لوډونه هم مشخصوي، چې د ګاډي، موټرونو وسیلی او نورو لخوا رامینځ ته کیږي، کوم چې باید د فرش سیستم ته هم په کار واچول شي. د مثال په توګه، د موټرو د پارکینک ډیزاین کې باید دواړه یونیفورم او متمرکزې ژوندې بارونه باید په پام کې ونیول شي.

څلورم جدول ژوندی لودونه		
د جوړښت استعمالول	پونډ په هر مربع فت کی	کیلو نیوتن په هر مربع متر کی
	lb/ft^2	kN/m^2
دواده میلمستیا سالون	100	5
د موټرو ګراج (وړوکی موټران)	50	3
ددفترونو لابي	100	5
دفتر	50	3
د درندو شیانو ذخیره خانه	250	12
د سپکو شیانو ذخیره خانه	125	6

موؤخذ : website ASCE

1.16 د لویو لارود پلونو وزنونه او لوډونه

په پلونو کې لومړنی ژوندی بارونه د ټرافیک له کبله دي، او ترټولو لوړې یی د ټرکونو یا یولړ لاریو له امله رامنځته کیږي. د لویو پلونو د لاریو بارونو لپاره مشخصات د امریکا د لویې ټرانسپورت کارکوونکي اشتو(AASHTO) د LRFD (Load Resistance Factor Design) د پله د ډیزاین په مشخصاتو کې راپور شوي. د دوو اکسلو ټرکونو لپاره، دا بارونه د H سره نښلول کیږي، په تعقیب د ټرک وزن په ټنونو او بل نمبر کې چې د ځانګړتیاو کال یې راپور ورکړ شوی کال ته ورکوي. د مثال په

توګه، H 15-44 یو 15 ټنه ټرک دی لکه څنګه چې په 1944 کې تعین شوي دی. د H-series ټرک وزنونه له 10 څخه تر 20 ټنو پورې تغیر لري. په هرصورت، پلونو په لویو لویو سړکونو کې موقعیت لري، کوم چې د ټرافیکو ډیره لویه لاره لري، ډیر وختونه د دوه اکسلی لاریو او یو اکسل سیمیتریلر لپاره ډیزاین شوي.

1.17 د ټکر لود په پله باندی

کله چه یو لاری په پله تیریږی د پله پر سلب باندی امکان د ټکر او یا امپکت شته.ددی د حساب لپاره ژوندی لوډ د امپکت فکتور په واسط باید لوړ شی. دا فکتور د اشتو کود کی راغلی.

1.18 د باد لوډ (Wind Loads)

کله چه د باد د جریان مخه جوړښت ونیسی د باد حرکتی انرژی (کیناتیک انرژی) په پوټینشل اینرژی بدلون مومی او په جوړښت د باد لوډ عمل کوی. دا با ر یا لوډ په کثافت او سرعت د باد او د تصادم زاویه ، د جوړښت ستفنیس (کلکتیا)، او د جوړښت سطحی درشتوالی تړلی دی. دا لا ندی فورمول د دی لوډ د حسابولو لپاره استعمالیږی .

$$p = qGC_p - q_h(GC_{pi})$$

دلته GC_{pi} داخلی فشار د ودانی دی او پدی لاندی جدول کی ښودل شوي.

G- د باد د ګست فکتور دی او ارزښت یي 0.85 دي.

q_h- د باد د سرعت فشار د چتر په ارتفاع کی.

q- د باد د سرعت فشار

p- د باد فشار د ودانی په سطح

C_p- د باد فشار په دیوال باندي

د وداني داخلی حالت	ارزښت د (GC_{pi})
خلاصه وداني	0
نیمه تړلي وداني	+0.55 and -0.55
تړل شوی ودانی	0.18 and -0.18

موؤخذ : website ASCE

د دیوا ل فشار فکتور (C_p)			
د ودانی سطح	نسبت د ودانی اوږدوالی او پنډ والي (L/B)	د (C_p) ارزشت	استعمال يي
د باد لور سطح (Windward Wall)	ټول ارزښتونه	0.8	q_z
د باد د لور بل اړخ سطح (Leeward Wall)	0-1	-0.5	q_b
	2	-0.3	
	> = 4	-0.2	
د اړخ دیولونه (Side Walls)	ټول ارزښتونه	-0.7	q_h

موؤخذ : website ASCE

د باد عمل پّه جوړښت خورا مهم ژوندی لوډ دی ، باالخاصه په لوړو جوړښتونو ، برجونو، اوږدو پلونو، او هغه ودانی چه غټ داخل هم لری او په اوږدو دیوالونو کی لویی کړکي ولری. د باد سرعت نظر د جوړښت د ځای د جغرافیی په اساس تفاوت لری.
د اشتو(AASHTO) مشخصاتو په اساس د پله جوړښت باندی یو متحرک لوډ 75 پونډه په هر فت مربع د ترآس لپاره او 50 (پنځوس) پونډه په هر فت مربع د آرچ لپاره تخمین شوی. دا لوډ د 100 (سل) میله پر ساعت باد د سرعت په اساس محاسبه شوی.
دباد او شمال لوډ محاسبی او نور اړونده فارمولونه یی په کودونو کی ښودل شوی.

1.19 د خاوری فشار په جوړښت

هغه لوډونه چه مواد په استنادی دیوال او یا د جوړښت پر کوم بل دیوال عمل کړی باید تاثیریی انجینیر په ډیزاین او تحلیل کی په نظر کی ونیسی. که چیری دیوال دخاوری فشار له کبله لږ څه بیځایه شی د خاوری فشار لږ حد کیږی او دا اصغری حد فعال فشا ر (Active Pressure) نومیږی. که چیری

دیوال د شا ه خاوره وتنبوی د خاوری فشار اعظمیی حالت نیسی او په نامه د ساکن (Passive Pressure) فشار یادیږی . دیوال کیدای شی چه د آکتیو فشار له پاره ډیزاین شی، او هم د فشار ویشل کیدل مثلثا تی حا لت اتکل کیدای شی.

کله چه دخاوری ارتفاع د دیوال شاه کی (h) وی او ټوله قوه (P) پونډه وی، د کولامب (Coulomb's Theory) په اساس د ټولی قوی پیداکول په لاندی فورمول اتکل کیدای شی:

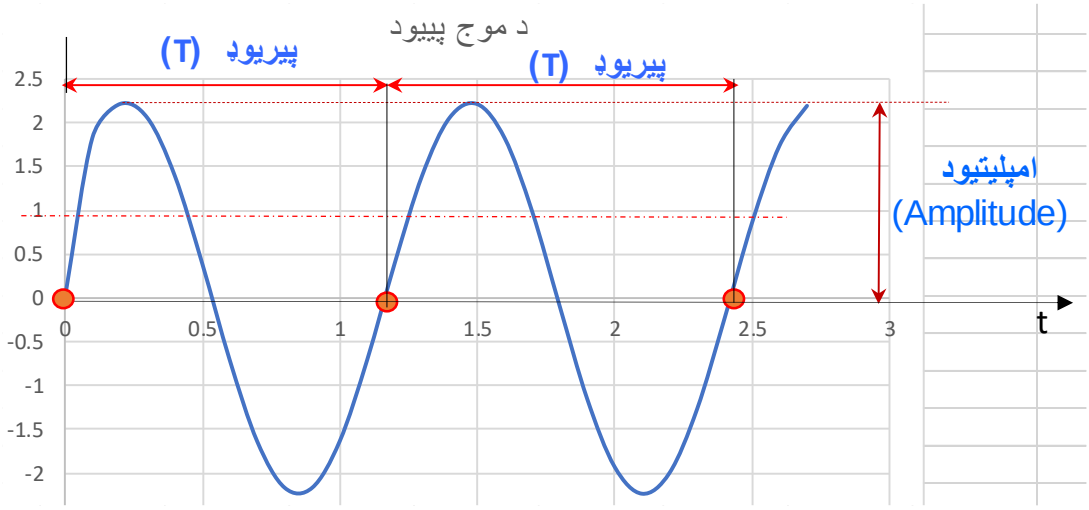
$$P = ½ \gamma h^2$$

پدی معادله کی گاما (γ) د دیوال د شاه د موادو وزن په پونډ پر یوه مکعب فټ (lb/ft^3) کی دی.

1.20 د زلزلی تاثیر او قواوی په جوړښت

د زلزلي سر چینه د ځمکي لاندی ده، کله چی یوه ډیره اندازه ذخیره شوي سترین انرژي د ځمکی لاندي د لویو ټوټو د ماتیدو او جلا کیدو له امله خوشي شي د زلزلي څپي په هر لور په حرکت راځي. دا څپی د اوبو په شان دی کله چی یوه ډبره په ولاړو اوبو کی ورواچوول شي هری خوا ته د اوبو موجونه په حرکت راځي. د زلزلي څپي په عامه توگه په دوه ډول دي، یو یي بدني څپي او بل سطحي څپي نومیږي او دواړي د وداني لاندي ځمکه په لړزه راولي.

څنگه چی په دی لاندي انځور کی ښودل شوي



د زلزلي څپي دوه مهم اړخونه لري. اول لوړوالي (amplitude) چی د څپي اندازه ده ، اوبل دوره یا پیریود دی کوم چی د پر له پسي راتګ د څپی لوړوالی او یا ټیټوالي وخت اندازه چی په نامه د یو سایکل یادیږی دي.

د زلزلي څپي په لاره کی هر څه چی وی په لړز یي راولي. په عامه توګه د ځمکي خوځښت په یو موقعیت کی په دریو فکتورونو پوری تړلي دی. اول فکتور د جوړښت فاصله د زلزلي له سر چینی یا هایپو سنتر څخه. هر هغه موقعیت چی هایپو سنتر ته نیږدی وی په هغه ځای کی به تاثیر ډیر وي. په عمومي ډول شدت د ځمکی د لړزه له هایپو سنتر لري خایو کی مخ په کمیدو کیږي.

دوهم فکتورهغه ټوله انرژي ده چی زلزله یي د ځمکي لاندی خپره وي . د ریکتر سکیل یا معیار لاګارتمیک (logarithmic) دی، د مثال په توګه د ریکتر سکیل اندازه 7 (اوه) په اندازه دی 31.5 ځله زیاته انرژي د ریکتر سکیل 6 (شپږ) پرتله خپروي. او د زلزلي تاثیرات په ډیر لري ساحو کي احساس کیدی شي.

دریم فکتور په ساحه کی د خاوري یا ډبرو نوعیت دی. که چیري ژوره نرمه خاوره وی لړزه به ډیره شدت لری په دی سختي ډبري پرتله.

ساینس پوهان د ځمکی د حرکت اندازه کول د چټکتیا، تعجیل او بیځایه کیدل د سایز میکي وسیلو په واسطه معلوموي. دا وسیلی په نامه د سایزموګراف یادیږي .

ځمکني لړزیدل (مخ او شاه خوا ته ټیله کیدل ، یوه خوا بله خوا ښکته او پورته حرکتونه) په ودانیو کی دننه داخلي قواوې رامینځته کوي چې د انرشیاوی قواوو په نوم پیژندل کیږي ، کوم چې په پایله کې د جوړښت د زیان لامل کیږي. قوه = کتله (m) ضرب د تعجیل (a).

هر څومره چې (د ودانی وزن) لوی وی، داخلي انرشیا لوی قواوي جوړیږي. د لږ وزن او سپکی ودانی معمولا د زلزلې په ډیزاین کې ګټوره فکتور دي. لوی او وزنین ودانی لوی جانبي قواوي رامینځته کوي ، پدې سره د ستنیو بې ځایه کیدلو ،او له مینځ وړلو امکان ډیر وي .

زلزلې داسې څپې رامینځته کوي چې ممکن ورو او اوږدی وي ، یا لنډ او ناڅاپي وي. د څپې دوره په ثانیه کې د بشپړ پیریود اوږدوالي ده ، او فریکونسي یي برعکس دی. ټول جوړښتونه ، د ودانیو په شمول ، طبیعي (نچرل) یا بنسټیز پیریود لري په کوم کې چې دوی د شاک په واسطه حرکت کوي.د

پیریود فورمول عبارت دي ($T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$). واحد يي ثانیه دي.لدی فورمول وینو هغه ودانی چی وزن يي زیاد او ستیفنیس (k) يي لږ وی نچرل پیریود به يي لوي وی.

ټول جوړښتونه او وداني نچرل پیریود لری او کله چی وداني په لړزه راشي په خپل پیریود خوځیښت کوي. طبیعي پیریود د وداني په زلزله لرونکي ساحه کي خورا د اهمیت وړ دي ، دوره د زلزلي ډیزاین لپاره لومړنی پاملرنه ده . البته نور خاصیتونه د وداني هم د اهمیت وړ او هم مرسته کونکي دی. که چیری د وداني طبیعي پیریود او د شاک پیریود یو بل سره مساوی شي په هغه حالت کي رزوننت (resonant) حالت مینځ ته راځي او وداني ځوځیدل څو چند ډیریږي. او امکان د ړنګیدو يي ډیریږي.

پیریود د وداني لوړوالی سره اړیکی لري.

کله چی وداني د زلزلي قواوو له امله یوه اندازه خوځیدلو توانایي ولري اوسملاسي سقوط او ړنګه نشي دي ته دوداني ډکتیلیتي (Ductility) ویل کیږي .

هره ودانی یو شمیر طبیعي فریکونسی لري چی خارجی تاثیراتو ته لږ تر لږ ه مقاومت کوي. د وداني بیځایه شوي یا خوځیدل شوی انځور د هر طبیعي فریکونسی له امله په نامه د طبیعی حالت د خوځیدو (Fundamental Mode) یادول شوي. کوچني طبیعي فریکوینسي خوځیدل حالت په نامه د اصلی طبیعی پیریود (Fundamental Natural Period) او فریکونسی یی اصلي طبیعي فریکونسی (Fundamental Natural Frequency) د وداني یادیږي.

هغه تغیرات چی په ناچرال پیریود باندي تاثیر لری عبارت دی له: دوداني شخي یا ستیفنیس (stiffness). که چیري په یوه کانکریتی وداني کی د ستنیونو د مقطع اندازه زیاتوالي ومومي د وداني وزن او ستیفنیس دواړه يي لوړیږي اما که چیري ستیفنیس نظر کتلی ته د ستني اندازی زیاتوالی له امله لوړه شي دا د وداني نچرل پیریود کموي. که چیري کتله د ودانی لوړه شي نچرل پیریود به په اساس د پورته معادلی لوړ شي. د وداني لوړوالی هم ماس اضافه کوي اما د وداني په عمومی ستفنیس کی کموالي راولي او دا سبب د زیاتوالی د نچرل پیریود کیږی.

وداني په هغه لور خوځیدل کوي کوم چي فلیکسیبلیتی او خوځیدونکی ناچرا ل پیریود يي ډیر وی

لکه چی پخوا مو وویل ساینس پوهان د ځمکی د حرکت اندازه کول د چټکتیا، تعجیل او بیځایه کیدل د سایز میکي وسیلو په واسطه معلوموي. دا وسیلی په نامه د سایزموګراف یادیږي .

په ځمکه کې د زلزلې د اغیزې مشخص کولو یا اندازه کولو لپاره ، لاندې تعریفونه استعمالیږي :

تعجیل : د سرعت د بدلون کچه ده ، چې په (g) سره چی 980 سانتي متره په یوه ثانیه مربع یا 1.00 g ده اندازه کیږي.

د مثال په توګه ، 0.001g (0.001 x 980 =0.98) یا 1 سانتي متره / ثانیه مربع کی او دا شاک د خلکو لخوا د احساس کیدو وړ دي.

0.06g (0.06 x 980 =59) خورا لوړه ذلزله ده ودانی به ړنګي او یو تعداد ودانی کولی شي جوړي پاتې شي . او دا هم پدی معنی د ځمکی لړزیدل یو سخت (rigid) وداني اعضمی انرشیایي قوه 6% د خپل وزن (هغه یو چی طبیعي اصلی پیریود یي صفر ته نیږدي دی) ورباندی تحمیلیږي.

د زلزلی موده (duration): د هغه وخت اوږدوالي دی چې د شاک دوران دوام لري.

اندازه د زلزلې د شدت (magnitude) : د ریکټر پیمانی لخوا اندازه کیږي ، کوم چې د یوه نه تر لس پوری (1-10) دي. د زلزلې پیژندونکي معلوموی او د ریکټر د پیمانی هر واحد د بل واحد په پرتله د انرژي 31 چنده زیاتوالی لری.

یوه وداني د لږ مودي (duration) لړزه که تعجیل یي نسبتا زیات هم وي تحمل کولای شي.

د ودانیو جوړه ولو لپاره مناسب ودانیز سیستمونه باید انتخاب شي. د لرګیو چوکاټونه ښه انرژی جذ بوی اوهم لږ وزن لري ، د وداني د غړیو د یو بل سره تړل هم خورا د اهمیت وړ او اغیزه من دی. کانکریتي دیوالونه او فرشونه یو بل سره وتړل شی انرژی ښه جذ به وي.کانکریتی فریمونه دانرژی جذبولو خورا ښه توانایي لري. فولادی فریمونه چی دمؤمنتونو لباری دیزاین شوی وی ډیره غوره توانایي او ښه انرژی جذبه وی. د مخه تویي شوی کانکریت (Precast Concrete) که چیری ځانګړی د انرژی جذبولو اړیکی ونلری ضعیفه توانایي لري.

په زلزله لرونیکو ځایو کی باید وداني به اساس د کودونو دیزاین او جوړی شي. ټولی آخر ړنګیږي اما د زلزلي له امله باید ویرانه نشي ځکه چی ډیر ګران تمامیږی.

ټول هغه جوړښتونه چه په زلزله لرونیکو ځایو کی جوړیږی باید د زلزلی لپاره ډیزاین او تحلیل شی او اړونده مقاومت ولری. د جوړښتونو تهدابونه د زلزلی په اثرافقی او ستنیی سرعت اخلی او دا د جوړشت د خرابوالی سبب کیږی، افقی (horizontal) سرعت په پرتله د ستنیی سرعت خورا زیاد وی او په دی صورت ستنیی سرعت دقیقا نه محاسبه کیږی او کیدای شی چه مکمل تآثیر یي حساب نشی . د افقی سرعت اندازه کیدای شی چی یو پر لسمه د ځمکی سرعت (0.10g)سره محاسبه او اټکل شی. که چیری جوړښت سخت وی (rigid body) لدی سره مساوی په د تهداب حرکت او سرعت ولری. پدی صورت په هر عضو د جوړښت افقی قوه په لا ندی ډول حسابیږی:

افقی قوه = کتله x سرعت = (وزن/ g)x(0.1g) =0.10 وزن = یو پر لسم د وزن

1.21 تحلیلي لارې چارې

د تحلیل ترسره کولو لپاره یو انجینر اول باید ساختماني لوډونه (بارونه)، اندازی (جیومتری) ، د ټینګیدو (support) حالت ، او د موادو نوعیت مشخص کړي. د دې تحلیل پایلې په عمومي ډول د ټینګیدو یا ساپورت عکس العمل قواوی (Reactions)، داخلی سترسونه یافشارونه اوبیځایه کیدل یا دفلکشن دي. دا معلومات د معیارونو سره پرتله کوي چې د جوړښت مقاومت ښه والی او یا ړنګیدل یی معلوم شی ۰ پرمختللی ساختماني شننی کولای شي د جوړښت دینامیک یا متحرک عکس العمل، ثبات (ستبیلیتی Stability) او غیر خطی چلند (ننلینیرNon-linear) هم معلوم کړي.

د تحلیل لپاره درې لارې شتون لري: د میکا نیکس او متیریل طریقه ، د ایلستیستی تیوری تګلاره (چې په اصل کې د کانتینیوم میکانیک (Continuum Mechanics) د عمومي بحث یو ځانګړی قضیه ده) اودریم فاینات ایلیمنت (Finite Element) تګلاره ده. لومړی طریقه دوه د تحلیل فارمولونه استعمالوی چې په عمومی صورت د ساده لینیرایلستیک ماډلونو لپاره استفاده ورڅخه کیږي، او په آسانی حل کیږي.

د پیچلیو جوړښتونو لپاره د حل کولو لپاره رامینځ ته شوی پیاوړی طریقه فاینات ایلیمت ده چه د کمپیوټرونو په عملیو پورې اړه لري . دا دری د وړ تګلارې د دریو اساسي اړیکو پر بنسټ ولاړی دي: توازن یا دتعادل (Equilibrium)حالت ، کانستیو تیو (Constitutive)، او مطابقت (Compatibility). حلونو نه اټکل کیږي ځکه چې دا اړیکی د اطمینان وړ دي، یا په بل عبارت واقعیت ته نژدې دي.

1.22 محدودیتونه

هره طریقه د پام وړ محدودیتونه لري. د موادو د میکانیزم میتود (د میکانیک او متریل میتود) خورا ساده ساختماني غړیو پورې چه ساده لوډونه (بارونه) ورباندی عمل کوی محدود د ه. اما په عین حال کی ډیری ګټورې انجینري ستونزې حل کولی شی. د ایلستیستی تیوری په اصل کی د هغه جوړښتونو لپاره د حل ګټوره طریقه ده چه د عمومی بارو یا قواوو ترعمل لا ندی وی. که څه هم تحلیل اوحلول یی په نسبتا ساده قضیو پورې محدود دی. د ایلستیستی میتود دډیرو ریا ضیا تو د سیستم حلولو(دیفرنشل معادلی) ته اړتیا لري. د فاینات ایلیمت متود ترټولو ګټوراو نن ورځ په عمومی ډول د پیچلیولوړو جوړښتونو،الوتوکو، هوایي بېړیو او داسی نورجوړښتونولپاره استعمالیږي. دا طریقه پخپله دمعادلو حل لپاره په نورو ساختماني تیوري (لکه دلته دوه نور بحث شوي) باندې اتکا کوي. عموما دا طریقه خورا پیچلي سترکچرونه تر پیچیلیولوډونو او شرایطو لاندی تحلیل کولی شی . د ا طریقه اغیزمن او باوري مجرب پوهاوي لاربښونی او تجربی ته اړتیا لري.

1.23 د موادو د مقاومت طریقه (کلاسیکه طریقه)

دلته د دریو طریقو یادونه وشوه . آسا نه طریقه د موادو د میکانیزم (سترنت او متیریل) طریقه ده کله چه د جوړښت غړیی د ځانګړي لوډونو سره لکه محوری بار شوي میله، بیمونه چه مقطع یې ثابتی وی او خالص مؤمنت ورباندی عمل کړی او دایروی میلی چه تورژن (تاویدونکی لوډ) ورباندی عمل کړی وی له دی طریقی ښه ګټه اخیستی شی. دا حلونه د ځانګړو شرایطو لاندې کولی شي د آسانه اصولو په استعمال سره یو غړی تجزیه کړي ترڅو ګډ توزیع کول تحلیل شي. د ځانګړو قضیودتحلیل لپاره ځانګړی حلونه شتون لری لکه د پراشروسل د نازک دیوال د فشار پیداکول . د ترس تحلیل لپاره، دا تګلاره کیدای شي د سیکشن او جاینت میتود طریقه پکارواچوی . د وړو سختو فریمونو لپاره د مومنت دستریبیشن (Moment Distribution) طریقه، او د لوی سخت فریمونو لپاره د پورټل فریم (Portal Frame) او د کنټیلور طریقه استعمالیدی شی. په استسناء د مؤمنت دستربیوشن طریقه، دا دوه نور طریقی (پورټل فریم او د کنټیلور طریقه) پراختیا موندلی ده. دوی لا تراوسه د وړو جوړښتونو او لویو جوړښتونو د لومړني ډیزاین لپاره کارتری اخیستل کیږی کیږي . دغه حلونه د لینیر ایسوټراپیک (Isotropic)ایلستستی او د ایولر برنولیی تیوري پر بنسټ ولا ړ دي. په بل عبارت، مواد ایلستیک او سترس د سترین سره خطی ارتباط لری. د موادو خاصیت په وزن یا بار باندی تغیر نمومی، مواد په هر جهت عین خاصیت لری. او ټول دیفارمیشنونه او بیځایه کیدل لږ او واړدی.

1.24 دایلستیستی طریقه

د ایلستیستی طریقه عموما د ایلستیک جامد (Solid) شکل لپاره شتون لري. انفرادي غړي لکه بیمونه، ستني، شافټونه، پلیټونه او ګومبدۍ یی نمونی دي. او حلونه یی د لینیرایلستیک له معادلو څخه اخیستل کیږي. د پیچلیو جیومیتریو لپاره، د فاینات ایلیمنت حل لارې طریقه ضروري ده.

1.25 دنومریکل اټکل لارې چارې

په سا ختمانی شننو کی تر ټولو عام طریقه د فاینات ایلیمنت طریقه ده .په دی طریقه کی اټکل کیږی چی د جوړښت غړیو یا اجزاوی یو بل سره تړل شوی ، او د هر عنصر تر مینځ د تړلوسختی یا ستیفنیس اړیکی شتون لري. په دې توګه، یو دوامدار سیستم لکه پلیت یا شیل د یوه ویشل شوی یا ډیسټریبیوتید سیستم په توګه دیو شمیر جلاء سیستم په توګه ماډل کیږی چی د نوډونو په واسطه یو بل سره تړل شویی. د سیستم مجموعی ستیفنیس د مختلیفو تړل شویو قطعاتو له ستیفنیس نه جوړیږی . د هر ځانګړی عنصر چلند د هغه د ستیفنیس په واسط پیژندل کیږی. د بیلا بیلو ستیفنسونو راغونډول یا راټولول یوه ماسټر(یا یوه واحد) میترکس ته چې د ټول جوړښت استازیتوب کوي د سیستم ستیفنیس یا فلکسبیلیتیی اړیکو په سلسله جوړیږی. د ځانګړي عنصر د ستفنیس یا فلکسیبلیتی رامینځ ته کولو لپاره، موږ کولی شو د یو اړخیزو ساده غړیو لپاره د د موادو د مقاومت طریقه، او د دوه او درې اړخیز د پیچلیو غړیو لپاره د ایلستستی نه استفاده وکړو . ددی لپاره چه زیا ت شمیر معادلی تحلیل او حل یی پیدا شی تر ټولوښه طریقه د کمپیوټر تحلیلي پراختیا او استعمال دی. د فاینات ایلیمنت طریقه چه متریکس حلول لری او دا حلونه د دو طریقو په اساس ارتباط لری. یویی په نامه د دسپلیسمنت یا ستپنیس په نامه او دوهم د فورس یا فلکسیبیلیتی په نا مه مشهوری دی. ددی طریقو په اړه به ځانګړی تفصیل وروسته ولرو.

1
اول فصل
ریکشن (غبرګون قوي)
(Reactions)

1.0 ریکشنونه یا غبرګوني قوي (Reactions)

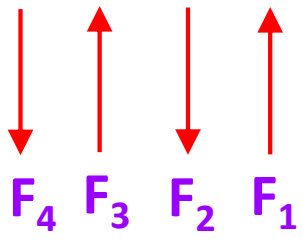
د یوه جوړښت تحلیل لپاره انجینیر باید لومړی د جوړښت لوډونه، جیومتری معلومات، د اتکا حالت او د موادو نوعیت مشخص کړي. د دې تحلیل پایلې، په عمومي ډول پیژندل د اتکا (support) غبرګونونه (ریکشنونه)، دجوړښت داخلی قواوی، او د جوړښت بیځایه کیدل یا خوځیدل دي.

دلته مونږ د هغه جوړښتونو بحث او یادونه کوو چه په نامه د پلنر جوړښتونو (planar structure) یادیږي. په پلنر جوړښت کی جو ړښت او د ټولو وارد شویو قواوو د عمل خط کرښه په عین سطح کې وی، دا پدې معنا چې د جوړښت هر غړی اوهم ټولي وارد شوی قوواي یا لوډونه په یوه سطح کی موقعیت لري. کله چی د ټولو وارد شویو قواوو یا لوډونود عمل کرښه په عین سطح کی وی دا د کو پلنر سیستم (coplanar force system) په نامه سره یاده ول کیږي.

که چیری جوړښت د XY په سطح کې وي د دې جوړښت هر ډول عنصر به په XY سطح کې وي. د دری اړخیز جوړښتونو تحلیل کوم نوي اساسات نلری، د پلنر جوړښت په شان تحلیل کړي، یوازې د تحلیل لپاره اضافه معادلې لری چه باید حل شی. دلته دری اړخیزه یا فضا یي جوړښتونه مو په بحث کی شامل نه دی.

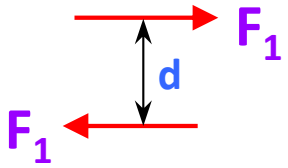
1.1 د کو پلنر قواوو ډولونه

یو شمیر کوپلنر قواوی یا لوډونه پدی لاندی ډول تفصیل کیږي. هغه قواوی یا لوډونه چه په لاندی انځور (1.0) کی ښودل شوي په نامه د موازي کوپلنرسیستم قواوي (parallel coplanar force system) یادیږي، د دوي د عمل کرښه همیشه موازي او یو بل نه قطعه کوي.



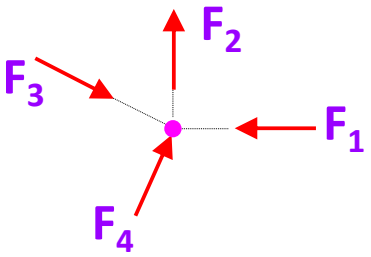
انځور 1.0 موازی کوپلنر قواوي

او په انځور 1.1 کی ښودل شوی قواوی په نامه د کپل (couple) پیژندل کیږي، دواړه قواوي مساوي اما مخالف لوری لري، او په عین حال کی د عمل کرښی یی له یوي نقطي نه تیریږي.



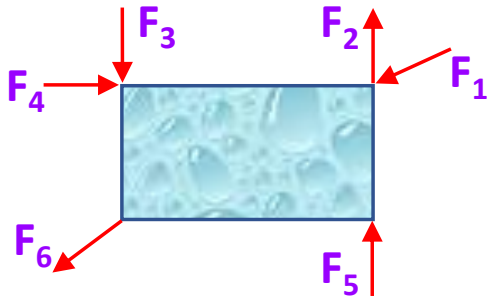
انځور 1.1 کپل

انځور 1.2 یو شمیرقواوي دی چه د ټولود عمل کرښی له یوی نقطي تیریږي او په نامه د کنکرنټ کوپلنر سیستم (concurrent coplanar force system)یادیږی.



انځور 1.2 کنکرنټ کو پلنر سیستم قواوي

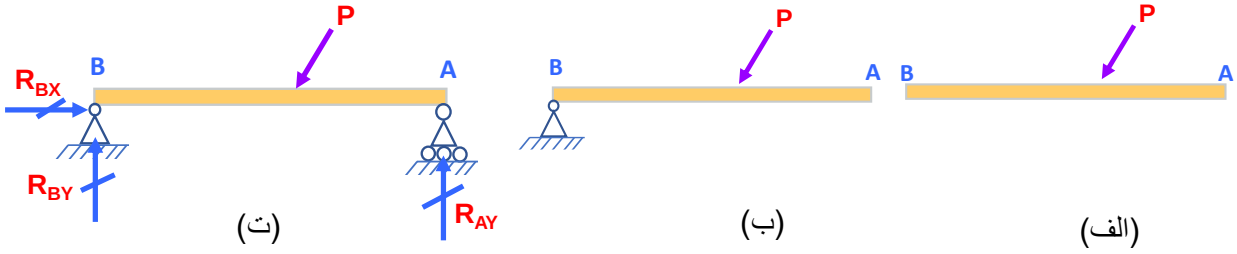
دا بل انځور(1.3) د عمومي قواوو سیستم (general coplanar force system) دی. په دی سیستم کی یو شمیر عمومي قواوی یوځای پر جوړښت عمل کړی.



انځور 1.3 عمومی قواوو سیستم

څنګه مو چه وویل په پلنرجوړښت سیستم کی قواوی یا لوډونه او جوړښت په عین صطحه کی واقع دی. د تحلیل آسانتیا لپاره دلته محوری سیستم په نامه د X,Y چه په دوه اړخیز توګه یو پر بل عمودي دی انتخاب شوی، پردی حالت کی هغه قوه چه عمل یي کړی په F_x, F_y برخو ویشل کېدای شی. دلته X افقي برخه او Y عمودي برخه ده. دا محوری سیستم په نامه د دوه محوری (two axis coordinate system) یا مستطیلی محور (rectangular coordinate system) سیستم هم یادیږي.

په عامه توګه ډیری جوړښتونه په بشپړ ډول او یا په جزیي توګه تړل شوي وي، دوی نشي کولی په فضا کي په آزاده توګه حرکت وکړي. د جوړښت دا وړ ټینګیدل یا تړل چه د حرکت ممانعت کوي یو لړ محدودیتونه رامینځ ته کوی، کله چه یو جوړښت په ځیني ساکنو څانګو یا اتکاوو باندی تړل شوي وي دا ډول محدودیتونه د اتکا یا سپورټ لخوا چمتو کیږي او هغه قوی چی هلته عمل کوی د ریکشن په نامه یادیږي. د مثال په توګه یو پلنر جوړښت AB په څیر، چه په دی لاندی انځوروکی (الف) ښودل شوي، په پام کي نیسوو .



انځور 1.3 بار بیم او بهرنی لوډ

که چیرې په یوه جوړښت AB، بار (انځور الف)، یوه قوه یا لوډ P عمل وکړي دا بار په ازاده توګه په فضا کي کښته او پورته حرکت او هم تا ویدی شی. اما که چیرې په څنډه B (انځور ب) کی دا بار په یوه ساکن یا ثابت شي وتړل شي محدودیت به را مینځ ته شی او بار تنها په څنډه B تاویدی شی، څنډه A (انځور ب) کوم محدودیت نه لری او دایروی حرکت کړای شی.

که یو بل بندیز داسې علاوه شی چې څنډی A ته اجازه ورنکړو په عمودی ډول او تاوېدونکی حرکت وکړي ، پدی ډول د بار AB ټول ازاد حرکتونه به محدود شی. دا څرګنده ده چې د بار تړل په څنډه A کی دا محدودیتونه رامینځ ته کړی. کله چی لوډ P په بار باندی عمل وکړی د بار آزاده حرکت په A او B کی د تړل کیدو په واسطه محدوشوي . دا ډول قوی چی په محدودیتو کی منځته راغلی په نامه د ریکشن یا غبرګون یادېږي. په عمومي توګه د اتکا اغیزه د ریکشنونو یا غبرګونونو (R_{AY}, R_{BX}, R_{BY}) په واسطه ښودل کېدی شی. موږ به دلته همدا نمونه په کار کړو.

دا اړینه ده هغه ټول غبرګونونه یا ریکشنونه چه بیل بیل ډول اتکاو یي را مینځ ته کویی وپیژنو او یادونه یی وکړو.

خارجی قواوي یا لوډونه چه په یو جوړښت عمل کړي په حرف P سره او د اتکا غبرګون یا ریکشن به په R چه دا لاندی سمبول ورته ټاکل شوی ښودل کیږي:

انځور 1.4 د اتکا د ریکشن سمبول

د ریکشن برخه په نقطه A کی په X,Y سطح کی R_{AX}, R_{AY} ښودل کیدی شی. وروسته له دی به په دی کتاب کی موږ همدا سمبولونه (symbols) استعمالو.

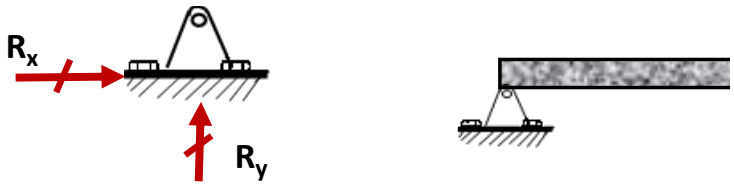
1.2 دریکشنو او اتکا ډولونه او کارول یي

په عمومي توګه اتکا (support) دجوړښت لپاره ثبات برا بروی. بهرني لوډونه او قواوی چه په یوه جوړښت عمل کړی اتکا ته لېږدول کیږي، هغه اتکا چې د جوړښت غړي ته بهرنی ملاتړ ورکړی په نامه د خارجی اتکا یادیږی. بهرنی جوړښتونه بیل بیل ډولونه لري او په لاندی تفصیل یي یادونه کوو.

د بهرنیو اتکاو ډولونه په لاندي ډول دي:

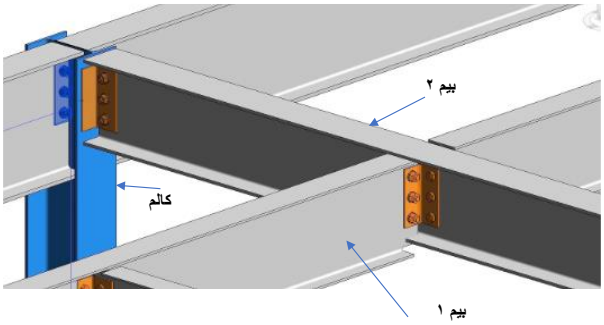
1.2.1 پن اتکا (pin support)

د پن اتکا لپا ره دا لاندی سمبول ټاکل شوي:



انځور 1.5 پن اتکا

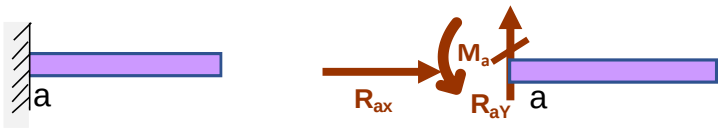
دا اتکا په نامه د هینج (چپراس)هم یادول شوي. دا اتکا د هغه لوډونو لپاره چه پر جوړښت عمل کړی افقي او عمودي محدودیت یا غبرګون (ریکشن) مقاومت پیدا کوی اما د تا ویدو یا مؤمنت مقاومت توان نلري. غوره مثال یی د کور دروازې او کړکۍ دی چې کولای شو په یوه طرف حرکت وکړی اما عمودي او افقي حرکت یي محدود شوی، پدی اساس تنها افقي او عمودي غبرګون یا ریکښنو توان لری. پن اتکا مثال په لاندی انځور کی وګوري.



انځور 1.6 بیم 1د پن اتکا سره په بیم 2 تړلی

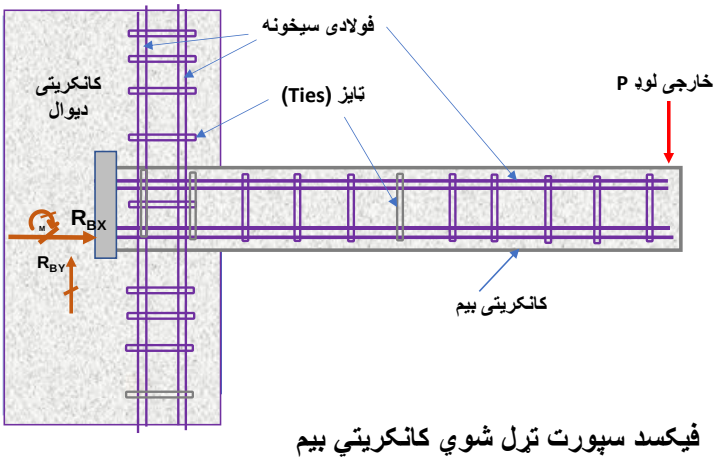
1.2.2 ثابت یا فیکسد اتکا (fixed support)

فیکسد اتکا په دی لاندی سمبول سره ښول کړي :

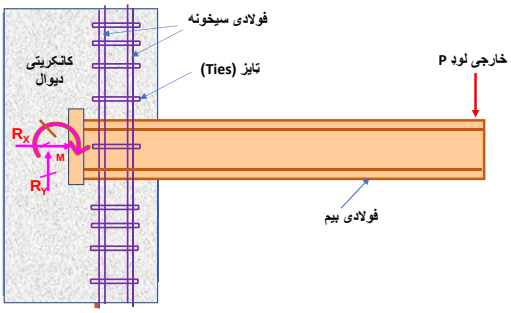


انځور 1.7 فیکسد اتکا

فیکسد اتکا د جولوښت لپاره افقي، عمودي او تاوېدونکی (مؤمنت) محدودیت جوړوي. په عمومي توګه فیکسد اتکا هر ډول مقاومت کړي شي. ددی لپاره چه یو جوړښت د ښه ثبات چمتووالی ولري ، اړین ده چه لږترلږ یو فیکسد اتکا ولري. د فیکسد اتکا مثالونه پردی لاندی انځور کی ښودل شوي.

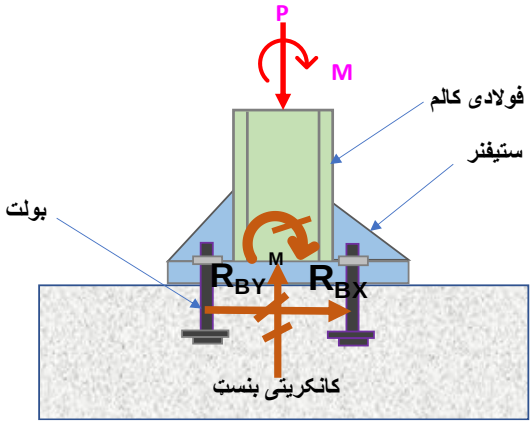


فیکسد سپورت تړل شوي کانکریتي بیم



فیکسد سپورت تړل شوی فولادی بیم

فیکسد سپورت فولادی کالم په کانکریت سلب کی خښ شوی

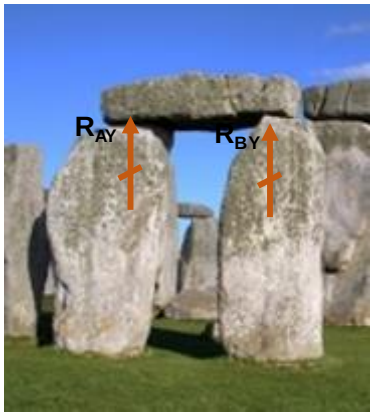


فیکسد سپورت تړل شوی فولادی کالم

انځور 1.8 د فیکسد اتکا نموني

1.2.3 ساده اتکا

کله چه یو جوړښت یا یو عضویی پر بهرني جوړښت تکیه کړی وی دی ته ساده اتکا وايي. تنها عمودي بندیز اوپه عمودی جهت ریکشن راځی او جوړښت په افقی جهت ممانعت نلری. جوړښت تنها پر یو بل جوړښت تکیه کړی اود جوړښت یوه برخه عمودی قواوی یا لوډونه دی تکیی ته انتقال کړی شی.

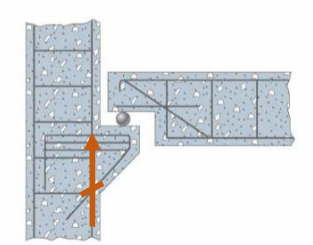


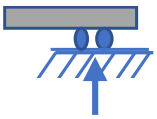
انځور 1.9ساده اتکا

1.2.4 رولر اتکا (Roller Supports)

رولر اتکا په آزاده توګه، په هغه سطحه چی ایښودل شوي یا موقعیت لري، د سطح پر مخ حرکت او هم تاودی شي. دا سطح کیدای شی چی افقی ، یا عمودی او یا په هر زاویه کی پرته وی. د ریکشن قوه همیشه یوه وی او جهت یی په سطح عمودی حالت لري. یو مثال یی په اوږدو پلونو کی آخریني یو اتکا باید رولروی تر څو د پله جوړښت د تودوخی بدلونونوسره د اوږدوالی او لنډ والی حرکت وکړی شی. رولر اتکا هغی لوډ یا قواوو ته چی موازی په سطح وی د مقاومت توان نلري په همدی دلیل یو جوړښت باید نوری اتکا وی ولری ترڅو د باد ضربه او یا د زلزلی لوډونو ته مقاومت ولري.

رولر اتکا په دی لاندی سمبول سره ښول کړي:





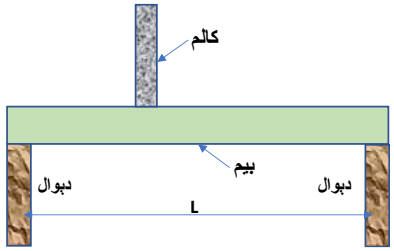
انځور 1.10 رولر اتکا

1.3 د جوړښتونو ایدیالایزیشن (Idealization of a Structure)

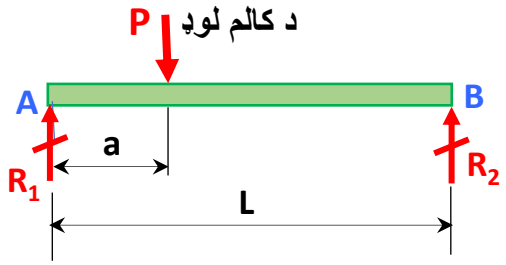
عموما، جوړښتونه پیچلي دي، اړینه ده چې د تحلیل آسانتیا لپاره اصلي جوړښت په یو ساده بڼه په یوه ایدیل (idealize) سیستم بدل شي. دا ایدیل سیستم ښایی چی د اصلی جوړښت استازی توب وکړی. د تحلیل لپاره دلته اصلی اتکا په یوه ایدیل اتکا چی ریکشنونه یی استازی توب کویی بدلو. د اتکا اسطکاک او کتله (mass) په نظر کی نه نیول کړي.

یو جوړښت له یو تعداد اعضاوجوړیږي او هر عضوء ضخامت او ثابته جیومتری لری. دا ساده کول یا ایدیالایزیشن کول د تحلیل په طریقه پورې اړه لري، ځکه معمولاً د تحلیل خورا پیچلي طریقی ډیر وخت نیسیی ، او له همدې امله خورا ډیر لګښت لری. نور عوامل چې په ساده کولو اغیزه کوي د ډول ډول لوډونو کارول دی ، ځکه چې دا ممکنه ده چې یو جوړښت به د بیلا بیلو لوډونو لاندی مختلف انډولیزونو ته اړتیا ولري.

د مثا ل په توګه دیو کالم یا ستني لوډ پر بیم باندی اصلا په یو ثابت مساحت باندی عمل کوی د تحلیل لپاره د ستني او بیم لوډ او ریکشنونه په واسط د سمتی کرښی (ویکتور) او بیم په یوه لیکه ښودل شوی.



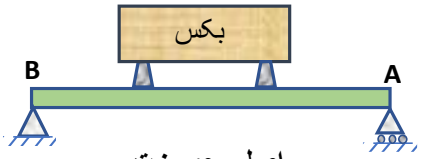
اصلی جوړښت



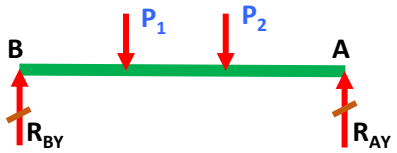
د جوړښت ایدیالایزیشن

انځور 1.11 د جوړښت ایدیالیزیرشن

په لاندی انځور کی یو بکس د بیم په واسطه په دو اتکاو ټینګ شوی دی، د تحلیل لپاره آیدیالایزشن د بیم AB په کرښه AB ساده شوی، اود بکس لوډ په P پر بیم باندی ښول شوی.



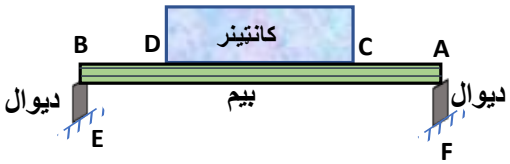
اصلی جوړښت



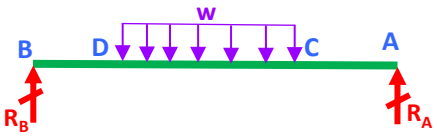
د جوړښت ایدیالایزیشن

انځور 1.12 د جوړښت ایدیالیزیشن

پدی بل انځور کی یو کانتینر په فلزی بیم AB ایښودل شویی او دا بیم بیا پر دو دیوالونو E او F, تکیه کړي، د کانتینر اوږدوالی CD دی. د تحلیل لپاره بیم AB په کرښه AB او د کانتینر لوډ په ویشل شوی لوډ(w) پربیم با ندی آیدیل شوی. په دیوال E او F د کنتینر د لوډ تآثیر په ریکشنو R_A او R_B آیدیل شوی.



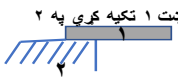
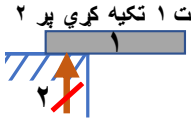
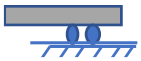
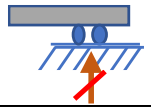
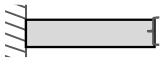
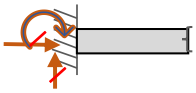
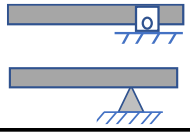
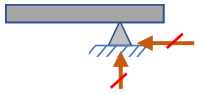
اصلی جوړښت



د جوړښت ایدیالایزیشن

انځور 1.13 د جوړښت ایدیالیزیشن

دا معمولاً اړینه ده چې د تحلیل اسانتیا لپاره اصلي جوړښت په یو ساده ایدیلیز (idealize) سیستم بدل شي. دا ایدیل سیستم د اصلی جوړښت استازی توب کوي. د تحلیل لپاره دلته اصلی اتکا په یوه ایدیل اتکا چی ریکشنونه یی استازی توب کویی بد لو. د اتکا اسطکاک او کتله (mass) په نظر کی نه نیول کږي.

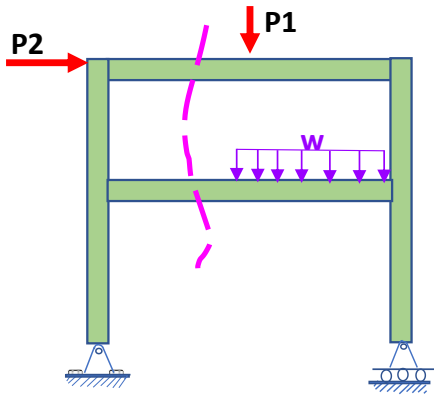
د اتکاء ډولونه او ایدیل استازیتوب			
داتکاء نوم	داتکاء سمبول	داتکاء ریکشنونه	توانایی او مقاومت بهرنی لوډ ته
ساده اتکاء (simple support)			د جوړښت په سطح عمودی
رولر اتکاء (Roller support)			دجوړښت په سطح عمودی
فیکسد اتکاء (Fixed support)			دجوړښت په سطح عمودی، افقي او مؤمنت
پن اتکاء Pin support			دجوړښت په سطح عمودی او افقی

1.4 دقواوو یا لوډونو ډولونه

1.4.1 بهرني قواوی یا لوډونه

خارجی قواوي هغه بهرنی عواملو ، تاثیراتو او لوډونو ته وایی لکه واوره، باران، باد، زلزله، وزنونه او داسی نور چه په جوړښت باندی ایښودل شوی یا عمل کوی.

په انځور 1.14 کی , P1, P2 خارجی لوډ یا قواوی دی. P1 او w په عمودی جهت او P2 په افقی جهت په جوړښت عمل کړی.

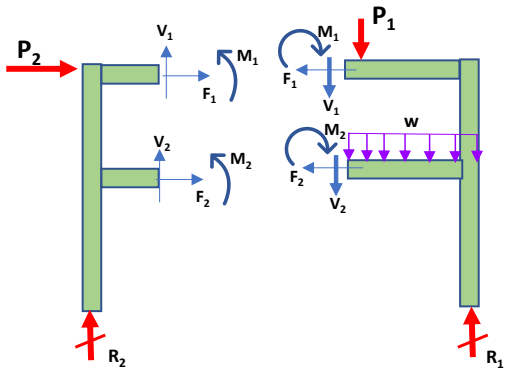


انځور 1.14 بهرنی لوډونه په جوړښت عمل کړی

1.4.2 داخلی قواوی یا لوډونه

داخلی قواوي-هغه تاثیرات او قواوي دی چه د جوړښت د یوه غړی د جوړښت پر بله برخه عمل کړی ویی. داخلی قواوي همېشه بهرنی لوډونو سره تعادل حوړه وی .

په دی انځور کی V_i,F_i,M_i د جوړښت د یوه غړی داخلی قواوی دی کله چی خارجی لوډ P_1,P_2 په جوړښت عمل کړی وی.



انځور 1.15 داخلی لوډونه په جوړښت کی

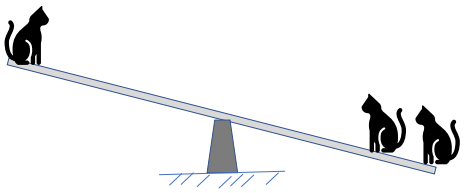
1.5 د جوړښت تعادل یا د توازن حالت (Equilibrium)

یو جوړښت هغه وخت د ستاتیک توازن په حالت کی دی کله چه د ټولو قواوو او لوډونو خالص (net) اندازه موجودیت ونلری. که چیري خالص اندازه د قواوو او لوډونو وجود ولری جوړښت په ستا تیک توازن کی نوی اوجوړښت په حرکت راځی او یا ړنګیږی. د ستاتیک تعادل لپاره اړین ده چه ټول خارجی او داخلی قوای او لوډونه په ټولو جهتونو یو بل سره برابری وی. په تحلیل کی مجموع د ټولو قواوو او لوډونو (په شمول د ریکشنو) په هر جهت کی باید صفر شي.

دتعادل یا توازن حالت مثال پدی لاندی انځورونو کی ښودل شوي:

انځور 1.16 د لوډونو یا قواو توازن

په انځور 1.16 (الف) کی یوه تخته چی په اوږدوالی کی په یوه اتکا ایښودل شوی ده او هیڅ خارجی لوډ وربانددی عمل ندی کړي . دا تخته په حا لت د ستاتیک توازن کیده. په انځور (ب) کی وینو دوه پشیانی چه مساوی وزن لری په دو څنډو د دی تختی ناستی دی . خالص وزن په تخته په دواړو څنډو مساوی دی بیا هم دا تخته به حا لت توازن یا تعادل کی ده.



انځور 1.17 د خارجی لوډونو یا قواو توازن شتون نلری

په انځور 1.17 کی یوه بله پشی په ښي څنډه اضافه شوی، دا تخته د خارجی قواوو له مخی په حالت د تعادل یا توازن کی نده ځکه ښیی لور ته وزن ډیر دی او تخته په اتکا تاویدونکی حرکت کوی او په ځمکه لویږی.

په عمومی ډول یو جوړښت هغه وخت به د خارجی قواوو له کبله په حالت د تعادل کی ویی کله چی ټولی خارجی قواوی چه په جوړښت عمل کړی متوازني ویی. دا پدی معنی هر قوه چی په جوړښت یا په کوم عضو د جوړښت عمل کړي د نورومساوی او خلاف جهت قواوو په واسطه ښایی داسی دفع شي چی د دواړو جهتو خالص نتیجه صفر شی. د تعادل په حا لت کی د ټولو خارجي قواوو او د اتکا ریکشنونو خالص پایله صفر ده.

دوه ډوله توازن شتون لري ، خارجی او بل داخلی. خارجی تعادل د اتکا ریکشنونه او خارجی قواوي چی په جوړښت عمل کړي پایلی یی باید صفر وي، داخلی توازن هغه قواوی چی په داخلی عناصرو کی پیداشی په نظر کی نیسي.

$$\sum_{i=0}^{n} F_{Xi} = 0 \qquad (1.1)$$

$$\sum_{i=0}^{n} F_{Yi} = 0 \qquad (1.2)$$

$$\sum_{i=0}^{n} M_{i} = 0 \qquad (1.3)$$

په دی پور تني خورا پیاوړیو د توازن (equilibrium) معادلو کی F_x, F_y د خارجی قواوو او لوډونو برخی او ریکښنونه په X او Y جهت کی دی، او M مؤمنت دی.

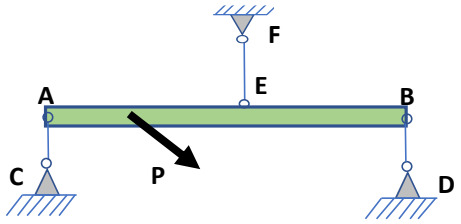
د تعادل معادلو په استعمال کی جوړښت او عناصر یی سخت (rigid) فرض کیږی په دی معنی چی د جوړښت جیومتري وروسته له دی چه خارجی قواووی پری عمل وکړ په هم هغه شان دی چه په مخ کی وه.

1.6 د جوړښت ستاتیک ثبات

کله چی جوړښت د ستاتیک توازن معادلی (1.1; 1.2; 1.3) تضمین کړی جوړښت د تعادل او توازن حالت او ثبات لری.

یو پلنر جوړښت چی ساده اتکا لری اوپه عمومی ډول خارجی لوډونه وربانده عمل کړی ویی، او د اتکا په عوض ریکشنونه وربانده وښودل شی، په داسی حالت کی خارجی لوډونه معلوم او د اتکا ریکشنونه (R_X,R_y, M) نا معلومه قواوی دی. که چیري دا جوړښت په حالت د ستا تیک تعادل او توازن کی ویی د دریو مساوات معادلو(1.1; 1.2; 1.3) په حلولو سره نا معلوم قواوی چی پردی صورت کی د جوړښت ریکښنونه دی پیدا کېدی شی. پدی حالت کی دا جوړښت ستاتیکلی معلوم او ثبات لري. دا پدی معنی چی د ټولو قواو مجموعه په افقی او عمودی جهتونو صفرده، او هم مجموع د ټولو مؤمنتو صفر ده.

که چیری نا معلومه ریکشنونه له دریو لږ وی دا د ستاتیک توازن دری مساوات نشی پوره کولای پدی حالت کی دا نا معلومه ریکشنونه نشی کولای چی جوړښت په حالت د ستاتیک توازن او ثبات کی وساتی، په دی معنی چه جوړښت ستاتیک ثبات نلری. په یو شمیر حالاتو کی د جوړښت جیومتری هم کېدی شی چی د جوړښت بی ثباتی را مینځ ته کړی. لکه دا لاندی انځور کی:



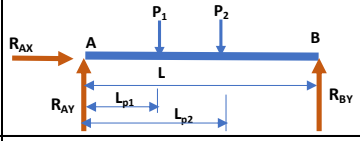
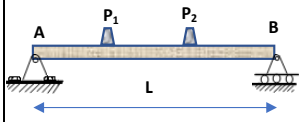
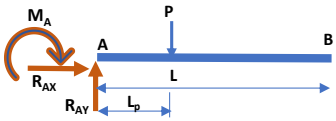
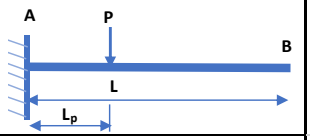
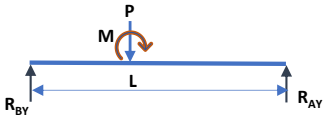
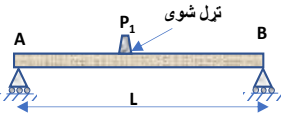
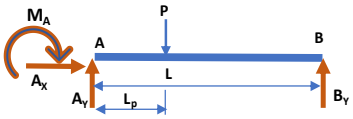
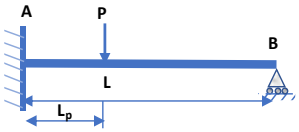
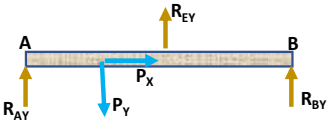
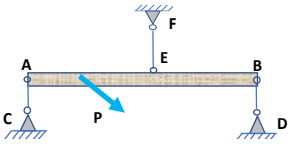
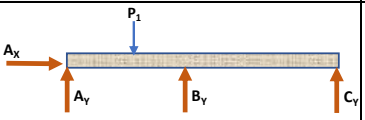
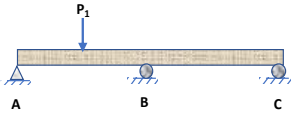
انځور 1.18 جوړښت ساتیک ثبات نلری

په انځور 1.18 کی بیم AB په دریو موازی بارو(bars) په A,B او E تړل شوی. کله یو لوډ P چی افقي برخه هم لری په بیم عمل وکړی ، بیم AB افقی جهت حرکت ته (په دریو بارو عمودی) بندیز نلری اوبیم په حرکت راځی او خوځیږی. دا جوړښت د جیومتری په علت بی ثباته (geometrically unstable) جوړښت دی.

هغه جوړښت چی په عمومي ډول دری نا معلومه ریکشنونه ولری دوی د دریو تعادل او توازن معادلو په واسطه معلومیدای شی، داسی حالت کی دجوړښت ریکشنونه ستاتیکلی معلوم (statically determinate) یادیږي. که چیري نا معلوم ریکشنونه په دریو د تعادل او توازن معادلو پیدا نشی یعنی

د نامعلومو ریکشنو تعداد له دریو زیات شی دی حالت کی جوړښت ستاتیکلی نامعلوم (statically indeterminate) یادیږیی. په عمومی توگه ویلی شو د یوه جوړښت ټینگوالی یا ثبات (stability) تړلی په تعداد د نا معلومو ریکشنو او دا چه جوړښت اعضاوی څنگه یوځای شوی دی.

دا لاندی جدول د جوړښت ټینگوالی یا ثبات او معلوم یا مجهول حالت مثالونه دی:

5	4	3	2	1	
د اتکاء ریکشنونه	د توازن او تعادل معادلی (کو پلانر جوړښت)	خارجی لوډ (بهرنی قواوی)	آیدیل استازی جوړښت	اصلی جوړښت	1
R_{AX}, R_{AY}, R_{BY}	$\Sigma F_X = 0$ $\Sigma F_Y = 0$ $\Sigma M = 0$	P1, P2			2
R_{AX}, R_{AY}, M	$\Sigma F_X = 0$ $\Sigma F_Y = 0$ $\Sigma M = 0$	P			3
R_{AY}, R_{BY}	$\Sigma F_X = 0$ $\Sigma F_Y = 0$ $\Sigma M = 0$	P, M			4
A_X, A_Y, M_A, B_y	$\Sigma F_X = 0$ $\Sigma F_Y = 0$ $\Sigma M = 0$	P			5
R_{AY}, R_{BY}, R_{EY}	$\Sigma F_X = 0$ $\Sigma F_Y = 0$ $\Sigma M = 0$	P_X, P_Y			6
R_{AY}, R_{BY}, R_{CY}	$\Sigma F_X = 0$ $\Sigma F_Y = 0$ $\Sigma M = 0$	P_1			7

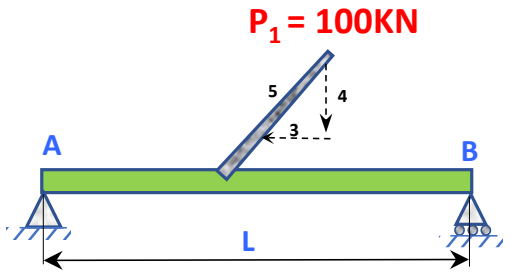
	6	7
1	**ستاتیکلی دیترمینت(determinate) یا اندیترمینت (indeterminate)**	**جوړښت ستاتیکلی ثبات یا خوندیتوب یي (structural stability)**
2	جوړښت ستاتیکلی دیترمینت (determinate) دی. اتکاءو دري مجهول ریکشنونه لری. د ستاتیک تعادل equilibrium او توازن دری معادلی شتون لری پدی اساس مجهول ریکشنونه معلومیدای شي.	جوړښت ستاتیکلی خوندي او ثبات کی (stable) دی ټاتکاء دري مجهول ریکشنونه لری. دری د ستاتیک تعادل او توازن معادلی شتون لري. دجوړښت جیومتری هم خوندیتوب اویا ثبات لری.
3	جوړښت ستاتیکلی دیترمینت (determinate) دی. اتکاءو دري مجهول ریکشنونه لری. د ستاتیک تعادل (equilibrium) دری معادلی شتون لری پدی اساس مجهول ریکشنونه معلومیدای شي.	جوړښت ستاتیکلی خوندي او ثبات کی (stable)دی . مجهول ریکشنونه لری.3 اتکاء د ستاتیک تعادل معادلی شتون لري. 3 دری دجوړښت جیومتری هم خوندي او ثبات لری.
4	جوړښت ستاتیکلی دیترمینت دی. د اتکاءو دوه ریکشنونه مجهول دی، او دري د ستاتیک تعادل او مساوات معادلی شتون لری. ریکشنونه معلومیدای شی.	د جوړښت جیومتری خوندیتوب ،ثبات (ستیبل) نلری. د ستاتیک 3 نا معلوم ریکشنونه په 2 د اتکاءو تعادل معادلو پیدا کیدی شی. اما که افقی جحت خارجی لوډ عمل وکړی جوړښت په هغه جهت په حرکت راځی او ټینګوالی نلری.
5	جوړښت ستاتیکلی ایندیټرمینت دی(indeterminate). د اتکاءو څلور ریکشنونه مجهول دی، او دري د ستاتیک تعادل معادلی شتون لری ریکشنونه معلومیدای نشی. د اتکاءوڅلور نا معلوم ریکشنونه په دري د ستاتیک تعادل او مساوات معادلی پیدا کیدی نشی یوی بلی معادلی ته ضرورت دی.	جوړښت ستاتیکلی خوندیتوب یا ثبات (stable) لری ټاتکاءو څلور مجهول ریکشنونه لری. دری د ستاتیک تعادل معادلی شتون لري. دجوړښت جیومتری هم خوندي او ثبات لری.
6	جوړلښت ستاتیکلی ایندیټرمینت دی.(Indeterminate) دری لینکونه موازی په یوه جهت دری ریکشنونه لری او نه معلومیژي . که افقی جهت خارجی لوډ عمل وکړی جوړشت په هغه جهت ټینګوالی نلری.	جوړښت جیومتری خوندیتوب یا ثبات(ستیبل) نلری. د اتکاءو دري نا معلوم د یوه جهت موازی ریکشنونه په دریو د ستاتیک تعادل معادلو پیدا کیدی نشی. که افقی جهت خارجی لوډ عمل وکړی جوړشت په هغه جهت په حرکت راځی او ټینګوالی نلری.
7	جوړښت ستاتیکلی ایندیټرمینت دی(indeterminate). د اتکاءو څلور ریکشنونه مجهول دی، او دري د ستاتیک تعادل معادلی شتون لری ریکشنونه معلومیدای نشی. یوی بلی معادلی ته ضرورت دی.	جوړښت ستاتیکلی خوندي یا ثبات(stable) لری . اتکاء څلور مجهول ریکشنونه لری. دری د ستاتیک توازن معادلی شتون لري. دجوړښت جیومتری هم خوندیتوب یا ثبات لری.

1.7 د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام (Free-Body Diagram)

د جوړښت تحلیل لپاره اړین دی چی د جوړښت یو قسمت او یا ټول په ازاد ګرافیک دایګرام کی تشریح شی.

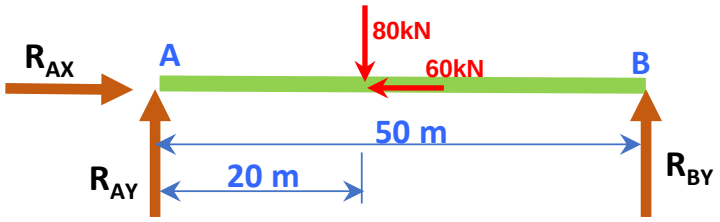
ازاد ګرافیک انځورد تحلیل د اساساتو خورا با اهمیت پړاو دی، د دي پړاو زد ه کړه د انجینر لپاره ډیره ضروری ده .

دلته دیوه جوړښت په ازاد ګرافیک دایګرام کی د اتکا ریکشنونه او ټول هغه لوډونه چی په جوړښت عمل کړی باید وښودل شی. دا لاندی انځور د مثال په توګه وګوری:



انځور 1.19 بیم او بهرنی لوډ

انځور 1.19یو اصلی جوړښت دی. ددی جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام پدی لاندی ډول ښودل کیدی شی:



انځور 1.20 د بیم ازاد ګرافیک دایګرام

اصلی جوړښت په انځور 1.19 کی ښودل شوی، په بیم AB یو خارجی لوډ P_1 د ستړتې په ذریعه عمل کړي. ددی بیم ازاد ګرافیک دایګرام په انځور 1.20 کی ښودل شوی. خارجی لوډ په دوه برخو X او Y محورونو په عوض د 100 kN او هم د اتکا ریکشنونه ښودل شوی.

ریکشنونه په A او B اتکاوو کی د تعادل او توازن معادلی په اساس پدی لاندی ډول پیدا کیږی:

د ټولوخارجی لوډونو چی په جوړښت عمل کړی او ټولو ریکشنو مجموعه با ید صفر وی، او هم مؤمنت مجموعه په هره نقطه کی صفر وي. د ریکشنونو ارزښت د توازن معادلو په واسطه پدی لا ندی ډول پیدا کیږی.

$\Sigma F_X = 0, \quad R_{AX} - 60kN = 0.0 \ , \ R_{AX} = 60kN$

$\Sigma F_Y = 0 \ , \quad R_{AY} + R_{BY} - 80kN = 0, \ R_{AY} = 80kN - R_{BY}$

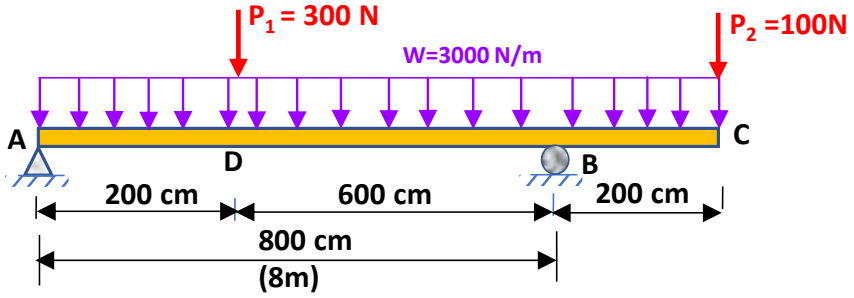
$\Sigma M_A = 0 \ , \quad R_{BY} \times 50 - 80 \times 20 = 0 \ , \ R_{BY} = (80 \times 20)/50 = 32kN$

$R_{AY} = 80 - 32 = 48 \ kN$

1.8 د ریکشنو پیدا کولومثالونه

1.9 اول مثال

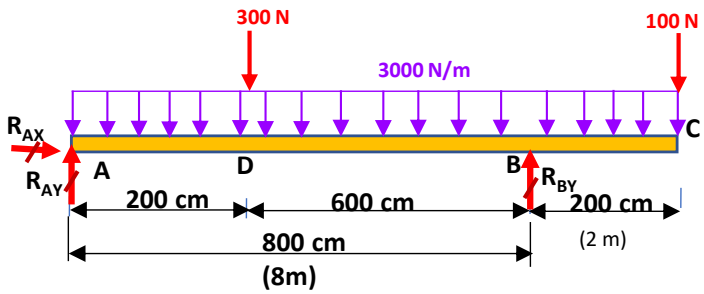
په دی لاندی بیم ABC یوډول ویشلی (uniformly distributed)او تمرکزی(concentrated) خارجی لوډونو عمل کړی. دا بیم په دوځایو A او B کی اتکاوی لری، غواړو چی په اتکاوکی ریکشنونه پیدا کړو.



انځور 1.21 بیم او بهرنی لوډونه

د نامعلومو ریکشنوپیدا کولو لپاره اول به د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالایزیشن وښیو او بیا به د ستاتیک تعادل او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه پیدا شی. څنګه چی په لاندی ازاد ګرافیک دایګرام کی ښودل شوی دری (3) نا معلوم ریکشنونه (R_{AX},R_{AY},R_{BY}) لري. دلته دری نامعلوم

ریکشنونه او دری د ستاتیک تعادل معادلی لرو. پدی اساس دا جوړښت ستاتیک ثبات اوستاتیکلی دیترمینت دی، پدی معنی چه دری نا معلومه ریکشنونه په دریو معادلو پیدا کېدی شي.



انځور 1.22 د بیم ازاد گرافیک دایگرام

ستاتیک توازن په دی لاندی ډول دی:

د ټولو خارجی لوډونو او ریکشنونو مجموعه په X او Y جهتونواود مؤمنت د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ بیایی حل کړي.

د ښودل شوی بیم په هره نقطه کی مجموعه د مؤمنت باید صفر وی، کیدی شی چه د بیم هرټکی د مؤمنت لپاره انتخاب شی. دلته په A کی ټول مؤمنتونه پدی لاندی ډول دی. ټول مؤمنتونه چی په + چپه لور (کلاک وایز) تاویږی هغوی به په معادله کی مثبت فرض کړو:

$\Sigma M_A = 0$,

$$(3000N/m \times (8m+2m) \times (10m/2) + 300N \times 2m - R_{BY} \times 8m + 100N \times 10m = 0$$

$$150{,}000\ Nm + 600Nm - R_{BY} \times 8m + 100N \times 10\ m = 0$$

$$R_{BY} = 151{,}600/8$$

$$\underline{R_{BY} = 18{,}950\ N}$$

نا معلومه ریکشن R_{BY} د مؤمنت د تعادل له معادلی پیدا شو. دوه (2) نور نا معلومو ریکشنونو لپاره بیا د تعادل معادلی په X او Y جهت پدی لاندی ډول کار اخلو تر څو دا نور نا معلوم ریکشنونه پیدا کړو. دلته جهت پورته خوا او افقی جهت ښي لورته مثبت فرض کوو.

$\Sigma F_Y = 0, \quad R_{AY} + R_{BY} - 400N - (3000N/m \times 10m) = 0$

$R_{AY} + 18{,}950N - 30{,}000N - 400 = 0$

$R_{AY} = \underline{11{,}450\ N}$

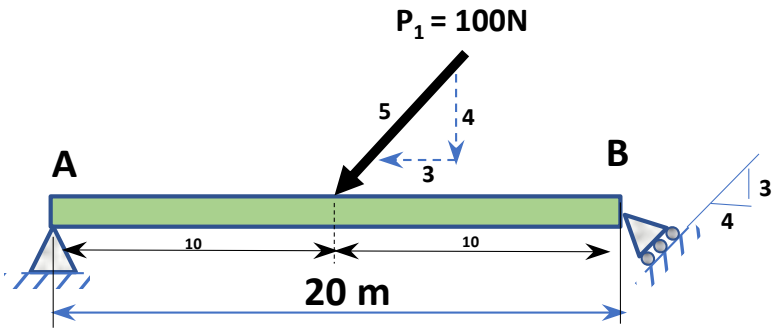
$R_{AY} = 11.450\ kN$

$\Sigma F_X =$

$R_{AX} = 0$

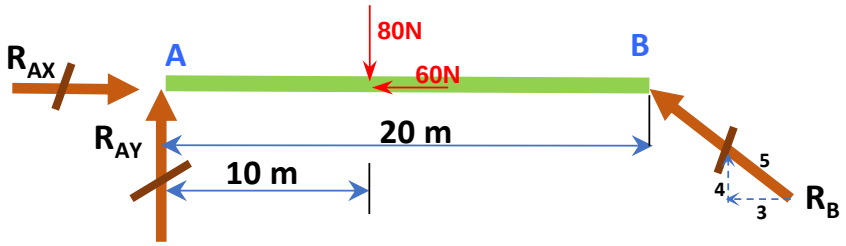
1.10 دوهم مثال

یو بهرنی سل نیوتن لوډ په بیم باندی عمل کړی، غواړو چه د دواړو اتکاو ریکشنونه پیدا کړو.



انځور 1.23 بیم بهرنی لوډ په زاویه عمل کړی

د مجهولو ریکشنوپیدا کولو لپاره اول به د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالایزیشن جوړ کړو، بیا به د ستاتیک تعادل او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه په A اوB کی پیدا شی.

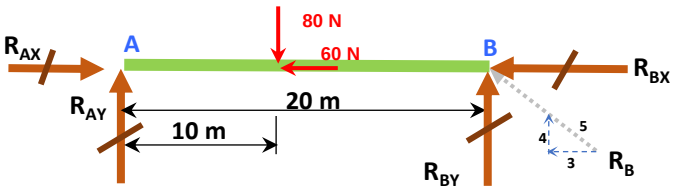


انځور 1.24 د بیم او بهرنی ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالیزیشن

څنګه چی په پورتنی ازاد ګرافیک دایګرام کی ښودل شوی دری (3) نا معلوم ریکشنونه (R_{AX},R_{AY},R_B) شتون لري. دلته دری نامعلوم ریکشنونه او دری د ستاتیک توازن معادلی لرو پدی اساس دا جوړښت ستاتیک ثبات لری اوستاتیکلی دیترمینت دی، پدی معنی چه دری نا معلومه ریکشنونه په دریو معادلو پیدا کېدی شی.

په څنډه B اتکا په یوه سطح داسی واقع شوی چه ریکشن R_B په یوه مثلث 3,4,5 جهت لری .

په ازاد ګرافیک دایګرام کی دتحلیل آسنتیا لپاره دا ریکشن په دوه برخو افقی اوعمودی (R_{BX},R_{BY}) ښودل شوی.



انځور 1.25 د بیم او بهرنی لوډ ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالیزیشن

ستاتیک توازن په دی لاندی ډول دی:

د ټولو خارجی لوډونو او ریکشنونو مجموعه په X او Y جهتونواو د مؤمنت د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید پوره کړی.

د ښودل ښوی بیم په هر ټکی کی مجموعه د مؤمنت باید صفر وی، کیدی شی چه د بیم هره نقطه د مؤمنت لپاره انتخاب شی. دلته په A کی ټول مؤمنتونه پدی لاندی ډول دی. ټول مؤمنتونه چی په ښی لورتاویژی هغوی به په معادله کی مثبت فرض کړو:

$\Sigma M_A = 0$ +

$R_{BY} \times 20 - 80 \times 10 = 0$

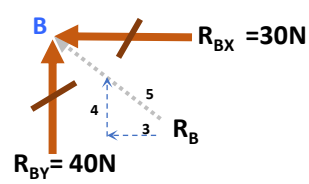
$R_{BY} = 800/20 = \underline{40\ N}$

نا معلومه ریکشن R_{BY} د مؤمنت د تعادل له معادلی پیدا شو. دوه (2) نور نا معلومه ریکشنونو د تعادل معادلی په X او Y جهت پدی لاندی ډول کار اخلو تر څو دا نور نا معلومه ریکشنونه پیدا کړو. دلته جهت پورته خوا او افقی جهت ښي لورته مثبت فرض کوو.

$\Sigma F_Y = 0, \quad R_{AY} + R_{BY} - 80N = 0$

$R_{AY} + 40N - 80N = 0$

$R_{AY} = \underline{40\ N}$



د مثلث پواسط:

$R_B = (5/4)(40) = 50N$

$R_x = (3/5)(50) = 30N$

$\Sigma F_X = 0$

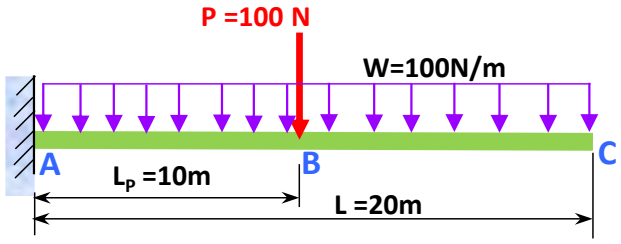
$R_{AX} - R_{BX} - 60 = 0$

$R_{AX} = 90\ N$

$$R_B = \sqrt{(R_{BX})^2 + (R_{BY})_2} = 50\ N$$

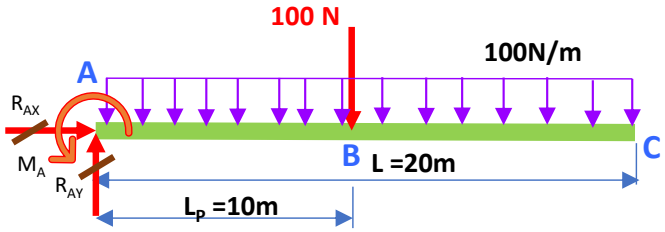
1.11 دریم مثال

په دی لاندی کنتیلور بیم ABC یو ویشلی (uniformly distributed) او تمرکزی (concentrated) خارجی لوډ عمل کړی. دا بیم په څنډه A کی ټینګه تړل شوی ، غواړو چی د تړل شوی اتکا ریکشنونه پیدا کړو.



انځور 1.26 بیم بهرنی لوډ عمل کړی

د نامعلومو ریکشنو پیدا کولو لپاره اول به د جوړښت ازاد ګرافیک انځور او ایدیالایزیشن جوړ کړو، بیا به د ستاتیک توازن او ثبات له معادلو څخه کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه په A کی پیدا کړو.



انځور 1.27 په بیم او بهرنی لوډ ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالیزیشن

څنګه چی په ازاد ګرافیک دایګرام کی ښودل شوی دری (3) نا معلوم ریکشنونه (R_{AX},R_{AY},M_B) شتون لري. دلته دری نامعلوم ریکشنونه او دری د ستاتیک تعادل معادلی لرو پدی اساس دا جوړښت ستاتیک ثبات اوستاتیکلی دیترمینت دی، پدی معنی چه دری نا معلومه ریکشنونه په دریو معادلو پیدا کېدی شی.

ستاتیک توازن په دی لاندی ډول دي:

د ټولو خارجی لوډونو (w او P) او ریکشنونو (R_{AX},R_{AY},M_A) مجموعه په X او Y جهتونواو دمومنټ د تعادل او توازن معادلی ($\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$) پری تپبیق کیدی شی.

د ښودل شوی کانتیلیور بیم په هره نقطه کی مجموعه د مؤمنت باید صفر وی، کیدی شی چه د بیم هره نقطه د مؤمنت لپاره انتخاب شی. دلته په A کی ټول مؤمنتونه پدی لاندی ډول دی. ټول مؤمنتونه چی په ښی لور(کونټر کلاک وایز) تاویږی هغوی به په معادله کی مثبت فرض کړو:

$\Sigma F_X = 0$ $R_{AX} = \underline{0}$

$\Sigma F_Y = 0$, ↑+

R_{AY} -100N/m x 20m -100N=0

R_{AY} -2100 N =0

R_{AY} = <u>2100N</u>

$\Sigma M_A = 0$,+ ↻

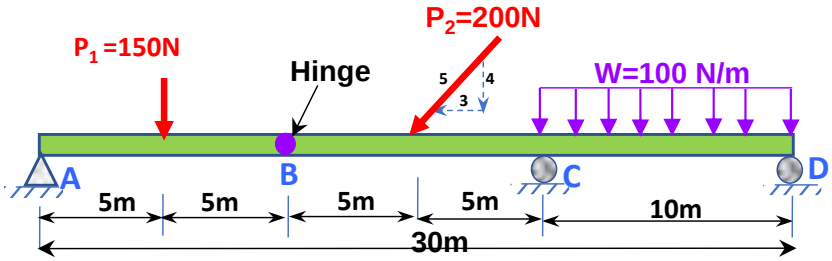
M_A - (100N/m x 20m x 20/2)-100N x10m =0

M_A = 20,000 Nm+1000Nm

M_A =<u>21,000Nm</u>

1.12 څلورم مثال

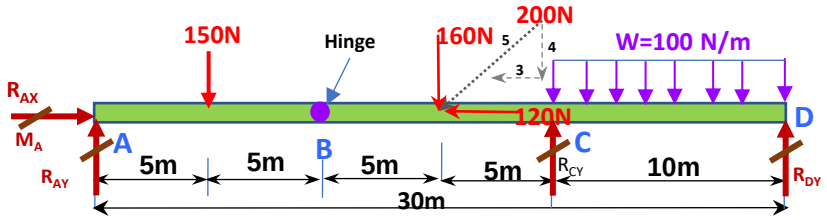
دلته په یو دوامدار بیم ABCD یو ویشلي (uniformly distributed) او دوه تمرکزی (concentrated) خارجی لوډونه عمل کړی. دا بیم په څنډه A ، D او C کی اتکا لري. په B حصه کی هینج جوړ شوی چه د تحلیل آسانتیا برابروی او داسی حالت په نامه د کاندیشن (condition) یادیږی . په عمومی توګه هینج (hinge) د مؤمنت ممانعت نشی کړی، په هینج کی مؤمنت صفر وی او دا زموږ دباره یوه نوی معادله راکوی. غواړو چی ددی بیم د اتکاو ریکشنونه پیدا کړو.

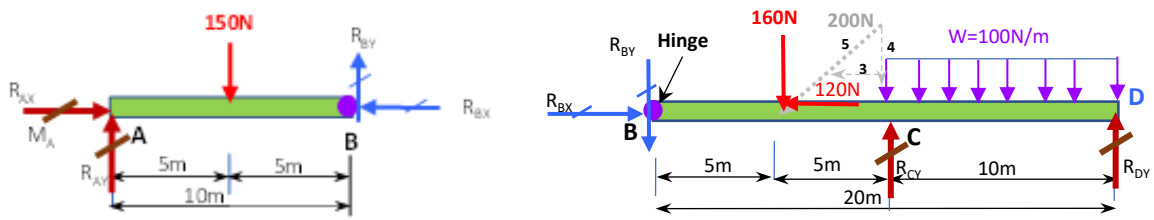


انځور 1.28 بیم او بهرنی لوډ

د مجهولو ریکشنوپیدا کولو لپاره اول به د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالایزیشن معلوم کړو، بیا به د ستاتیک توازن او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه پیدا شی. څنګه چی په لاندی ازاد ګرافیک دایګرامونه ، دری د ستاتیک تعادل معادلی او هم هینج(کاندیشن) لرو پدی اساس دا جوړښت ستاتیک ثبات اوستاتیکلی دیترمینت دی، پدی معنی چه نا معلومه ریکشنونه په دریو معادلو او کاندیشن سره پیدا کېدی شی. اصلاً ځلور مجهوله دی او ځلور معادلی دی د هینج له کبله ځلورمه معادله جوړیږی

($\Sigma M_B = 0$) او پدی توګه ځلور معادلی کیږی.





(الف) (ب)

انځور 1.29 بیم او بهرنی لوډ ازاد ګرافیک دایاګرام او ایدیالایزیشن

ستاتیک توازن په دی لاندی ډول دی:

دا کولینیر جوړښت دی، ټول لوډونه، ریشکشنونه او جوړښت په ورته سطح کی واقع شوی.

ټول جوړښت په حالت توازن کی دی چپ لور د هینج په تنهایي سره با ید په توازن کی وی مجموعه د ټولولوډونو او ریکشنو په هر جهت باید صفر وی ، او هم مؤمنت په هر ټکي کی صفر وی.

د ټولو خارجی لوډونو او ریکشنونو مجموعه په X او Y جهتونو د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید پوره کړی.

د ښودل شوی بیم په هره نقطه او هم په هینج کی مجموعه د مؤمنت باید صفر وی، کیدی شی چه د بیم هره ټکی د مؤمنت لپاره انتخاب شی. دلته په A کی ټول مؤمنتونه پدی لاندی ډول دی. ټول مؤمنتونه چی په ښي لورتاویږی هغوی به په معادله کی مثبت فرض کړو:

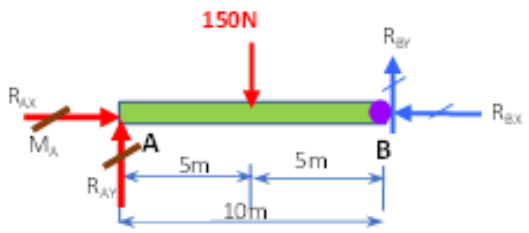
ازاد ګرافیک دایګرام په توازن کی:

مؤمنت په چپه څنډه کی = + $\Sigma M@A = 0$

$-150N \times 5m + R_{BY} \times 10 = 0$

$R_{BY} = \underline{75\ N}$

$\Sigma FY = 0$ ↑+

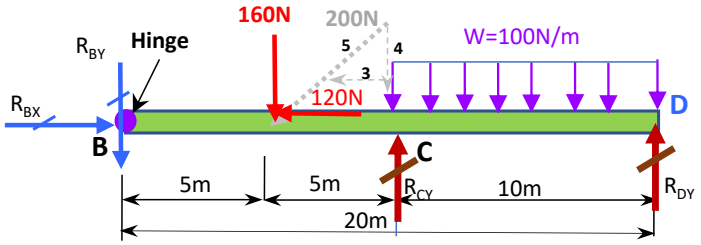


R_{AY} -150N +R_{BY} = 0

R_{AY} = 150N -75N

R_{AY} =<u>75N</u>

اوس له هینج بنی لور د بیم د تعادل لپاره ګورو:



انځور 1.30 بیم او بهرنی لوډ ازاد ګرافیک دایاګرام او ایدیالایزیشن

د هینج بني لورد بیم برخه په حالت توازن کی باید وی:

د ټولو لوډونو مجموعه باید چی صفر وی او هم مؤمنت په هره نقطه ک صفر وی.

مؤمنت په D کی په دی ډول دی:

$\Sigma M_D = 0$ +↻

R_{BY} x 20m +160N x 15m –R_{CY} x 10 +100N/m x10m x 10/2 =0

75N x20m + 2400- R_{CY} x10m +5000Nm =0

-R_{CY} x 10m +8900 =0

R_{CY} =<u>890 N</u>

$\Sigma F_Y = 0 \quad \uparrow +$

$-R_{BY} - 160 + R_{CY} - 100N/m \times 10m + R_{DY} = 0$

$-75N - 160\ N + 890N - 1000N + R_{DY} = 0$

$R_{DY} = \underline{345N}$

$\Sigma F_X = 0$

$R_{BX} - 120N = 0$

$R_{BX} = \underline{120N}$

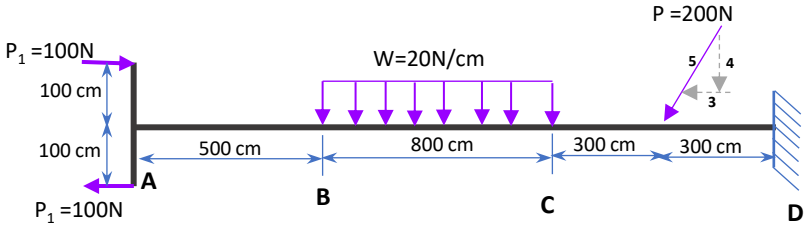
1.13 پرکتس سوالونه

دا لاندی سوالونو ته ځوابونه جوړ کړی:

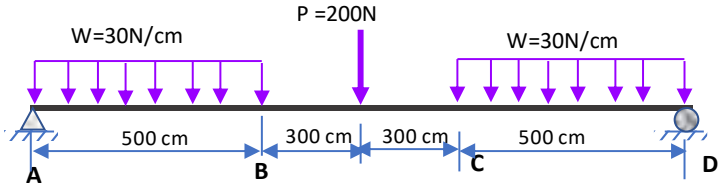
۱- جوړښت ستاتیکلی معلوم دی که مجهول

۲- ایدیلایزیشن او ازاد ګرافیک دایګرام یې جوړ کړی

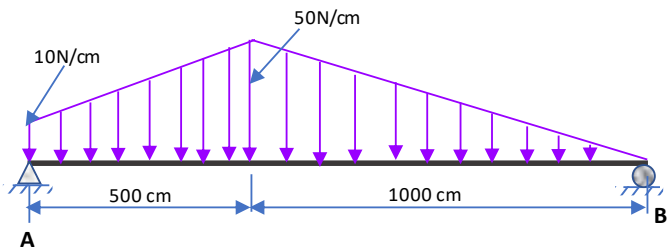
۳- د جوړښت د اتکا ریکشنونه پیدا کړی



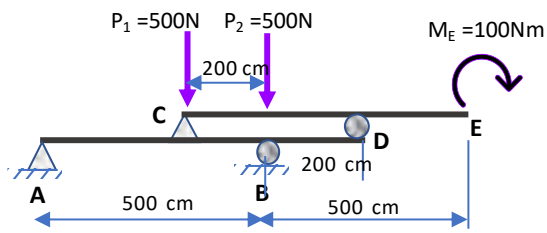
(1)



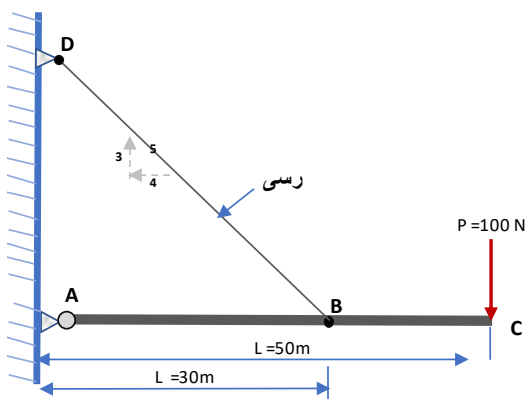
(2)


50N/cm
10N/cm
500 cm
1000 cm
A
B

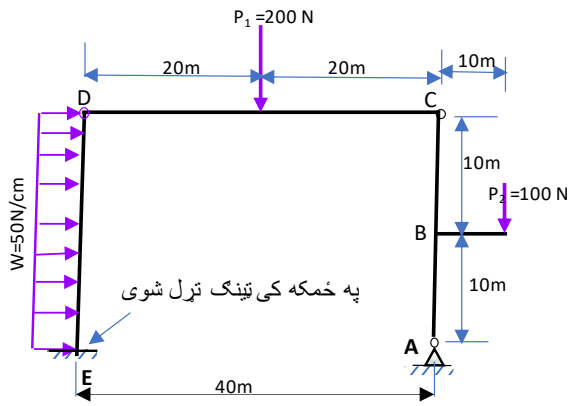
(3)


P1 =500N
P2 =500N
ME =100Nm
200 cm
C
D
E
200 cm
A
B
500 cm
500 cm

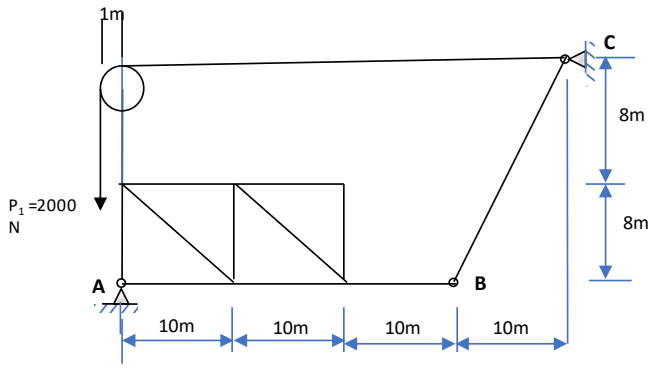
(4)


D
3
5
4
رسی
P =100 N
A
B
C
L =50m
L =30m

(5)


P1 =200 N
20m
20m
10m
D
C
10m
P2 =100 N
W=50N/cm
B
10m
په ځمکه کی ټینګ تړل شوی
A
E
40m

(6)


1m
C
8m
P1 =2000
N
8m
A
B
10m
10m
10m
10m

(7)

2
دوهم فصل
شیر او مؤمنت

(Shear and Bending Moment)

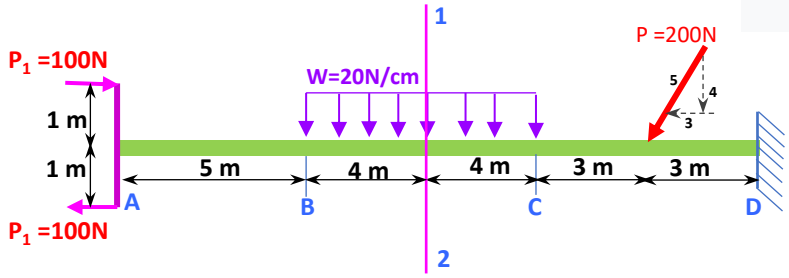
2.0 شیر اوکړېدونکي مؤمنت

د یوه جوړښت تحلیل موخه او هدف دا دی چې د جوړښت د ډیزاین مناسبتیا معلومه شی .هغه داخلی قواوی، سترسونه یا فشارونه چې د خارجی لوډونو له کبله په جوړښت کی مینځ ته راځی باید د موادو له معیاری او منلو وړ مقاومت سره پرتله شی . دفشار یا سترس (stress) تحلیل لپاره د جوړښت هغه بیلی بیلی برخی، چه ډیزاین کنترولوی ښکاره اووپیژندل شی .دا برخی کیدی شی چه په هره ټوټه د جوړښت کی وی.

بیم یو د هغه ساختماني عناصرو څخه دي چې دا ډول څیړنه ورباندی دلته په تفصیل سره وړاندی کیږي. په بیم ټول لوډونه او ریکشنونه په یوه سطح کی موقعیت لری، لوډونه یوازې عمودي یا موازی او یا هم په دواړو جهتو یوځای د بیم په مقطع عمل کړی.

2.1 داخلی لوډونه او قوواى

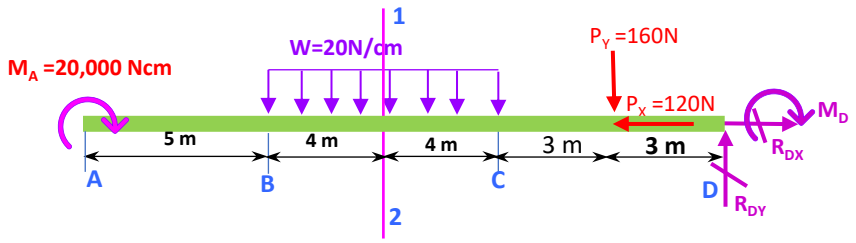
کله چې په یوه بیم خارجی لوډونه او قوواى عمل وکړی، داخلي فشارونه او سترین (strain) رامنځته کیږي. د دغو داخلی فشارونو او سترینو د ټاکلو لپاره، لومړی داخلي لوډونه د بیم په هغه برخه، چی د تحلیل لپاره انتخاب شوی وڅیړل شي.



انځور 2.1 په بیم بهرنی لوډ عمل کړی

پورتنی انځور 2.1 یو کنتیلور بیم AD په اتکا D کی تینګ تړل شوی. یو کپل (couple) په نقط A ، ویشلشوی لوډ د B نه تر C پوری او یوځانګړی تمرکزی لوډ د D او C تر مینځ عمل کړی.
غواړو چی داخلی لوډونه په مقطع 2-1 د بیم کی پیدا کړو.

د نامعلومو ریکشنو پیدا کولو لپاره اول باید د جوړښت آزاد دایګرام او ایدیالایزیشن جوړ کړو، بیا به د ستاتیک د تعادل او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه په D کی معلوم شی.



انځور 2.2 د بیم آزاد دایګرام او ایدیالایزیشن

په دی آزاد انځور کی ، مؤمنت ، عمودی، او افقی ریکشنونه د اتکا D او په څنډه A کی کپل ښودل شوی.

په آزاد دایګرام کی دری (3) نا معلوم ریکشنونه (R_{DX},R_{DY},M_D) شته. دلته دری نامعلوم ریکشنونه او دری د ستاتیک توازن معادلی شتون لري، پدی اساس ددی بیم جوړښت ستاتیک ثبات لری اوستاتیکلی دیترمیننت (معلوم) دی، پدی معنی چه دری نا معلومه ریکشنونه په دریو معادلو پیدا کیدی شی.

ستاتیک تعادل په دی لاندی ډول دي:

د خارجی لوډونو (M او P,W) او ریکشنونو (R_{DX},R_{DY},M_D) مجموعه په X او Y جهتونو باید د تعادل او توازن معادلی (1–3 ,1–2 ,1–1) پوره کړی. د تعادل لپاره مجموعه دلوډونو د کانتیلیور بیم په هره نقطه کی باید صفر وی، کیدی شی د تعادل لپاره د بیم هره برخه انتخاب شي. په اتکا D کی د توازن حالت پدی لاندی ډول دی. ټول مؤمنتونه چی په ښی لورتاویږی هغوی به په معادله کی مثبت فرض کړو:

$\Sigma F_X = 0 \xrightarrow{+}$ $R_{DX} = \underline{120N} \rightarrow$

$\Sigma F_Y = 0, \uparrow +$

$R_{DY} - 160N - 20N/cm \times 800cm = 0$

$R_{DY} - 16{,}160\ N = 0$

$R_{DY} = \underline{16{,}160N} \uparrow$

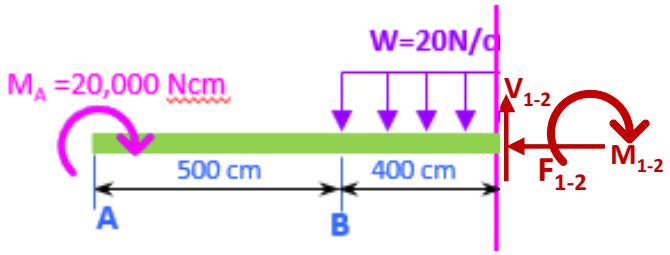
$\Sigma M_D = 0, \circlearrowleft +$

$-20{,}000 - M_D + (20N/cm \times 800cm \times ((800/2 + 300 + 300))cm + 160N \times 300cm = 0$

$-20{,}000\ Ncm - M_D + 16{,}000{,}000\ Ncm + 48000\ Ncm$

$M_D = \underline{16{,}028{,}000\ Ncm}$ ↓

ددی لپاره چی د بیم په 1-2 سطح کی داخلی قواوی یا لوډ پیدا کړو بیم په دی نقطه کی په دو حصو ویشو :



انځور 2.3 د بیم د چپی برخی آزاد دایګرام او ایدیالایزیشن

دا چپه برخه دبیم چی د بیم په 1-2 سطح پری شوي باید په حالت توازن کی وی. هغه داخلی لوډ (F_{1-2}) چی په مقطع د بیم عمودی دی په نارمل قوه یا نارمل لوډ یادیږی. او بل داخلی لوډ چی په مقطع 1-2 موازی عمل کړی شیر(shear) یادیږی. پدی مقطع د تعادل لپاره داخلی مؤمنت M_{1-2} هم

عمل کړی . پردی صورت ټول داخلی لوډونه په مقطع عبارت دی له F_{1-2} ، V_{1-2}, M_{1-2} . د ستاتیک توازن او ثبات له معادلو کار اخلو تر څو مجهول ریکشنونه په 1-2 مقطع کی پیدا کړو.

$\Sigma F_X = 0 \qquad F_{1-2} = \underline{0.0}$

$\Sigma F_Y = 0,$ ↑+

$V_{1-2} - 20N/cm \times 800cm/2 = 0$

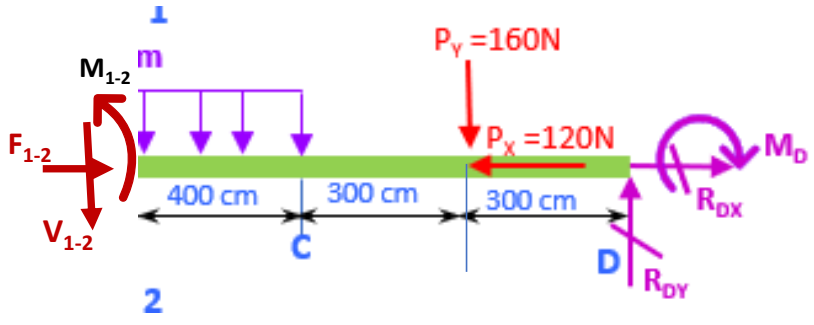
$V_{1-2} = \underline{8{,}000N}$

$\Sigma M_{1-2} = 0$ ↻

$-20{,}000 - M_{1-2} + (20N/cm \times 400cm \times (400/2)) = 0$

$M_{1-2} = \underline{1{,}580{,}000\ Ncm = 158\ kNm}$

ښي برخه د بیم هم په حالت توازن کی باید وی. هغه لوډونه F_{1-2}, V_{1-2}, M_{1-2} چی په مقطع 1-2 په چپه برخه کی ښودل شوی دی پدی ښي برخه، لاندی انځور 2.4 ، کی مساوی اما مخالف لوری عمل کړی. که چیری ښي خوا اتکا D کی د توازن معادلی تطبیق کړو په مقطع 1-2 به عین لوډونه پیدا شی. دا چی کوم طرف د نارمل، شیر او مؤمنت (F,V,M) پیدا کولو لپاره انتخاب شي د بیم په ډول او خارجی لوډونو پوری اړه لری. ددواړو خواو پایلي یوشان وی. په عمومی توګه هره خوا چه لږ قواوی ولری انتخاب یی آسانتیا د تعادل معادلو ته راولی.



انځور 2.4 د بیم د ښی برخی آزاد دایګرام او ایدیالایزیشن

2.2 دداخلی لوډونو د جهت انتخابولو کنونشن (sign convention) لار

په پورتنی انځور 2.4 کی مو ولیدل کله چی غواړو د جوړښت په یوه برخه کی داخلی لوډونه په یوه سطحه او مقطع کی پیدا کړو، اول باید د اتکا وو ټول ریکشنونه معلوم کړو. په عمومی توګه داخلی لوډونه چه په مقطع عمل کړی په نامه د شیر، نارمل، تاویدنه (Torsion)، او مؤمنت بلل کیږی. دداخلی لوډونو لنډ تفصیل لاندی وړاندی کوو. دا نا مبنت یا نومونه او تعریفونه په دوامداره توګه تکرار او یادونه یی کیږي، انجینران باید وربانندی ښه او په بشپړ توګه داسی پوه شی چی په ذهنونو کی یي اغیزه همیشه پاتی شی.

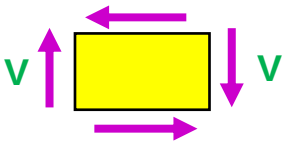
2.3 اکسیل (axial) محوری یا نارمل لوډ F

انځور 2.5 محوری یا نارمل قوه

دا هغه لوډ یا قوه ده چی د بیم په مقطع عمودی عمل کړي، او مساوی په مجموع د ټولو عمودی خارجی وارد شوی لوډونو او ریکشنونو په انتخاب شوی حصه د بیم ده. هغه سترسونه یا فشارونه چی دا ډول لوډ یي را مینځ ته کوی په نامه د نارمل یا اکسیل (axial) فشار(سترس) یادیږي.

2.4 شیر یا مماسی لوډ (V) (په سمبول S هم یاد شوی)

دا هغه داخلی لوډ یا قوه ده چی موازی د مقطع په سطح په انتخاب شوی نقط کی عمل کوی. او مساوی په مجموع د ټولوخارجی وارد شوی لوډونو او ریکشنونو په انتخاب شوی حصه د بیم ده. هغه سترسونه چه دا ډول لوډ یي را مینځ ته کوی په نامه د شیر سترس یا مماسی فشار یادیږي.

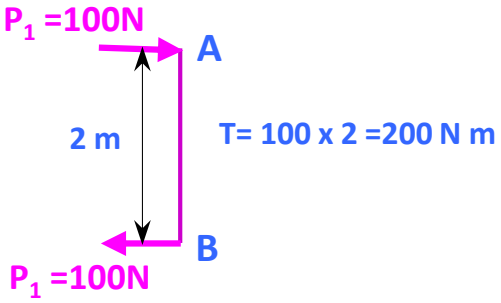


2.5 مؤمنت لوډ (M)

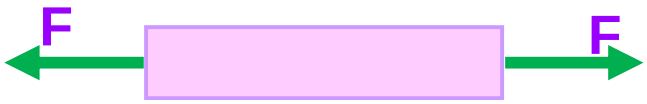
مؤمنت هغه داخلی کږیدونکی لوډ دی چه د بیم په انتخاب شوی مقطع عمل کړی.مؤمنت د سطحی په عمودی محورنیول کیږی. او مساوی په مجموع د ټولوخارجی وارد شوی لوډونو، مؤمنتونو او ریکشنونو په انتخاب شوی حصه د بیم کی دی. هعه سترسونه چی دا ډول لوډ را مینځ ته کوی په نامه د مؤمنت یا کږیدونکی سترس یادیږي.

2.6 تورژن یا تاویدنه (Torsion)

کله چی تاویدونکی قواوی په جوړښت عمل وکړي په جوړښت کی تاویدونکی حالت منځ ته راځي.



دداخلی لوډونو او سترسونو د علامی انتخاب پدی لاندی ډول دی:

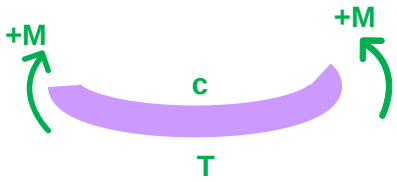


انځور 2.6 کښونکی نارمل لوډ

کله چی داخلی قوه یا لوډ د بیم په انتخاب شوی مقطع په حالت د کشش یا کشیدو (تینشن) کی وی +(مثبت) محوری تینشن یا نارمل لوډ یادیږی. که چیری داخلی قوه یا لوډ د بیم په انتخاب شوی مقطع په حالت د تیلوهلو یاکمپرشن کی وی - (منفی) محوری کمپرشن نارمل لوډ یادیږی.

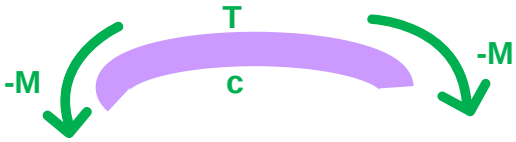
انځور 2.7 تیلوهونکی نارمل لوډ

مؤمنت پداسی حالت کی مثبت ویل کیږي چی لاندی برخه د بیم په کشیدویا تینشن اوپورته برخه یی په کمپریشن یا تیلوهلو کی وی. دی ډول بیم ته خوشحاله بیم هم ویل کیږي.



انځور 2.8 مثبت مؤمنت

مؤمنت هغه وخت منفی ویل کیږی چی د مقطع کوزه برخه په کمپریشن او پورته برخه په تینشن کی وی ځرنګه چی پدی لاندی انځور 2.9 کی ښودل شوی.



انځور 2.9 منفی مؤمنت

په یوه مقطع باندی شیرهغه وخت مثبت ویل کیږی کله چه کینِ اړخ دمقطع پورته لور د قوی جهت ښکاره شی. مثبت شیر پدی لاندی انځور 2.10 کی ښودل شوی. همدارنګه د مقطع په ښی اړخ د شیر قوی جهت کښته خوا ته وی.

انځور 2.10 مثبت شیر

او د منفی شیر لپاره د مقطع کینِ اړخ په کښته خوا د قوی جهت ښکاره شی.

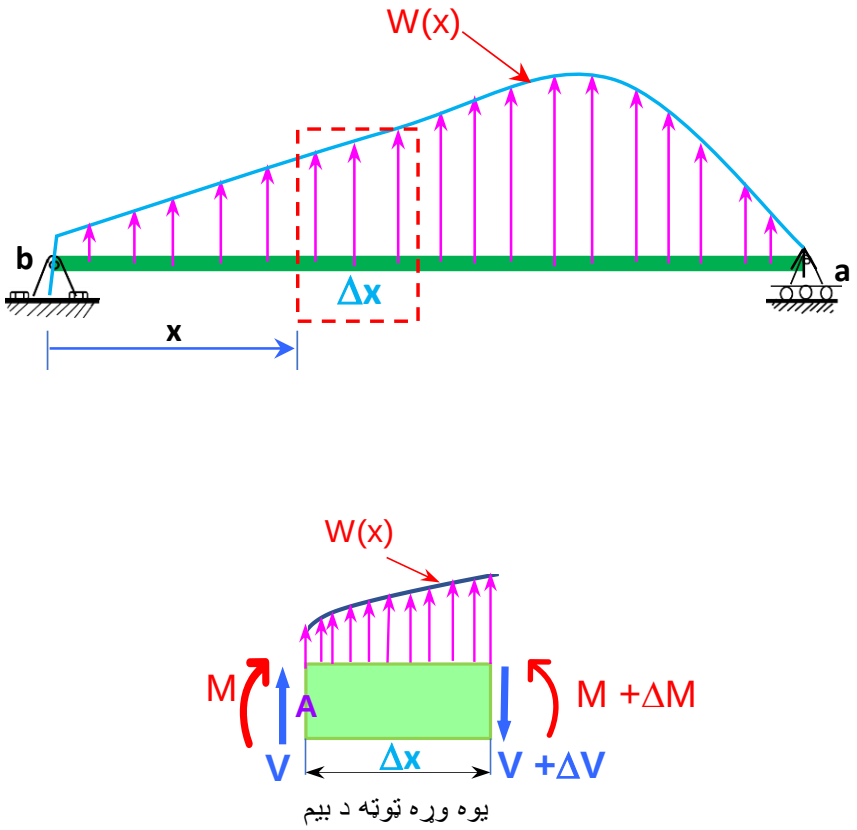
ا نځور 2.11 منفی شیر

مثبت حالت د شیر او مؤمنت د پاره **منفی حالت د شیر او مؤمنت د پاره**

انځور 2.12 د مؤمنت او شیر مثبت او منفی علامی

2.7 د لوډ، شیر او مؤمنت اړیکی

مؤمنت، شیر(shear) او بهرنی لوډ یو بل سره بنسټیز او تړل شوی اړیکی لری، او دا اړیکی په دی لاندی ډول ښو دل شوی. پدی لاندی انځور کی وینوپه بیم یو بهرنی ویشلشوی لوډ عمل کړی دی، که چیری یوه وړه برخه ورځنی جدا کړو د توازن حالت به یی لاندی ډول وی. دلته لوډ چی پورته خوا ته عمل کړي مثبت یی بولو.



انځور 2.13 د لوډ، شیر او مؤمنت اړیکو جوړه ول

په دی پورتنی انځور کی د بیم په یوه کوچنی برخه Δx ویشل شوی لوډ w عمل کړی ، په کیڼ لور ددی برخی شیر V او مؤمنت M شتون لری که چیری په یوه وړه فاصله Δx ښیی لاس لور د مقطع

وګورو د شیر اندازه به د ΔV او د مؤمنت اندازه به د ΔM پر اندازه تغیروکړی. د بیم دغه کوچنی برخه په حالت د توازن کی ده ځکه چی ټول بیم په حالت توازن او تعادل کی دی. د ټولو خارجی لوډونو او

ریکشنونو مجموعه د X او Y په سطحه کی د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید ومنی.

د بیم په هره نقطه کی مجموعه د مؤمنت باید صفر وی، کیدی شی چه د بیم هره نقطه د مؤمنت لپاره انتخاب شی. دلته په A د دی وړی Δx برخی ټول مؤمنتونه پدی لاندی ډول دی. ټول مؤمنتونه چی په چپه لور (کلاک وایز) تاویږی هغوی به په معادله کی مثبت فرض کړو. او دا هم فرض کوو چه فاصله په پورتنی انځور کی ښیی خواته ډیریږی.

د توازن حالت ددی وړوکی برخی په دی لاندی ډول دی:

مجموعه د لوډونو په Y لور د توازن لپاره:

$$\Sigma F_Y = 0 \quad \uparrow +$$

$$V-(V+\Delta V)+w_{(x)}\,\Delta x = 0$$

$$\Delta V = w_{(x)}\,\Delta x$$

$$\boxed{\Delta V/\Delta x = w_{(x)}} \qquad (2.1)$$

د تعادل معادله په افقی لور د ټولو لوډونو

کله چه دا ټوټه وړه شی په لیمت (limit $\longrightarrow$ 0) او لیکلی شو

$$dV/dx = w_{(x)}$$

$$dV = (w_{(x)})\,dx$$

مجموعه د مؤمنت M په نقطه A د Δx کی په دی لاندی ډول ده:

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

$$-\Delta M + V\Delta x + w\Delta x\Delta x/2 = 0$$

$$V = \Delta M/\Delta x \qquad (2.2)$$

برخه Δx مجموعه د مؤمنت هم باید د توازن معادلی پوره کړی:

دلته وینو یو کوچنی فاصله Δx کله چه ضرب د بلی کوچنی فاصله Δx شی حاصل به یې ډیر وړوکی عدد وی اود تحلیل پای به کوم تغیر ونه مومی، پدی اساس $w(\Delta x\ \Delta x/2)$ کوم ارزش نلری او په معادله کی یی نه حسابوو او صفر دی.

انتیګرال یی په فاصله x_1 تر x_2 دبیم وګورو

$$\int_{M1}^{M2} dM = \int_{x1}^{x2} V dx$$

تغیر د شیر V له x_1 تر x_2 مساوی دی په تغیر د لوډ w په بین د x_1 تر x_2 پوری.

$$M_2 - M_1 = \int_{x1}^{x2} V dx$$

کله چه دا توټه وړ شی په لیمت (limit $\longrightarrow$ 0) او لیکلی شو

$$dM = VdX \qquad (2.3)$$

دا دوی پورتنی معادلی (2.3 او2.1) خورا مهمی د لوډ، شیر او مؤمنت د اړیکو لپاره دی. که اوله معادله وګورو د شیر تغیر له یوی نقطی بلی ته مساوی په اندازه د لوډ چه عمل یی کړی په همدی ځای کی، همدا رنګه سلوپ (slope) د شیرپه هره نقط د بیم کی مساوی په عمل کړی لوډ دی په همدی نقطه کی. یا په بل عبارت تغیر په شیر کی(ΔV) په بین د دو مقطع چه له یو بل په یوه لنډه فاصله Δx لریوالی ولری مساوی دی په ΔV =wΔx . په عمومی توګه ویلی شو که چیری پورتنی پایلی پدی لاندی ډول واړوو او انتیګریت یی کړو:

$$\int_{x_a}^{x_b} dV = \int_{x_a}^{x_b} W dx$$

$$V_b - V_a = \int_{x_a}^{x_b} W dx$$

$$V_b = \int_{x_a}^{x_b} W dx + V_a \qquad (2\text{-}4)$$

تفاوت د شیر په مابین د نقط a او b کی مساوی دی په هغه لوډ چی ددی دو نقطو په مینځ کی عمل کړی.

بله دپام وړ پیژندنه د معادلی (2.1) دا ده که چیری لوډ مثبت یا پورته لور وی (بیم کانوینشن) د شیر سلوپ به هم مثبت وی. او که چیری لود منفی وی د شیر سلوپ به منفی وی. په دی اساس که یو ویشلشوی لوډ چه مقدار یی ثابت وی(w تغیر نه مومی) د شیر سلوپ به هم ثابت او په انځور کی به د یوه ثابت سلوپ کرښه وی. او که چیری هیڅ لوډ عمل نه وی کړی شیر به تغیر نه کوی او یوه مستقیمه کرښه به وی.

معادله (2.3) د معادلي (2.1) معادلی په شان ده. dM=Vdx تغیر د مؤمنت په بین ددو نقطو مساوی دی په مساحت د شیردایګرام په بین ددی دواړو نقطو کی. په دی اساس تفاوت د مؤمنت په بین ددو ټکیو a او b عبارت دی په:

$$dM/dx = V$$
$$dM = V\,dx$$

$$\int_a^b dM = \int_{x_b}^{x_a} dV dx$$

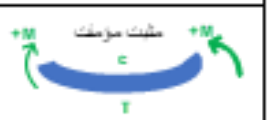
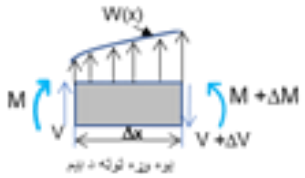
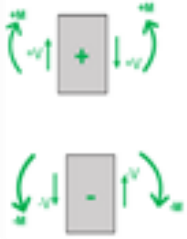
$$M_b - M_a = \int_{x_b}^{x_a} V\,dx$$

$$M_b = M_a + \int_{x_b}^{x_a} V\,dx \qquad (2\text{-}5)$$

د پورتنی توازن حالت پایلی ویلاي شو چه سلوپ slope د شیر مساوی دی په لوډ، او سلوپ slope د مؤمنت مساوی دی په شیر. دا پایلی خورا د اهمیت وړ او د شیر او مؤمنت معلومولولپاره ډیر کمک کوی.

همدارنګه تغیر د شیر په دو نقطو کی عبارت دلوډ مساحت او تغیر د مؤمنت په دو نقطو کی عبارت د شیر مساحت د نومړیو ټکیو په منځ کی دی.

د لوډ، شیر او مؤمنت یو بل سره تړلشوی اړیکی

			شیر (V)		مؤمنت (M)
خارجی لوډچه په جوړشت ی عمل کړی (w)			شیر (V)	د شیرتغیرپه بین ددو نقطو a,b په فاصله د dx کی	مؤمنت	د مؤمنت تغیر په بین ددونقطو a,b فاصله dx کی
w(x)	V		کمولسیون یی	dv/dx = w	کمولسیون یی	dM/dx = V
د لوډ شدت = w(x)				د شیر سلوپ = dv/dx		د مؤمنت سلوپ = dM/dx
				$\Delta V = \int_{x_a}^{x_b} w\,dx$		$\Delta M = \int_{x_b}^{x_a} dV\,dx$
				$V_b = V_a + \int_{x_a}^{x_b} w\,dx$		$M_b = \int_{x_a}^{x_b} V\,dx + M_a$
		M	 مثبت مؤمنت او مثبت شیر منفی مؤمنت او منفی شیر			

انځور 2.14 د لوډ، شیر او مؤمنت اړیکو ښودل

2.8 لوډ، شیر اومؤمنت دیاګرام

دیو جوړښت د سترس یا فشار تحلیل لپاره اول باید د جوړښت لوډ، شیر او مؤمنت د هغه غړي چه تحلیل یی په نظر کی وی باید معلوم شی، د تحلیل آسانتیا لپاره د لوډ، شیر، او مؤمنت دیاګرامونه جوړه ول ضروری دی.

تر ټولو اول هغه لوډونه جه په جوړښت عمل کوی و پیژندل شی او بیا د توازن د معادلوپه واسطه د جوړښت ریکشنونه معلوم شي.

1 لوډونه چی په جوړښت عمل کړی و پیژنو
2 د جوړښت لوډ، شیر او مؤمنت دیاګرامونه جوړ کړو.
3 – په غوښتلشوی مقطع داخلی لوډ او فشار پیدا کړو
4 - د سترس یا فشارارزشت په مقطع معلوم او د جوړښت د موادو له ورکړل شوی توان سره مقایسه شی.

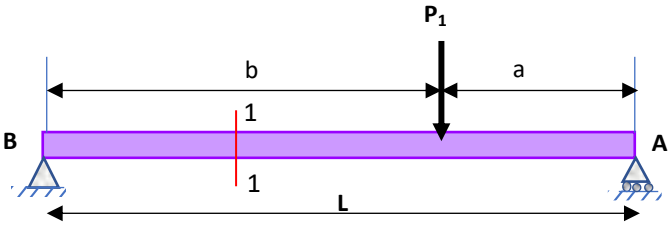
ټول هغه لوډونه چه په حالت د کشش یا تینشن کی وی تر کرښی پورته او هغو چه منفی یا کمپرشن وی تر کرښی لاندی په انځور کی ښودل کیږی.

د لوډ، شیر او مؤمنت د اړیکو په مرسته چی په تیر مخ کی مو وڅیړل شیر او مؤمنت دیاګرامونه جوړیدی شی.

2.9 د شیر او مؤمنت دیاګرام مثالونه

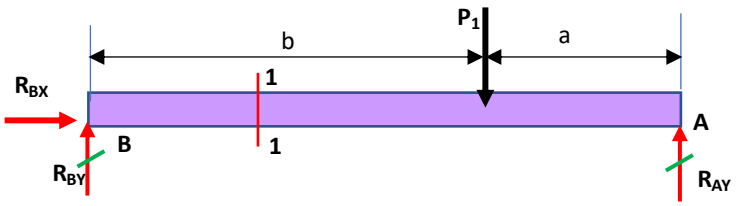
2.9.1 اول مثال

په دی لاندی انځور کی یو خارجی لوډ P_1 په ساده بیم AB عمل کړی . دا بیم په A او B کی پن (Pin) او رولر(Roller) اتکاوی لری. غواړو چه ددی بیم لوډ ، شیر او مؤمنت دیاګرام جوړ او هم داخلی لوډونه په مقطع 1-1 د بیم AB پیدا کړو.



انځور 2.15 بهرنی لوډ په بیم عمل کړی

د نامعلومو ریکشنو پیدا کولو لپاره اول باید د جوړښت آزاد دایګرام او ایدیالایزیشن جوړ کړو، بیا به د ستاتیک توازن او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه په A او B کی پیدا شی.



انځور 2.16 بهرنی لوډ او بیم آزاد دایګرام

په پورتنی آزاد دایګرام کی ښودل شوی دری (3) نا معلوم ریکشنونه (R_{BX},R_{BY},R_{AY}) شتون لري. دلته دری نامعلوم ریکشنونه او دری د ستاتیک توازن معادلی لرو پدی اساس دا جوړښت ستاتیک ثبات اوستاتیکلی دیترمینت دی، پدی معنی چه دری نا معلومه ریکشنونه په دریو معادلو پیدا کېدی شی. په محور X هیڅ خارجی لوډ عمل ندی کړی پدی اساس کولای شو چه ریکشن R_{BX} په دایګرام او معادلو که حساب نکړو.

ستاتیک تعادل په دی لاندی ډول دي:

د خارجی لوډ (P_1) او ریکشنونو (R_{AY},R_{BY},R_{BX}) مجموعه په X او Y جهتونو د تعادل او توازن معادلی (1-1, 1-2, 1-3) باید پوره کړی.

د توازن لپاره د ښودل شوی ساده بیم په هره نقطه کی مجموعه دلوډونوپه هره خوا باید صفر وی، کیدی شی چه د بیم هره نقطه د توازن لپاره انتخاب شی. دلته په اتکا B کی د تعادل حالت پدی لاندی ډول دی. ټول مؤمنتونه چی په ښی لور(کونټر کلاکوایز) تاویږی هغوی به په معادله کی مثبت فرض کړو:

دا ښودل شوی بیم په حالت توازن کی دی. مجموعه د مؤمنت په اتکا B او هم مجموعه د ټولو قواوو او ریکشنونو چه پلي شوي دتوازن لپاره باید صفر شی.

2.9.2 د ریکشنونوپیدا کول

په ښی لاس (counter clockwise) مؤمنت مثبت فرض کوو.

$\Sigma \quad M_B = 0$ $\quad\quad$ $\Sigma \quad F_Y = 0$

د توازن لپاره مؤمنت په اتکا A او B کی باید صفر وی :

$\Sigma \quad M_B = 0$

$R_{AY}(L) - P_1(b) = 0$

$R_{AY} = P_1(b)/L$

کله چه یونامعلوم ریکشن پیدا شو مجموعه د ټولو خارجی لوډونو او ریکشنو په Y جهت با ید صفر وی پدی ترتیب دا بل نامعلوم ریکشن په لاندی ډول پیدا کوو:

$\Sigma \quad F_Y = 0$

$R_{AY} - P_1 + R_{BY} = 0$

$\mathbf{R_{BY}} = P_1 - R_{AY} = P_1 - P_1(b)L$

$= P_1(L-b)/L = \mathbf{P_1 a/L}$

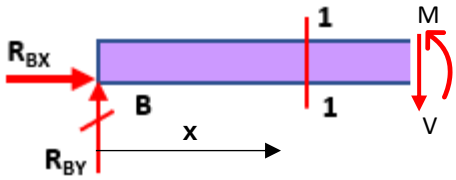
دواړه ریشکنونه پیدا شول داخلی شیر په اوله حصه له B تر P1 لوډ پوری پدی ترتیب معلومو. فاصله له اتکا B ښي لور ته په X د تعلدل معادله کی حسابوو:

$0 <= x <= b$

$\Sigma \quad F_Y = 0$

$R_{BY} - V = 0$

$V = R_{BY} = P_1 \, a/L$



$$V = P_1 \, (a)/L$$

د تعادل لپاره مؤمنت په اتکا B کی باید صفر وی، کولای شو چه پردی سیمه کی د مؤمنت رابطه پیدا کړو.

$\Sigma \quad M_B = 0$ +

$M - V(x) = 0$

$M = [P_1 a/L] \, x$

$M = P_1 ax/L$

$$M = P_1 ax/L$$

له اتکا B د خارجی لوډ P_1 په لور، په فاصله د $0<x<b$ مؤمنت په اندزه د x زیاتوالی پیدا کوی

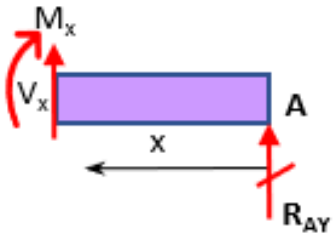
$0 <= x <= b$

$X = 0 \quad M = 0$ at B

$X = b \quad M = P_1 ab/L$

دا بله سیمه چه د خارجی لوډ P1 او اتکا A بین کی ده کولای شو چه مبدأ د x په اتکا A کی ونیسو چه پدی حالت کی فاصله x د چپ لورته زیاتوالی لری.

$0 <= x <= a$



$\Sigma \quad F_Y = 0 \uparrow +$

$R_{AY} + V_x = 0$

$V_x = - R_{AY} = - P_1 (b)/L$

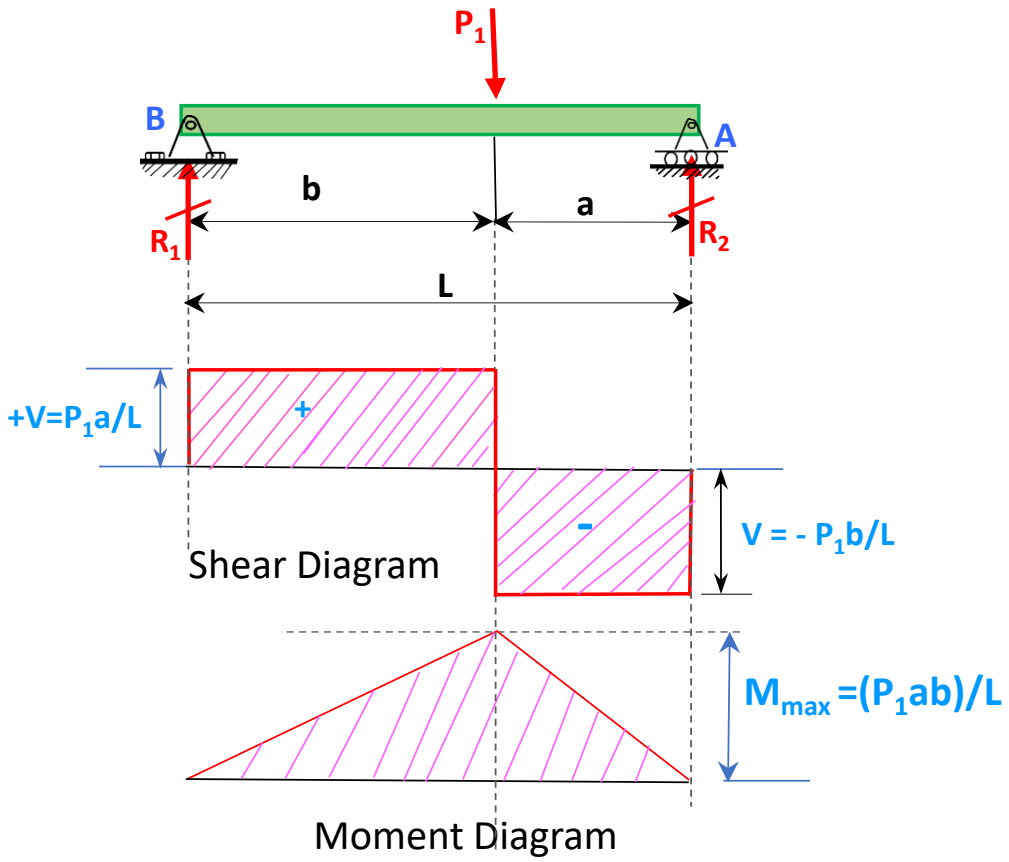
$\Sigma \quad M_x = 0$

$M_x = R_{AY} (x)$

$M_x = P_1 bx/L$

دپورتنی انځور ټول ریکشنونه او داخلی قواوی له اتکا B تر A پوری د شیر او مؤمنت دیاګرام جوړه ولو لپاره معلوم شوی اولنډیز یی په دی لاندی ډول دی:

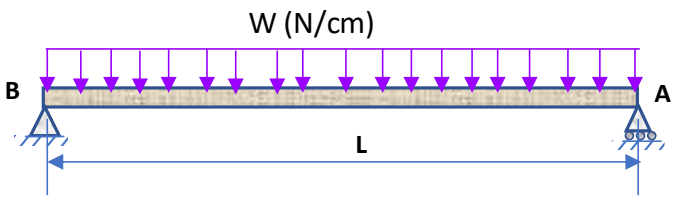
ټول داخلی لوډونه او ریکشنونه پیدا شول، اوس کولای شو چه شیر او مؤمنت دیاکرام ددی بیم جوړکړو.



انځور 2.17 د بیم شیر او مؤمنت ډا یا ګرامونه

2.10 دوهم مثال

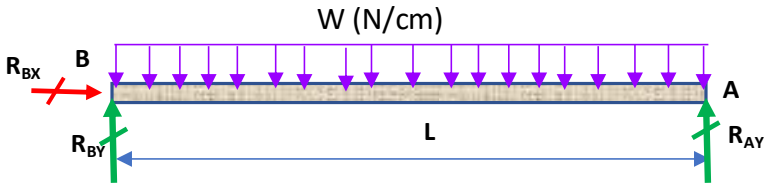
په بیم AB ویشلشوی لوډ w عمل کړی.



انځور 2.18 بیم او ویشلشوی لوډ

غواړو ددی بیم شیر او کږیدونکی مؤمنت له B تر څنډی A پوری پیدا کړو.

د نامعلومو ریکشنو پیدا کولو لپاره د جوړښت آزاد دایګرام او ایدیالایزیشن په دی لاندی انځور کی ښودل شوی. د ستاتیک توازن له معادلو کار اخلو تر څو مجهول ریکشنونه په A او B کی پیدا شی.



انځور 2.19 د بیم او ویشلشوی لوډ دایګرام

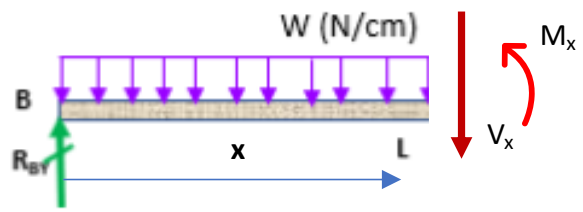
شیر او مؤمنت اړیکی له اتکا B تر اتکا A د تعادل له معادلو په دی لاندی ډول پیدا کیږی:

$$R_{BX} = 0$$

$$\Sigma \; M_B = 0 \,, \qquad +$$

$$R_{AY}(L) - wL\,(L/2) = 0$$

$$R_{AY} = wL/2$$



$$\Sigma \; F_Y = 0,$$

$$R_{AY} - wL + R_{AY} = 0$$

$$R_{BY} = wL/2$$

$$\Sigma \; M_x = 0 \,, \qquad +$$

$$M_x - R_{BY}(x) + wx\,(x/2) = 0$$

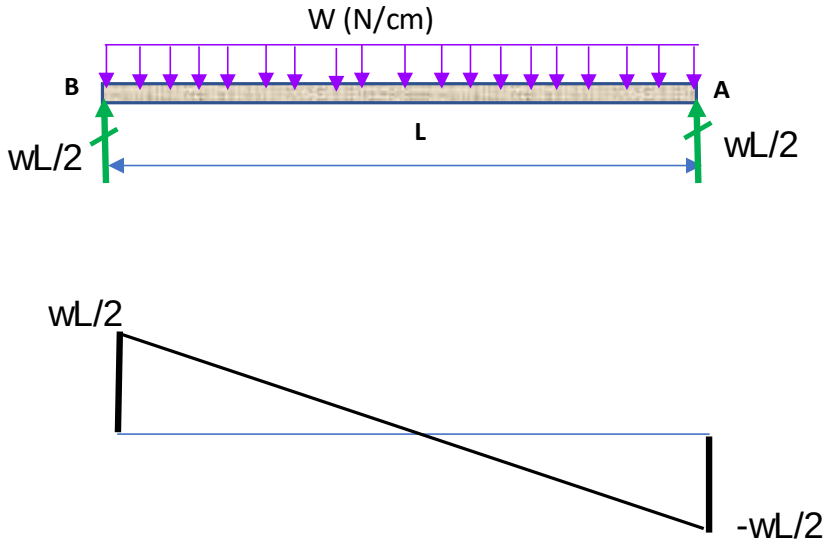
$$M_x = w(L/2)\,(x) - wx^2/2$$

$$\Sigma \; F_Y = 0 \,, \qquad +$$

$$R_{BY} - wx - V_x = 0 = 0$$

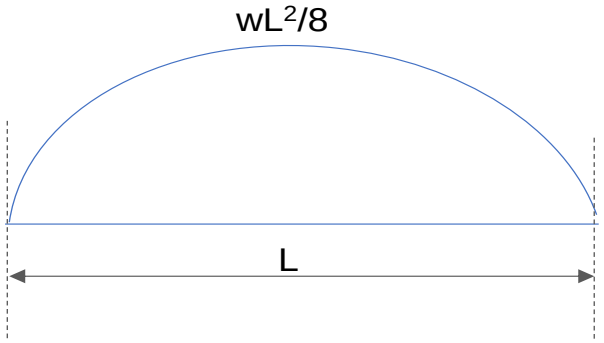
$$\mathbf{V_x = (wL/2) - wx}$$

دپورتنی انځور ټول ریکشنونه او داخلی قواوی له اتکا B تر A پوری د شیر او مؤمنت دیاګرام جوړه ولو لپاره معلوم شوی. کولای شو چه شیر او مؤمنت ډیاکرام ددی بیم لپاره جوړکړو.



انځور 2.20 شیر دایګرام

په اتکا B شیر دفعتا مثبت لور (پورته خوا) ته په اندازه د wL/2 جګیږی. خارجی ویشلشوی لوډ په کوزه خوا له B تر A پوری پروت دی، د شیر سلوپ له کینِ خوا د A په لور به منفی وی تر څو چه اتکا A ته ورسیږی. په اتکا A کی شیر دفعتا په اندازه د (wL/2)جګیږی.

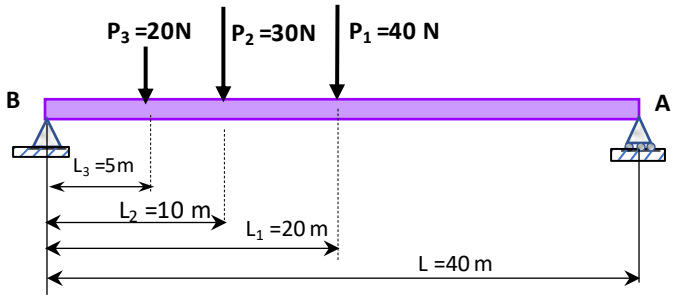


انځور 2.21 مؤمنت دایګرام

په B کی پن اتکا ده او د مؤمنت توانایی نلری، مؤمنت دلت صفر دی. له دی نقطی د اتکا A په لور د شیر انداز مثبت په کمیدو ده تر څو چه صفر ته رسی. د مؤمنت سلوپ مثبت په کمیدودی. او وروسته له هغه منفی دی تر A اتکا پوری، دمؤمنت سلوپ منفی مخ په زیاتوالی تر اتکا پوری. په هغه نقطه کی چه شیر له صفر تیریږی دمؤمنت سلوپ باید صفر وي په همدی ځای کی مؤمنت اعظمی حد $wL^2/8$ ته رسیږی. په اتکا A کی مؤمنت بیرته صفر ته رسیږی.

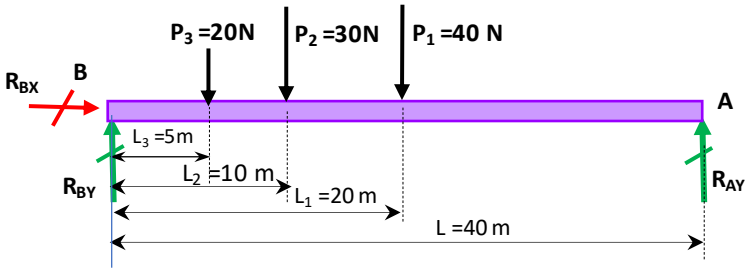
2.11 دریم مثال

په دی مثال کی یو ساده اتکا بیم AB چه دری تمرکزی لوډونه(P_1,P_2,P_3) وربانندی ایښودل شوی، غواړو چه اعظمی مؤمنت پیدا کړو.



انځور 2.22 بیم او تمرکزی لوډونه

آزاد انځور او ایدیلایزیشن ددی بیم په لاندی انځور کی ښودل شوی. دری مجهول ریکشنونه او دری د تعادل معادلی شتون لری، دا بیم ستاتیکلی معلومه ده. په افقی جهت خارجی لوډ عمل ندی کړی نو ($R_{BX}=0$).



انځور 2.23 بیم او تمرکزی لوډونه دایګرام او ایدیا لایزیشن

په پن اتکا کی مؤمنت صفر دی د تعادل معادله استعمالوو تر څو ریکشنونه پیدا شی.

$\Sigma M_B = 0$ ↺ +

$R_{AY}(L) - P_1L_1 - P_2L_2 - P_3L_3 = 0$

$\mathbf{R_{AY}} = (P_1L_1 + P_2L_2 + P_3L_3)/L$
$= (40x20 + 30x10 + 20x5)/40m$

$R_{AY} = 30N$ ↑

$\Sigma F_Y = 0$ ↑ +

$R_{AY} - P_1 - P_2 - P_3 + R_{BY} = 0$

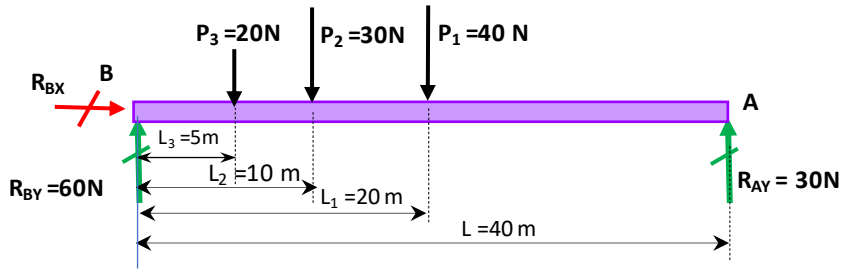
$\mathbf{R_{BY}} = (P_1 + P_2 + P_3) - (P_1L_1 + P_2L_2 + P_3L_3)/L$
$= (90) - (30)$

$R_{BY} = 60N$ ↑

دواړه مجهول ریکشنونه په A او B کی پیدا شول، کولای شو چه داخلی لوډونه ددواړو اتکاو تر منځ پیدا کړو.

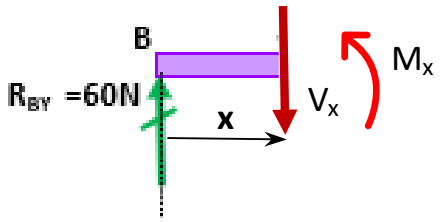
شیر او مؤمنت اړیکی له اتکا B تر اتکا A د تعادل له معادلو په دی لاندی ډول پیدا کیږی:

لوډ دایګرام پدی انځور کی ښودل شوی.



انځور 2.24 بیم او تمرکزی لوډونو دایګرام او ایدیا لایزیشن

$0 <= x <= L_3$



$\Sigma M_x = 0$ +

$R_{BY}(x) - M_x = 0$

$M_x = (60X)$ Nm

$M_{L3} = 60 \times 5 = 300$ Nm

$\Sigma F_Y = 0$ +

$R_{BY} - V_x = 0$

$V_x = R_{BY}$

$= 60N$

مؤمنت سلوپ پدی ساحه کی مثبت او مساوی په شیر چه یو مثبت عددی .

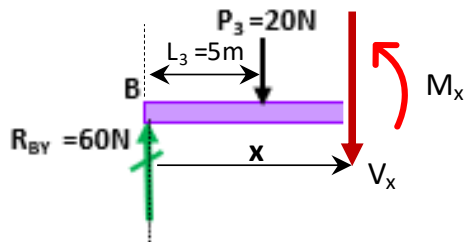
دوهم ساحه له 5 تر 10 متره پوری د مؤمنت او شیر لپاره

5 < = x <=10

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

$R_{BY} - 20 - V = 0$

$V = R_{BY} - 20 = 40N$



$\Sigma M = 0$ +↺

$-R_{BY}(x) + 20(x-5) + M_x = 0$

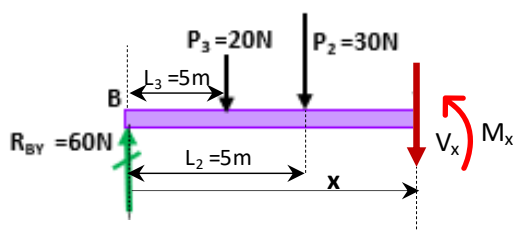
$M_x = (R_{BY}(X) - 20(x-5)$

$M_x = (60X) - 20x + 100$

$= 40x + 100$

M5 =300NM

10 < = x <= 20



$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

$R_{BY} - 20 - 30 - V = 0$

$V = R_{BY} - 50 = 60 - 50$

$= 10N$

$\Sigma M = 0$ +

$Mx + 30(x-10) + 20(x-5) - 60x = 0$

$M_x = (60)(x) - 30(x-10) - 20(x-5)$

$= 60x - 30x + 300 - 20x + 100$

$M_x = (10X) + 400$

$M_{10} = 500$ Nm

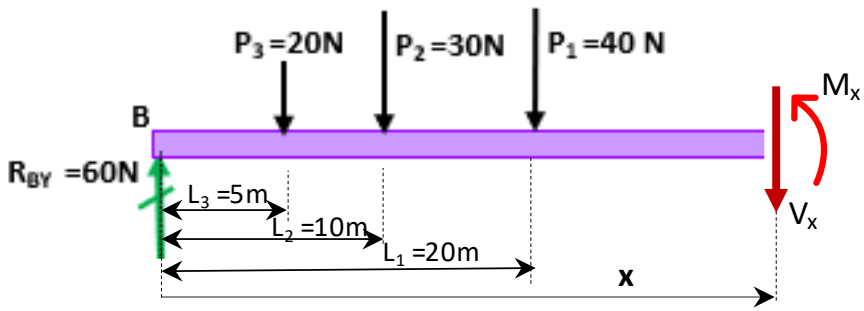
$M_{20} = 600$ Nm

$20 <= x <= 40$

$\Sigma F_Y = 0$ +

$R_{BY} - 20 - 30 - 40 - V = 0$

$V = R_{BY} - 90 = 30N$



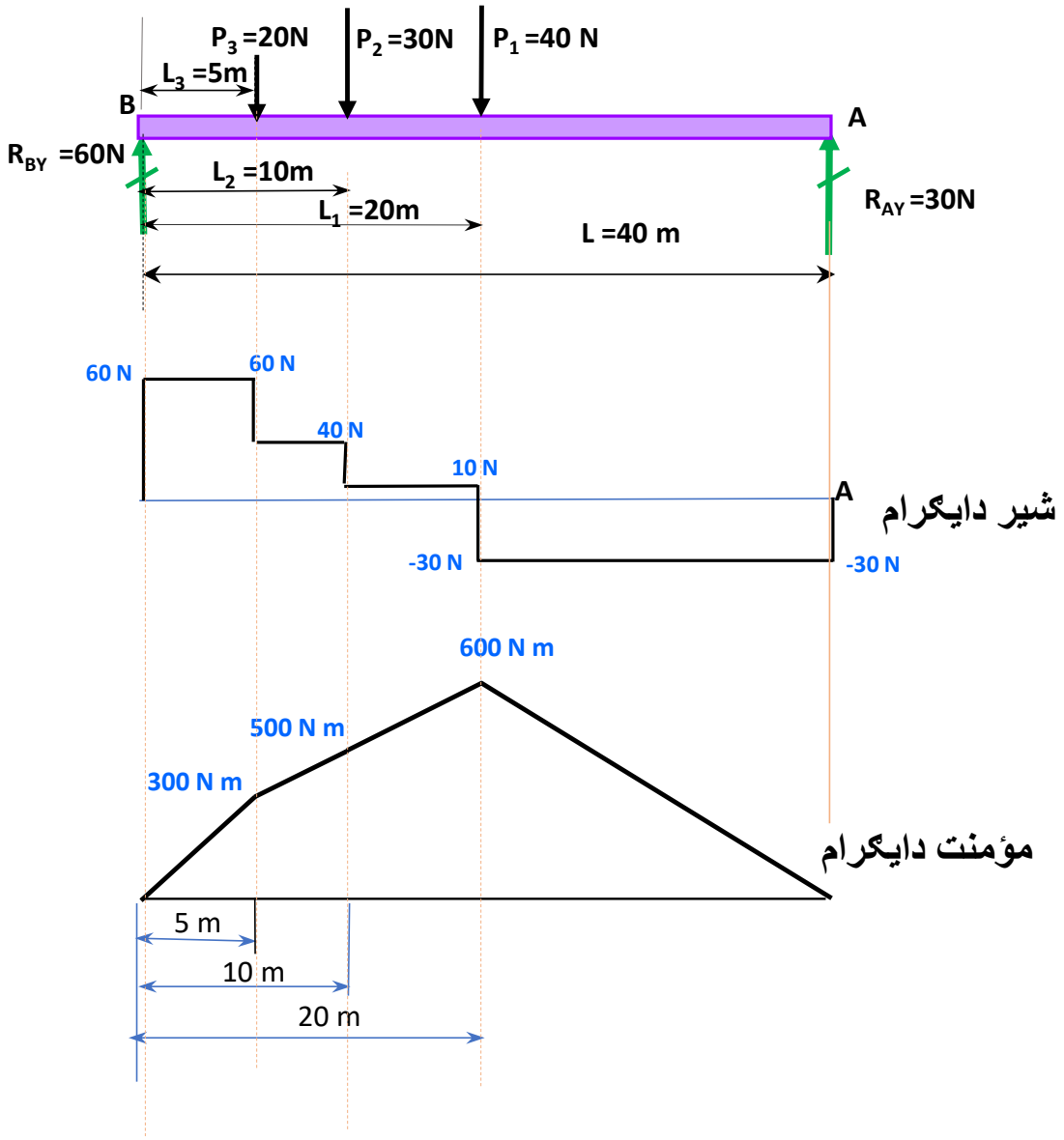
$\Sigma M = 0$ +

$-R_{BY}(x) + M_x + P3(x-5) + P2(x-10) + P1(x-20) = 0$

$M_x = (-30X) + 1200$

$M_{20} = -600 + 1200 = 600$ Nm

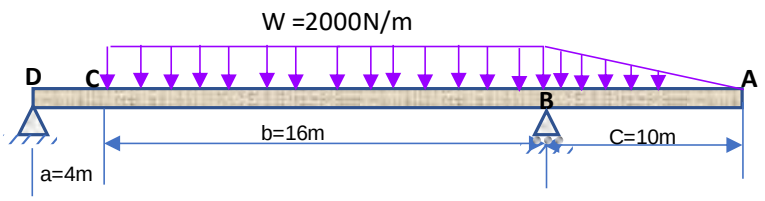
$M_{40} = -1200 + 1200 = 0$



ا نځور 2.25 او 2.26 بیم او تمرکزی لوډونه شیر او مؤمنت دایگرام

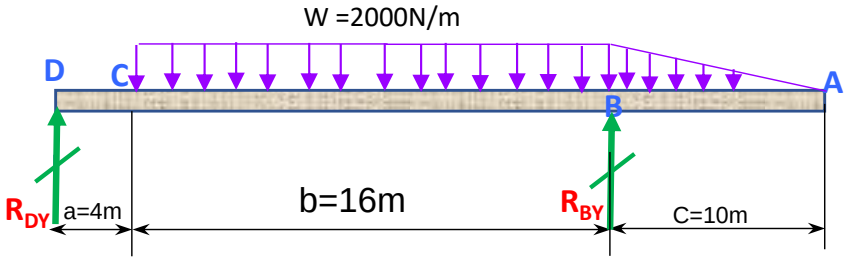
2.12 څلورم مثال

په ساده بیم ABCD چې ویشلشوی لوډ عمل کړی شیر او مؤمنت دیګرام جوړ کړی



انځور 2.27 بیم او ویشلشوی لوډ

د بیم په پورتنی آزاد انځور کی دری (3) نا معلوم ریکشنونه (R_{DX},R_{DY},R_{BY}) شتون لري. دلته دری نامعلوم ریکشنونه او دری د ستاتیک تعادل معادلی لرو پدی اساس دا جوړښت ستاتیک ثبات اوستاتیکلی دیترمینت دی، پدی معنی چه دری نا معلومه ریکشنونه په دریو معادلو پیدا کېدی شی. په محور X هیڅ خارجی لوډ عمل نکړی پدی اساس کولای شو چه ریکشن R_{DX} په دایګرام او معادلو که حساب نکړو.



انځور 2.28 بیم او ویشلشوی لوډ آزاد دایګرام

د خارجی لوډ (w) او ریکشنونو (R_{DY},R_{BY}) مجموعه په X او Y جهتونو او د مؤمنت د تعادل او توازن معادلی ($\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$) باید کار ورکا.

دا ښودل شوی بیم په حالت د تعادل کی ده مجموعه د مؤمنت په اتکا B او هم مجموعه د ټولو قواو او ریکشنونو چه عمل کړی دتعادل لپاره باید صفر شی.

د مؤمنت جهت اټکل کو. که چیری ددی اټکل په اساس ارزښتونه منفی راغلل پدی معنی جهت په بله خوا دی.

د تعادل معادلی په اساس ریکشن په D او B کی پیدا کیږی. بیا کولای شو چه داخلی لوډونه د شیر او مؤمنت جوړه ولو لپاره په هر حصه د بیم معلومه کړو.

$\Sigma M = 0$ $\circlearrowleft +$

$R_{DY} \times (20) - (2000 \times 16)(16/2) + (2000)(10/2)(10/3) = 0$

$R_{DY} = 11{,}133\ N$ $\uparrow$

$\Sigma F_Y = 0$ $\uparrow +$

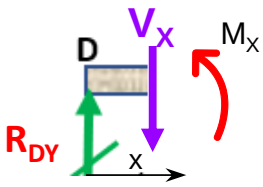
$R_{BY} + R_{DY} - 2000 \times 16 - 2000 \times 10\ (1/2) = 0$

$R_{BY} = 30{,}867\ N$ $\uparrow$

د بیم ریکشن په D کی. عمودی پورته دی

د بیم ریکشن په B کی. عمودی پورته لور ته اټکل شوی جهت صحیح دی، ځکه چی ځواب مثبت راغی.

0< = x <=4



د داخلی لوډ معلومولو لپاره پدی بنودل شوی سیمه که شیر او مؤمنت ګورو:

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

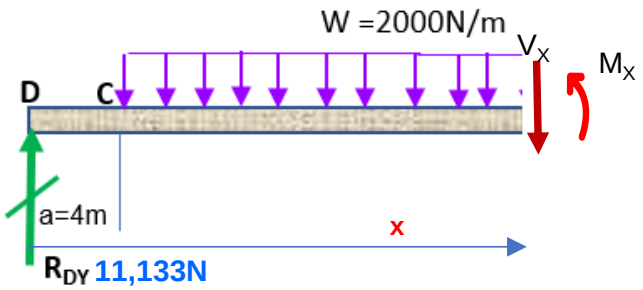
$V = R_{DY}$
$V = 11{,}133$ N

$\Sigma M = 0$ ↻+

$M_x = R_{DY}\ (X)$
$M_{x\ 4m} = 44{,}532$ Nm

د داخلی لوډ معلومولو لپاره دا بله سیمه چه په ویشلشوی لوډ کی ده شیر او مؤمنت په لاندی ډول معلومیږی:

4< = x <=20



$\Sigma M = 0$ +

$M_x - 11133\,(X) + 2000\,(X-4)\,(X-4)/2 = 0$

$M_{4m} = 44{,}532$ Nm

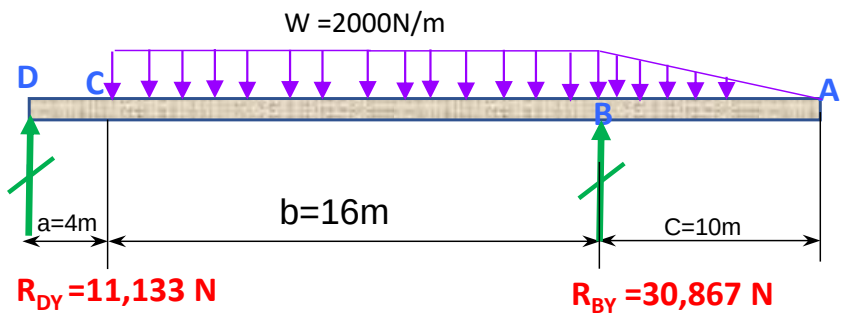
$M_{20m} = -33{,}340$ Nm

$\Sigma F_Y = 0$ +

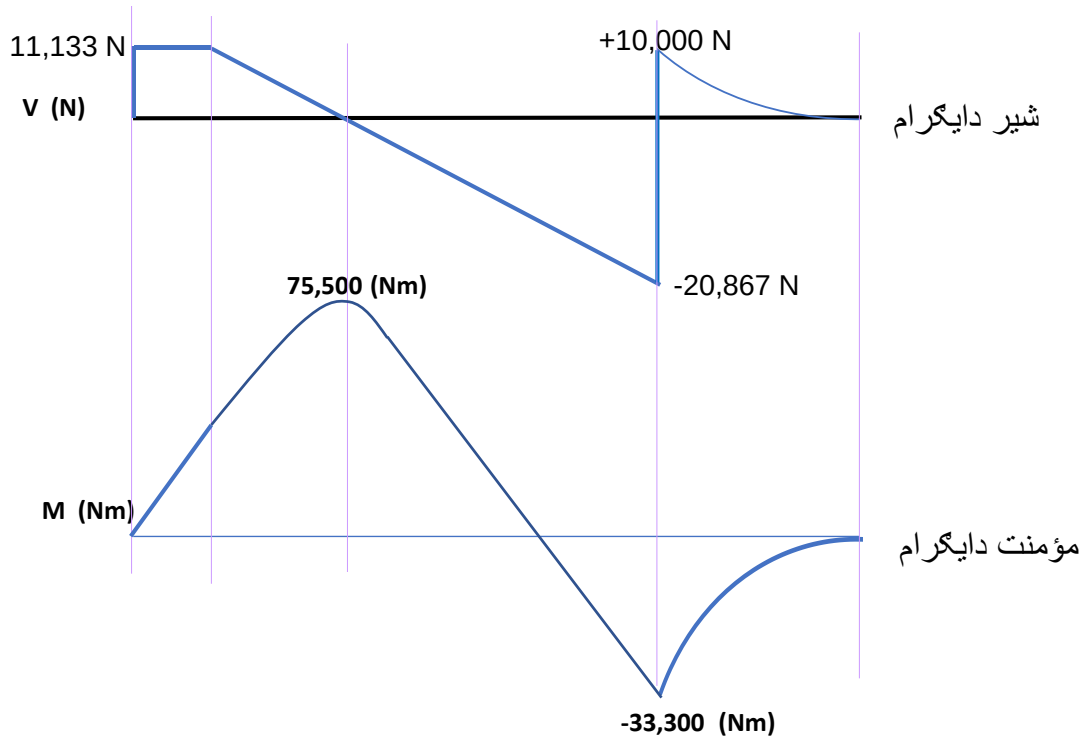
$-V + R_{DY} - 2000\,(x-4) = 0$

$V20 = -20{,}867$ N

څرنګه چه ټول ریکشنونه او داخلی لوډونه په بیم کی پیدا شول اوس کولای شو چه غونډ شیر او مؤمنت دیاګرامونه جوړ کړو.



انځور 2.29 بیم او ویشلشوی لوډ آزاد دایګرام

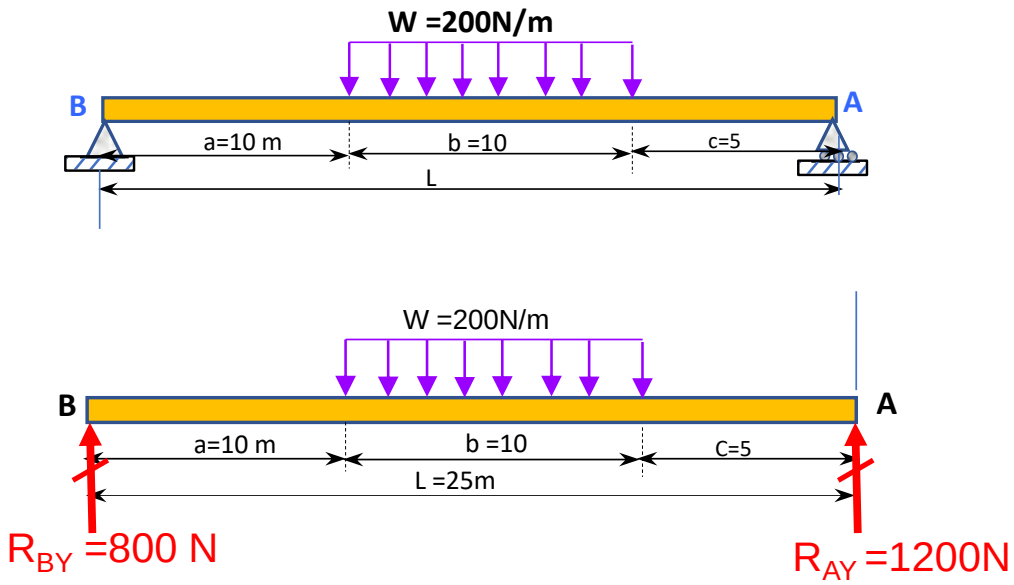


انځور 2.30 بیم شیر او مؤمنت دایګرام

د شیر او مؤمنت جوړلولو لپاره هغه اساسات چه مخ کی وربانده بحث وشو په پام کی نیسو. په کین لور (کلاک وایز) په اتکا D کی د شیر اندازه 11,133 نیوټن شروع کوی داځکه چی داتکا ریکشن په همدی اندازه دی. له نقط D تر C پوری بل خارجی لوډ عمل ندی کړی پدی ډول د شیرچی سلوپ صفر دی او یوه افقی مستقیمه کرښه شیر دوام لری. لدی ځای وروسته له C تر B پوری ویشلشوی خارجی لوډ 2 کیلو نیوټن په هر مترعمل کړی د شیر په ښکته لور ثابت سلوپ ښی لورته را ټیټیږی تر څو چه 20,867- نیوټن ته په اتکا B ورسیږی. د اتکا شیر دفعتا پورته لور په اندازه د ریکشن حرکت کوی تر څو 10,000 نیوټن شی. د اتکا B تر څنډی A پوری د کموالي په لور ویشلشوی لوډ عمل کوی تر څو شیر په څنډه A کی صفر شی.

مؤمنت په اتکا D کی له صفر شروع کوو ځکه د پن اتکا د مؤمنت توانایی نلری او په یوه کرښه چه سلوپ یي مساوی په مثبت شیر دی پورته ښی لورته پورته کیږی تر څو په نقطه C چه شروع د ویشلشوی خارجی لوډ ده او وروسته له هغه د شیر اندازه مثبت او مخ په کمیدو ده مؤمنت سلوپ په کمیدو دوهمه درجه تر څو چی اتکا B ته وره سیږی او اندازه ی 33,300- نیوټن متر شی . د اتکا D ښیی لور ته شیر مثبت اندازه لری تر څو چه صفر شی په نقطه A کی مؤمنت سلوپ مثبت او صفر حالت په څنډه A کی.

2.13 پنځم مثال



انځور 2.31 بیم او ویشلشوی لوډ آزاد دایګرام

د بیم ریکښنونه د تعادل معادلو سره پیدا کوو.

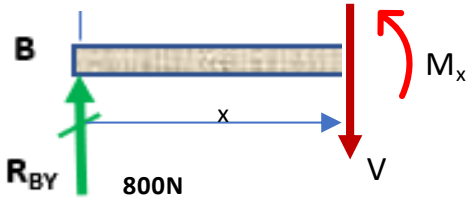
$\Sigma M_B = 0$ +↺

$R_{AY} = wb(2a+b)/2L$
$= 200x10(20+10)/2x25$
$R_{AY} = 1200N$ ↑

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

$R_{AY} - wxb + R_{BY} = 0$
$R_{BY} = 800N$ ↑

$0 <= x <= 10$



$\Sigma M_x = 0$ +↺

شیر او مؤمنت له اتکا B تر لس متره

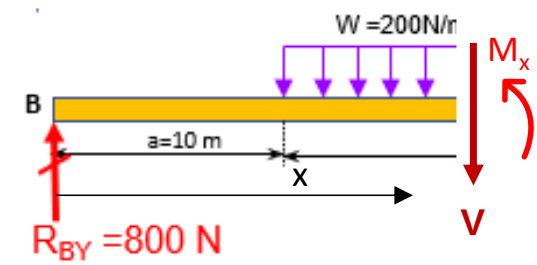
$R_{BY}(x) - M_x = 0$
$M_x = (800X)$ Nm
$M_{10} = 800 \times 10 = 8000$ Nm

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

$R_{BY} - V = 0$
$V = 800N$

شیر او مؤمنت له لس متره تر شل متره پوری:

$10 <= x <= 20$



$\Sigma M = 0$ (+)

$R_{BY}(x) - M_x - 200(x-10)(x-10)/2 = 0$

$M_x = R_{BY}(x) - 200(x-10)^2/2$

$M_{10} = (8000)$ Nm

$M_{20} = 6000$ Nm

$\Sigma F_Y = 0$ (+)

$R_{BY} - V - 200(x-10) = 0$

$V = 800 - 200x + 2000$

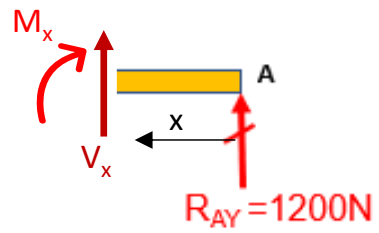
$= 2800 - 200x$

$V10 = 800$ N

$V20 = -1200$ N

شیر او مؤمنت اتکا A چپ لور ته ترپنځه متره پوری:

$0 <= x <= 5$



$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

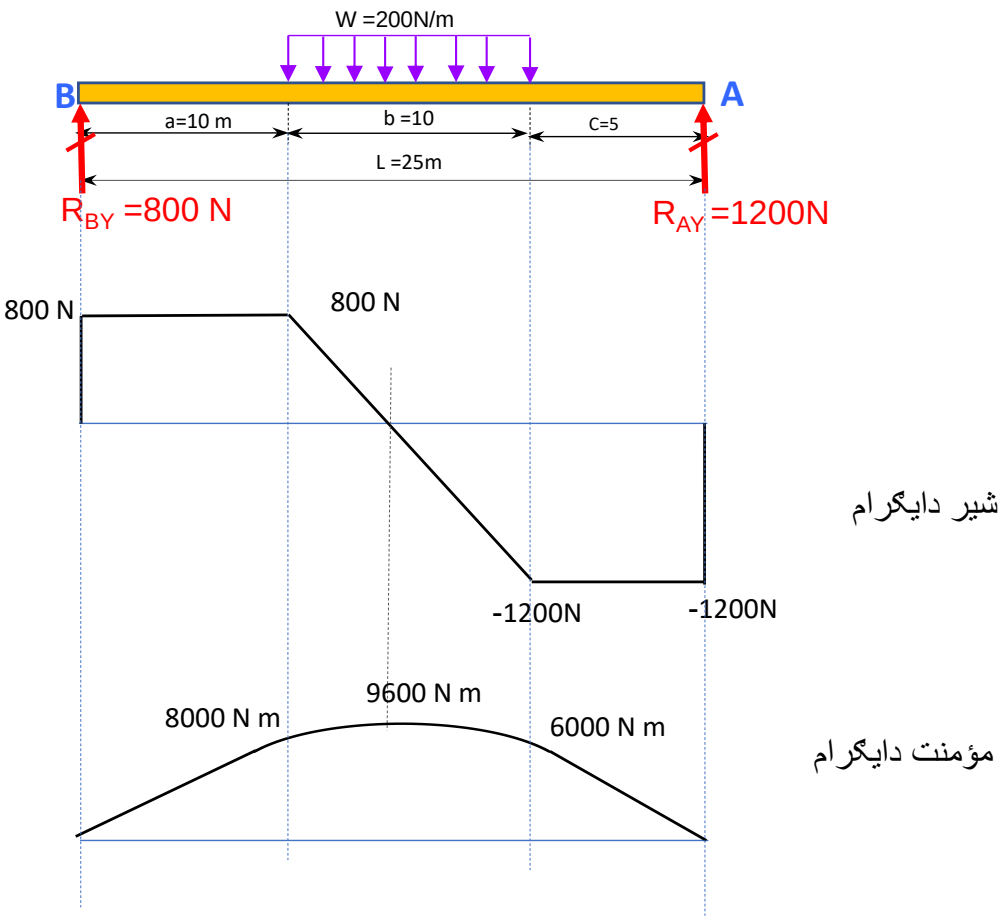
$R_{AY} + V_x = 0$

$V_x = -1200$ N (شیر منفی دی)

$\Sigma M_x = 0$ +↺

$R_{AY}(x) - M_x = 0$
$M_x = 1200x$
$M_0 = 0$ Nm
$M_5 = 6000$ Nm

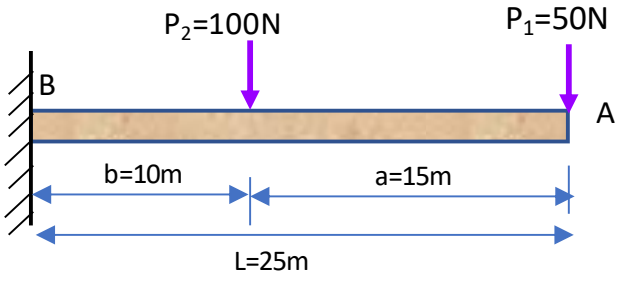
مؤمنت او شیر دایګرامونه پدی لاندی ډول دی:



انخور 2.32 بیم شیر او مؤمنت دایگرام

2.14 شپږم مثال

د لاندی بیم لپاره شیر او مؤمنت دایګرامونه جوړه وو



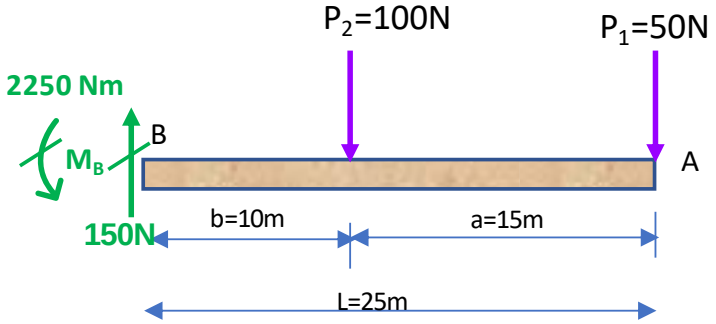
انځور 2.33 کنتیلور بیم او بهرنی لوډ

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

$R_{BY} - 100 - 50 = 0$

$R_{BY} = 150N$ ↑

$\Sigma M_B = 0$ +↺



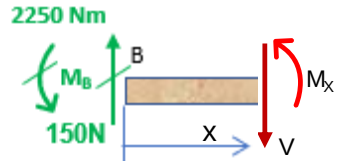
MB -100 x 10 -50 x25 =0

$M_B = 2250$ Nm↺

0< x <=10

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

V = 150 N

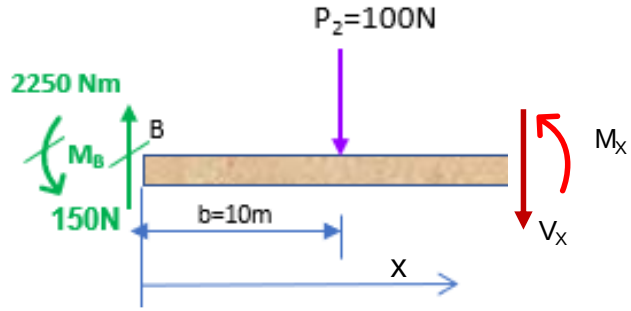


$\Sigma M_x = 0$ +↺

M_X +2250-150x = 0
M_X =150x -2250
M_0 = -2250 Nm
M_{10} = -750 Nm

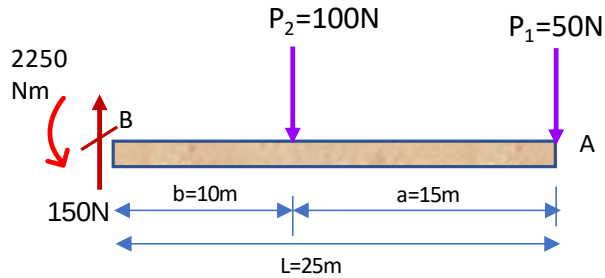
10< = x <=25

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

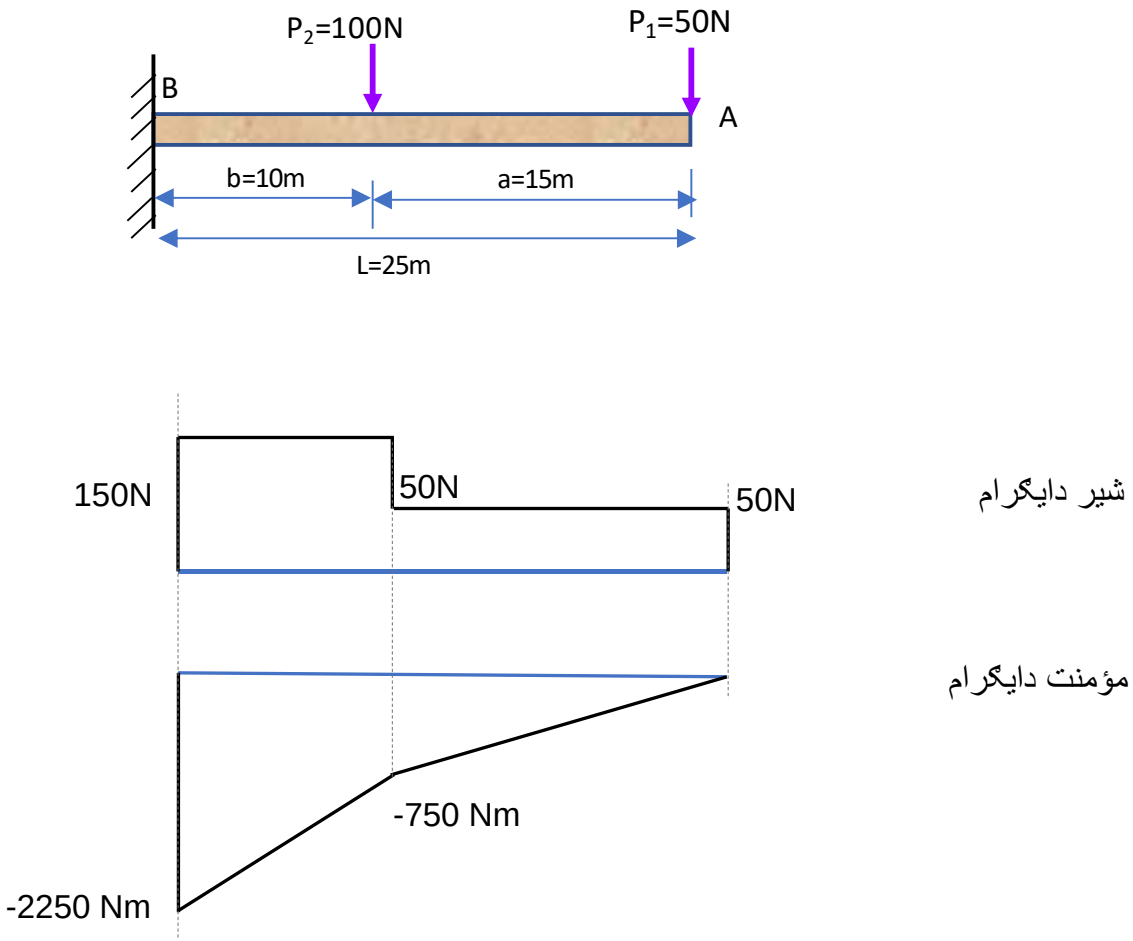


V_X = 150 -100N =50N

$\Sigma M_x = 0$ +↺



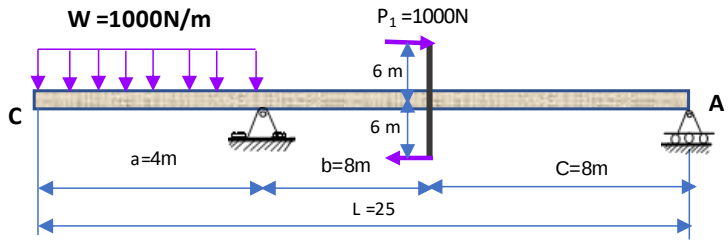
M_X +2250-150x +100(x-10) = 0
M_X =50x -1250
M_{10} = -750 Nm
M_{25} = 0

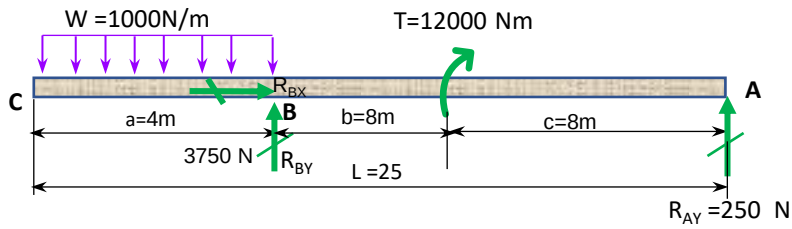


انځور 2.34 بیم شیر او مؤمنت دایګرام

2.15 اوم مثال

دی لاندی بیم لپاره شیر او مؤمنت دایګرامونه جوړه وو





انځور 2.35 د بیم او بهرنی لوډ دایګرام

$\Sigma F_X = 0$

$R_{Bx} = 0$

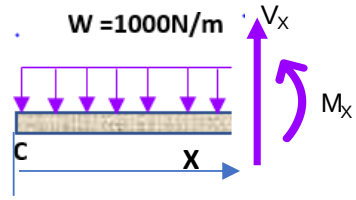
$\Sigma M_B = 0$ +

R_{AY} x (16) -1000 x 12+1000 x 4 (4/2) =0
R_{AY} = (12000-8000)/16 = 250 N
R_{AY} = 250 N acting upward

$\Sigma F_Y = 0$ +

R_{BY} –1000 x 4+R_{AY} = 0
R_{BY} = 3750 N

0< = x <=4



$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

$V_X = 1000X$
$V_0 = 0$
$V_{4m} = 4000N$

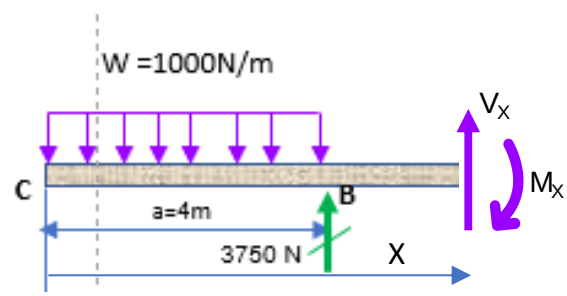
$\Sigma M = 0$ +↺

$M_X + 1000X\,(X/2) = 0$
$M_0 = 0$
$M_4 = -8000$ Nm

4< = x <=12

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

$V_X - 1000(4) + 3750 = 0$
$V_X = 250N$
$V_{4m} = 250$ N
$V_{12} = 250$ N
$V_{20} = 250$ N



$\Sigma M_x = 0$ +

$1000\,(4)(X-4/2) - R_{BY}\,(X-4) - M_x = 0$

$M_x = 4000X - 8000 - 3750\,X + 15000$

$= 250X + 7000$

$M_4 = 8000$ Nm

$M12 = 250\,(12) + 7000 = 10{,}000$ Nm

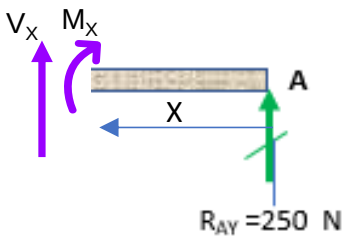
په پورتنی موندنه کی وینو چه مؤمنت په فاصله د 4 m متره کی 8000 NM دی. نظر په انتخاب د مؤمنت جهت مثبت وموندل شو، دا پدی معنی چه انتخاب شوی جهت صحیح دی . اما نظر په کنوانسیون دا مؤمنت منفی دی او په مؤمنت دایګرام کی باید منفی وښودل شی ($M_4 = -8000$).

$\Sigma F_Y = 0$ +

$V_X + 250 = 0$

$V_X = -250$N

$V_{8m} = -250$ N



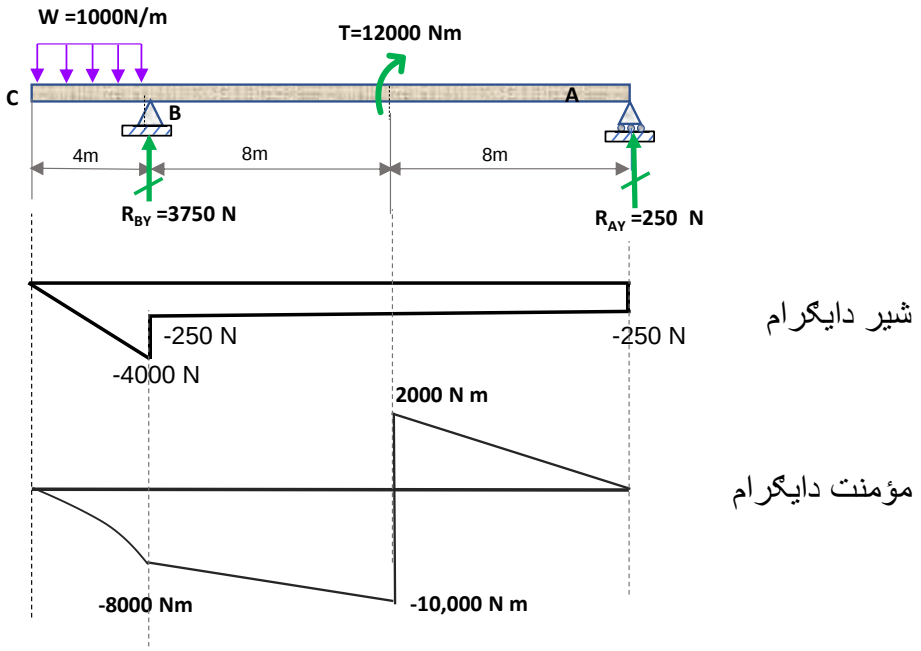
$\Sigma M_x = 0$ +

$R_{AY}\,(X) - M_x = 0$

$M_x = R_{AY}X = 250X$

$M_8 = 2000$ Nm

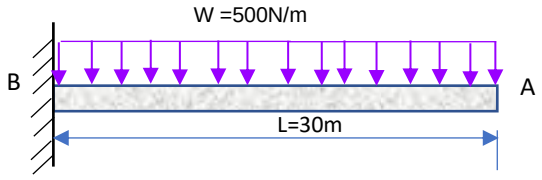
شیر او مؤمنت دیاګرامونه :



انځور 2.36 د بیم شیر او مؤمنت دایګرام

2.16 آتم مثال

کنتیلیور بیم یو ویشلشوی لوډ ورباندی عمل کړی



انځور 2.37 کنتلیور بیم وشلشوی لوډ

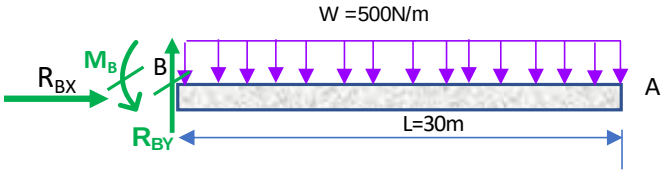
په بیم AB ویشلشوی لوډ w عمل کړی.

ددی بیم شیر اوکړیدونکی مؤمنت له B تر څنډی A پوری غواړو پیدا کړو.

د نامعلومو ریکشنو پیدا کولو لپاره د جوړښت آزاد انځوراو ایدیالایزیشن په دی لاندی انځور کی ښودل شوی. د ستاتیک تعادل او ثبات له معادلو کار اخلو تر څو مجهول ریکشنونه په B کی پیدا شی.

دا ښودل شوی بیم په حالت تعادل کی دی. مجموعه د مؤمنت په اتکا B او هم مجموعه د ټولو قواوو او ریکشنونو چه عمل کړی دتعادل لپاره باید صفر شی.

د مؤمنت جهت اټکل کو کړیدونکی مؤمنت په کیڼ لور مثبت او دعمودی لوډ پورته خوا مثبت نیسو. که چیری ددی اټکل په اساس ارزښتونه منفی راغلل پدی معنی جهت په بله خوا دی.



انځور 2.38 کنتلیور بیم او ویشلشوی لوډ آزاد دایګرام

$\Sigma F_X = 0$

$F_X = 0$

$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

$R_{BY} - 500 \times 30 = 0$

$R_{BY} = 15000\ N = 15kN$ ↑

$\Sigma M = 0$ +↺

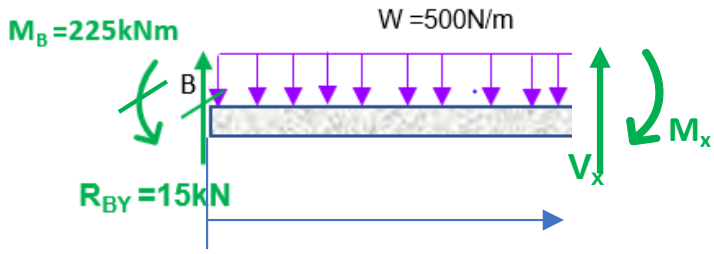
$M_B - 500 \times 30\ (15) = 0$

$M_B = 225{,}000\ Nm = 225kNm$ ↻

فرض شوی جهتونه د عمودی ریکشن او مؤمنت صحیح دی ځکه ځوابونه مثبت معلوم شول. اما د مؤمنت دا جهت په اساس د بیم کانوینسیون منفی جهت دی او په مؤمنت دایګرام کی به منفی وښودل شی.

شیر او مؤمنت اړیکی له اتکا B تر څنډی A د تعادل له معادلو په دی لاندی ډول پیدا کیږی:

$0 < = x <= 30$

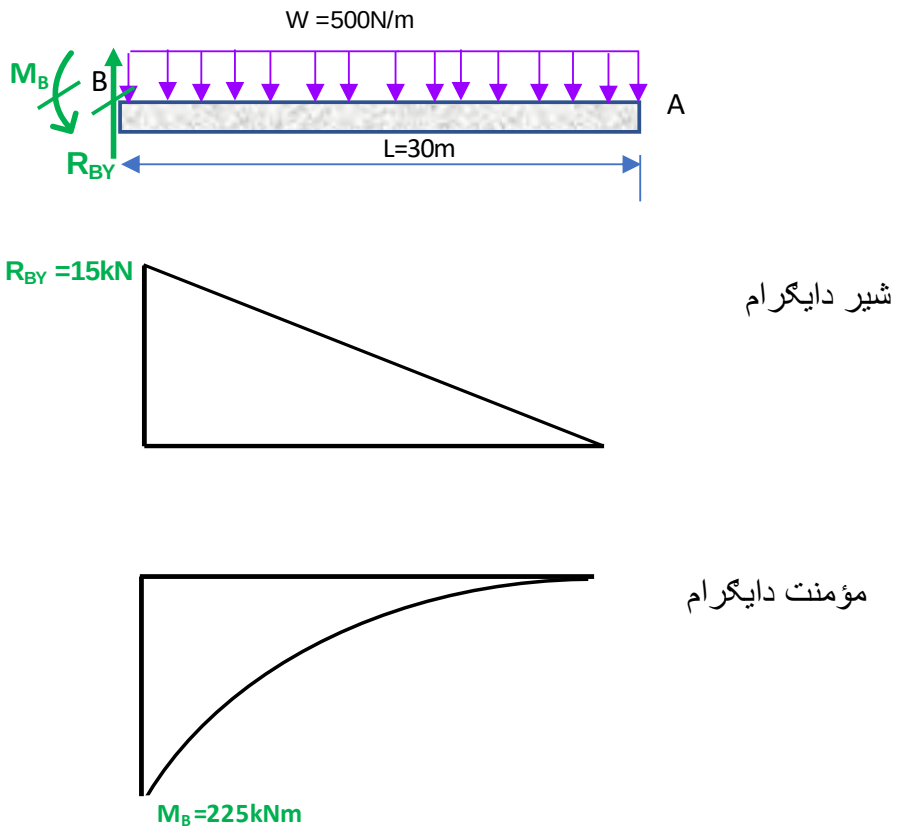


$\Sigma F_Y = 0$ ↑+

R_{BY} -500X-V =0
V = R_{BY} -500X= 15,000-500X

$\Sigma M_x = 0$ +↺

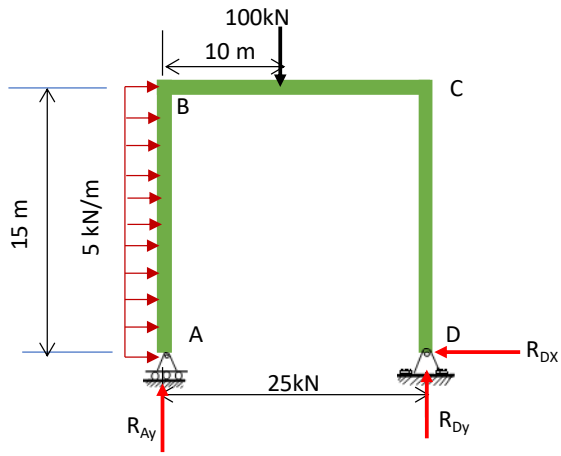
M_x = -15,000X+225,000+500$(X)^2/2$
M $_{at\ 30}$ = 450,000+225,000-225,000 =0
M $_{at\ 0}$ = -225,000



انځور 2.39 کنتلیور بیم شیر او مؤمنت دایګرام

2.17 نهم مثال د فریم شیر او مؤمنت ډایګرامونه غواړو

د فریم ABCD پدی لاندی انځور کی ښودل شوی شیر او مؤمنت دیاګرام یې جوړ کړی.



انځور 2.40 فریم او بهرنی لوډ

د ریکشنو پیدا کول:

دا فریم په حالت تعادل او توازن کی دی، په هره برخه د فریم د تعادل او توازن معادلی باید کارورکا.

همدارنگه مجموعه د مؤمنت په اتکا وو کی باید صفر شی:

$\Sigma M_A = 0$

$100(10) + 5 \times (15)(7.5) - R_{DY}(25) = 0$

$R_{DY} = 62.5$ kN

$\Sigma M_D = 0$

$100(15) - 5 \times (15)(7.5) - R_{AY}(25) = 0$

$R_{AY} = 37.5$kN

$\Sigma F_X = 0$

$5 \times (15) - R_{DX} = 0$

$R_{DX} = 75$ kN

د شیر او مؤمنت دایګرام جوړه ول:

$R_{BX} = V_B = 5\ (15) = 75$ kN

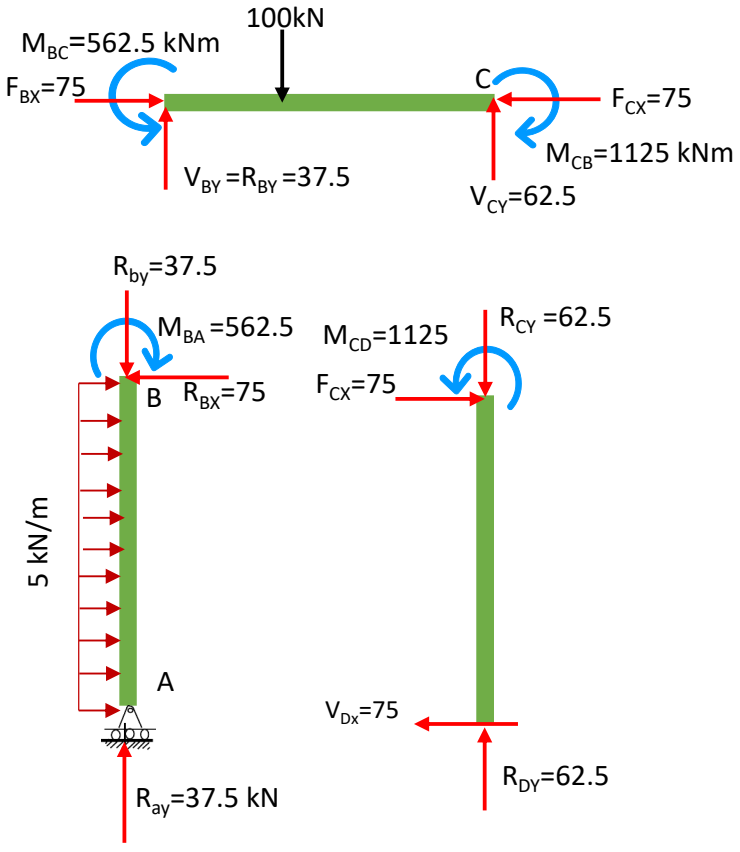
$M_{BA} = 5\ (15)(7.5) = 562.5$ kN

$\Sigma F_Y = 0$

$R_{BY} = R_{AY} = 375$ kN

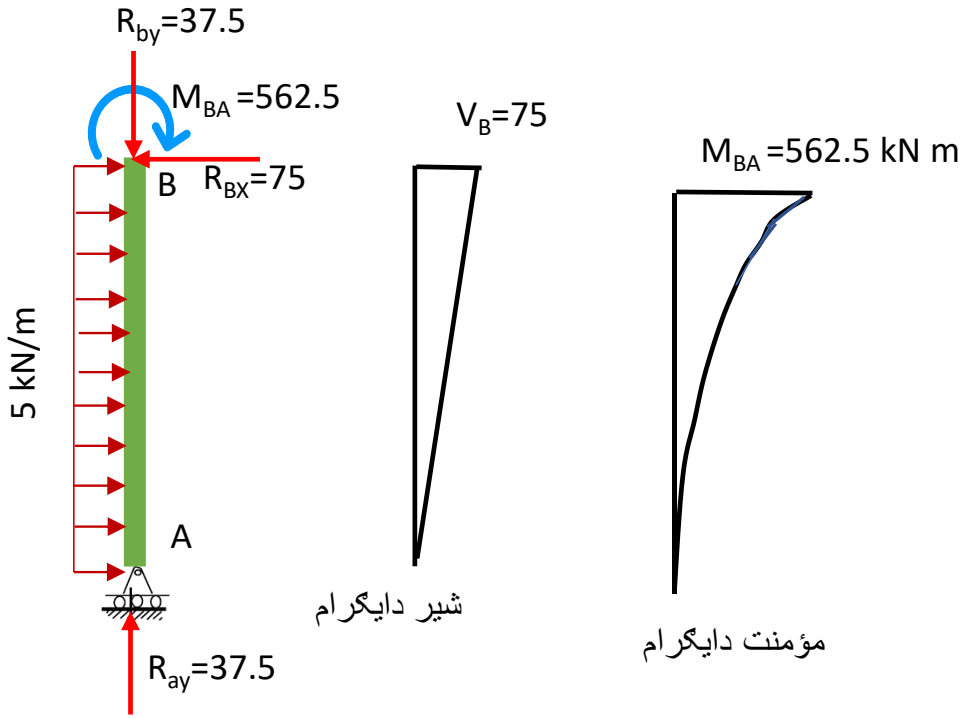
$R_{BY} + R_{CY} = 100$ kN

$R_{CY} = 275$ kN



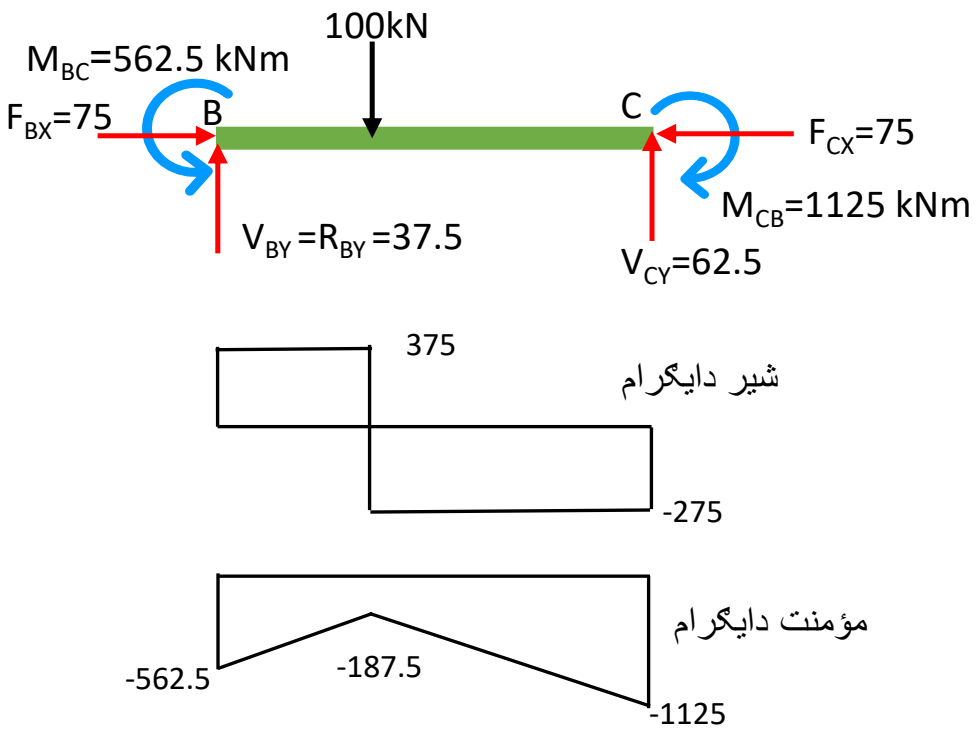
انځور 2.41 د فریم د هر غړی قواوی او لوډونه

د BA ستني مؤمنت او شير دايګرام



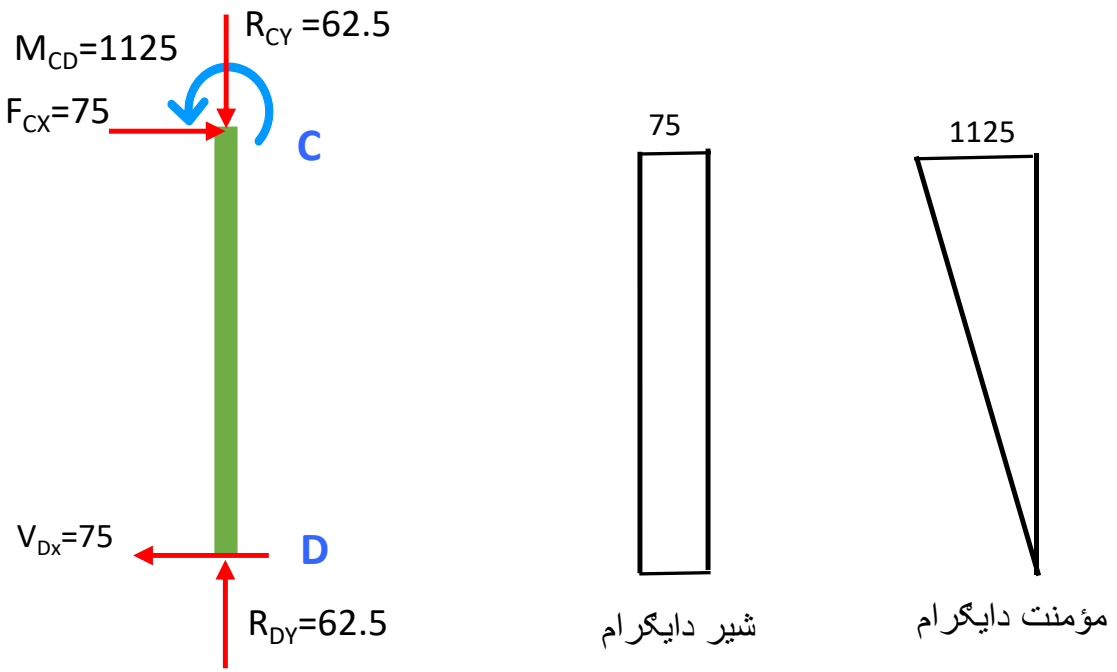
انځور 2.42 د فريم د ستني مؤمنت او شير دايګرام

د BC غړی دپاره



انځور 2.43 د فریم د غړي BC مؤمنت او شیر دایګرام

د CD غړی دپاره

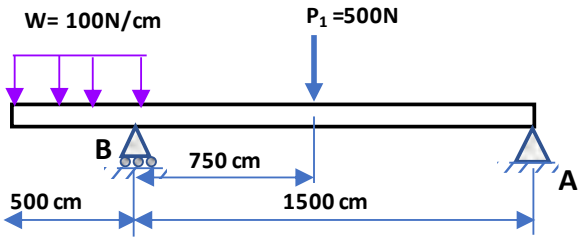


انځور 2.44 ستني CD شیر او مؤمنت دایګرام

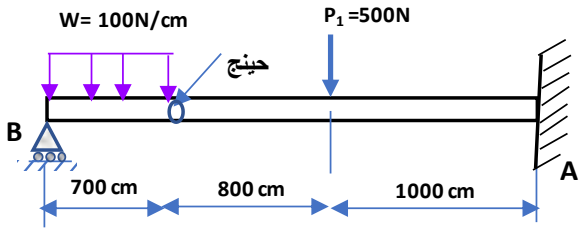
2.18 پرکتس سوالونه

دی لاندی جوړښتونو لپاره مؤمنت او شیر دایګرامونه جوړ کړی.

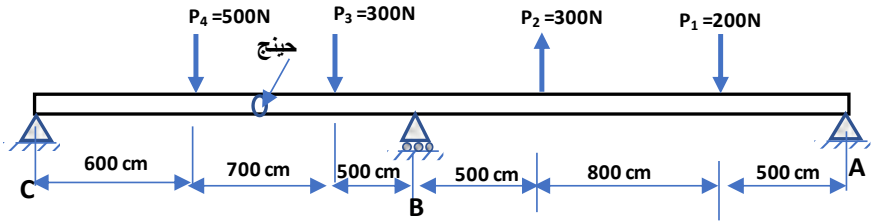
(1)



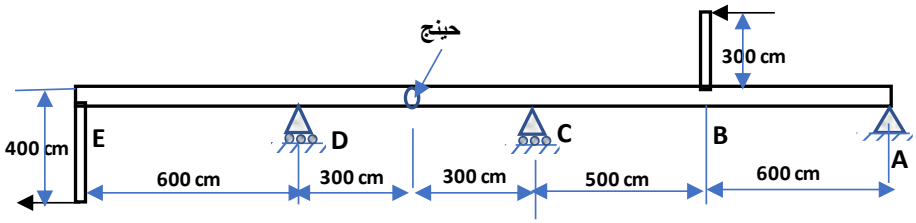
(2)



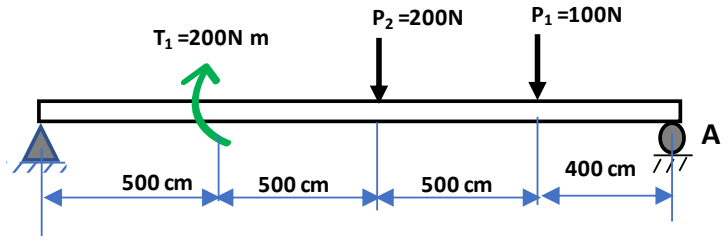
(3)



(4)

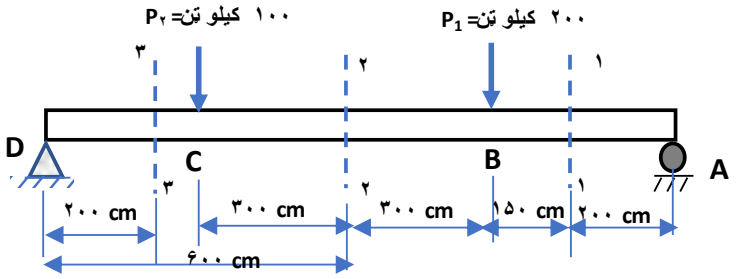


(5)



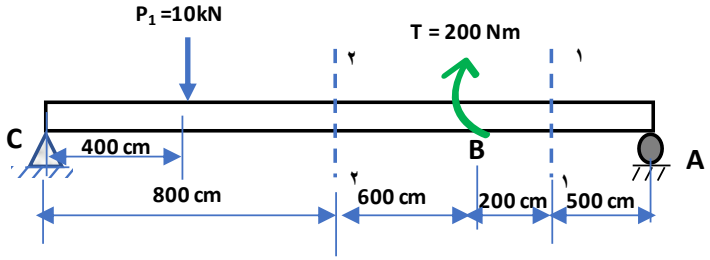
(6)

یوساده ډول تړلیی بیم پدی لاندی انځور کی ښودل شوی. دوه متمرکزې لوډونو عمل کړی په ښودل شویو مقطع ګانو (1,2,3) د شیر او مؤمنت معادلی پیدا کړی .او هم د هرې برخې لپاره د شیر او مؤمنت دیګرام جوړ کړی



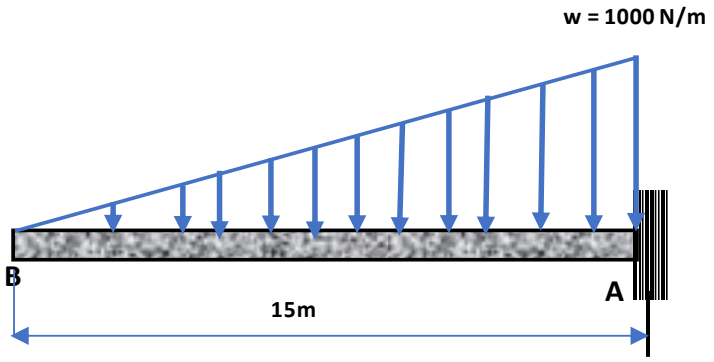
(7)

پدی لاندی انځور کی ساده بیم ښودل شوی او یو کپل (couple T) او یو متمرکزی لوډ عمل کړی. د شیر او مؤمنت رابطی د یو بل سره پید کړی او شیر مؤمنت دیاګرام جوړ کړی.



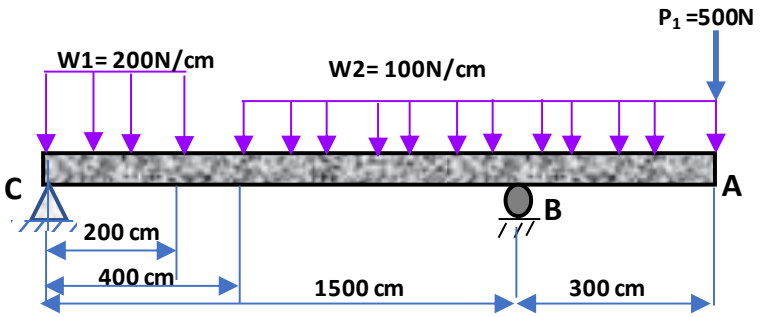
(8)

په کنتیلور بیم یو مثلثي ویشلشوی لوډ عمل کړی شیر او مؤمنت دیاګرام یی جوړ کړی.



(9)

شیر او مؤمنت دیاګرام جوړ کړی.



3
دریم فصل
ټرس
(Truss)

3.0 د ټرس جوړښت (Truss Structure)

ټرس د وړو، نازکو او سپکو اکسیل (axial) یا محوری غړیو داسی جوړښت دي چه غړی یي یوازی محوری لوډونه لری او په څنډو کی د یو بل سره په جاینت (Joint) یا مفصل کی چه اصتکاک نلری نښلول شوی. د ترس غړی معمولاً داسی یو بل سره نښلول کیږي چه په پای کی یوسخت (rigid) جوړښت تری جوړ شی. سخت پدی معنی دی چی د جوړښت انځور وروسته له دی چه خارجی لوډ وربانـدی عمل وکړی تغیر نه مومی او ټول بیځایه کیدل او خوځیدل یی ډیر واړه او د تحلیل په معادلو کی کوم د پام وړ اغیزه نلري .
په ترس جوړښت کی خارجی لوډونه یوازی په جاینتونو کی عمل کوی او د ترس وزن په دو څنډو د غړیو په جاینت کی اټکل کیږی.

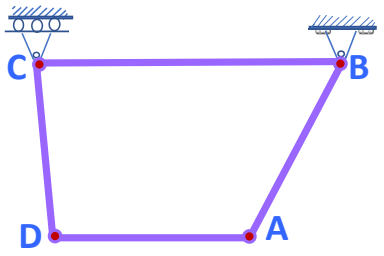
د ټرس د تحلیل موخه، پیداکول د هغه داخلی لوډونو ده چی په جاینت او غړیو کی د خارجی لوډ له کبله رامینځ ته شوی، د ټرس غړی په عمومی توګه تینشن (کشول)او یا کمپرشن (ټیلوهل) حالت کي وي. تینشن د لوډ غړي له جاینت بل لور ته کشوی، او کمپرشن غړی یي د جاینتونو په لور ټیله کوی.

که د ترس ټول غړی په یوه سطحه کی ځای ولری په نامه د پلنر ترس (Planar Truss) یادیږی او د ا نوع ترس د پلونو او ودانیو د بامونو لپاره مناسب اود کار وړدی، او که غړی په دریوخواوو غزیدلي وي په نامه د فضایی (Space) ترس یادیږی او د برجونو لپاره مناسبی دی.

کله چي جوړښت د پراخ او یا اوږده واټن لپاره اړوي او ژوروالی یی په د ډیزاین کی مهم معیار نه وی ټرس مناسب انتخاب دی. د غړیو د جیومتریک له امله کله چه بار یا لوډونه په ټرس عمل وکړی د ترس جوړښت دټیټوالی سبب ګرځي او ټول غړی په تینشن او یا کمپرشن حالت کی راځی . د دې له امله د ټرس لومړنی ګټی د بیم په پرتله دا ده چي د ورکړل شوي وزن ، بارونو، اویا لوډونو لپاره عناصر یی لږ مواد کاروي.

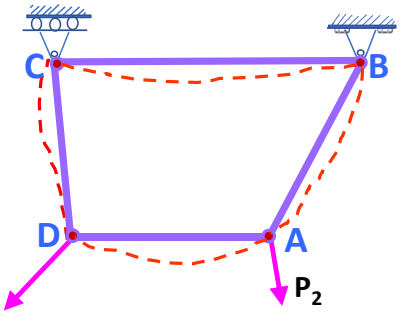
3.1 د ترس جوړه ول

که چیری وغواړو ټکي A,B,C,D یوبل سره په جاینت کی له غړیو سره ونیښلو تر څو ترس ورځینی جوړ شی، لکه په لاندی جوړښت (انځور 3.1) کی.



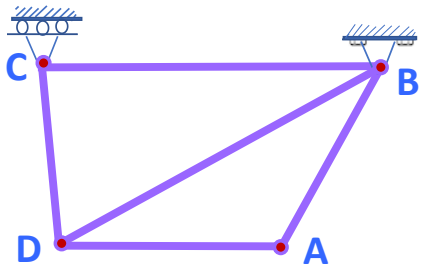
انځور 3.1 څلور غړي او دوی اتکاوی

د څو غړیو ترل ثبات او سختوالی ترس جوړښت ته نه راوړي. څنګه چه په لاندی انځور کي ښودل شوی که یو یا څو خارجی لوډ ونه پری عمل وکړی دا جوړښت سخت (rigid) ندی او د لوډ په عمل سره به ړنګ شی (انځور 3.2).



انځور 3.2 څلور غړی او دوه اتکاوی او بهرنی لوډ

اما که په انځور (انځور 3.3) نقط B د D د یوه غړی په واسطه سره ونیښلوو لدی انځوره یو سخت او با ثباته ترس به جوړ شی. پدی ترتیب کولای شو نور غړی یو بل سره ونیښلول شی تر څو د ضرورت وړ واټن لپاره ترس جوړشي.



انځور 3.3 ټرس

د ترس سختوالی او ثبات لپاره اړوند دی چه دری نقطی په یوه مستقیمه کرښه پرتي نه وی . نښلول د دریو نقطو یو بل سره باید یو مثلث جوړ کړی او په همدی ډول نور مثلثونه ورزیات شی تر څو یو ساده (simple) ترس ورځینی جوړ شی. جوړ شوي جوړښت د بیم په شان د بهرنی اتکاو په واسط تړل کیدای شی.

3.2 د ټرس د غړیو ټرون او نومولو کانونشن

د تحلیل لپاره د یو غړی داخلی لوډونه د دواړو اړخو جاینتونو په نامه ښودل کیږی، د مثال په توګه د غړی AB داخلی لوډ په F_{AB} ښودل کیږی، په همدی توګه د نورو غړیو لوډونو ښودل کیږي. که چیري لوډ د کښولو یا تینشن حالت کی وی هغه به ($+F_{AB}$) او که په ټیلوهلو یا کمپرشن کی وی هغه به ($-F_{AB}$) وښودل شي. او هم کیدای شي چه د یو غړی داخلی لوډ یا قوه F د X او Y په برخوسره وښودل شي. د مثال په توګه افقي برخه د یوه داخلی لوډ F په F_X او عمودي برخه یی په F_Y ښودل کیدی شی. دا برخی د غړی د داخلی لوډ (F) سره مثلثاتی ټرون لري، او په مثالونو کی به وروسته وښودل شي. ددی کنونشن استعمال به یو لړ آسانتیا وی په تحلیل کی راوړي.

3.3 د ټرس ثبات او ستاتیک معلومول

یو ثبات لرونکی ټرس له دریو غړیو چه په یوه مستقیمه کرښه واقع نه وی او له دریو جاینتو چه یو بل سره نیښلول شوي وی جوړیږي. په اضافه کولو د دو نورو غړیو مثلثي جوړښت منځ ته راځی اوبله برخه جوړیدي شي. که چیری موږ وغواړو چه یو ساده ترس له (n)جاینتو جوړ کړو دري اوله غړی باید شتون ولری اوبیا دوه نور غړي د هر (n-3) جاینتونو لپاره اضافه شي. که د غړیو شمیر(b) په (n-3) جاینتو کی وی د غړیو شمیر د یو سخت اوبا ثبات ټرس لپاره پدی لاندی ډول پیدا کیږی.

$$b= 3+2(n-3) = 2n-3 \qquad (3-1)$$

که چیری د غړیو شمیر تر (2n-3) لږ وی هغه ټرس ثبات نلری اوسخت (rigid) ټرس نده او نړیږی. پدی اساس ویلای شو هغه ټرس چه دری جلا ریکشنونه (یو بل سره تړلی نه وی) او (2n-3) غړي ولري ، هغه ټرس د غړیو او ریکشنو ستاتیک حالت لري.او که چیری د ریکشنو تعداد یی له دریو ډیر وي د ریکشنو په اساس دا ستاتیکلی نامعلوم جوړښت دی.

$b < (2n-3)$ ترس ثبات نلری سخت (rigid) نده (3-2)

$b > = (2n-3)$ ترس ثبا ت لری سخت (rigid) ده (3-3)

که چیری شمیر د نا معلومو ریکشنو او غړیو د تعادل له معادلو سره په نښه کړو کیدای شی چه د ټرس جوړښت ستیبلیټی ، سختوالی او ستاتیک ډیترمیننسی یی معلومه کړو. که تعداد د ریکشنو په (r) او د غړیو شمیر په (b) وښیو پدي حالت کی که (r+b) له (2n) لږ وی ټرس جوړښت ستاتیکلی ثبات نلری. او که چیری (r+b) مساوی په (2n) وی پدی صورت کی د ټرس جوړښت ستاتیکلی معلوم دی اود غړیو نا معلوم داخلی لوډونه پیدا کیدی شی. او که چیری (r+b) له (2n) ډیر وی د نامعلومو شمیر د توازن له معادلو ذیاتوالی لری او د ټرس جوړښت نامعلوم دی. پدی صورت سره د ټرس جوړښت حالت پیدا کیدای شی اما جوړښت باید د جیو متری له اړخه او ستاتیک له لوری هم ثبات ولری.

$(r+b) < (2n)$ ترس ستاتیکلی ثبات نلری (3-4)

$(r+b) = (2n)$ ترس ستاتیکلی معلوم او د غړیو داخلی لوډونه د تعلدل د معادلو په اساس پیا کیدای شی (3-6)

دا هم په یاد ولرو چه دا معادلی یو لړ محدودیتونه لری، د مثال په توګه که چیری (b+r) له (2n) لږ وی جوړښت ستاتیکلی ثبات نلری. اما که چیری (b+r) مساوی په (2n) او یا له هغه ډیر وی دا نشو ویلای چه جوړښت ثبات لری او باید نور هم و څیړل شی. پدی حالت کی ریکشنونه باید چه دری وی او غړی یی (Links) باید موازی او کانکرنت (concurrent) نه وی.

3.4 د ټرس تحلیل لاری

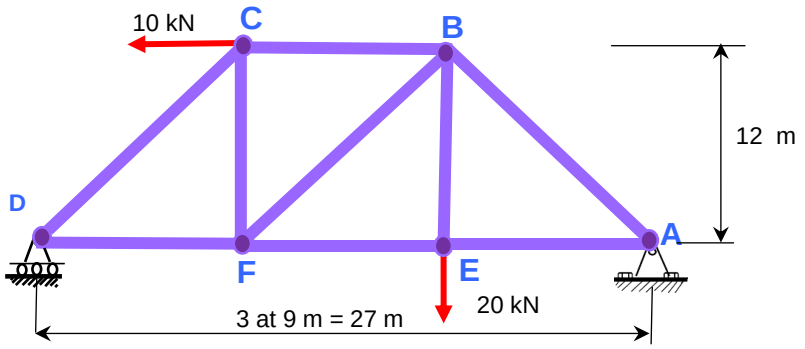
څنګه مو چه وویل د ټرس تحلیل موخه داده تر څو داخلی لوډونه په جاینت او غړیو کی پیدا شی .
دټرس تحلیل لپاره د دوو طریقونه کار اخیستل کړی یویی په نامه د جاینت طریقه (Joint) او بل په نامه دی برخی یا سیکشن (Section) طریقه یادیږی. هره برخه د ټرس چه تحلیل کیږی باید جلا شي او د غړیو داخلی لوډونه او بهرنی لوډونه چی په یوه برخه عمل کوی وښودل شی. که چیري یو نرس په حالت د توازن کی وی هره جلا شوی برخه به په توازن که وی، د توازن معادلی به پری تطبیق کیږي.

3.5 د جاینت طریقه (Method of Joint)

د جاینت ازاد ګرافیک دایګرام یونمونه او ایدیالایزیشن د کانکرنټ قواوو سیستم (concurrent force system) دی. د توازن لپاره یوازی له دو معادلو کار اخستل کیږی، مجموعه د لوډونو او قواو په افقی لور او عمودی لوربه مساوی په صفر وی.($\Sigma F_X = 0$; $\Sigma F_Y = 0$). جاینت د تاویدلو یا مؤمنت توان نلری. لدی کبله د مؤمنت معادله د غړیو د قواوو پیدا کولو لپاره نه شی استعمالیدي، تنها د ټرس د اتکا ریکشنو پیدا کولولپاره دمؤمنت د توازن معادله اړینه ده.

ددی لپاره چه دغړیو داخلی لوډونه یا قواوی پیدا کړو باید داسی جاینت انتخاب شی چه یوازی دوه نامعلوم غړي شتون ولری. پدی معنی هغه جاینت انتخاب کړو چه د داخلی لوډ یوازی دوه غړی نا معلوم وی ځکه چی دلته یوازی دوی د توازون معادلی کار ورکوی. د داخلی لوډ و جهت کیدای شی تنشن یا کمپرشن اټکل شی. د مثال په توګه کّه د غړی داخلی لوډ تینشن اټکل شی اما د تحلیل پایلی ځواب منفی راشي پدي معني چه اټکل شوي لور صحیح ندي او مخالف لوردرست دی یعنی پدی حالت کی کمپرشن درست دی. کله چه د یوه جاینت داخلی لوډونه پیدا شول بیا بل جاینت ته ځواو په هم دی توګه ټول جاینتونه تحلیل کیږی چی د ټرس د ټولو غړیو قواوی پیداشی.

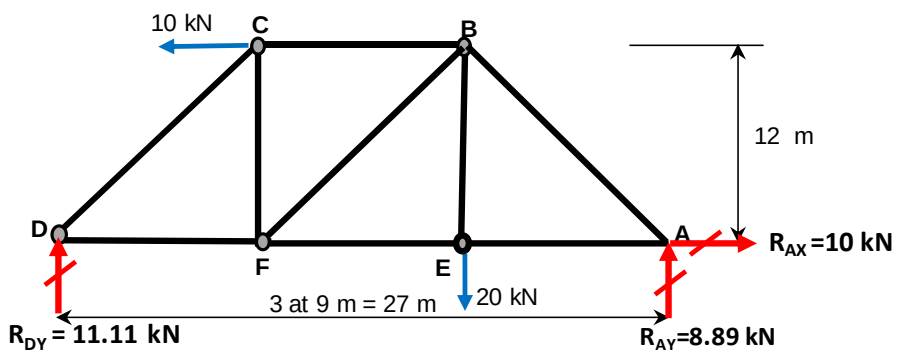
3.6 اول مثال



انځور 3.4 ټرس چی دوو تمرکزی لوډونو پری عمل کړی

په پورتني انځور کی یو ټرس ښودل شوی چه نه (9) غړی او شپږ (6) جاینتونه لری او په دو (2) اتکاوو A اوD تړل شوی. په جاینت (E) کی شل (20) کیلو نیوټن وزن اوجاینت C کی 10کیلونیوټن قوه عمل کوي.

د تحلیل لپاره اول به د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالایزیشن جوړکړو، بیا به د ستاتیک د توازن او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو نامعلوم ریکشنونه په A اوD کی پیدا شی. د ټولو خارجی لوډونو او ریکښنونو مجموعه په X او Y سطحه کی د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید ومنی.



انځور 3.5 د ټرس ازاد ګرافیک دایګرام

n = 6

b =9

r =3

r+b =3 + 9 =12

2n =2 (6) =12

2n =r+b

دټرس د ثبات او ستاتیک معلومول

ټرس ستاتیکلی معلوم او د غړیو داخلی لوډونه د توازن معادلو په اساس پیدا کیدای شی.

د غړیو لوډونو معلومولو لپاره د جاینت له کړنلاری (طریقی) کار اخلو، غونډ ترس په تعادل او توازن کیده نو پدی اساس هر غړی اوهر جاینت د ټرس باید په تعادل او توازن کی وی.

د ښودل شوی ټرس په هره نقطه کی مجموعه د مؤمنت باید صفر وی، کیدی شی چه د ټرس هره نقطه د مؤمنت لپاره انتخاب شی. دلته په A او D کی د مؤمنټونومعادلی پدی لاندی ډول دی. ټول مؤمنټونه چی په ښی لور(counter clockwise) تاویږی هغوی به په معادله کی مثبت فرض کړو:

$\Sigma\ M_D = 0$ +

$R_{AY}\ (27) - 20(18) + 10(12) = 0$

$R_{AY} = (360-120)/27 = 8.89$ kN

+

$\Sigma\ M_A = 0$

$-R_{DY}\ (27) + 20(9) + 10\ (12) = 0$

$R_{DY} = 300/27 = 11.11$ kN

$\Sigma\ F_X = 0$

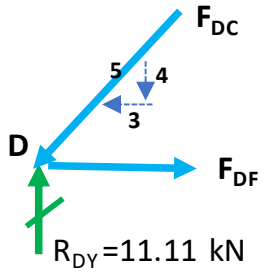
$R_{AX} - 10 = 0$

$R_{Ax} = 10$ kN

د ټرس جوړښت خارجی ریکشنونه پیداشول اوس کولای شو چه د غړیو داخلی لوډونه پیدا کړو. دا ترس جوړښت په حالت تعادل کیدی نو هره برخه یی باید په تعادل کی وی.

جاینت D په تعادل کی باید وی:

غړی DC د Y په لور برخه در لودلی شی او پدی لور تعادل باید پوره کړی. دلته DC په ټیلوهلو (کمپرشن) کی اټکل وو که چیری د تعادل معادلی ځواب مثبت راغی دا اټکل صحیح دی او غړی په ټیلوهلو کی دی.



$\Sigma\ F_Y = 0$
$R_{DY} - (4/5)(F_{DC}) = 0$
$F_{DC} = (5/4)\ (11.11\ kN)$
$= 13.89\ kN$ کمپرشن

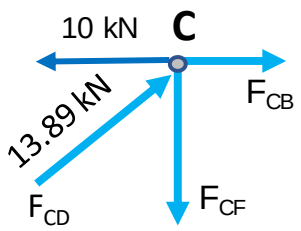
$\Sigma\ F_X = 0$
$-13.89\ (3/5) + F_{DF} = 0$
$F_{DF} = 8.33\ kN$ **کشش**

جوینب C په تعادل کی باید وی دلته تنها دو غړی نامعلوم دی :

د یوه غړی داخلی قوه معلومه ده دوه نامعلوم غړی شتون لری او د تعادل به معادلو سره پیدا کیدای شی. دلته د هغه دواړوغړیو لوري به اټکل کړو، که چیری د توازن معادلی ځواب منفی راغی دا اټکل شوی لور صحیح ندی او داخلی لوډ په مخاف لوری عمل کړی :

$\Sigma\ F_X = 0$
$13.89\ (3/5) + F_{CB} - 10 = 0$
$F_{CB} = 1.67\ kN$ **کشش**

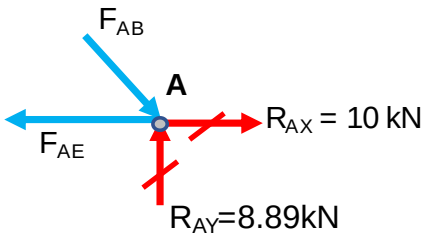
$\Sigma\ F_Y = 0$
$-F_{CF} + (4/5)(F_{CD} = 0$
$F_{CF} = (4/5)\ (13.89\ kN)$
$= 11.11\ kN$ **کشش**



جاینت A په توازن کی دی او یوازی دوه غړی نا معلوم دی :

خارجی ریکشنونه معلوم دی دوه نامعلوم غړی شتون لری چه د تعادل معادلو سره پیدا کیدای شی. دلته د هغه دواړو لوري به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلی ځواب منفی راغی دا اټکل شوي لوری صحیح ندی او داخلی لوډ په مخاف لور عمل کوي.

$\Sigma\ F_Y = 0$
$R_{AY} - (4/5)(F_{AB} = 0$
$F_{AB} = (5/4)\ (8.89\ kN)$
$= 11.11\ kN$ کمپرشن

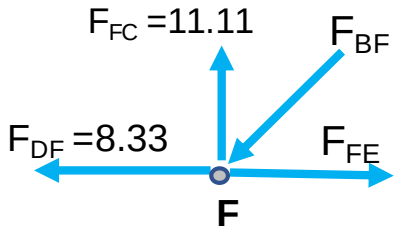


$\Sigma\ F_X = 0$
$11.11\ (3/5) - F_{AE} + R_{AX} = 0$
$F_{AE} = 6.67 + 10 = 15$
$F_{AE} = 16.67\ kN$ **تینشن**

جوینب F په تعادل کی باید وی او یوازی دوه غړي مجهول دي :

ددو غړیو داخلی لوډونه معلوم دی، دوه نامعلوم غړی شتون لري چه د تعادل معادلو سره پیدا کیداي شي. دلته د هغه دواړو لوري به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلی ځواب منفی راغی دا اټکل شوی لور صحیح ندی او داخلی لوډ په مخاف لور عمل کوي.

$\Sigma\ F_Y = 0$
$F_{FC} - (4/5)(F_{BF}) = 0$
$F_{BF} = (5/4)\ (11.11\ kN)$
$= 13.89\ kN$ کمپرشن

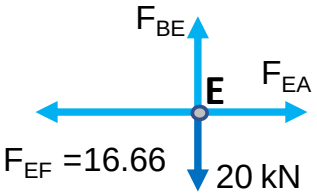


$\Sigma\ F_X = 0$
$-8.33 - (3/5)F_{BF} + F_{FE} = 0$
$F_{FE} = 8.33 + (3/5)(13.89) = 15$
$F_{FE} = 16.66\ kN$ **کشش**

جوینب E په تعادل کی دی او یوازی دو ه غړی مجهول دی :

دیوه غړی داخلی لوډ او خارجی لوډ معلوم دي دوه نامعلوم غړی شتون لری چه د تعادل معادلی سره پیدا کیدای شی. دلته د نا معلوموغړیو لوري به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلو ځواب منفی راغی دا اټکل شوی لوری صحیح ندی او داخلی لوډ په مخاف لور عمل کوي.

$\Sigma\ F_Y = 0$
$F_{BE} - 20 = 0$
$F_{BE} = 20\ kN$ تنشن



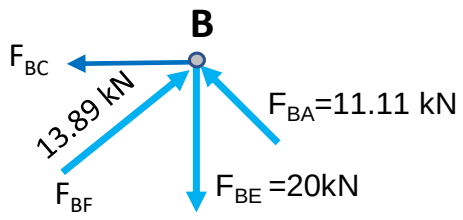
$\Sigma\ F_X = 0$
$-F_{EF} + F_{EA} = 0$
$F_{EA} = 16.66\ kN$ **کشش**

جاینت B چک کوو چه ټولی پیدا شوی داخلی لوډونه او خارجی ریکشنونه په تعادل کی دی که نه.

$\Sigma\ F_Y = 0$

$13.89(4/5) - (4/5)(F_{BA}) - F_{BE} = 0$

$11.11 + 8.88 - 20 = 0$



ځکه چی دا پخوا پیدا شوی

$\Sigma\ F_X = 0$

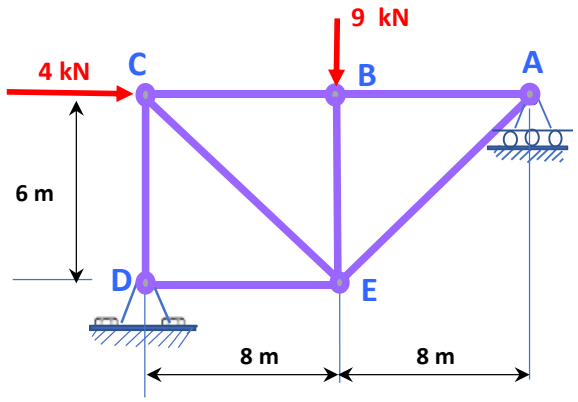
$- F_{BC} - (3/5)F_{BA} + (3/5)F_{BF} =$

$-1.67 - 6.67 + 8.33 = 0$

پورته چک وښودل چی موندل شوی ارزشتونه صحیح دی.

3.7 دوهم مثال

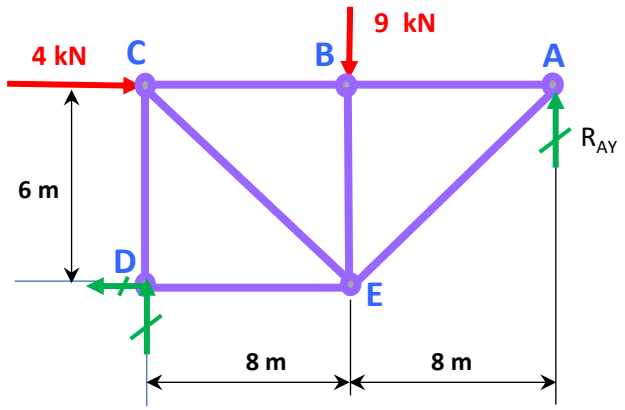
دا ټرس په A کی رولر او D کی پن اتکا لری. غواړو چه د ټولو داخلی غړیو لوډونه پیدا کړو.



انځور 3.6 د ټرس دوهم مثال

د تحلیل لپاره اول به د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالایزیشن جوړ کړو، بیا به د ستاتیک توازن او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه په A او D کی پیدا شي. پدی لاندی ښودل شوی

انځور کی د ټولو خارجی لوډونو او ریکشنونو مجموعه په X او Y سطحه کی د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید ومنی.



انځور 3.6 د ترس ازاد ګرافیک دایګرام

n = 5

b =7

r =3

r+b =3 + 7 =10

2n =2 (5) =10

2n =r+b

10=10

دترس د توازن او ستیبلیټی معلومول.

تراس سخت (rigid)، ستیبل او ستاتیکلی معلوم ده. د غړیو داخلی لوډونه د تعادل معادلو په اساس پیدا کیدای شی.

د ریکشنو پیدا کول په A او D کی :

$$\Sigma \; M_D = 0$$

$$R_{AY}\,(16) - 9(8) - 4(6) = 0$$

$$R_{AY} = (72+24)/16 = 6kN$$

$$\Sigma \; F_X = 0$$

$$-R_{DX} + 4 = 0$$

$$R_{DX} = 4 \text{ kN}$$

$$\Sigma \; F_Y = 0$$

$$R_{DY} + R_{AY} - 9 = 0$$

$$R_{DY} = 3 \text{ kN}$$

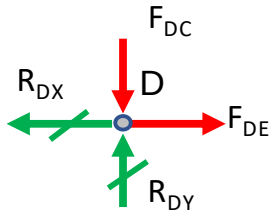
جوینب D په تعادل کی دی او دلته تنها دو غړی نامعلوم دی :

خارجی ریکشنونه معلوم دی دوه نامعلوم غړی شتون لری چه د تعادل معادلو سره پیدا کیدای شی.
دلته د نا معلومو غړیو لوري به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلو ځواب منفی راغی دا اټکل شوی لوری صحیح ندی او داخلی لوډ په مخاف لوری عمل کوی

$$\Sigma \; F_X = 0$$

$$-R_{DX} + F_{DE} = 0$$

$$R_{DE} = 4 \text{ kN}$$

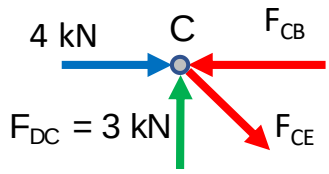


$$\Sigma \; F_Y = 0$$
$$R_{DY} - F_{DC} = 0$$
$$F_{DC} = 3 \text{ kN} \downarrow$$

جاینټ C په تعادل کی دی دلته تنها دوه غړی مجهول دی :

د لته ریکشنونه معلوم دی دوه نامعلوم غړی شتون لری چه د تعادل معادلو سره پیدا کیدای شی. دلته د هغه دواړو لوري به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلی ځواب منفی راغی دا اټکل شوی لور صحیح ندی او داخلی لوډ په مخاف لور عمل کوی

$$\Sigma \; F_Y = 0$$
$$-F_{CE}\,(3/5) + 3) = 0$$
$$F_{CE} = 5 \text{ kN tension} \searrow$$

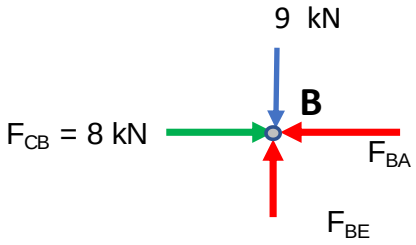


$$\Sigma \; F_X = 0$$
$$-F_{CB} + 4 + 5(4/5) = 0$$
$$F_{CB} = 8 \text{ kN} \leftarrow$$

جاینټ B په تعادل کی دی او دلته تنها دوه غړی مجهول دی :

د دوو غړیو لوډ معلوم دی دوه نامعلوم غړی شتون لری چه د تعادل معادلو سره پیدا کیدای شی. دلته د هغه دواړو لوري به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلی ځواب منفی راغی دا اټکل شوی لور صحیح ندی او داخلی لوډ په مخاف لور عمل کوی

$$\Sigma \; F_Y = 0$$
$$F_{BE} - 9 = 0$$
$$F_{BE} = 9 \text{ kN} \uparrow$$

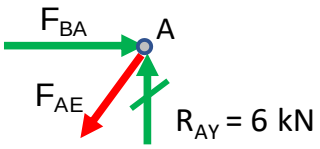


$$\Sigma \; F_X = 0$$
$$-F_{BA} + 8 = 0$$
$$F_{BA} = 8 \text{ kN} \leftarrow$$

جاینټ A په تعادل کی دی او دلته تنها یو غړی مجهول دی :

په دی جاینټ دوی قوی معلومی دی او یو نامعلوم غړی شتون لری چه د تعادل معادلو سره پیدا کیدای شی. دلته به د هغه لوري اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلی ځواب منفی راغی دا اټکل شوی لور صحیح ندی او داخلی لوډ په مخاف لور عمل کوی

$$\Sigma \; F_Y = 0$$
$$-F_{AE}\,(3/5) + 6) = 0$$
$$F_{AE} = 10 \text{ kN tension} \swarrow$$



جاینټ E چک کوو

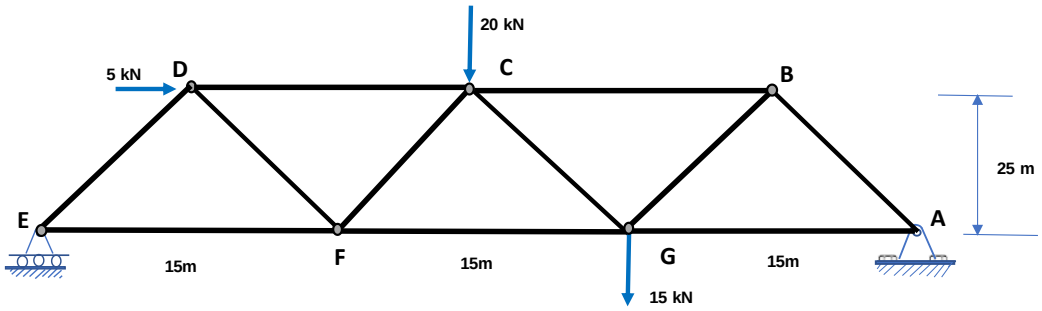
$$\Sigma \; F_X = 0$$
$$F_{ED} + 4/5\,(F_{EC}) - 4/5(F_{AE}) = 4+5(4/5) - 10(4/5) = 0$$

تعادل په ځای دی او پیدا شوی داخلی لوډونه صحیح دی.

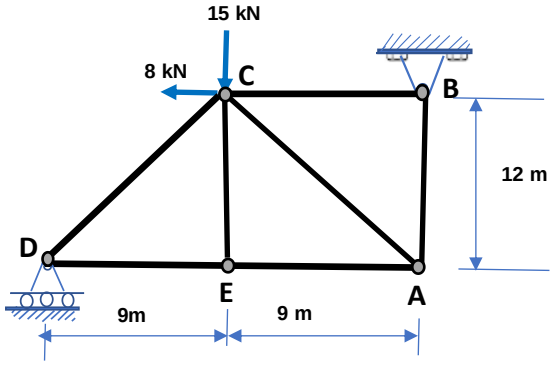
3.8 د تمرین سوالونه

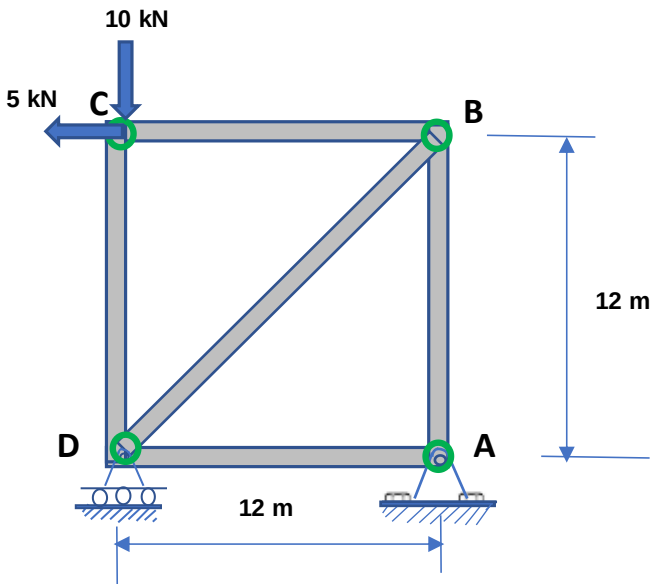
د لا ندی ټرسونو غړیو داخلی لوډونه پیدا کړی.

(1)

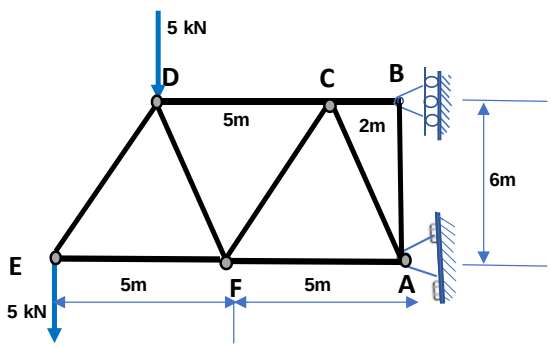


(2)

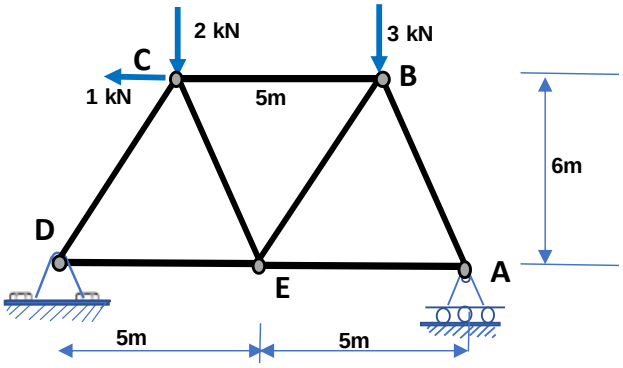




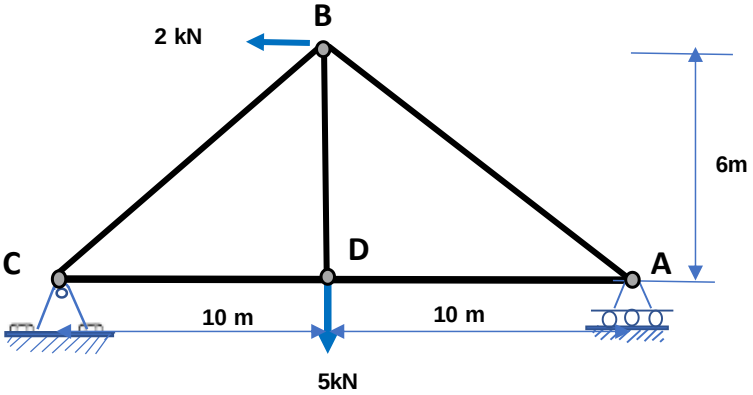
(3)



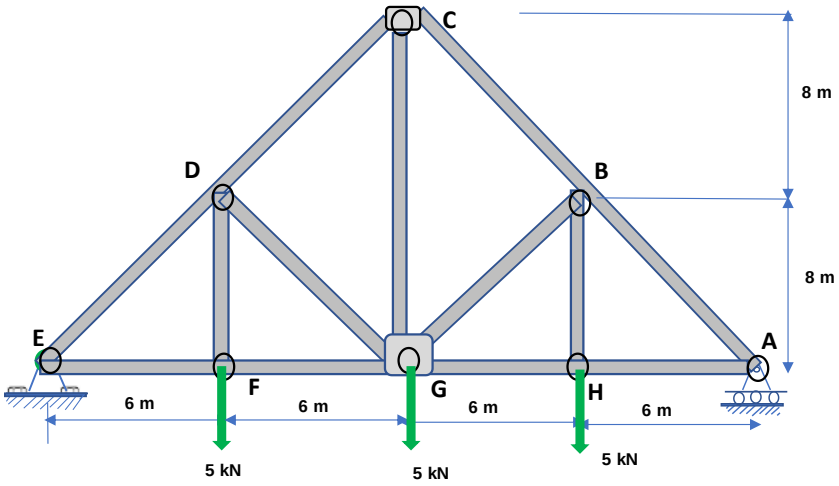
(4)


2 kN
3 kN
C
B
1 kN
5m
6m
D
E
A
5m
5m

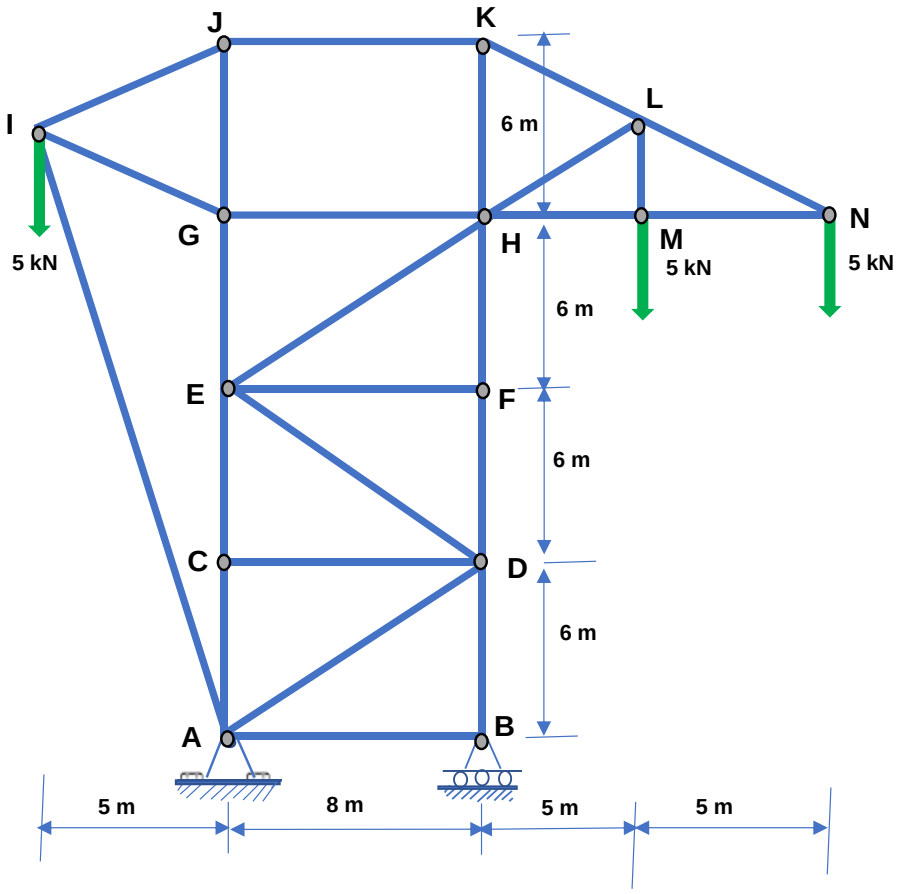
(5)


B
2 kN
6m
C
D
A
10 m
10 m
5kN

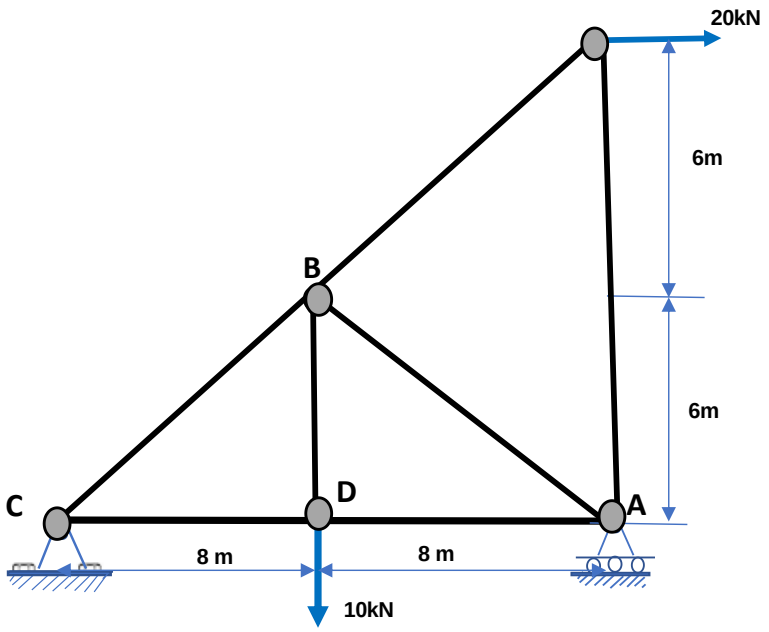
(6)


C
8 m
D
B
8 m
E
A
F
G
H
6 m
6 m
6 m
6 m
5 kN
5 kN
5 kN

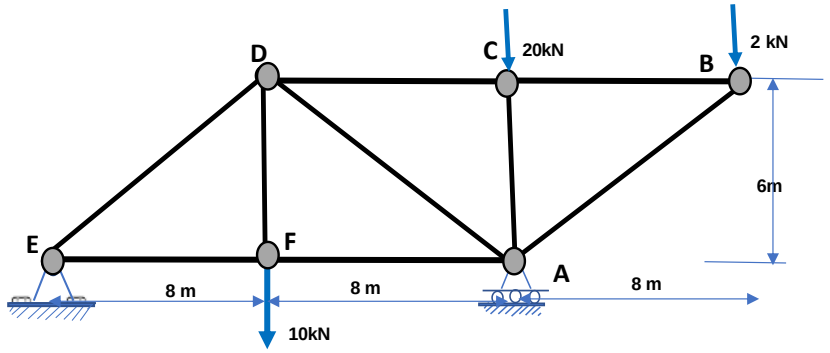
(7)



(8)



(9)



(10)

3.9 د ترس د غوڅیدو طریقه (Section Method)

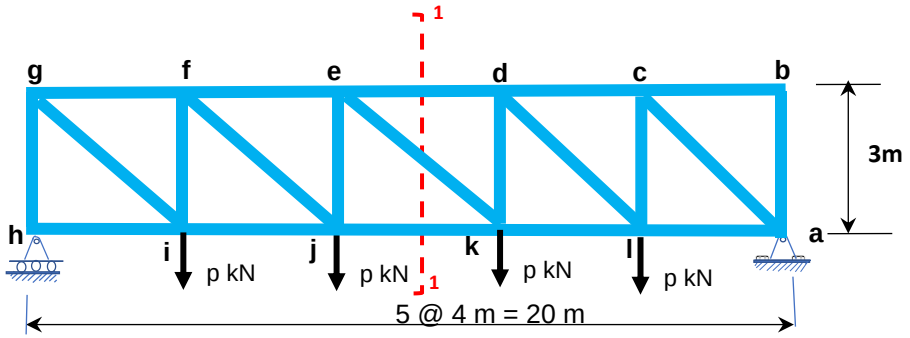
پدی طریقه کی د ترس یوه برخه له ټول ترس پری کیږی او کو پلنر سیستم جوړیږی د تعادل د معادلو په کاره ولو د غوڅوغړیو داخلی لوډونه چه غوښتل شوی، بی لدی چه د هر جاینت د غړیو داخلی لوډونه پیدا شی معلومیږی.ددی طریقی ښه والی له جاینت طریقی دادی چی پری شوی برخه کیدی شی دری نا معلوم غړی ولری ځکه د تعادل دری معادلی شتون لری.دا طریقه هلته ډیر ارزش لری چی که وغواړویوازی په معین غړیوکی لوډونه معلوم کړو.

د مثال په توګه دا لاندی ټرس وګوری:

3.10 مثال:

غواړو چه د ek, ed او jk غړیو داخلی لوډ پیدا کړو.

سطح 1-1 ټرس داسی پری کوی چه دا غوښتل شوی غړی jk, ed ، ek په کی قطع شی.



انځور 3.7 د ټرس ازاد ګرافیک دایګرام

د تحلیل لپاره اول به د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام او ایدیالایزیشن جوړ کړو، بیا به د ستاتیک تعادل او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه په a اوh کی پیدا کړو. د ټولو خارجی لوډونو او

ریکشنونو مجموعه په X او Y سطحه کی د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید ومنی.

د تعادل او ستیبلیتی معلومول:

$$\left.\begin{array}{l} n = 12 \\ b = 21 \\ r = 3 \\ r+b = 3 + 21 = 24 \\ 2n = 2\,(12) = 24 \\ 2n = r+b \\ 24 = 24 \end{array}\right\}$$

ترس سخت (rigid)، ستیبل او ستاتیکلی معلوم ده. د غړیو داخلی لوډونه د تعلدل معادلو په اساس پیدا کیدای شی.

د ریکشنونو پیدا کول په a او h کی :

$$\Sigma\ M_h = 0$$

$$R_{ay}\,(20) - p(16)-p(12)-p(8)-p(4) = 0$$

$$R_{ay} = (40p)/20 = 2p\ kN$$

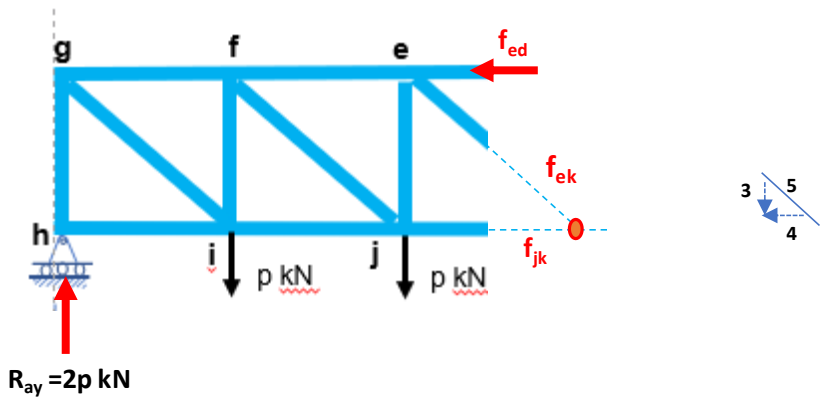
$\Sigma \; F_Y = 0$

$R_{hy} - 4p+2p = 0$

$R_{hy} = 2p$ kN

$\Sigma \; F_X = 0$

$R_{ax} = 0$



د پری کړی ترس کینې لوری د ازاد ګرافیک ډایګرام د لته ګورو. کړی شو ښي خوا وګورو

$\Sigma \; M_k = 0$

$2p\,(12) - p(8)-p(4)-f_{ed}(3) = 0$

$24p-12p-3\,f_{ed} = 0$

$f_{ed} = (12)/3 = 4$ p kN compression

په پورته حالت کی غړی ek جاینت k پر لور امتداد ورکوو او د هغه ویکتور له جاینت k تیریږی چی د مؤمنت معادله کی دغړی ed ارزښت پیدا شو. اوس غواړو دا پری کړی برخه د تعادل لپاره وګورو. د y په جهت تنها یو نا معلوم غړی ek دی.

$$\Sigma \; F_y = 0$$

$$-f_{ek}\,(3/5) + R_{ay} - p - p = 0$$

$$3/5\, f_{ek} = 2p - R_{AY} = 2p - 2p = 0$$

$$F_{ek} = 0$$

$$\Sigma \; M_e = 0$$

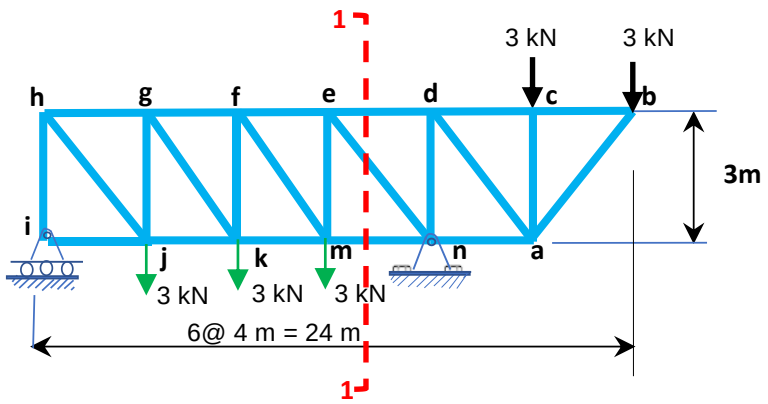
$$R_{ay}(8) - p\,(4) - (f_{jk}(3) = 0$$

$$12p - 3\, f_{ek} = 0$$

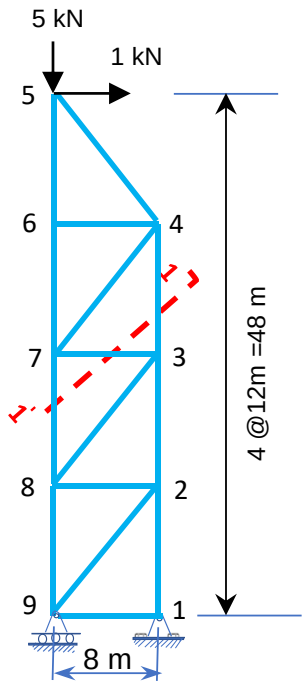
$$f_{jk} = (12)/3 = 4\,p \text{ kN tension}$$

3.11 پرکتس سوالونه

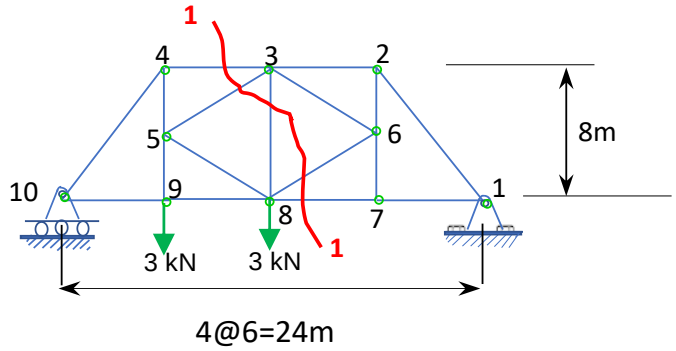
ددی لاندی ټره سونو داخلی قواوی د ټولو هغو غړیرو چه د سطح ۱-۱ پواسط غوڅشوی پیدا کړی.


1
3 kN
3 kN
h
g
f
e
d
c
b
3m
i
j
k
m
n
a
3 kN
3 kN
3 kN
6@ 4 m = 24 m
1

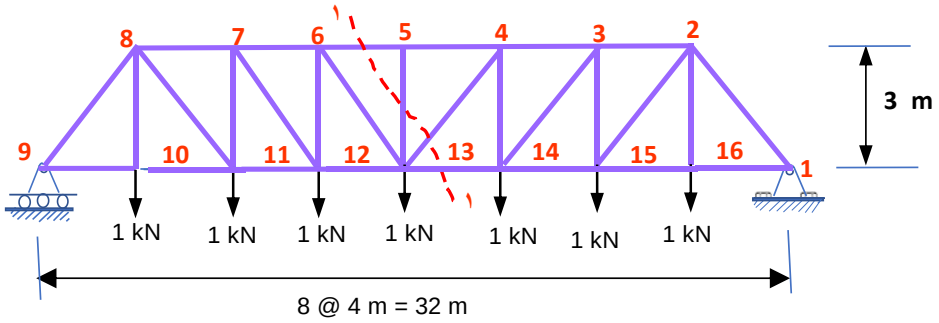
(1)


5 kN
1 kN
5
6
4
7
3
8
2
9
1
4 @12m =48 m
8 m

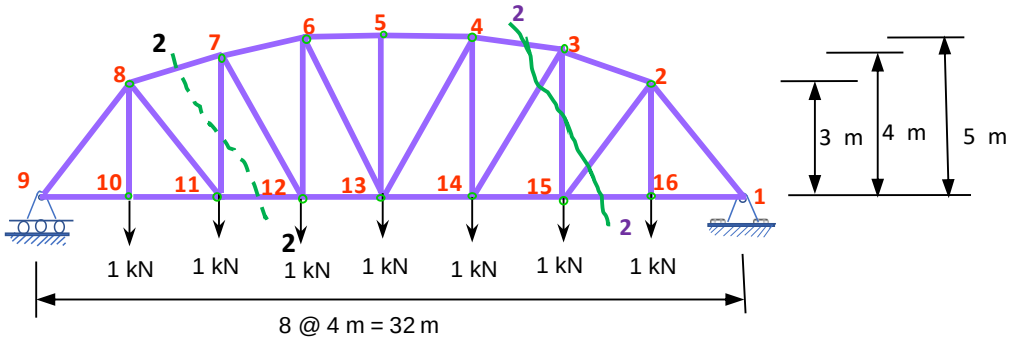
(2)


1
4
3
2
5
6
8m
10
9
8
7
1
3 kN
3 kN
1
4@6=24m

(3)


8
7
6
5
4
3
2
9
10
11
12
13
14
15
16
1
3 m
1 kN
1 kN
1 kN
1 kN
1 kN
1 kN
1 kN
8 @ 4 m = 32 m

(4)


2
7
6
5
4
2
3
8
2
9
10
11
12
13
14
15
16
1
2
2
3 m
4 m
5 m
1 kN
1 kN
1 kN
1 kN
1 kN
1 kN
1 kN
8 @ 4 m = 32 m

(5)

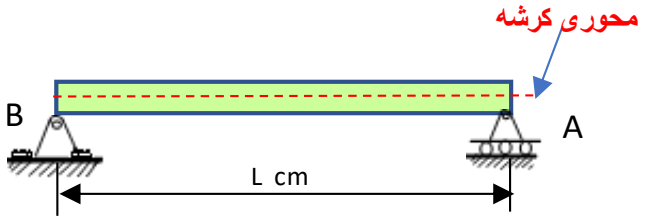
4
څلورم فصل
بیځایه کیدل
(Deflection)

4.0 تعریف- د جوړښت بی ځایه کیدل (Deflection)

د جوړښت یوه برخه یا په مجموعی توګه د ټول جوړښت خوځیدل له یوه ټکی نه بل ټکی ته بی ځایه کیدل (Deflection) ویل کیږی. بهرنی لوډ ، د جوړښت خپل وزن او یا داسی نورباروونه د بی ځایه کیدلو سبب ګرځیدی شی. بیم، ټرس ، فریم او هر ډول جوړښت بی ځایه کیدی شی. په عمومی توګه د بی ځایه کیدلو تحلیل لاری د انرژی میتود سره تړلیی دی او ارتباط نیسی . د برنولی خیالی کارتیوری (Virtual work theory of Bernoulli) ، .په بی ځایه کیدلوکی، د انځور تغیر ، تاویدل، او میلان (سلوپ) (deformation - deflection, displacement, rotation or slopes) ټول شامل دی.

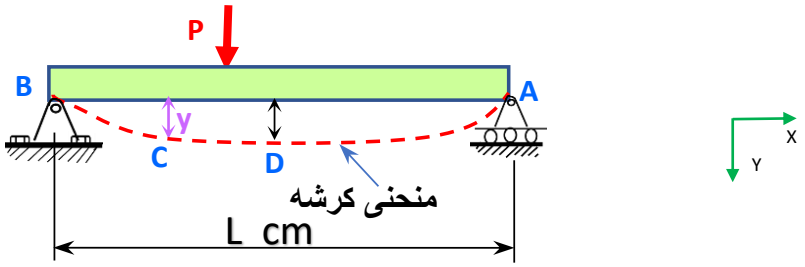
د مثال په توګه دا لاندی جوړښت یو بیم AB دی غواړو چی بی ځایه کیدل یی تعریف کړو .

په لاندي انځور 4.1 کی ګوروچی کوم بهرنی لوډ په بیم عمل ندی کړي، د بیم محوری کرښه AB یوه سیخه کرښه ده. د بیم د محوري کرښی ټول ټکي په خپل ځای پاتي دي.



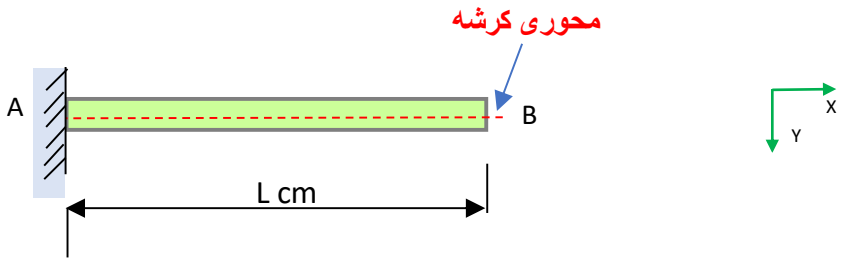
انځور 1 .4 په بیم بهرني لود عمل ندي کړي

په انځور 4.2 کی کله چه لوډ P عمل وکړی د بیم محوری سیخه کرښه AB کږه (منحني) کرښه ADCB شوي . د ټکي C نوی ځای په اندازه د y ټیټ شوي، او داسی نور ټکی هم بیځایه شوي او کږه (منحني) کرښه ADCB د ټولوبیځایه شویو ټکیواستازیتوب کوي.



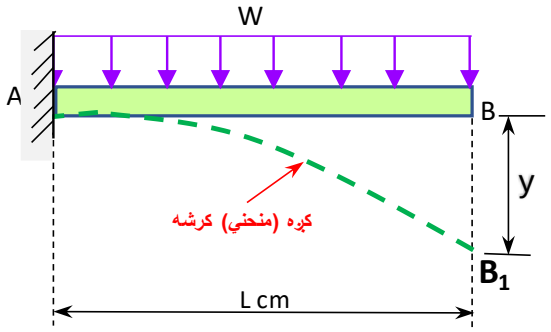
انځور 4. 2 په بیم بهرني لود عمل کړي

په دی بل لا ندی انځور کی ، په یوه کنتیلور بیم (AB) بهرني لوډ عمل ندي کړي محوري کرښه سیخه کرښه پاتی ده.



انځور 4. 3 په بیم بهرني لود عمل ندی کړي

کله چه ویشل شوی لوډ (w) عمل و کړی دبیم سیخه کرښه (AB) کږه AB_1 کرښه شویي.



انځور 4.4 په بیم بهرني لود عمل کړي

په انځور 4.4 کی ټکی B له اصلی ځای په اندازه د y بل ټکی B_1 ته لیږدول شوی. د مرکزی محور اصلی حالت سیخه کرښی AB د منحني کرښی (curve) AB_1 بڼه نیولی، څنګه چه ګورو د اصلی جوړښت هر ټکی نوي ځای ته خوځیدلی دی. هر ټکی په کږه کرښه، له A تر B_1 پوری د اصلی سیخی کرښی (محوری کرښی) AB بی ځایه کیدل یا ډ یفلکشن دی.

دا دواړه مثالونه مو چه ولیدل د بیم پلنر (planar) جوړښت دي. لوډونه، جوړښت، او بیځایه کرښه یی په یو سطح (x,y) کی موقعیت لری. پدی معنا کږه کرښه وروسته لدی چه د لوډ په واسطه جوړه شوه د اصلی کرښی استازیتوب کوی .

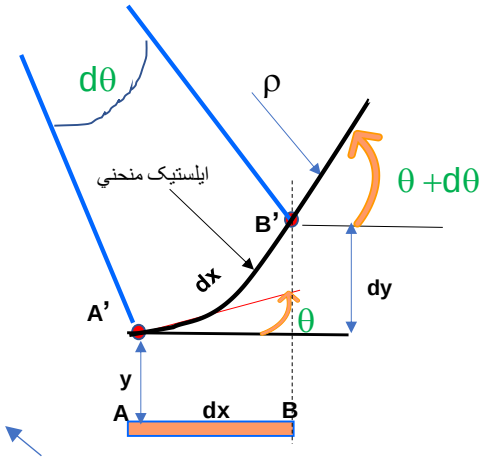
کله چی وزن یا لوډ پریو جوړښت عمل وکړی او یا دا چه د حرارت درجی تغیر و مومی جوړښت له اصلی ځایه بی ځایه کیدی شی. که چیری داخلی فشارونه (stresses) د موادو له ایلستیک (elastic) حد زیات نه وی د لوډ په لری کیدو جوړښت بیرته خپل اصلی حالت ته ورځی . دا نوع بی ځایه کیدل ایلستیک ډ یفلکشن (elastic deflection) یادیږی.

ځینی وختونه د جوړښت اتکا (support) بی ځایه شی او یا د جوړښت حجم لږ شی (shrink) دا هم په جوړښت کی بیځای کول راولی. دا ډول بی ځایه کیدل دایمی وی او نان ایلستیک (non elastic) بیځایه کیدل یادول کیږی.

د ډ یفلکشن یا بیځایکیدلو موندنه یا پیژندل خورا مهم او ارزښتناک دی، په خاصه توګه د هغه جوړښت لپاره چه ستاتیکلی نامعلوم (statically indeterminate) وی. او هم په ودانیو کی بیځای کیدل ددی لپاره چی پلستر شوی پیشتول درځ ونکړی اړوند دی او د جوړښت بی ځایکیدل ښایي چی وپیژندل شی.

4.1 دمؤمنټ او کږي (منحني) کرښې اړیکې

مؤمنټ او کږه کرښه (curve) د یو بل سره تړل شوی اړیکی لري او د دي معادلي په وا سطه لخوا ښودل شوی $1/\rho = d\theta/dx$. دلته ρ د کږی کرښي شعاع (radius) ده او (θ) د منحني زاویه ده.



یوه وړه برخه د بیم له محوری کرښې

انځور 4.5 په بیم بهرني لود عمل کړي

یوه وړه برخه dx د بیم له محوری کرښې AB ، په پورتنی انځور کی ښودل شوی، بیځایه کیدل یی ګورو. کږه کرښه A'B' فاصله د AB په شان dx ده. که چیری د A بیځایه کیدل y وی، د ټکی B بیځایه کیدل به y+ dy شی. دلته dy ډیر وړوکی بیځایه کیدل دی.

په پورتنی انځور کی مثلثاتی تړون ګورو $dy/dx= \sin\theta =\theta$ ، دلته زاویه ډیره وړه ده (ساین د زاویی د زاویی د ارزښت سره مساوی دی) او پدی حلت کی لیکلی شو $dx = \rho d\theta$ او ρ د د بیځایه شوی برخی د منحني شعاع ده.

کله چی ومووویل $1/\rho = d\theta/dx$ او که زاویه په دی معادله کی ځای پر ځای کړو $1/\rho = dy^2/dx^2$ په سترنت او متیریل (Strength of Material) کی ښو دل شوی د مؤمنټ او منحني تړل شوی اړیکی عبارت دی په :

$$1/\rho = (M)/(EI)$$

پدی معادله کی M مؤمنټ دی چی په بیم یی عمل کړی، E ماجولس ایلستیستی ، او I د مقطع د انرشیا مؤمنټ او ρ د منحني (curvature) شعاع (radius) ده.

څنګه مو چه د بیم په بحس کی وویل مثبت مؤمنټ دبیم پورته برخه په حالت کمپرشن کی راولی، په همدی کبله مثبت مؤمنټ منفی کږه کرښه جوړه وی، او منفی مؤمنټ مثبت کږه کرښه منځ ته راولی.

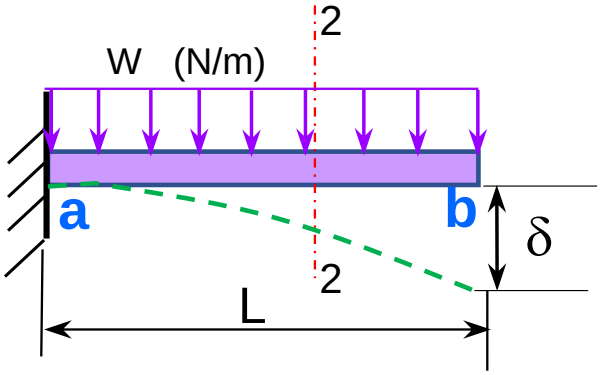
کله چه ټول یو ځای کړو $dy^2/dx^2=M/EI$ نو د ایلستیک منحني ډیفرینشل معادله ورځینی جوړیږی. .

دا پورتنی معادله داسی هم لیکلی شوو:

$$y'' = dy^2/dx^2 = M/EI \qquad (4\text{-}1)$$

4.2 اول مثال

دا لاندی انځور کی بیم ab ښودل شوی د ټکی b بیځایه کیدل پیداکوو:



انځور 4.6 مثال د کنتیلیور بیم دیفلکشن

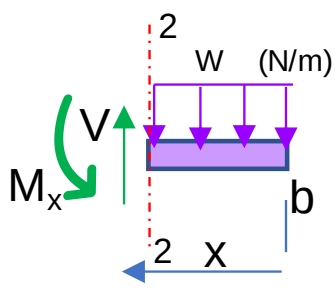
$dy^2/dx^2 = M/EI$

$y'' = d\,y^2/\,dx^2 = M/(EI)$

$y' = \int \frac{M}{EI}\,dx + c1$

$y = \iint \left(\frac{M}{EI}\right) dxdx + c1x + c2$

پورته د منحني کرښې معادله ده، ګورو (y) له فاصله (x) سره تړلي ارتباط لري. د (c1) او (c2) ارزښتونه کله چه سرحدي (boundary) شرايطه پدي معادله کې حساب شي پيدا کيږي. پدې انځور کې په مقطع 2-2 کې د منحنې مؤمنټ او ميلان معادلې په دې لاندې ډول پيدا کوو:



په مقطع 2-2 د تعادل له حالت :

$\Sigma M@x = 0$

$M_x - wx(x/2) = 0$

$M_x = wx\,(x/2) = wx^2/2$

د مؤمنټ معادله په پورتنۍ ديفرينشل معادله کې ځای په ځای کړو:

کله چه (x=L) ميلان (سلوپ) صفر دی او کولای شو چه (c1) پيدا کړو.

$$y' = \int_0^L [(\frac{wx^2}{2})/(EI)]\, dxdx$$

$$= [\, wx^3/(6)/EI \,] + c1$$

په اتکا کی (x=L) سلوپ (y') صفر دی (y' =0)

$$y' = 0 = [\, wx^3/(6)/EI \,] + c1$$

$$C1 = -\, wL^3/(6EI)$$

$$\boxed{y' = wx^3/(6EI) - wL^3/(6EI)}$$

کله چه (x=L) د بیم بیځایه کیدل صفر دی او کولای شو چه (c2) پیدا کړو.

$$y = [\, wx^4/(24EI) - wL^3/(6EI)x + c2$$

$$C2 = +3wL^4/(24EI) = +wL^4/(8EI)$$

د C1 او C2 ارزښتونه په دی معادله کی ځای په ځای کوو.

$$y = \iint \left(\frac{M}{EI}\right) dxdx + c1x + c2$$

$$y = (1/EI)[wx^4/24 - wL^3x/6 + wL^4/8]$$

Or

$$y = \frac{w}{(24EI)}[(x^4 - 4L^3x + 3L^4]$$

دلته په عمومی ډول څلور متحوله (variables) شتون لری چه په بی ځایه کیدلو اثر کوي. دا څلور متحوله عبارت دی له:

لوډ (w)- چی څومره لوډ په جوړښت عمل کړی.

د جوړښت اوږدوالی (L) د اتکاوو په مابین (واټن) کی

د جوړښت مواد چی په الیستیسیټی ماجولس ښودل شوی (E)

د جوړښت مقطع (cross section) چی د انرشیا مومنټ په بڼه ښودل شوی (I).

4.3 د جوړښت بی ځایکیدو معلومول

د جوړښت د بی ځایه کیدو معلومولو لپاره دا لاندی طریقی استعمالیږی:

خیالی کاریا ورچول ورک (virtual work) طریقه - دا طریقه د هر ډول جوړښت لپاره استعمالیږی او د اینتیګریشن په طریقه هم یا دیږی.

د مومنت ساحی طریقه (moment area method) . دا طریقه د بیم او فریم لپاره د استعمال وړ ده، خصوصا که د یوه ټکی بیځایه کیدل وغوښتل شی.

کاستیګلایانو دوهم فرضیه(Castigliano's second theorem). دا طریقه هم د هرډول جوړښت لپاره استعمالیدی شی.

د پورتنیو طریقو تفیصل به له مثالونوسره پدی فصل کی وړاندی شی.

4.4 خیالی کار یا ورچول ورک (Virtual Work) کړنلا ره (طریقه)

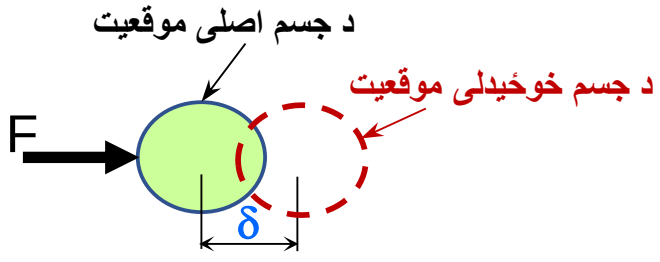
که چیری بهرني لوډونه او جوړښت په حالت د تعادل کی وی، د جوړښت داخلی لوډونه او یا فشارونه (stress) هم په حالت د تعادل کی باید وی. کله چه په یو جوړښت لوډ عمل کړی جوړښت بی ځایه کیږی، دا بی ځایه کیدل او لوډ ، د فزیک له اړخه، کار سرته رسوی. بهرني لوډ خارجی کار او دجوړښت داخلی فشارونه داخلی کار کړی، په داسی حال کی چی جوړښت په داخلی تعادل کی دی.

د جوړښت د بی ځایه کیدو تحلیل تګلاره داده چه اول ریکشنونه، فشارونه،اوبیا یی بی ځایه کیدل پیدا شي. د هغه جوړښتونه چی ستاتیکلی معلوم ندی د بیځایه کیدلو موندل پکښی خورا مهم او ضروری دی.

4.5 د خیالی کار یا ورچول ورک کړنلاری تفصیل

دلته کار د فزیک له اړخه څیړل کیږی لکه د کار تعریف په فزیک کی: کله چه یوه قوه یا لوډ په یو جسم عمل وکړی اوجسم بیځایه شی ویلای شو هغه لوډ چه د بی ځایکیدلو سبب کرځیدلی کاریي کړی .

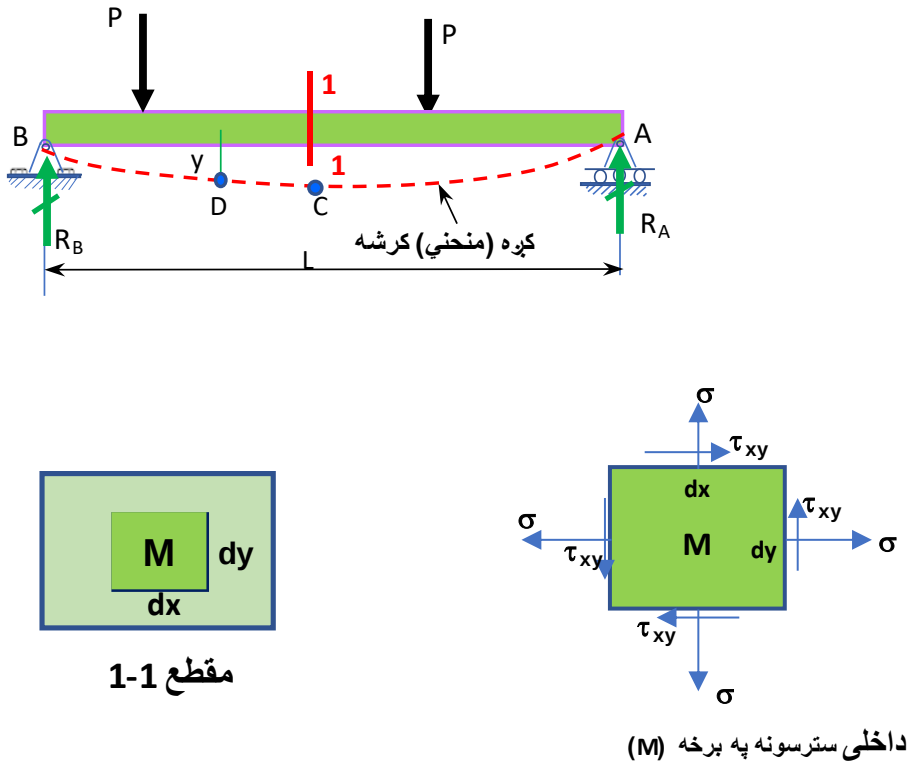
پدی معنی کار = لوډ ضرب د فاصلی



$$W = F\,x$$

خیالی کار پدی معنی چه ټول مقدارونه یا اندازی فرضی دی اصلی بڼه نلری. خیالی بی ځایه کیدل یو تصوری یا خیالي بی ځایه کیدل دي، اصلی بی ځایه کیدل ندی. هغه کار چه اصلی لوډونو د خیالی بیځایه کید لو په واسطه وکړي په نامه د خیالی کار (Virtual Work) یادیږی.

د مثال په توګه په دی لاندی جوړښت دوه تمرکزی لوډونو((P) عمل کړی . دی لوډونو او ریکشنو جوړښت په حالت تعادل کی ساتلي. هره وړه برخه د دی جوړښت هم په تعادل کی ده.



انځور **4.7** مثال د بیم دیفلکشن

دا جوړښت چه لوډونو (p) او ریکشنو R په تعادل کی ساتلی، که چیری یو ډول وړوکی خیالی تغیر د انځور (displace) ورکړل شی ، لوډونه چی شتون لری، به هم ددی خیالی تغیر د انځور سره یو ځای سپاره حرکت کوی. یوه وړوکی برخه M (dx, dy) د جوړښت په مقطع (1-1) ګوروچی تغیر د انځور یی کړی. دا وړه برخه د بهرنی لوډ له کبله هم بیځایه شوی او خیالی کاریی کړی. که چیری د لوډ (p) دا خیالی کار په (dW_e) یاد کړو، داخلی M برخه چه د سترسونو اویا داخلی لوډونو سره بی ځایه او تغیر د انځور یی موندلي داخلی کار به یی (dW_i) وټاکو.

جوښت په حلت د تعادل کی دی مجموعه دکار هم تعادل ساتلی.

$$dW_e - dW_i = 0$$

$$dW_e = dW_i \qquad (4\text{-}2)$$

دا معادله په دی معنی چی خارجی لوډونو چه په جوړښت عمل کړی خیالی کار ګڼل کیږي .

که چیری موږ د غونډ جوړښت کار محاسبه او انتیګریت یی کړو پورتنی معادله د غونډ جوړښت هغه ټول خیالی کار چه خیالی لوډ او اصلی لوډونو په جوړښت کړی په دی لاندی ډول ده:

$$\int dW_e = \int dW_i \qquad (4\text{-}3)$$

پدی معنی چه ټول داخلی کار مساوی دی په ټول بهرنی کار

$$W_{ext} = W_{int}$$

4.6 د خیالی کارد فرضیی لنډ یز

هخه جوړښت چه د خارجی لوډونو اوریکشنونو سره په تعادل کی وی، که جوړښت یو خیالی تغیر د انځور ومومی اوپه حالت د تعادل کی پاتی شی ، پدی حالت کی هعه بهرنی خیالی کار چه خارجی لوډونه یی اجرا کړی مساوی دی په داخلی خیالی کار چه داخلی قواوی په وخت دخیالی بیځایه کیدلو له کبله کړی.

ټول بهرنی کار چه خارجی لوډونو په جوړښت کړی = داخلی کار چه د جوړښت داخلی لوډونو کړی

دا خورا مهم واقعیت د خیالی کار (ورچول ورک) دی. که چیری یو جوړښت چه د خارجی لوډونو په حالت کی تعادل ولری او جوړښت ته ډیر کوچنی خیالی تغیر د انځور ورکړل شی هخه کار چه خارجی لوډونه به یی وکړی مساوی دی په خیالی کار چه داخلی لوډونه یا سترسونه به یی و کړی.

خارجی کار په واسطه د خارجی لوډونوچه په جوړښت عمل کړی اجرا کیږی. کله چه جوړښت خیالی تغیر د انځور نیسی په دی وخت کی اصلی لوډونه هم په جوړښت شتون لری پس خیالی کار په جوړښت تحمیل کیږي چه دا کار مساوی دی په لوډ یا قوو ضرب د جوړښت حرکت یا تغیرد انځور.

په عمومی توګه که نارمل قوه(N)، مؤمنټ(M)، شیر(V)، او تورک (T) د یوه جوړښت په یو عضو(حصه) عمل و کړی داخلی کار عبارت دی:

$$N(d\delta)+ Md\theta +Vd\lambda + Td\phi$$

او مجموعه د داخلی کار داسی پیدا کیږی:

$$W_{\text{داخلی}} = \int N(d\delta)+ \int Md\theta + \int Vd\lambda + \int Td\phi \qquad (4\text{-}4)$$

په معادله (4-4) کی متحولونه عبارت دی له:

N= نارمل قوه
d= بیځایه کیدل د N په لور
M= مؤمنت
θ= تاویدونکی بیځایه کیدنه
V= شیر قوه
λ= بیځاه کیدنه د شیر له امله
T= تاویدونکی تورژن قوه
ϕ= د تورژن تاویدونکی بیځایه کیدنه

دا طریقه د هر نوع جوړښت سره استعمالیدی شی.

4.7 د داخلی او بهرنی خیالی کار معادلی

د مثا ل په توګه که چیری د یوه ټکی بیځایه کیدل په یوه جوړښت کی په هغه لورچه لوډ (P) عمل کړی، (δ) وټاکو او بیا د جوړښت د ټولو ټوټو تاثیر یو ځای کړو مجموعه د کارپه جوړښت کی په لاندی ډول ده:

$$W_e = P_1\delta_1 + P_2\delta_2 + P_3\delta_3 + \ldots\ldots\ldots$$

$$W_e = \Sigma P\delta \qquad (4\text{-}5)$$

4.8 بیم او تراس بیځایه کیدلو معلومول

په عمومی توګه د جوړښت بی ځایه کیدل پدی لاندی ډول پیدا کیږی.

$$W_e = \int F_p e ds + \int (M_p M_q / EI)\, ds \qquad (4\text{-}6)$$

دلته M_p = د بهرنی لوډ مؤمنټ

M_q= د خیالی لوډ مؤمنټ

E = د جوړښت د موادو ایلستیستی ماجولس

I = د جوړښت د مقطع د انرشیا مؤمنټ

Fp = د تراس غړی بهرنی لوډ له کبله

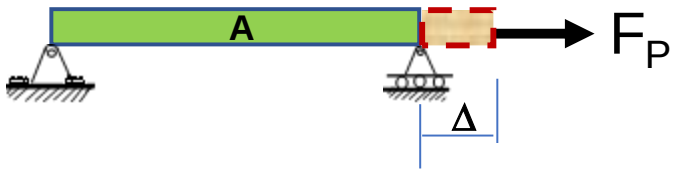
e = داخلی ټکی سترین

F_q = غړی داخلی خیالی لوډ

ds= فاصله

4.9 د تراس خیالی کار

د ترس لپاره ټول خیالی کار پدی ډول پیدا کیږی



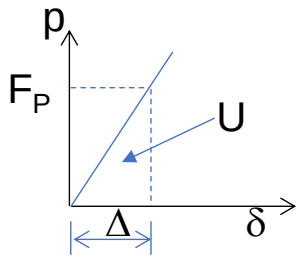
انځور 4.8 د تراس یو غړي

په پورتنی انځور کی A د تراس یو غړی دی اود داخلی لوډ له کبله په اندازه د Δ بیځایه شوی. دلته د بیځایه کیدو اندازه یی $\Delta = F_P L/AE$ او داخلی ذخیره شوی انرژی د غړی U پدی ډول ده

$$U = ½(F_P \times \Delta)$$

$$= ½(F_P)(PL/AE)$$

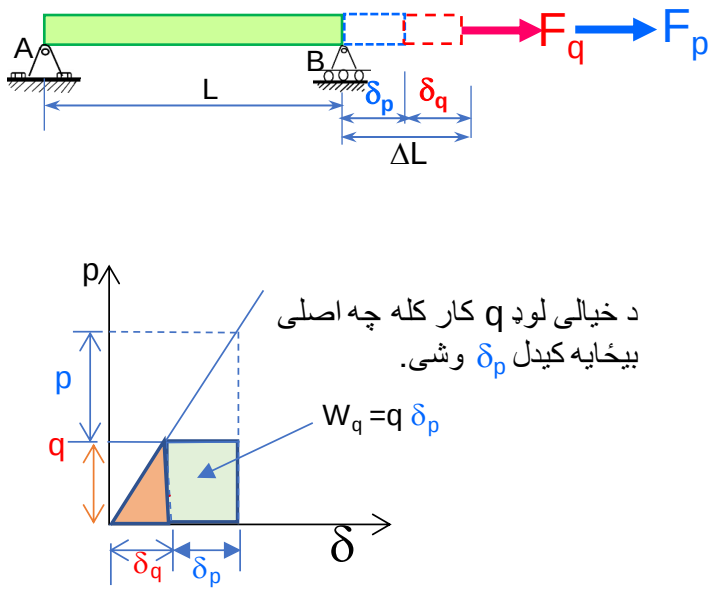
$$= ½(F_P^2 L/AE)$$



انځور 4.9 د دیفلکشن او لود

4.10 د تراس د غړی خیالی کار

یو خیالی لوډ F_q د تراس په غړی عمل کړی. بیا اصلی بهرنی لوډ F_P وربانده اضافه کوو. دلته هغه کار چه خیالی لوډ کړی $W_q = F_q \delta_p$.

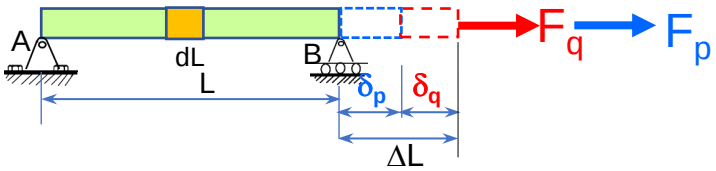


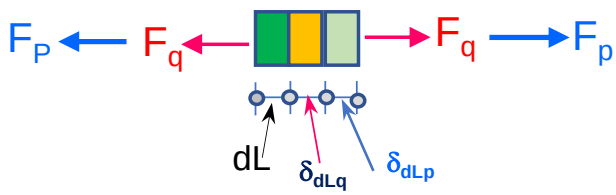
انځور 4.10 د خیالی او اصلي لوډونو ډفلیکشن

4.11 د ترس غړی خیالی سترین انرژی (U_q)

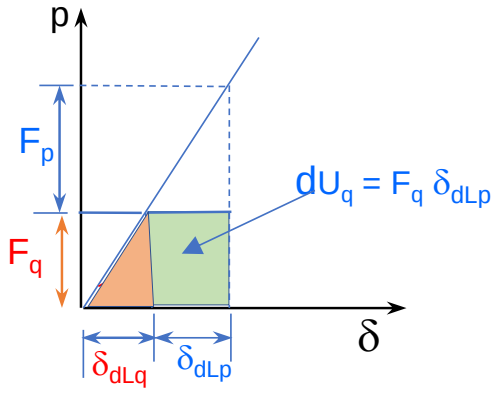
یوه وړه ټوټه dL د تراس غړی AB ګورو. دا وړه ټوټه د لوډ له امله بیځایه کیږی.

یوه حصه یي δ_q د F_q لوډ له کبله، او بله برخه یي δ_p د بهرنی لوډ F_p له کبله.





انځور 4.11 د دیفلکشن او لوډونو اړیکي



(F_P) داخلی قواوی د بهرنی لودونو p له امله

(F_q) داخلی قواوی د خیالی لود (q) له امله

د تراس غړی خیالی سترین انرژی U_q

$$U_q = \int_0^L F_q\ \delta_{dLp} \qquad (4\text{-}7)$$

F_q د ترس غړی لوډ د خیالی لود (q) له امله

$$\delta_{dLp} = (F_p dL)/(AE)$$

سترین انرژی د تراس غړی

$$U_q = \int_0^L (F_q\ F_p dL)/AE$$

د انرژی ساتنی قانون په اساس

$$W_q = U_q$$

که د ټرس د غړی ساحه ، مواد او داخلی لوډ یی ثابت وی پدی حالت کی:

$$q\delta_q = \int_0^L (Fq\ F_p dL)/AE = F_q F_p/(AE) \int_0^L dL$$

دا د ټرس په غړیو کی دداخلی لوډ پیداکولو فورمول دی.

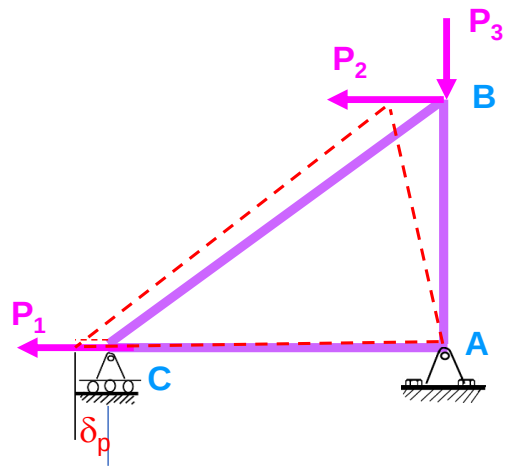
$$\boxed{q\ \delta_q = (F_q F_p L)/(AE)}$$

په عمومی توګه د q ارزش یو واحد لوډ نیول کیږی.

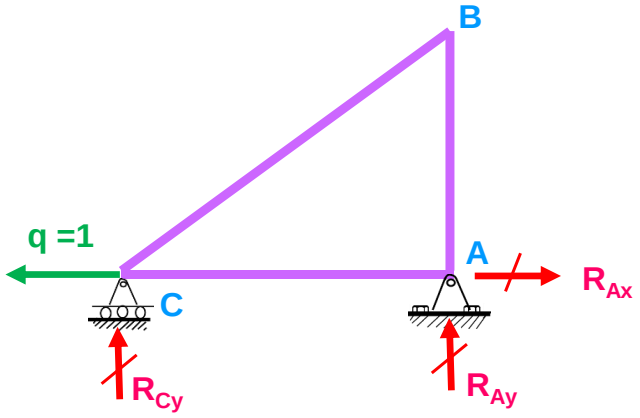
4.12 مثال

دی لاندی انځور کی په ټرس جوړښت ABC بهرنی لوډونو (P_1, P_2, P_3) عمل کړی، غواړو د ټرس جوړښت جاینټ C بیځایه کیدل د X په لور پیدا کړو.

د هر غړی مقطع A ماجولس یی E او اوږدوالی یی L دی.



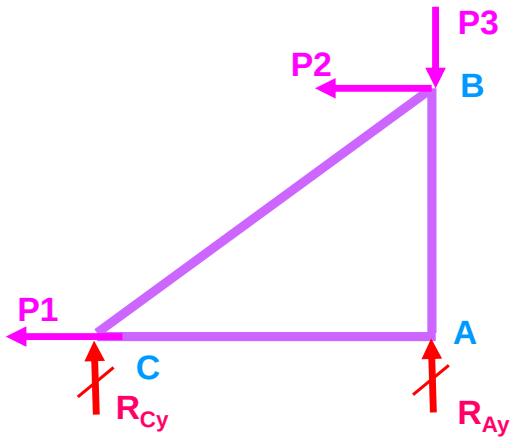
د تحلیل لپاره اول یو واحد لوډ په هغه جوینت چه بیځایه کیدل یی غوښتل شویی ځای په ځای کوو. دا یو واحد لوډ د تراس په غړیو کی داخلی خیالی لوډونه جوړه وی. جوړښت باید په تعادل کی وی. د تراس غړیو مؤمنټ صفر دی. تراس جوړښت کی ګورو د جوینت C بیځایه کیدل غوښتل شویی په خیالی سیستم کی q لوډ تنها یو واحد اندازه لری .



د جاینټ له طریقی د غړیو داخلی لوډونو پیداکولو لپاره کار اخلو. د ټرس جوړښت په تعادل کیدی ، هر یوغړی باید په تعدل کی وی. د تعادل له معادلو کار اخلو او نا معلوم ریکشنونه پیدا کوو.

هغه خیالی کار W_q چه خیالی لوډ q به یي وکړی

$$W_q = q\delta_p$$



داخلی لوډونه د ټرس په غړیو کی سبب د کشش یا ټیل وهلو کیږی. د هر غړی بیځایه کیدل پدی ډول پیدا کیدای شی

$$\Delta L_{Pi} = F_{Pi} L_i/(A_i E_i) .$$

دلته E د غړی د موادو ماجولس دی، L د ټرس غړی اوږدوالی، n د ټرس غړیو شمیراو A د هر غړی د مقطع سطحی مساحت دی.

خیالی سترین انرژی د هر غړی په لاندی ډول پیدا کیدای شی:

$$U_{qi} = F_{qi}\, \Delta L_{Pi} = F_{qi}\, F_{pi}\, L_i/(A_i\, E_i)$$

خیالی سترین انرژی د غونډ تراس داسی پیدا کیږی

$$U_q = \sum_{i=1}^{n} F_{qi} (F_{pi} L_i)/(A_i E_i) \qquad (4\text{-}8)$$

د تراس خیالی کار : $W_q = U_q$

د تراس اصلی بیځایه کیدل:

$$q\delta_P = \sum_{i=1}^{n} F_{qi} (F_{pi} L_i)/(A_i E_i) \qquad (4\text{-}9)$$

خیالی لوډ

4.13 د ټرس تحلیل تګلاره:

اول د بهرنی لوډ P لپاره د تراس د هر غړی داخلی لوډونه F_{Pi} پیدا شی. دوهم یو واحد لوډ په هغه لور او ټکی کی چه بیځا یه کیدل غوښتل شوی ځای په ځای کړو او د ټولو غړیو لوډونه د جاینټ یا سیکشن په طریقه د یو واحد لوډ لپاره پیدا کوو. وروسته د خیالی کار داساساتو په لړکی δ_P پیدا کیدای شی.

د تراس غړیو داخلی لوډونه د اصلی لوډ له کبله :

$$q\delta_P = \sum_{i=1}^{n} F_{qi} (F_{pi} L_i)/(A_i E_i) \qquad (4\text{-}10)$$

د غړیو داخلی لوډونه د خیالی لوډ له کبله

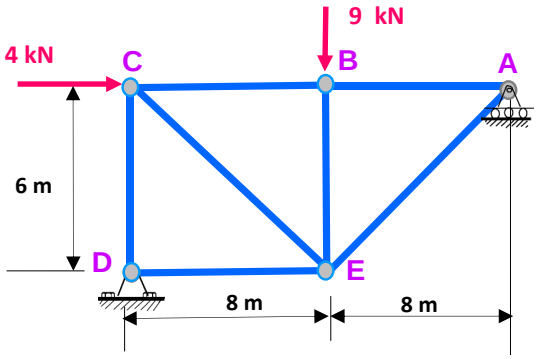
په عمومی توګه ویلای شو په هر لور چه بیځایه کیدل غوښتل کیږی یو واحد لوډ په همغه ټکی کی د بیځایه کیدو په لورعمل کوی. په مثال کی به دا تفیصل واضح کړو.

4.14 مثالونه

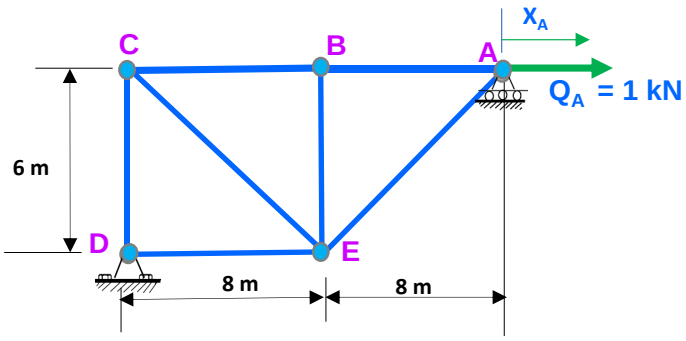
4.14.1 اول مثال

په ټرس جوړښت (ABCDE) بهرنی لوډونه عمل کړی، غواړو د تراس جوړښت جاینټ A بیځایه کیدل د X په لور پیدا کړو.

د حل لپاره ټرس به په دو سیستمونو کی تحلیل کړو، اصلی سیستم چه بهرنی لوډ په ټرس عمل کړی او خیالی سیستم چه یوه واحد لوډ د بیځایه کیدو په لور عمل کړی.



تراس جوړښت په اصلی سیستم کی



تراس جوړښت په خیالی یا ورچول سیستم

انځور 4.11 د بیځایه کیدل پیداکولو مثال

د تعادل او ستیبلیتی معلومول

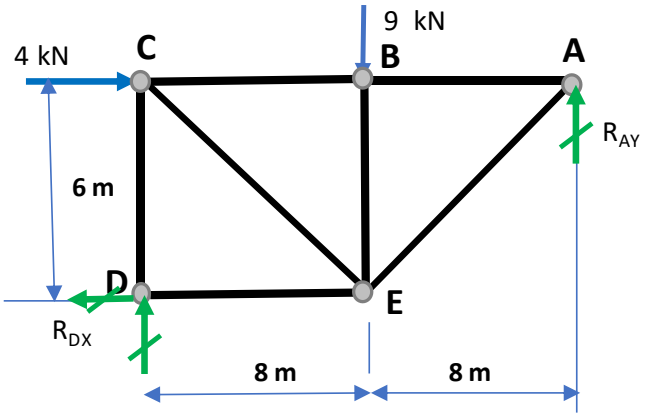
$$\left.\begin{array}{l} r = 3,\ b = 7,\ n = 5 \\ r + b = 10 \\ 2n = 2 \times 5 = 10 \\ r + b = 2n \end{array}\right\}$$

دلته وینو چه $r+b=2n$ دی، تراس ستاتیکلی معلوم ، د غړیو داخلی لوډونه د تعادل معادلوپه واسطه پیدا کیدی شی.

د جوړښت گرافیک دایگرام او ایدیالایزیشن به جوړ کړو, بیا به د ستاتیک تعادل او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه، د بهرنی او خیالی لودونو له کبله ، په اتکا A اوD کی پیدا شی. د ټولو بهرنی لوډونو او ریکشنونو مجموعه په X او Y سطحه کی د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید پوره کړی.

د اتکا وو ریکشنونه معلوموو او وروسته د ټولو غړیو داخلی او بهرنی لوډونه د اصلی او خیالی جوړښت پیدا کوو.

کله چی ریکشنونه پیدا شول داخلی لوډونه په هر غړی د تراس کی پیدا کوو. د غړیو لوډو پیدا کولو لپاره د جاینټ او یا سیکشن له طریقی کار اخیستل کیدای شی.



انځور **4.12** د ترس جوړښت گرافیک دایگرام

د اتکا A او D ریکشنونه

$$\Sigma \; M_D = 0$$

$$R_{AY}\,(16) - 9(8) - 4(6) = 0$$

$$R_{AY} = 6 \text{ kN}$$

$$\Sigma \; F_x = 0$$

$$R_{Dx} = 4 \text{ kN}$$

$$R_{DY} = 9 - 6 = 3 \text{ kN}$$

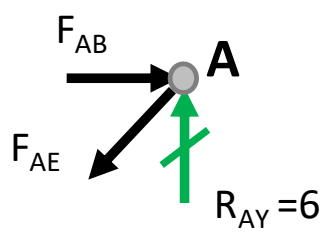
د جاینټ له طریقی کار اخلو او د غړیو داخلی لوډونه پیدا کوو. داسی جاینټ باید انتخاب شی چه دوه یا لږ نا معلوم غړی ولری.

Joint A

$$\Sigma \; F_y = 0$$

$$-F_{AE}\,(3/5) + R_{Ay} = 0$$

$$F_{AE} = 10 \text{ kN}$$



$F_{AE} = 10$ kN تینشن

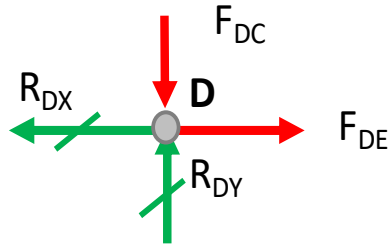
$$\Sigma \; F_x = 0$$

$$-F_{AE}\,(4/5) +$$

$$F_{AB} = 0$$

F_{AB} = -8 kN comp

Joint D

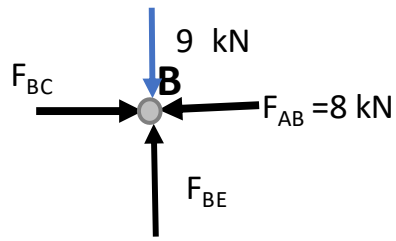


$\Sigma\ F_Y = 0$ +

F_{DC} = 3 kN Comp

F_{DE} = 4 kN tension

Joint B



$\Sigma\ F_Y = 0$ +

F_{BE} = 9 kN Comp

$\Sigma\ F_x = 0$ +

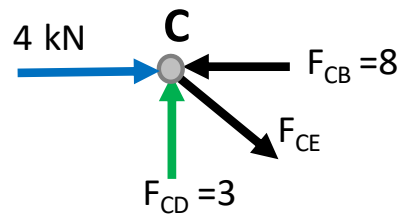
F_{BC} = -8 kN Comp

Joint C

$\Sigma \; F_x = 0$ $\xrightarrow{+}$

$-8 + (4/5)F_{CE} + 4 = 0$

$F_{CE} = 5kN$ Tension $\longrightarrow$

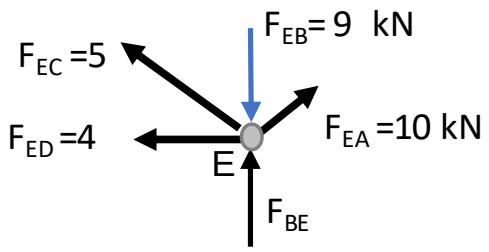


Joint E Check:

Joint E

$\Sigma \; F_x = 0$ $\xrightarrow{+}$

$-4 - 5(4/5) + 10(4/5) = 0$



خیالی سیستم کی:

د توازن حالت لپاره د تعادل معادلی استعمالیدی شی.

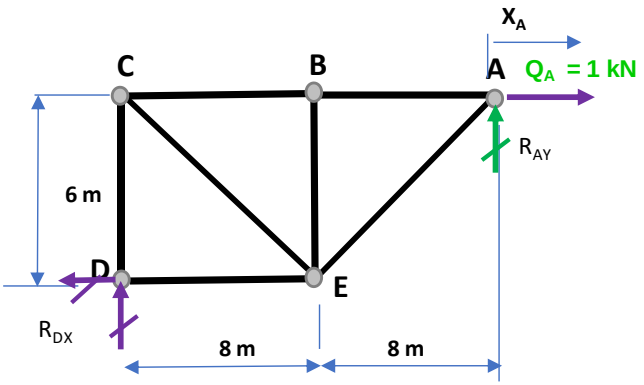
$\Sigma \; M_D = 0$ $\overset{+}{\circlearrowleft}$

$R_{AY}(16) - 1(6) = 0$

$R_{AY} = 0.38$ kN

$\Sigma \; F_x = 0$ +

$R_{Dx} = 1$



انځور 4.13 خیالی لوډ په ترس

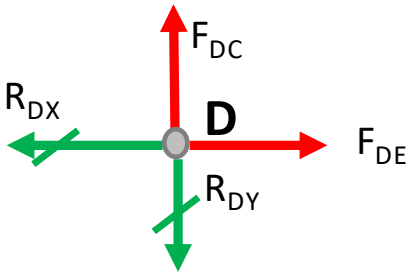
$\Sigma \; F_y = 0$

$R_{DY} = 0.38$ kN

Joint D

$\Sigma \; F_Y = 0$

$F_{DC} = 0.38$ kN ten



$\Sigma \; F_x = 0$

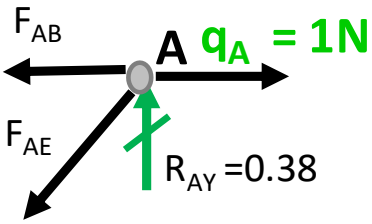
$F_{DE} = 1$ kN ten

Joint A

+

$\Sigma \; F_y = 0$

$-F_{AE}\,(3/5) + R_{Ay} = 0$



$F_{AE} = 0.63$ kN تینشن

$\Sigma\ F_x = 0 \xrightarrow{+}$

$F_{AB} = 0.5$ kN

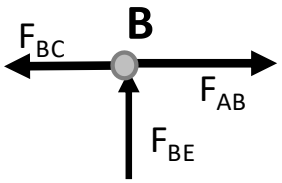
Joint B

$\Sigma\ F_Y = 0 \uparrow +$

$F_{BE} = 0$ kN

$\Sigma\ F_x = 0 \xrightarrow{+}$

$F_{BC} = 0.5$ kN Ten



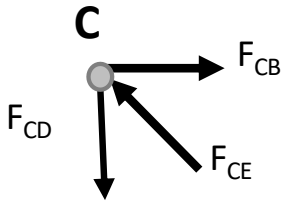
Joint C

$\Sigma\ F_Y = 0$

$F_{CE} = -0.63$ comp kN

$\Sigma\ F_x = 0 \xrightarrow{+}$

$F_{CB} = 0.50$ kN ten



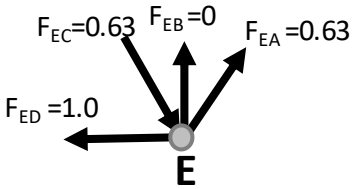
Joint E Check

$\Sigma\ F_Y = 0$

$-0.63(3/5)+0.63(3/5) = 0$

$\Sigma\ F_x = 0 \xrightarrow{+}$

$-1+0.63(4/5)+0.63(4/5) = 0$



د دی جاینټ چک ثابته کړه چه پیدا شوی داخلی لوډونه او ریکشنونه صحیح دی.

د ټرس د غړیو داخلی لوډونو پایلی په لاندي جدول کښي

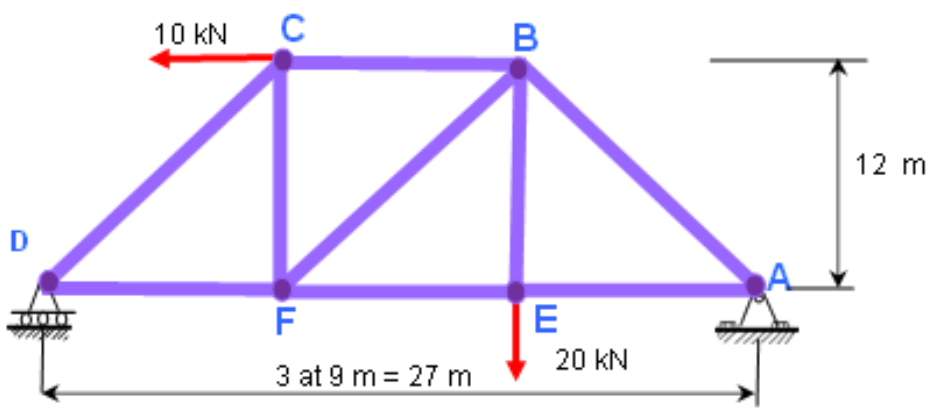
	$(F_Q*F_P*L)/AE$	e_i (F_Q) غړی لوډ د واحد لوډ په نقطه د بیځایکودو	L_i	A_i	داخلی لوډ دبهرنی لوډ له کبله (F_P)	غړی	جوینت
1	-32	0.5	8	1	-8	AB	A
2	62.5	0.625	10	1	10	AE	
3	0	0	6	1	-9	BE	B
4	-32	0.5	8	1	-8	BC	
5	31.25	0.625	10	1	5	CE	C
6	-6.75	0.375	6	1	-3	CD	
7	32	1	8	1	4	DE	D
	55					$\Sigma(F_Q*F_P*L)/AE$	مجموعه

$$1\delta = 55/AE$$

$$\delta_A = 55/AE$$

4.14.2 دوهم مثال

په دی مثال کی غواړو د ټرس د اتکا D بیځایه کیدل پیدا کړو. په ټرس جوړښت دوو بهرني لوډونو عمل کړي.



انځور **4.14** د ټرس اتکا بیځایه کیدل

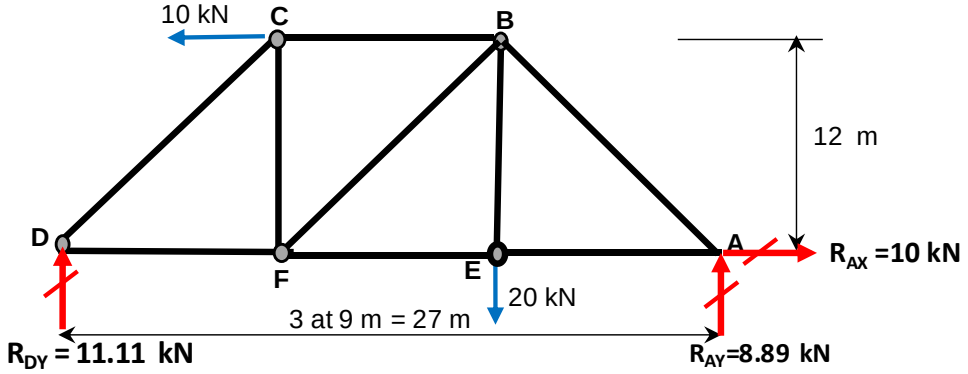
د تعادل او ستیبلیتی معلومول

$$\left.\begin{array}{l} r = 3,\ b = 9,\ n = 6 \\ r + b = 12 \\ 2n = 2 \times 6 = 12 \\ r + b = 2n \end{array}\right\}$$

ترس ستاتیکلی معلوم او د غړیو داخلی لوډونه د تعادل معادلوپواسط پیدا کیدی شي.

د تحلیل لپاره اول د جوړښت آزاد ګرافیک دایګرام او ایدیالایزیشن جوړه وو بیا به د ستاتیک تعادل او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه د اتکا A اوD په اصلی او خیالی سیستم کی پیدا شی. د ټولو خارجی لوډونو او ریکشنونو مجموعه د X او Y په سطحه کی د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید ومنی.

په ټولو غړیو کی داخلی لوډونه د اصلی او خیالی جوړښت پیدا کړو. او پایلی یی په جدول کی ځای په ځای کړو.



انځور **4.15** د ترس ګرافیک دایګرام ایدیالایزیشن په اصلی سیستم کی

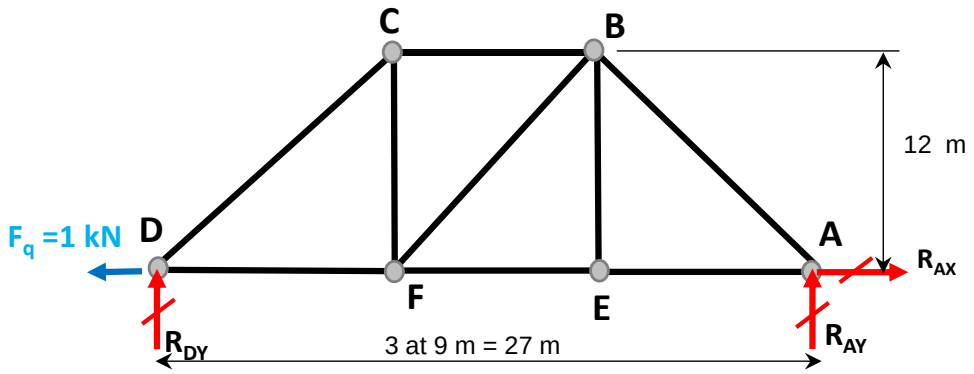
په دریم فصل کی مو ددی ټرس جوړښت د غړیو داخلی لوډونه پیدا کړل، او دا د اصلی جوړښت لوډونه دی چی په جدول کی به ولیدل شي. دلته به تنها د خیالی سیستم داخلی لوډونه پیدا کوو او په جدول کی به یي ور اضافه کړو.

د غړیو لوډونو معلومولو لپاره د جاینټ له کړنلاری کار اخلو او د آسانتیا لپاره ټول پایلی ارزښتونه په جدول کی ښودل شوی.

غونډ تراس په تعادل کیدی پدی اساس هر غړی اوهر جاینټ دټرس باید په تعدل کی وی.

خیالی سیستم:

په ټولو غړیو کی داخلی لوډونه په خیالی سیستم کی پیدا کوو.



تراس جولشت په خیالی یا ورچول سیستم کی

انځور 4.16 د ټرس آزاد ګرافیک دایګرام ایدیالایزیشن په خیالي سیستم کی

$\Sigma\ M_D = 0$ +

$R_{AY}\ (45) - 1(0) = 0$

$R_{AY} = 0$

$\Sigma\ M_A = 0$ +

$R_{DY}\ (45) - 1\ (0) = 0$

$R_{DY} = 0$

$\Sigma\ F_X = 0$ +

$R_{AX} - 1 = 0$

$R_{Ax} = 1$ kN

جاینټ D باید دتعادل حالت ولری.

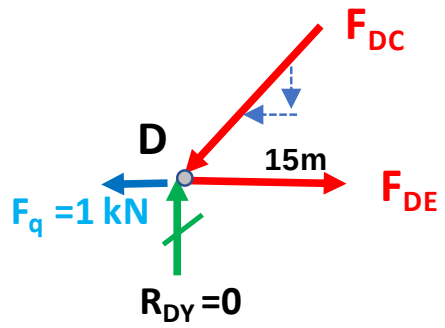
غړی DC تنها د Y په لور د لوډ برخه درلودی شی او پدل لور بهرنی لوډ نشته . یوازی یو واحد لوډ په افقی جهت عمل کړی

$\Sigma\ F_Y = 0$

$4/5\ F_{DC} = 0$

$F_{DC} = 0$

$R_{DY} = 0$



$\Sigma\ F_X = 0$

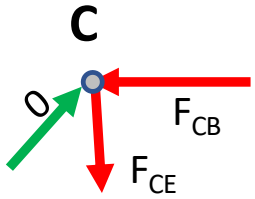
$-1 + F_{DE} = 0$

$F_{DE} = 1$ kN کشش

جاینټ C په تعادل کی باید وی دلته تنها دو غړی مجهول دی :

غړی CD داخلی قوه یی معلومه ده دوه نامعلوم غړی د تعادل د معادلو نه پیدا کوو. دلته د هغه دواړو لوری به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلی ځواب منفی راغ دا اټکل صحیح ندی .

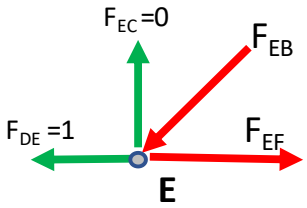
$\Sigma\ F_X = 0$
$F_{CB} = 0$



$\Sigma\ F_Y = 0$
$F_{CE} = 0$

جاینټ E په تعادل کی باید وی دلته تنها دوه غړی مجهول دی .

$\Sigma\ F_Y = 0$
$F_{EB} = 0$



$\Sigma\ F_X = 0$ +
$F_{EF} = 1$

په همدی توګه نور جاینټونه هم ګورو، تنها هغه جاینټونه چه په کرښه DA موقعیت لری داخلی لوډ وربانـدی شته، نور ټول جآینټونه هیڅ لوډ نلری. دداخلی لوډ پایلی په لاندنی جدول کی ښودل شوی.

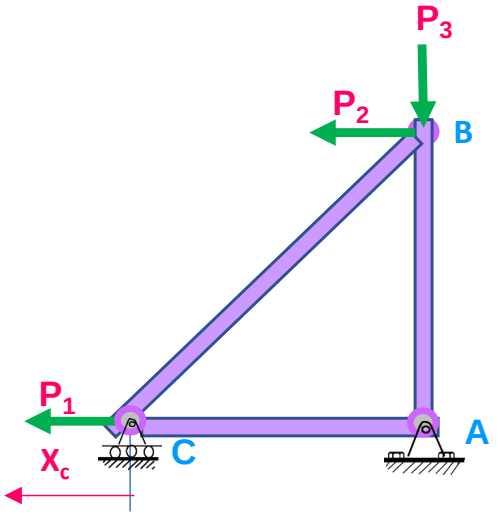
د ترس د ټولو غړیو داخلی لوډونه په دی لاندی جدول کی ښودل شوی

جوینت	غړی	داخلی لوډ دبهرنی لوډ له کبله (F_P)	A_i	L_i	د غړی داخلی لوډ د واحد لوډ (q=1) له امله چه د بیځایکودو په ټکی عمل کړی	$(F_Q*F_P*L)/AE$
A	AB	-11.11	1	15	0	0
	AE	16.67	1	9	1	150.03
B	BE	20	1	12	0	0
	BF	-13.89	1	15	0	0
	BC	1.67	1	9	0	0
C	CF	11.11	1	12	0	0
	CD	-13.89	1	15	0	0
D	DF	8.33	1	9	1	74.97
F	FE	16.66	1	9	1	149.94
مجموعه	$\Sigma(F_Q*F_P*L)/AE$					374.94
						374.94/AE

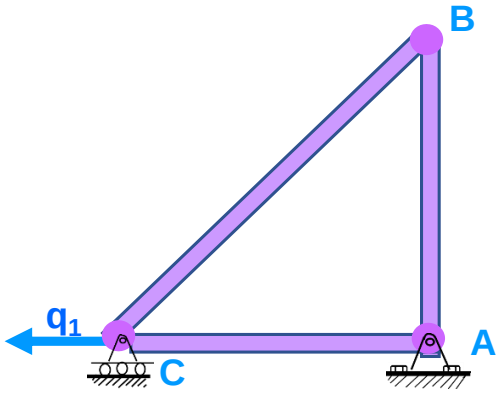
$$\delta_D = 375/AE$$

4.14.3 د ریم مثال

پدی لاندی ټرس جوړښت کی غواړو چه د جاینټ C بی ځایه کیدل د بهرنی لوډ په لور پیدا کړو. په ټرس جوړښت ABC بهرنی لوډونه (P1,P2,P3) عمل کړی، غواړو د تراس جوړښت جاینټ C بیځایه کیدل د X په لور پیدا کړو.



تراس جوړشت په اصلی سیستم کی



تراس جوړشت په خیالی یا ورچول سیستم کی

انځور 4.17 د ټرس آزاد ګرافیک دایګرام ایدیالایزیشن په خیالي او اصلي سیستم کیی

دټری په جوړښت کی د جوینت C بیځایه کیدل غوښتل شوی او په خیالی سیستم کی q1 تنها د یو واحد اندازه ولری .

په عمومی توګه ویلای شو په هر لور چه بیځایه کیدل غوښتل کیږی یو واحد لوډ په همغه نقطه کی د بیځایه کیدو په لورعمل کوی.

د تعادل او ستیبلیټی معلومول

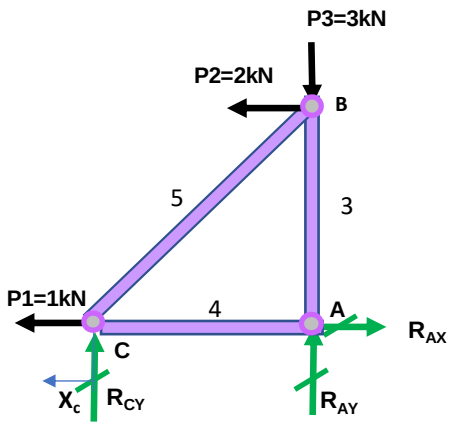
$$\left.\begin{array}{l} r = 3,\ b = 3,\ n = 3 \\ r + b = 6 \\ 2n = 2 \times 3 = 6 \\ r + b = 2n \end{array}\right\}$$

تراس ستاتیکلی معلوم او د غړیو داخلی لوډونه د تعادل معادلو پواسطه پیدا کیدی شی.

د تحلیل لپاره اول د جوړښت آزاد ګرافیک انځور او ایدیالایزیشن په اصلی او خیالی سیستم کی جوړه وو، بیا به د ستاتیک تعادل او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه په اتکا A اوC کی په دواړوو سیستمونو کی پیدا کړو. د ټولو خارجی لوډونو او ریکشنونو مجموعه په X او Y په سطحه کی د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید ومنی.

په ټولو غړیو کی داخلی لوډونه د اصلی او خیالی جوړښت پیدا کوواو پایلی به یی په جدول کی ځای په ځای کړو.

د جاینټ له طریقی کار اخلو او د غړیو داخلی لوډونه پیدا کوو.



تراس جولشت په اصلی سیستم کی

$\Sigma\ M_C = 0$ +

$R_{AY}(4) - 3(4) + 2(3) = 0$

$R_{AY} = 1.5$ kN ↑

$\Sigma\ F_y = 0$

$1.5 + R_{cy} - 3 = 0$

$R_{CY} = 1.5$ kN comp

$\Sigma\ F_x = 0$ +

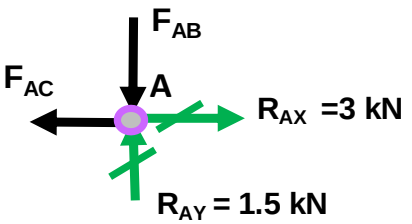
$R_{Ax} = 3$ kN →

جاینټ باید A په تعادل کی وی. دلته تنها دوه غړی مجهول دی او د تعادل له معادلو یی پیدا کوو. دلته به د دواړو لوری اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلو ځواب منفی راغی نو دا اټکل صحیح ندی .

$\Sigma F_y = 0$ ↑+

$F_{AB} - 1.5 = 0$

$F_{AB} = 1.5$ kN comp



$\Sigma F_x = 0$ +→

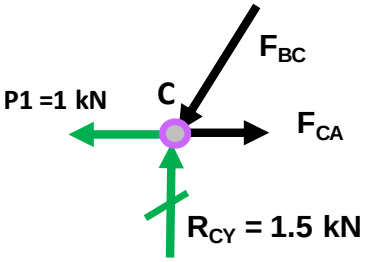
$F_{AC} - 3 = 0$

$F_{AC} = 3$ kN تنش

$\Sigma F_y = 0$ ↑+

$-3/5F_{BC} - 1.5 = 0$

$F_{BC} = 2.5$ kN comp

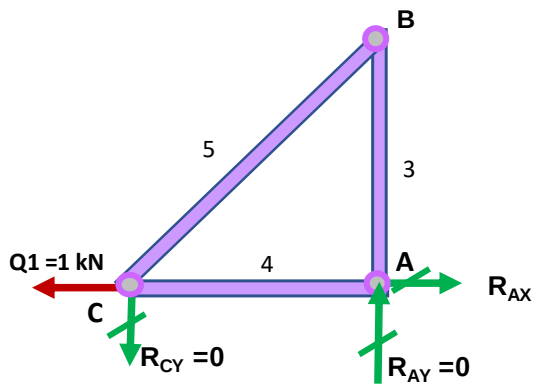


$\Sigma F_x = 0$ +→

$-4/5(2.5) - 1 + F_{CA} = 0$

$F_{CA} = 3$ kN تنش

د ټرس جوړښت د ټولو غړیو داخلی لوډونه په خیالی یا ورچول سیستم کی .

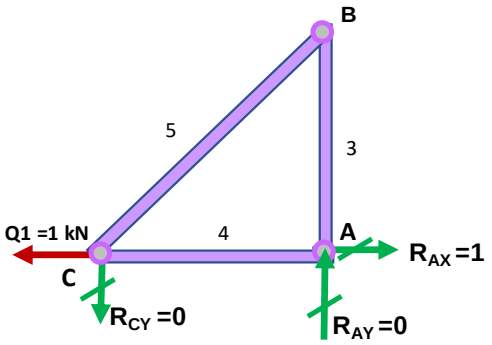


انځور **4.18** د ټرس ګرافیک دایګرام ایدیالایزیشن په خیالي سیستم ۍ

$\Sigma\ F_x = 0$

$R_{AX} - 1 = 0$

$R_{AX} = 1\ kN \longrightarrow$



$\Sigma\ M_B = 0$ +

$R_{CY}\,(4) - 1(3) + R_{AX}\,(3) = 0$

$R_{CY} = 0\ kN$

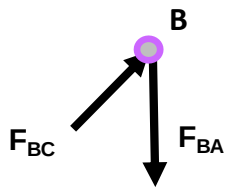
$\Sigma\ F_y = 0$

$R_{AY} - 0 = 0$

$R_{AY} = 0\ kN$

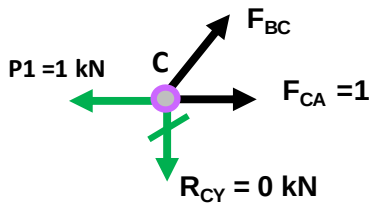
$\Sigma\ F_x = 0$
$F_{BC}\,(4/5) = 0$ kN
$F_{BC} = 0$

$\Sigma\ F_y = 0$
$F_{BC}\,(3/5) - F_{BA} = 0$
$F_{BA} = 0$



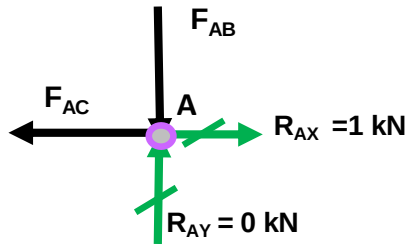
$\Sigma\ F_y = 0$
$3/5F_{BC} - 0 = 0$
$F_{BC} = 0$ kN comp

$\Sigma\ F_x = 0$
$-4/5(0) - 1 + F_{CA} = 0$
$F_{CA} = 1$ kN تنشن



$\Sigma\ F_x = 0$
$F_{AC} - 1 = 0$
$F_{AC} = 1$ kN تنشن

$\Sigma\ F_y = 0$
$-F_{AB} + 0 = 0$
$F_{AB} = 0$kN



د تراس د غړیو داخلی لوډونو پایلی

جوینت	غړی	غړي لوډ (F_P) دبهرنی لوډ له امله	A_i	L_i	غړی لوډ F_Q د واحد له امله	$(F_Q*F_P*L)/AE$
a	AB	-1.5	1	3	0	0
	AC	3	1	4	1	12
b	BC	-2.5	1	5	0	0
مجموعه		$\Sigma(FQ*FP*L)/AE$				12

$$1\delta = 12/AE$$

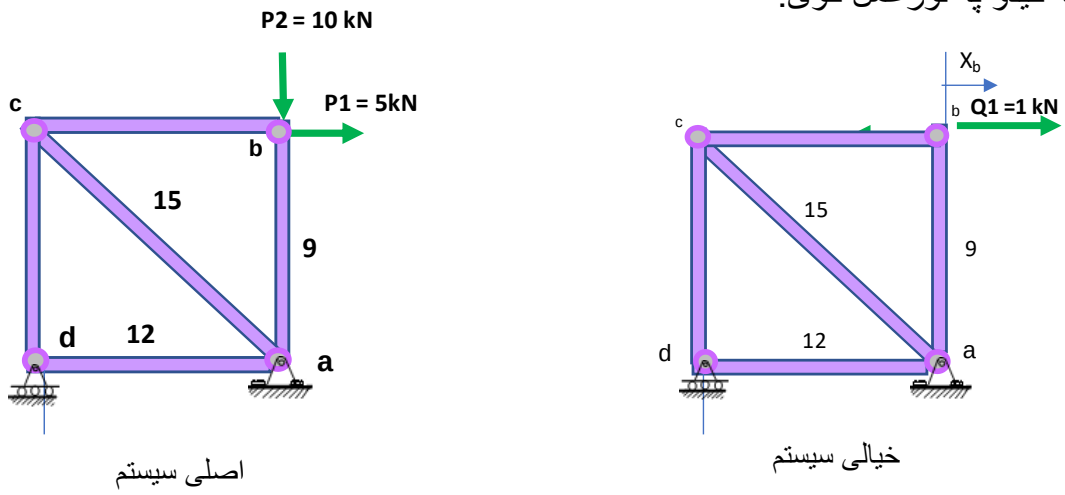
$$\delta_c = 12/AE$$

4.14.4 څلورم مثال

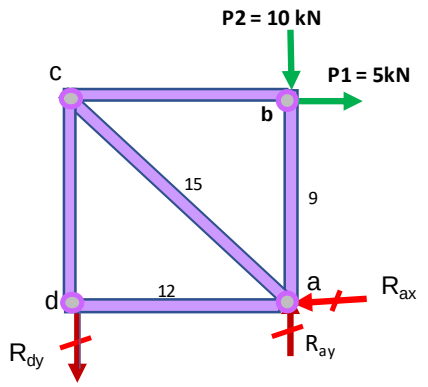
په دی لاندی ټرس جوړښت abcd بهرنی لوډونو (P1,P2) عمل کړی، غواړو د تراس جوړښت جاینټ b بیځایه کیدل د x په لور پیدا کړو.

ټرس جوړښت کی د جوینت b بیځایه کیدل غوښتل شویی په خیالی سیستم کی Q1 به تنها یو واحد اندازه ولری .

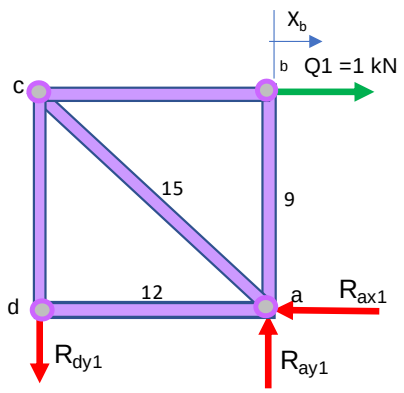
په عمومی توګه ویلای شو په هر لور چه بیځایه کیدل غوښتل کیږی یو واحد لوډ په همغه ټکي کی د بیځایه کیدو په لورعمل کوی.



انځور 4.19 د تراس ګرافیک دایګرام اید یالایزیشن په اصلي او خیالي سیستم کی



ترس جوړښت ګرافیک انځور په اصلی سیستم



ترس جوړښت ګرافیک انځور په خیالی یا ورچول سیستم کی

انځور 4.20 د ترس ګرافیک دایګرام اید یالایزیشن په اصلي او خیالي سیستم کی

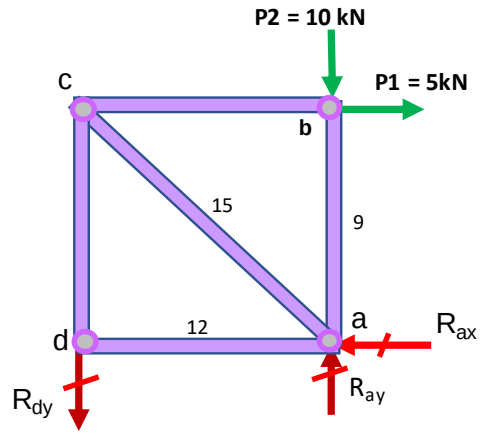
$$\left.\begin{array}{l} r = 3,\ b = 5,\ n = 4 \\ r+b = 8 \\ 2n = 2 \times 4 = 8 \\ r+b = 2n \end{array}\right\}$$

د تعادل او ستیبلیتی چک

ترس ستاتیکلی معلوم او د غړیو داخلی لوډونه د تعادل معادلوڅخه پیدا کیدی شی.

د تحلیل لپاره اول د جوړښت آزاد ګرافیک دایګرام او ایدیالایزیشن په اصلی او خیالی سیستم کی جوړوو، بیا به د ستاتیک تعادل او ثبات له معادلو کار واخلو تر څو مجهول ریکشنونه د a اوd په اتکاوو کی پیدا شی. د ټولو خارجی لوډونو او ریکشنونو مجموعه د X او Y په سطحه کی د تعادل او توازن معادلی، $\Sigma F_X=0$ ، $\Sigma F_Y=0$،او $\Sigma M=0$ باید ومنی.

په ټولو غړیو کی داخلی لوډونه د جوړښت په اصلی او خیالی سیستم کی پیدا کوو



انځور **4.20** د ټرس ګرافیک دایګرام اید یالایزیشن په اصلي سیستم کی

$\Sigma \; M_a = 0$

$-R_{dY}\,(12) - 5(9) = 0$

$R_{dY} = 3.75$ kN

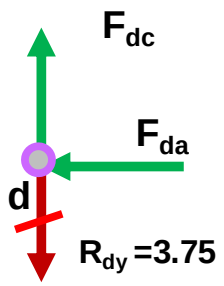
$\Sigma \; F_x = 0$

$R_{ax} = 5$ kN

$\Sigma \; F_y = 0$

$R_{ay} = 13.75$ kN

جاینټ d په تعادل کی باید وی، دلته تنها دوه غړی مجهول دی او د تعادل له معادلو پیدا کیږی. دلته د هغو دواړو لوری به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلی ځواب منفی راغی دا اټکل صحیح ندی .



$\Sigma \; F_y = 0$

$F_{dc} = 3.75$ kN tension

$\Sigma \; F_x = 0$

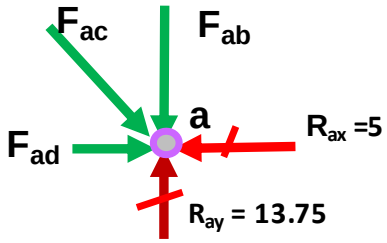
$F_{da} = 0$ kN ←

جاینټ a او b په تعادل کی باید وی، دلته تنها دو غړی مجهول دی او د تعادل له معادلو پیدا کیږی. دلته د هغو دواړو لوری به اټکل کړو، که چیری د تعادل له معادلو ځواب منفی راغی دا اټکل صحیح ندی .

$\Sigma \; F_x = 0$

$4/5F_{ac} = 5$ kN

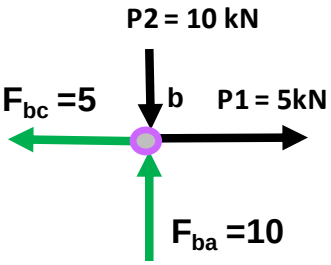
$F_{ac} = -6.25$ ←



$\Sigma \; F_y = 0$

$-F_{ab} + 13.75 - 3/5(6.25) = 0$

$F_{ab} = 10.0$ kN comp ↓

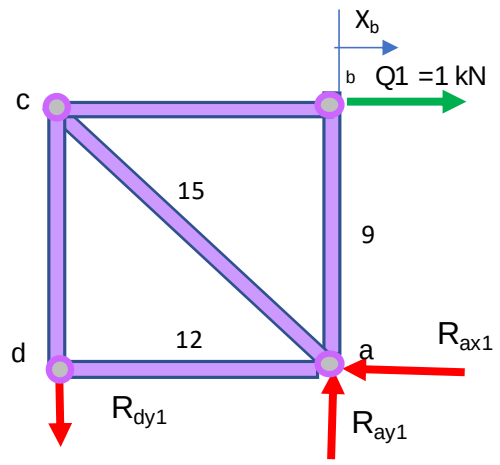


$\Sigma\ F_x = 0$

$5 - F_{bc} = 0$

$F_{bc} = 5$ kN

د غړیو لوډونه په خیالی سیستم کی:



انځور **4.21** د ترس ګرافیک دایګرام اید یالایزیشن په خیالي سیستم

$\Sigma\ M_a = 0$

$R_{dY}\ (12) - 1(9) = 0$

$R_{dY1} = 0.75$ kN ↓

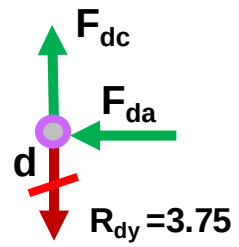
$\Sigma\ F_x = 0$

$R_{ax1} = 1$ kN ←

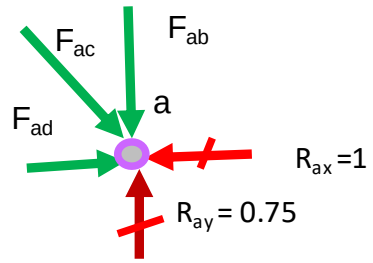
$$\Sigma F_y = 0$$
$$R_{ay1} = 0.75 \text{ kN} \uparrow$$

جاینټ a ، b او d په تعادل کی باید وی دلته تنها دو غړی مجهول دی او د تعادل له معادلو پیداکیږی.
دلته د هغو دواړو لوری به اټکل کړو، که چیری د تعادل معادلو ځواب منفی راغی دا اټکل صحیح ندی
.

$$\Sigma F_x = 0$$
$$F_{da} = 0 \text{ kN} \leftarrow$$



$$\Sigma F_y = 0$$
$$F_{dc} = 0.75 \text{ kN tension} \uparrow$$



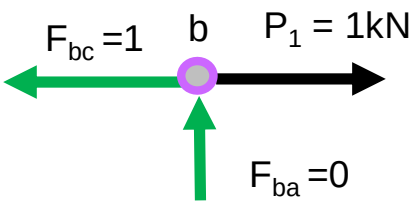
$$\Sigma F_x = 0$$
$$F_{ad} + 4/5F_{ac} = 1 \text{ kN}$$

$$F_{ac} = 1.25 \text{ comp}$$

$$\Sigma F_y = 0$$
$$-F_{ab} + 0.75 - 3/5(1.25) = 0$$

$$F_{ab} = 0.0 \text{ kN}$$

$F_{bc} = 1$



د ټولو غړیو لوډونه د خیالی او اصلی سیستمونو په لاندی جدول کی ځای په ځای شوی.

جوینت	غړی	غړي لوډ (F_P) دبهرنی لوډ له امله	A_i	L_i	د غړی داخلی لوډ د واحد لوډ (q=1) له امله چه د بیځایکودو په ټکی عمل کړی	$(F_Q*F_P*L)/AE$
a	ab	-10	1	9	0	0
	ac	-6.25	1	15	-1.25	117.1875
	ad	0	1	12	0	0
b	bc	5	1	12	1	60
d	dc	3.75	1	9	0.75	25.3125
مجموعه	Σ(FQ*FP*L)/AE					202.5

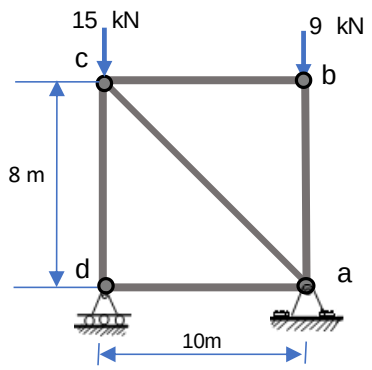
$1\delta = 202.5/AE$

$\delta_b = 202.5/AE$

4.15 د پرکتس سوالونه

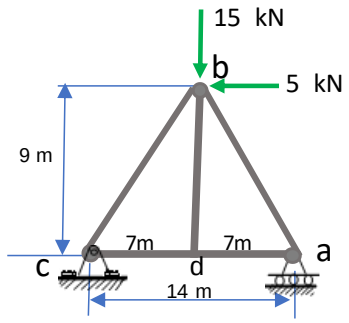
1.0

په ترس جوړښت abcd بهرنی لوډوونو (P_1,P_2) عمل کړی، غواړو د تراس جوړښت جاینټ c بیځایه کیدل په y او x لور پیدا کړو.



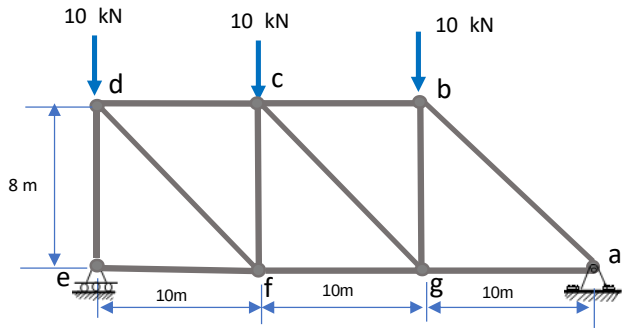
2.0

په ټرس جوړښت abcd بهرنی لوډونو (P_1,P_2) عمل کړی، غواړو د تراس جوړښت جاینټ b بیځایه کیدل د y او x په لور پیدا کړو.



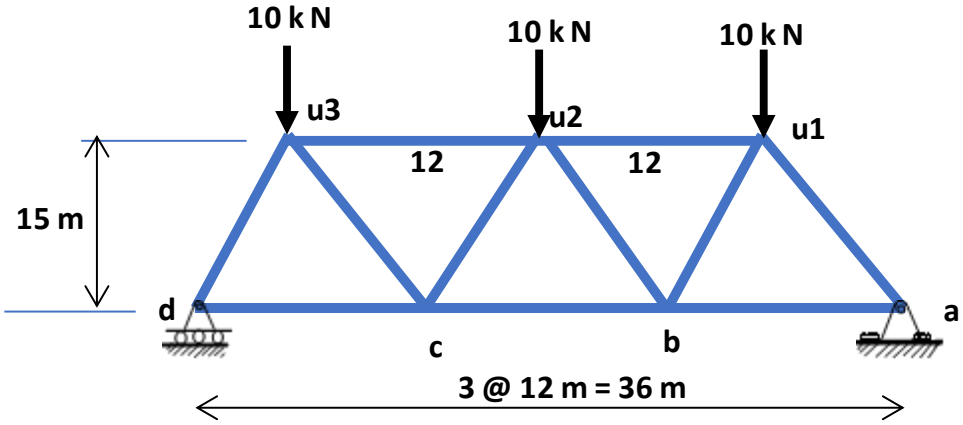
3.0

په ټرس abcdefg بهرنی لوډونو عمل کړی، غواړو د ټرس جاینټ b بیځایه کیدل د y او x په لور پیدا کړو.



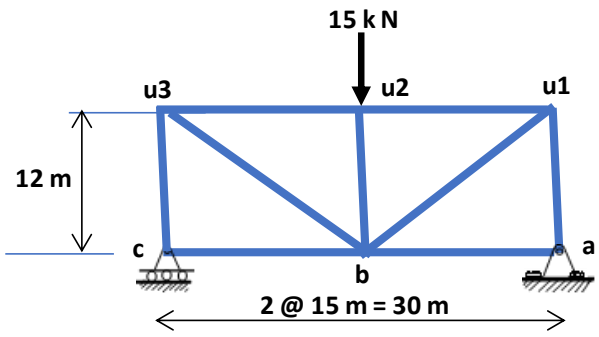
4.0

د جاینټ b او c بیځایه کیدل د خیالی کار په طریقه پیدا کړی.



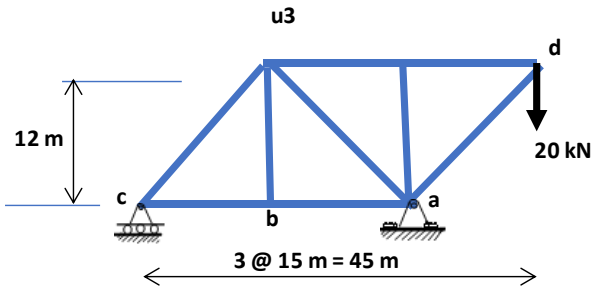
5.0

د جاینټ b بیځایه کیدل د خیالی کار په طریقه پیدا کړی.



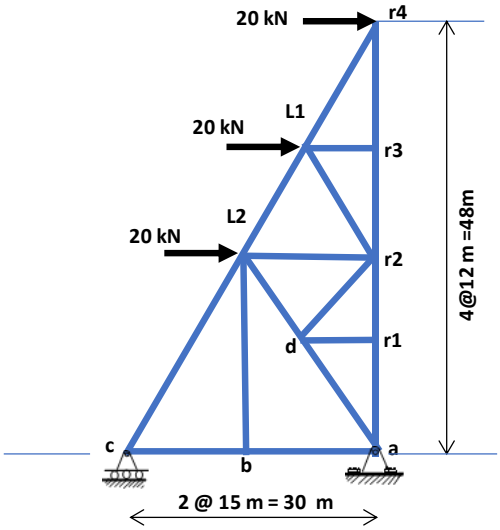
6.0

د جاینټ d بیځایه کیدل د خیالی کار په طریقه پیدا کړی.



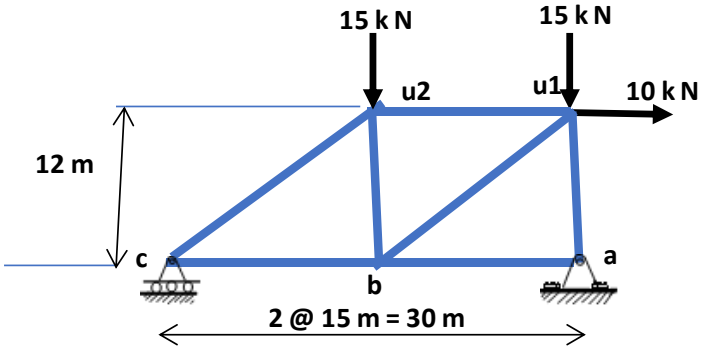
7.0

د جاینټ r4 او r2 بیځایه کیدل د خیالی کار په طریقه پیدا کړی.



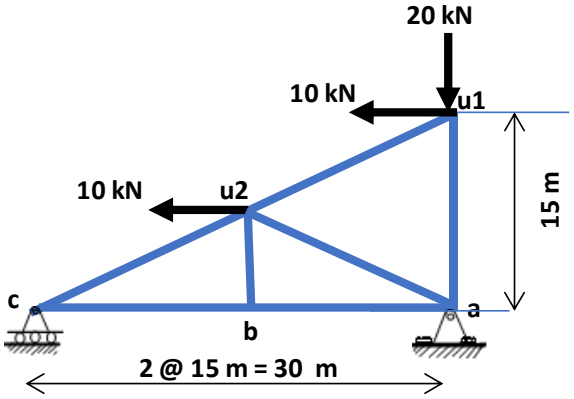
8.0

د جاینټ u1 اوc بیځایه کیدل د خیالی کار په طریقه پیدا کړی.



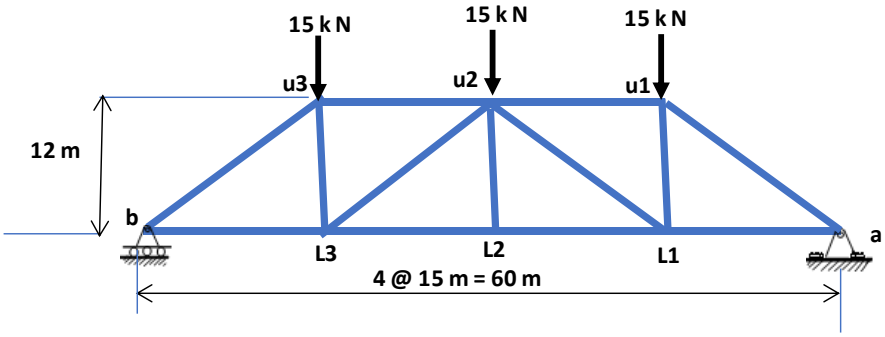
9.0

د جاینټ u1 او c بیځایه کیدل د خیالی کار په طریقه پیدا کړی.



10.0

د جاینټ u1 اوL3 بیځایه کیدل د خیالی کار په طریقه پیدا کړی.

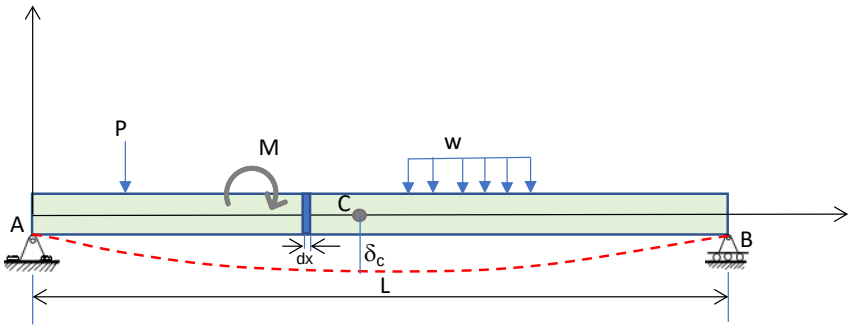


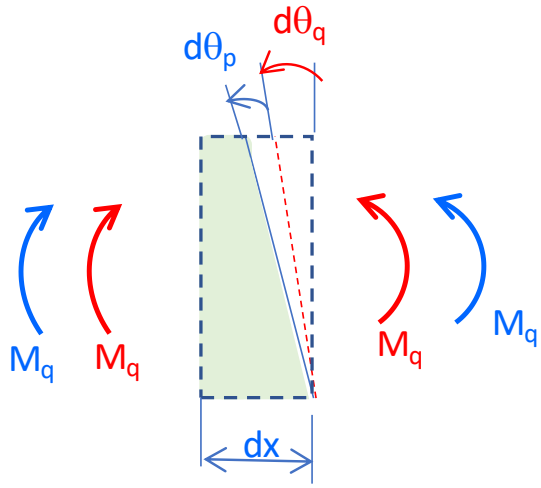
4.16 بیم بیځایه کیدلو پیدا کول او تګلاره د اینتیګریشن په طریقه

په بیم AB لوډونه P,M,W عمل کړی. غواړو چی د C ټکی بیځایه کیدل او سلوپ د کږي کرښی په B کی پیدا کړو.

د خیالی طریقی سره سم په هغه ټکی چه بیځا یه کیدل غوښتل شوی یو واحد لوډ عمل وکا.

د بیم د یوی وړی ټوټی dx بیځایه کیدل یی پدی لا ندی انځور کی ښودل شوی.





د بیم یوه ټوټه dx

انځور 4.22 دبیم چي بهرنی لود ورباندی عمل کړي

د لته د مؤمنټ سره بیځایه کیدل داسی دی:

$d\theta_p/dx = M_p/EI$

$$d\theta_p = (M_p/EI)\, dx \qquad (4\text{-}11)$$

د بیم لپاره د ورچول ورک یا خیالی کار عمومی فورمول پدی لاندی ډول دی:

اصلی بیځایه کیدل:

$$q\delta_p = \iint F_q dL_p \qquad (4\text{-}12)$$

د خیالیکار لوډونه:

د مؤمنټ لپاره $dL_p = d\theta_p$ او $F_q = M_q$. د خیالی کار فورمول د بیځایه کیدو معلومولو لپاره دا لاندی ډول دی:

$$q\delta_p = \int_0^L (M_q d\boldsymbol{\Theta}_p)$$

$$d\theta_p = (M_p/EI)\, dx$$

د ټکی C بیځایه کیدل

$$q\delta_C = \int_0^L M_q \left(\frac{M_p}{EI}\right) dx$$

د ثابت مواد او ثابت مقطع لپاره: (EI) ثابت دی

$$q\delta_C = \left(\frac{1}{EI}\right) \int_0^L M_q \, Mpdx \qquad (4\text{-}13)$$

سلوپ په یوه ټکی کی پدی ډول پیدا کیږی.

$$q\theta_C = \int_0^L (Mq \; Mpdx)/(EI) \qquad (4\text{-}14)$$

4.17 د اینتیګرشن تګلاره

$$\Sigma \; q \, \delta = \int M_q M_P \, ds/EI \qquad (4\text{-}15)$$

q = د غړی لوډ د خیالی لوډ له کبله

δ = داخلی ټکی بیځایه کیدل

M_q = غړی داخلی خیالی (ورچول) لوډ

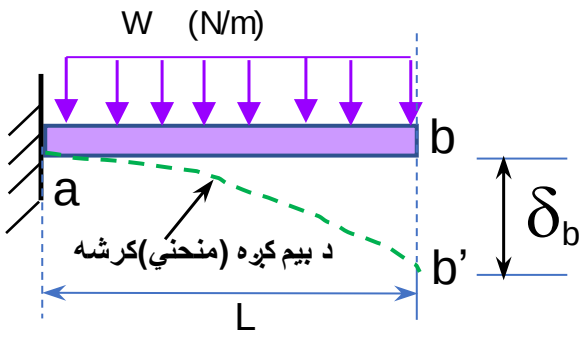
M_p = غړی داخلی لوډ د بهرنی لوډ له کبله

I= د غړی د مقطع د انرشیا مؤمنټ

E= د غړی ایلستیسټی ماجولس

4.17.1 پنځم مثال

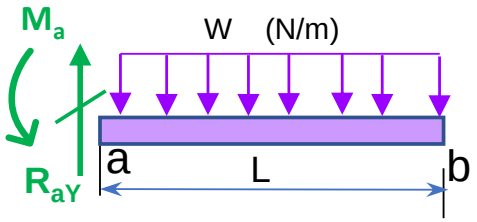
پدی لاندی مثال کی په بیم ab ویشل شوی بهرنی لوډ w عمل کړی، غواړود b بیځایه کیدل (δ_b) د انتیګریشن په طریقه پیدا کړو.



انځور 4.23 کنتیلیور بیم چې بهرنی لود ورباندی عمل کړي

بیم د خارجی لوډ له کبله بیخایه شوی، ا و بیځایه کیدل په کږي کرښی ab' ښودل شوی.

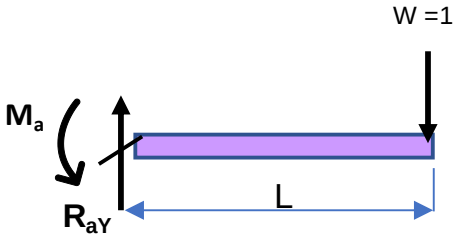
د بیم داخلی لوډونه اول په اصلی سیستم او بیا په خیالی (ورچول) سیستم پیدا او وروسته به د انتیګرشن د معادلی پواسطه د ټکی b بیځایه کیدل پیدا کړو.



ویشلشوی بیم په اصلی سیستم کی

$R_{ay} = w \times L$

$M_a = wL^2/2$



بیم په خیالی یا ورچول سیستم کی

$R_{aY} = 1$

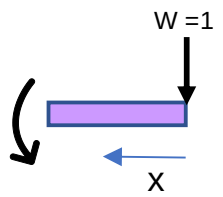
$M_a = 1 \times L$

انځور 4.24 کنتیلیور بیم په اصلی او خیالي سیستم کی

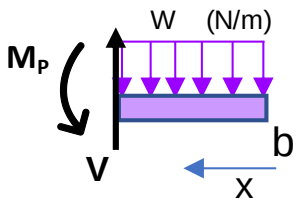
په هغه ټکی چه بیځایه کیدل غوښتل شوی یو واحد لوډ عمل کوی:

داینتیګریشن طریقه

په دی لاندی انځور کی یوه وړه ټوټه د بیم ab ښودل شوی، دا ټوټه باید په تعادل کی وی



خیالی سیستم



اصلی سیستم

$\Sigma M_x = 0$ +

$M_P - (w)(x)(x/2) = 0$

$M_p = wx^2/2$

$M_q - (1)(x) = 0$

$M_q = (1)(x)$

$\Sigma\ q\,\delta = \int M_q M_p\, dx/EI$

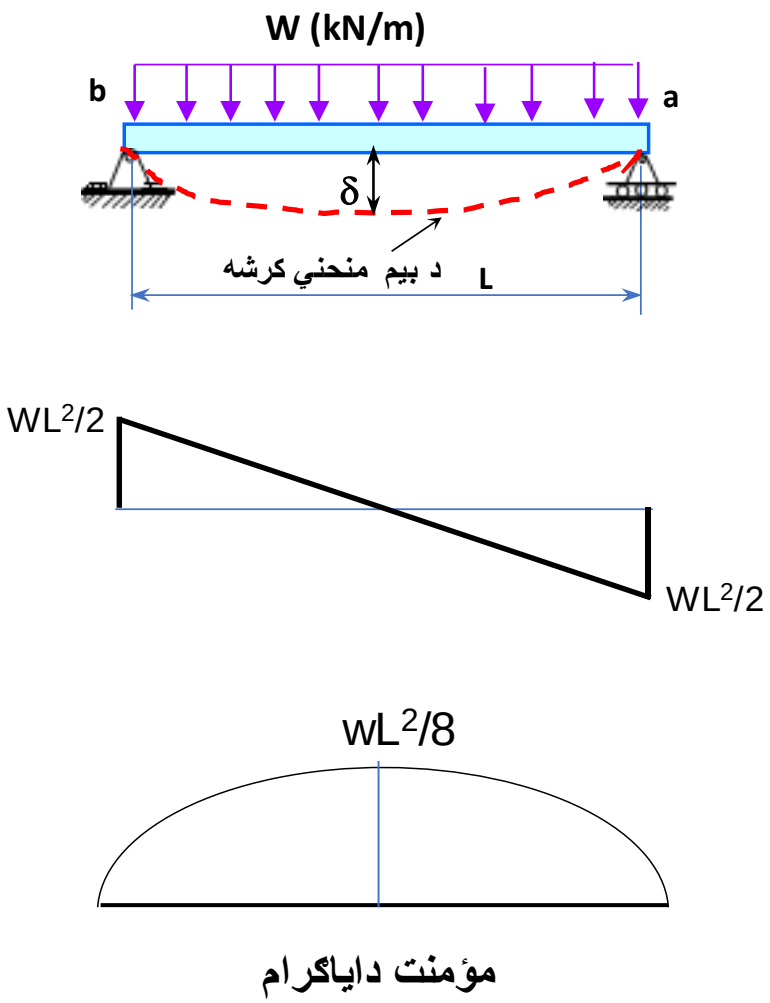
$1 \times \delta = \int M_q M_P\, dx/EI$

$$\delta = (1/EI) \int_0^L \underbrace{(w)(x)\left(\frac{x}{2}\right)}_{M_p} \underbrace{(1)(x)}_{M_q} dx$$

$$\boxed{\delta = wL^4/(8EI)}$$

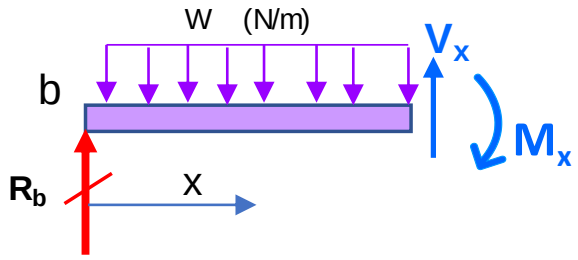
4.17.2 شپږم مثال

د انتیګریشن له معادلو پدی مثال کی کار اخلو او دا مثال په لاندی ډول دي:



انځور 4.25 د بیم دیفلکشن د ویشلشوی بهرني لوډ له امله او د شیر او مؤمنت دایګرامونه یي

د اصلی بیم یوه ټوټه د تعادل لپاره ګورو، اود مؤمنت او شیر عمومی معادلی جوړه وو.



$R_{by} = wL/2$

$-M_x - (wL/2)X + WX(X/2) = 0$

$M_x = -wLx/2 + wx^2/2$

د مؤمنت او شیر معادله په فاصله د x کی پدی لاندی ډول دی

$dy^2/dx^2 (EI) = M_x$

$y'' (EI) = M_x$

د کوږوالي کرښی او د مؤمنت اړیکی پدی لاندی ډول دی:

$(EI)y'' = M_x = -wLx/2 + wx^2/2$

$EI\, y' = -wLx^2/4 + wx^3/6 + c_1$

چی اینتیګریت یی کړو د شیر او لوډ اړیکی پیدا کیږي.

$$EI\,y' = 0 = wL(L/2)^2/4 + w(L/2)^3/6 + C_1 + c1$$

د c1 او c2 اندازی له اصلی بیم د فزیکی حالت په معلوماتو پیدا کوو. سلوپ (y'=0) د ویشلشوی لوډ له کبله د بیم په وسط کی صفر دی او دا معلومات په پورتنی معادله کی حسابوو.

$$C_1 = +wL(L/2)^2/4 - w(L/2)^3/6$$

$$\boxed{C_1 = wL^3/(24EI)}$$

اعضمی بیځایکیدل په هغه ټکی (x=L/2) چه مؤمنت زیاد حد لری دی، او دا معلومات په پورتنی معادله کی ځای په ځای کوو.

همدارنګه y=0 په b کی او پدی توګه c2=0

$$EI\,y' = -wLx^2/4 + wx^3/6 + wL^3/(24)$$

$$(EI)y = -wLx^3/12 + wx^4/24 + wL^3x/24 + c2$$

$$(EI)y = -wL(0)^3/12 + w(0)^4/24 + wL^3(0)/24 + c2$$

$$\boxed{C2 = 0}$$

د بیځایه کیدو عمومی معادله په دی لاندی ډول کیږی.

$$(EI)y = -wLx^3/12 + wx^4/24+wL^3x/24$$

$$(EI)y = (1/EI)\ [\ -wL(L/2)^3/12 + w(L/2)^4/24+wL^3(L/2)/24]$$

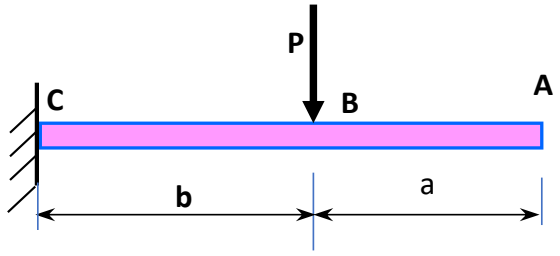
اوس کولای شو چه اعضمی بیځایه کیدل دبیم پیدا کړو او هغه په $x=L/2$ کی دی.

اعضمی بیځایکیدل د بیم

$$y_{max} = \frac{5wL^4}{384EI}$$

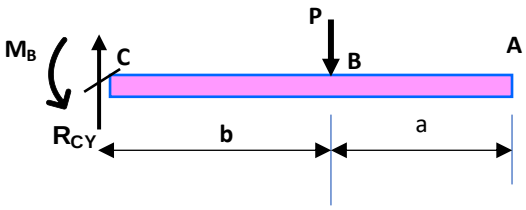
4.17.3 اوم مثال

په بیم AB یو بهرنی لوډ P عمل کړی. غواړو د ټکی A بیځایه کیدل δ_A د انتیګریشن په میتود پیدا کړو.

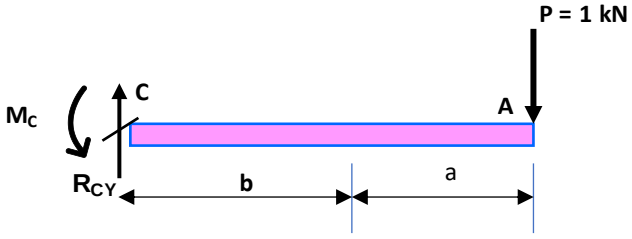


انځور 4.26 د کنتیلور بیم دیفلکشن د بهرنی لوډ له امله

اول د اتکا ریکشنونه په اصلی او خیالی سیستم پیدا کوو.



بیم په اصلی سیستم کی



بیم په خیالی یا ورچول سیستم کی

انځور 4.27 کنتیلور بیم په اصلي او خیالي سیستمو کی

$R_{By} = P$

$M_B = P \times b$

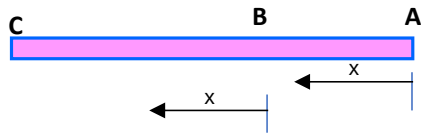
$R_{CY} = 1$

$M_C = 1 \times (a + b) = 1 \times L$

د اینتیګریشن معادله پدی انځور ده:

$$\int_A^B \frac{M_p M_q dx}{EI} + \int_B^C (M_p M_q) dx / EI$$

په بیم ABC داخلی مؤمنټ معادله له دو ځایو A او B شروع کوو او بیا یی ارزښتونه په عمومی معادله انتیګریشن کی حساب کړو.



$$1 \times \delta = \int_A^B \frac{M_p M_q dx}{EI} + \int_B^C (M_p M_q) dx/EI$$

A to B:

$0 < x < a$

$M_q = x$, $M_p = 0$

B to C

$M_q = (a+x)$

$M_p = (Px)$

$$1 \times \delta = \int_A^B \frac{(x)(0)dx}{EI} + \int_B^C (Px)(a+x)dx/EI$$

$$1 \times \delta = 0 + \int_B^C \frac{(Pax) + Px^{\angle} dx}{EI}$$

$$1 \times \delta = ((pax^2/2) + px^3/3)/EI$$

$$\delta = [P/EI]\,[a(L-a)^2/2 + (L-a)^3/3)]$$

a = 6 m

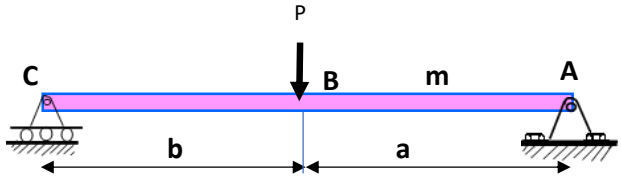
b = 6 m

$$\delta = P/EI\,[6(12-6)^2/2 + (12-6^3/3)]$$

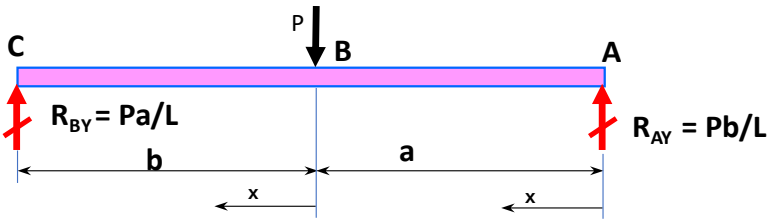
$$\delta = 180P/(EI)$$

4.17.4 اتم مثال

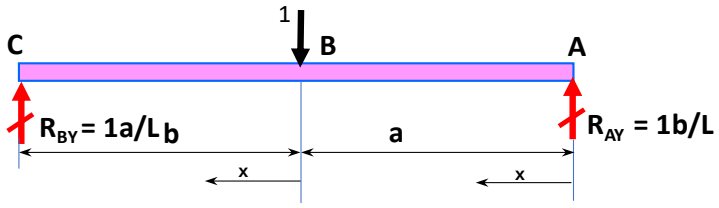
په بیم یو بهرنی لوډ عمل کړی غواړو د B ټکی بیځایه کیدل د اینتیګزیشن په طریقه پیدا کړو.



انځور 4.28 د اوم مثال بیم دیفلکشن د بهرنی لوډ له امله

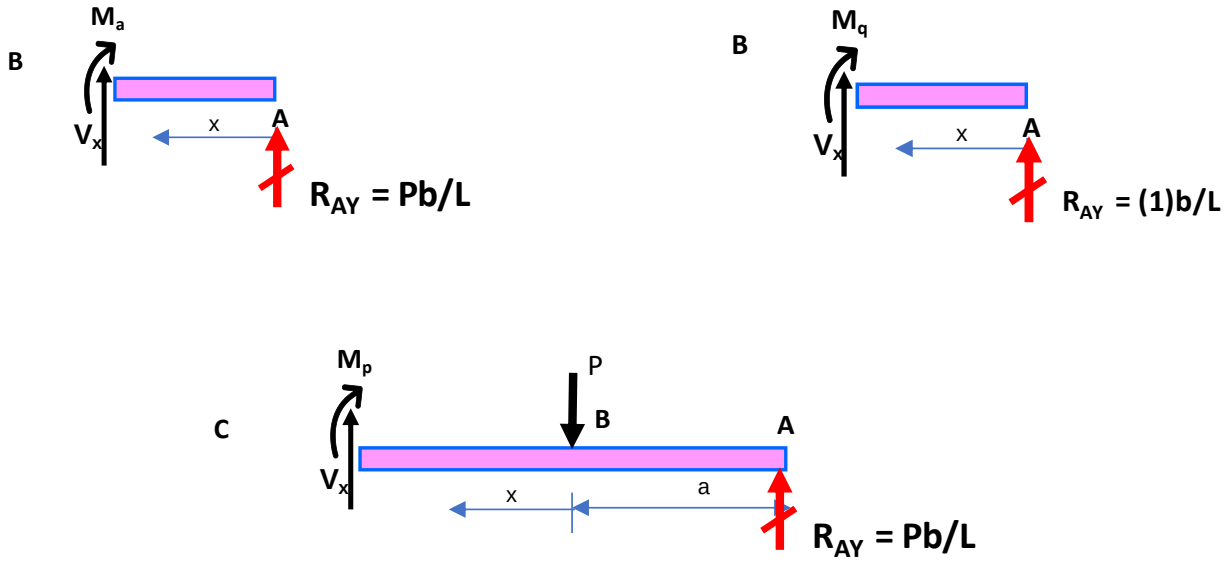


بیم په اصلی سیستم



بیم په خیالی یا ورچول سیستم کی

انځور 4.29 د اوم مثال بیم دیفلکشن په اصلي او خیالي سیستمو کی

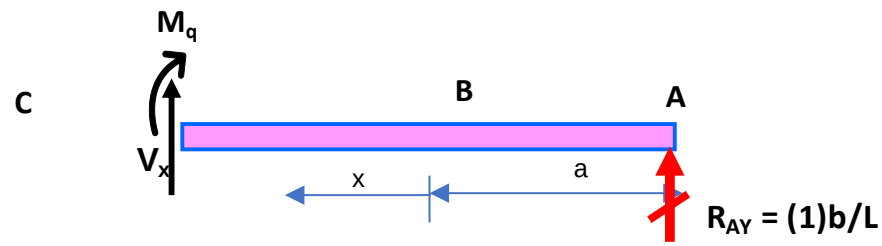


$0<x<a$

$M_p - Pbx/L = 0$

$M_p = Pb(x)/L$

$M_q = (bx)/L$



$a<x<b$

$-M_p - P(x) + Pb(a+x)/L = 0$

$M_P = Pb(a+x)/L - P(x)$

$M_q = (b)(a+x)/L$

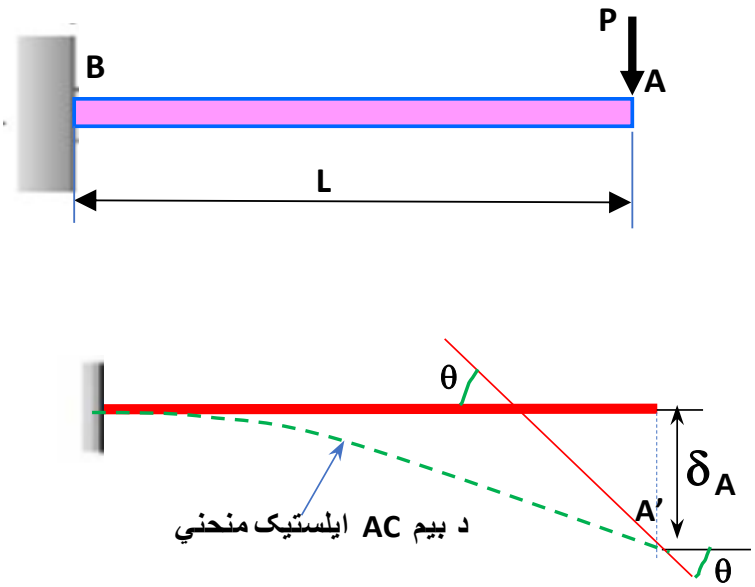
$$1 \times \delta = \int_A^B \frac{M_q M_p dx}{EI} + \int_B^C M_p M_q dx/EI$$

$$1 \times \delta = \int_0^a \frac{\left(\frac{Pbx}{L}\right)\left(\frac{bx}{L}\right)dx}{EI} + \int_a^b (Pb(x) - Pb(a+x))/L((b)(a+x)/L))dx/EI$$

$$\boxed{\delta_b = (Pa^2b^2/(3LEI)}$$

4.17.5 نهم مثال

د اینتیګریشن په طریقه د A ټکی سلوپ پیدا کوو.



انځور 4.30 د اتم مثال بیم دیفلکشن د انتیګریشن په طریقه

د اینتیګریشن په طریقه د سلوپ پیدا کول:

$$\theta = \int_A^B \left(\frac{M}{EI}\right) dx$$

$$\theta = \int_A^B (P)(x)dx$$

$$\theta = \frac{Px^2}{2EI}\Big|_0^L$$

$$\theta = \frac{PL^2}{2EI}$$

د اینتیګریشن په طریقه د عمودی فاصلی پیدا کول:

$$\delta = \int M_Q M_P \, dx/EI$$

$$\delta = \int_A^B (Mx/EI) \; dx$$

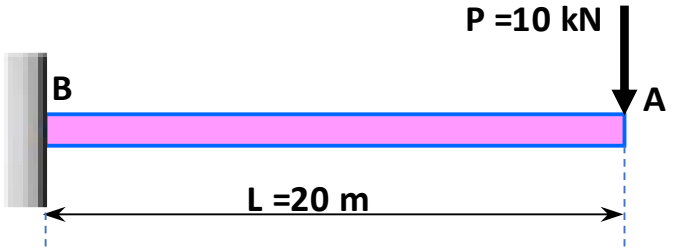
$$\delta = \int_A^B (P)(x)(x)dx$$

$$\delta = Px^3/(3EI) \,|0^L$$

$$\boxed{\delta_A = PL^3/(3EI)}$$

4.17.6 لسم مثال

په کنتیلور بیم AB یو بهرنی لوډ په آخر څوکه د بیم عمل کړی. غواړو د A ټکی بیځایه کیدل معلوم کړو.

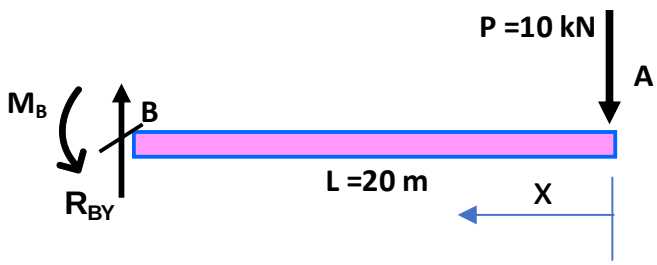


انځور 4.31 د نهم مثال بیم دیفلکشن پیداکول

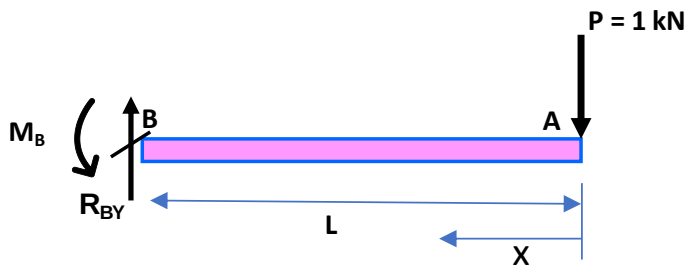
A to B:

$0 < x < 20$

$M_q = 1x, \quad Mp = 10x$



بیم په اصلی سیستم کی



بیم په خیالی یا ورچول سیستم کی

$R_{By} = 1$

$M_a = 1 \times L$

انځور **4.32** بیم په اصلی او خیالی سیستم کی

$$1 \times \delta = \int_0^{20} (10x)(x)dx/EI$$

$$\boxed{\delta = 80{,}000/3EI}$$

4.18 مؤمنټ ایریا طریقه

د مؤمنټ ایریا تګلاره د هندسی د علم په بنسټ ولاړه ده اود جیومتری (هندسی) سره تړون لری. د مؤمنټ ایریا طریقه هغه وخت مناسب ده کله چی د بیم دیوه ټکي دیفلکشن یا سلوپ غوښتل شوی وی. عمودی فاصله او میلان د منحني په یوه ټکی کی د مؤمنټ ایریا د قضیی (moment area theorem) په کار اچولو پیدا کیدای ښي . د مؤمنټ ایریا د تیوری پر آساس ، انحراف (بیځایه کیدل) د یوټکی B په منحني له مماس (tangent) نه چی په منحنی رسم شوی وی مساوي دی په ستاتیک مؤمنټ د M/EI دیاګرام چی د A نه ترB پوری دی، او مؤمنټ په B کی نیول کیږی.

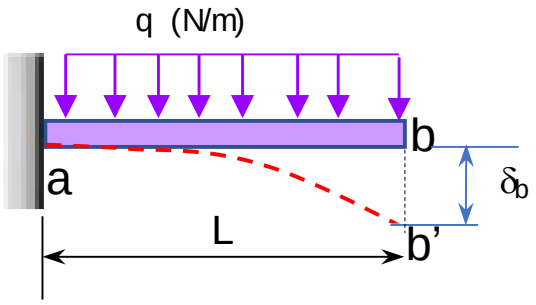
اول باید ریکشنونه پیدا کړواو بیا (M/EI) مؤمنټ ایریا دیاګرام جوړ، او وروسته به فاصله او سلوپ پیدا کړو.

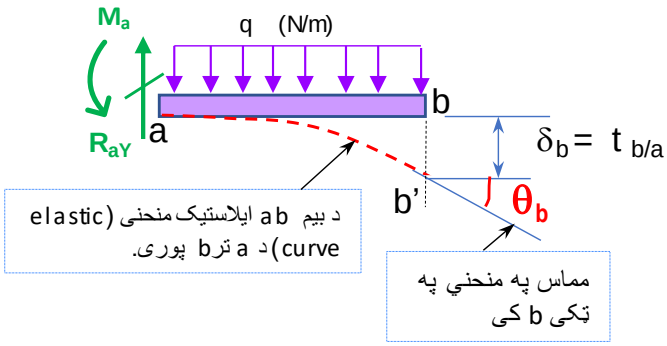
د مثال په توګه د مؤمنټ ایریا په طریقه غواړو چه په ab بیم کی د b ټکی بیځایه کیدل او سلوپ د **b'** په ټکی کی پیدا کړو.

که چیری دیوی نقطی بیځایه کیدل او سلوپ معلومول په کار وی د مؤمنټ ایریا طریقی کارول مناسب لاره ده. اما مؤمنټ دیاګرام باید ډیر پیچلی نه ویی.

اول ریکشنونه په اتکاوو کی پیدا کړو او بیا به د M/EI دیاګرام اود بیم ایلستیک منحني ښکاره کړو .

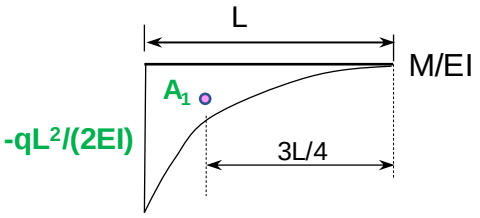
دوه ټکی **a** او **b'** په ایلستیک منحني د بیم ab موقعیت لری. عمودی فاصله د دوو مماسو یو په **a** او بل په b' په همدی منحني مساوی ده په ستاتیک مؤمنټ د M/EI ساحی a تر b پوری. د δ_b پیداکولو لپاره مؤمنټ په **b** کی نیول کیږی، او ساحه په **A1** چه یو منحني دی ښودل شوی. سلوپ θ_b د ایلستیک منحني په نقطی **b'** مساوی دی په مساحت د M/EI دیاګرام په بین ددواړو مماسو کی.





انځور 4.33 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

مؤمنټ دیاګرام یی د M/EI سره



سلوپ په b' کی مساوی دی په مساحت د M/EI دیاګرام

بیځایه کیدل δ_b دټکی b مؤمنټ د M/EI په b

$$A_1 = (qL^2/2)(L/3)/EI = (qL^3)/6EI$$

$$\delta_b = (qL^3/6)(3/4L)/EI$$

بیځایه کیدل δ_b د ټکی b

$$\boxed{\delta_b=(qL^4)/8EI}$$

میلان (سلوپ) د منحني کرښی په ټکی b کی

$$\theta_b = A1= (qL^3)/6EI$$

$$\boxed{\theta_b = (qL^3)/6EI}$$

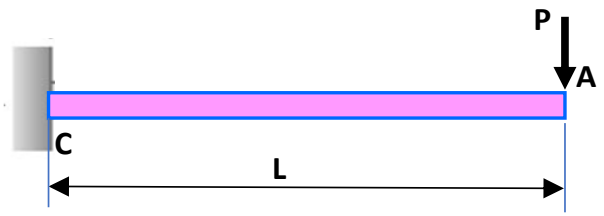
4.18.1 پولسم مثال

د مؤمنټ ایریا په طریقّه غواړو چه د بیم ټکی A بیځایه کیدل او سلوپ په نقط د **A'** کی پیدا کړو.

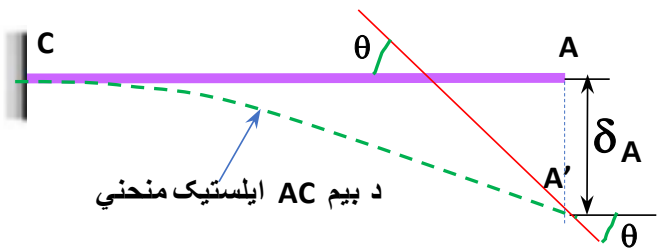
د مؤمنټ ایریا طریقه په هغه حالت کی چی دیوی نقطی بیځایه کیدل او سلوپ معلومول په کار وی او هم مؤمنټ دیاګرام ډیر پیچلی نویی مناسب لار ده.

اول ریکشنونه په اتکا کی پیدا کړو او بیا د M/EI دیاګرام اود بیم ایلستیک منحني جوړ کړو.

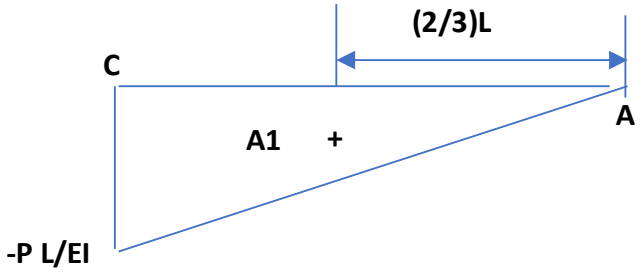
دوی نقطی **A'** او **C** په ایلستیک منحني د بیم AC موقعیت لری. عمودی فاصله د دوو مماسو یو په **A'** او بل په C په همدی منحني مساوی ده په ستاتیک مؤمنټ د M/EI ساحی A تر C پوری. د δ_A لپاره مؤمنټ په **A** نیول کیږی، او ساحه په $\mathbf{A_1}$ چه یو مثلث ښودل شوی. سلوپ θ د ایلستیک منحني په نقطی **A'** مساوی دی په مساحت د M/EI دیاګرام په بین ددواړو مماسوکی.



انځور **4.34** د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه



د بیم M/EI دایګرام پدی لاندی انځور کی ښودل شوی:



$$A_1 = (1/2)(L)\ (PL/EI)$$

$$=PL^2/2EI$$

د مؤمنټ ایریا په طریقه د عمودی فاصلی پیدا کول مؤمنټ د مساحت د A1 چه یو مثلث دی په A کی :

$$\delta = A1\ (2/3L) = PL^2\ (2/3)(L)/(2EI) = PL^3/(3EI)$$

$$\boxed{\delta = PL^3/(3EI)}$$

میلان (سلوپ) θ د منحني کرښی په A' کی مساوی دی په ساحه د M/EI دیاګرام په بین ددی دو مماسوکی چی یو په A' او بل په C :

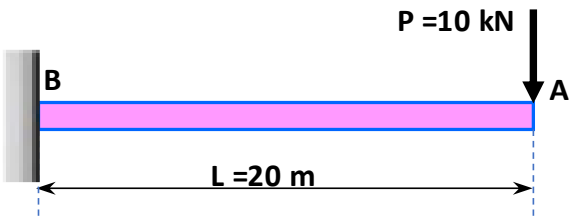
$$A_1 = (1/2)(L)\ (PL/EI)$$

$$= PL^2/2EI$$

$$\boxed{\theta_{A'} = PL^2/2EI}$$

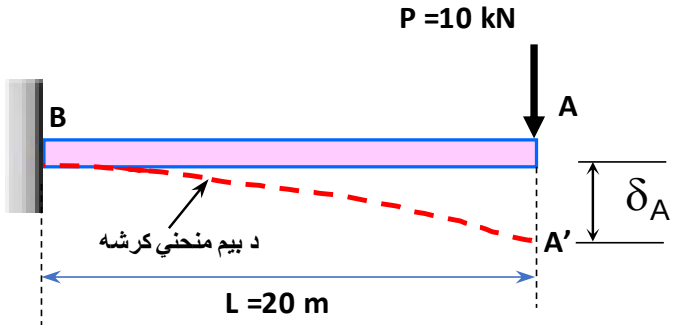
4.18.2 دولسم مثال

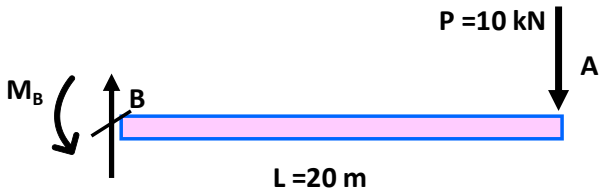
په کنتیلور بیم AB په آخر څوکه یو بهرنی لوډ عمل کړی. غواړو د ټکی A بیځایه کیدل معلو کړو.



انځور 4.35 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

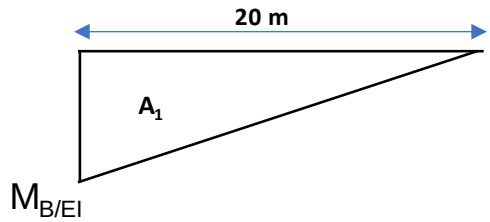
د مؤمنت ایریا په طریقی سره:





$R_{By} = 10$

$M_B = 10 \times 20 = 200$ kN



$A_1 = (MB/EI(20/2) = 200x\ (20/2)/(EI)$

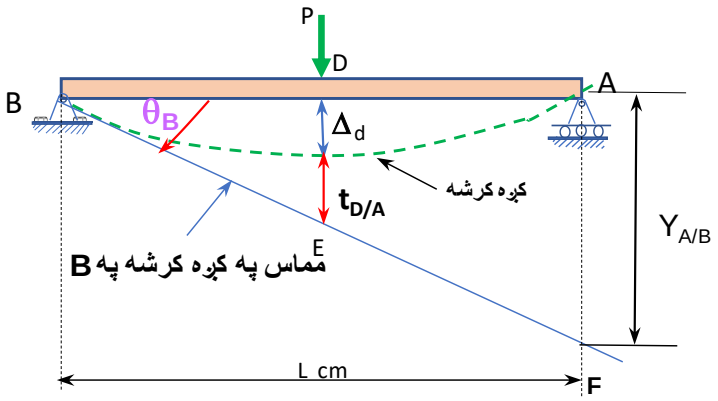
$\boxed{A_1 = 2000/(EI)}$

$\delta_A = (2000)\ x2/3x20)/(EI)$

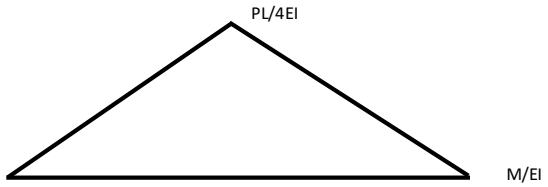
$\boxed{\delta_A = 80{,}000/(3EI)}$

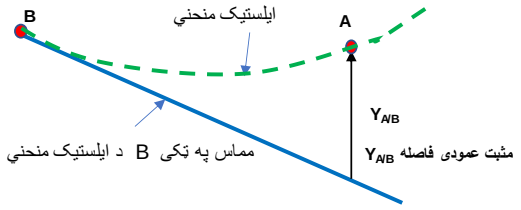
4.18.3 دیارلسم مثال

غواړو چه بیځایه کیدل او سلوپ د ټکی D پدی لاندی انځور کی د مؤمنټ ایریا په طریقه پیدا کړو.



د (M/EI) ډایاګرام په پورتنی بیم





انځور 4.36 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

عمودی فاصله $Y_{A/B}$ له ټکی A تر مماس په ټکی B په ایلستیک منحني.

اندازه یی مساوی ده په ستاتیک مؤمنټ د M/EI ساحی (area) له A تر B پوری. مؤمنټ په ټکی A کی نیول کیږی

فاصله $t_{D/A}$ عمودی فاصله له مماس تر منحني کرښی

فا صله Δ_d د ټکی D بیځایه کیدل ، عمودی فاصله له ټکی D تر منحني کرښی

فاصله $Y_{A/B}$ عمودی فاصله له ټکی A تر مماس په B

زاویه θ_B د بیم محوری کرښی او مماس په ټکی B نه جوړه شوی.دلته زاویه وړه ده، $\tan\theta = \theta$ په انځور کی وینو $\tan\theta = (Y_{A/B})/L$. څرنګه چی زاویه وړه ده $\theta = (Y_{B/A})/L$

زاویه ښایي چی په ریدین (Rad) اندازه شي.

په اساس د ایریا مؤمنټ تیوری عمودی فاصله له یوه ټکی د منحني کرښی تر مما س پوری مساوی ده په مؤمنټ د M/EI دیاګرام له B ترA پوری، مؤمنټ په A نیول کیږی.

$$\theta_B = (Y_{A/B})/L$$

$$Y_{A/B} = (\theta_B)(L)$$

$$Y_{A/B} = [(PL/4EI)(L)(1/2)]\,(L/2) = (PL^3)/16EI$$

$$\boxed{Y_{A/B} = (PL^3)/16EI}$$

$$\theta_B = (Y_{A/B})/L = [(PL^3/16EI)]/(L) = PL^2/16EI$$

په انځور کی د دو مثلثونو ABF او BDE شباهت دا لاندی لیکلی شو:

$$\theta_B = PL^2/16EI$$

$$\theta_B = (\Delta_d + t_{D/A})/(L/2)$$

$$(L/2)\theta_B = (\Delta_d + t_{D/A})$$

که چیری یو مماس په A ځای په ځای شی، کولای شو چه
زاویه په بین ددواړو مماسو پیدا کړو:

$$t_{D/A} = [(PL/4EI)(L/2)(1/2)]\ (1/3(L/2))$$

$$= (PL^2/16EI)(L/6)$$

فاصله $t_{D/A}$ عمودی فاصله له کوږوالي کرښی تر مماس B پوری مساوی ده په مؤمنت د ساحی M/(EI، مؤمنت په D نیول کی.:

$$t_{D/A} = PL^3/96EI$$

$$(L/2)\,(PL^2/16EI) = (\Delta_d + t_{D/A})$$

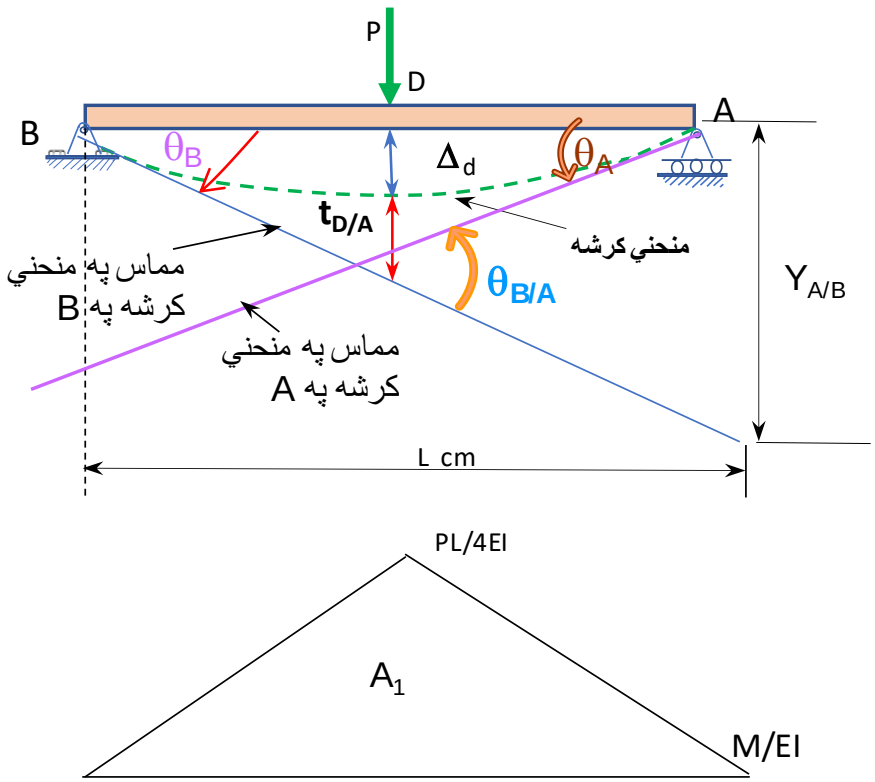
$$= \Delta_d + (PL^3)/(16EI)$$

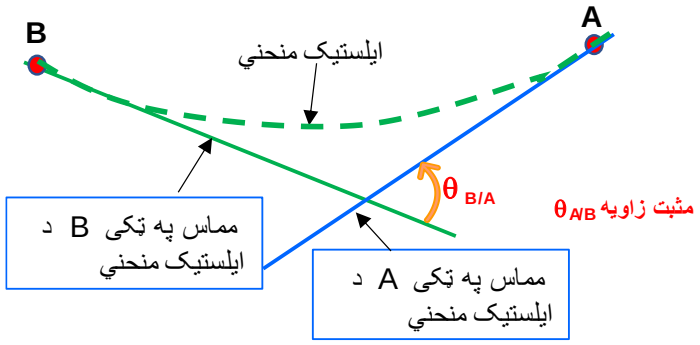
د θ_A پیدا کول:

زاویه د مماس په منحني کرښی په ټکی A کی او له محوری کرښی سره.

$$\Delta_d = +\,(PL^3)/(48EI)$$

$$\theta_A = (A1) - \theta_B = (PL^2/8EI) - PL^2/16EI = PL^2/16EI$$





انځور 4.37 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

د A_1 مساحت

$$A_1 = ½(PL/4EI)(L) = PL^2/8EI$$
$$=PL^2/(8EI)$$

$$\theta_B - \theta_A = A_1 = (PL^2/8EI)$$

$$\boxed{\theta_A = PL^2/16EI}$$

4.19 د مؤمنټ ایریا طریقی تفیصل

په دی لاندی انځور کی بیم AB سیخه کرښه د بهرنی لوډ له کبله بیځایه شوی او ایلاستیک منحني یی د بیځایه کیدو استازیتوب کوی. غواړو چه د ټکی m بیځایه کیدل معلوم کړو. ټکی m له اصلی محوری کرښی AB ټکی 'm ته بیځایه شوی. د بیم اصلی محوری کرښه د A تر B پوری ده.

په دی انځور کی دا لاندی لیکی او مماسونه ښودل شوی:

لیکه 1 مماس دی په کږه (منحني) کرښه په A کی، اولیکه ۱ او ۳ یو بل سره متوازی دی

لیکه 2 مماس دی په کږه کرښه په B کی.

لیکه 4 مماس ده په کږه کرښه په ټکی 'm کی.

لیکه 5 موازی ده په محوری کرښه AB .

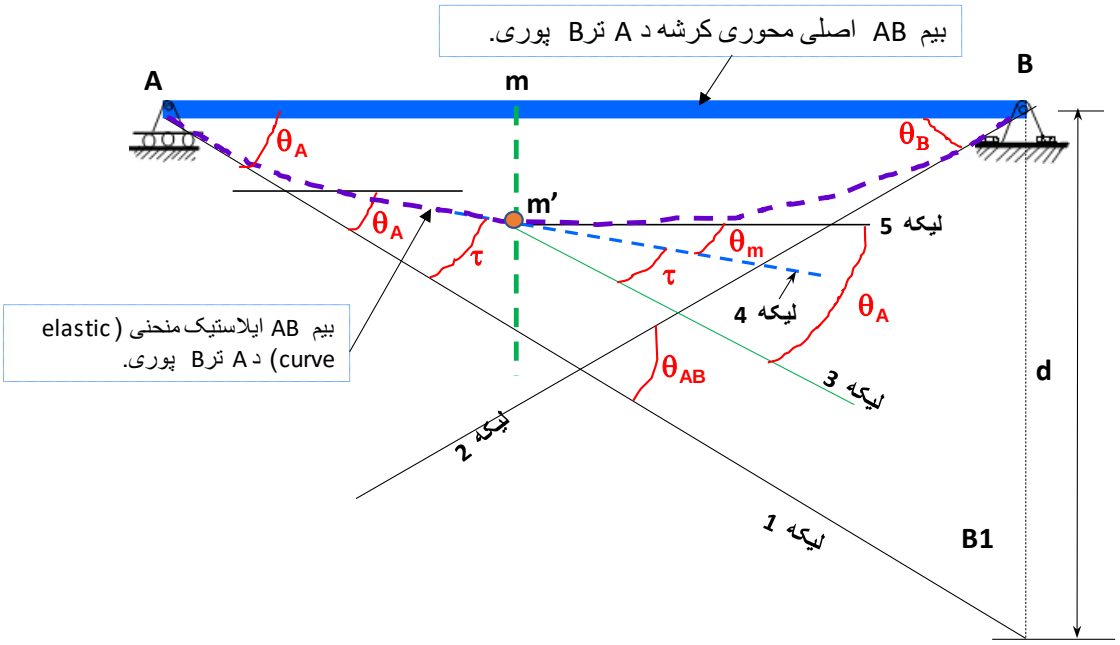
زاویه θ_A دبیم AB اصلی محوری کرښه او مماس په کږه کرښه په A کی جوړه شوی.

زاویه θ_B دبیم AB اصلی محوری کرښه او مماس په کږه کرښه په B کی جوړه شوی.

زاویه θ_{AB} مماس په A لیکه 1او مماس په B لیکه 2 جوړه کړی.

زاویه θ_m مماس په ټکی 'm د بیم له اصلی کرښی ABسره جوړه کړی.

زاویه τ مماس د ټکی m’ او مماس د ټکی A لیکه 3 جوړه کړی.



انځور 4.38 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

ټولی زاویی کوچنی دی له دی کبله تانجنت (tangent) او زاویه یو د بل سره مساوی دی، پدی معنی چه تانجنت مساوی دی په زاویه.

په دی انځور کی زاویه مساوی ده: $\theta_A = d/(L_{AB})$

کله چه زاویه په اساس د مؤمنټ اریا (moment area) قضیی پیدا شوه بیا فاصله

عبارت ده: $(d= (\theta_A) L_{AB})$

د مؤمنټ ایریا له قضیی (moment area theorem) کار اخلو او فا صله d پیدا کو. په اساس د قضیی مؤمنټ ایریا، انحراف (بیځایه کیدل) د یوی نقطی B په منحنی له مماس (tangent) په دی منحني په نقطه A کی برابر دی په ستاتیک مؤمنټ د M/EI ساحی دیاگرام د A تر B پوری، مؤمنټ په B کی نیول کیږی.

اول باید ریکشنونه پیدا او بیا (M/EI) مؤمنټ ډیاګرام جوړ کړو، او وروسته به فاصلی او سلوپ معلوم کړو.

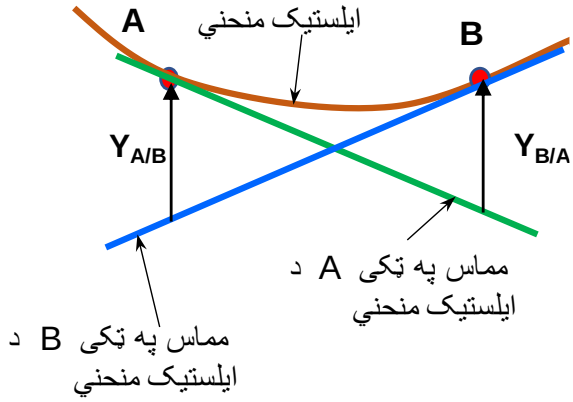
د مؤمنټ ایریا طریقه مناسب ده کله چه دیفلکشن یا سلوپ په یو ټکی د بیم کی غوښتل شوی وی.

4.20 د عمودی فاصلی او زاویی مثبت او منفی خوا کانوینشن

عمودی فاصله $Y_{B/A}$ مثبت ده که چیری B له مماس پر ټکی A پورته خوا کی وی. او منفی ده که چیری ټکی B له مماس کښته وی.

عمودی فاصله $Y_{B/A}$ له مماس A تر ټکی B د ایلستیک منحني او اندازه یی مساوی ده په ستاتیک مؤمنټ د M/EI ساحی (area) له A تر B پوری. مؤمنټ په ټکی B کی نیول کیږی.

مثبت عمودی فاصله $Y_{B/A}$

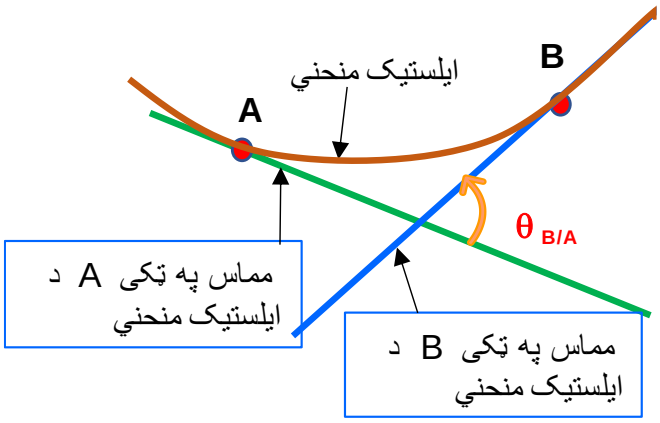


انځور 4.39 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

عمودی فاصله $Y_{A/B}$ له مماس B تر ټکی A د ایلستیک منحني او مقدار یی مساوی دی په ستاتیک مؤمنټ د M/EI ساحی (area) له B تر A پوری. مؤمنټ په ټکی A کی نیول کیږی.

زاویه θ_{BA} له مماس A تر مماس B د ایلستیک منحني ښی لاس ته تاویږی نو مثبت زاویه ده او اندازه د زاویی مساوی ده په ساحه (AREA) د M/EI دیاګرام له A تر B پوری.

مثبت زاویه $\theta_{B/A}$

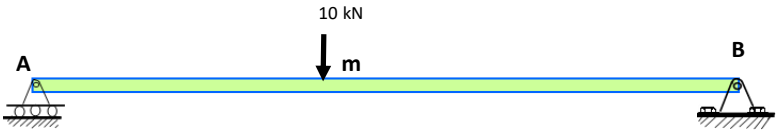


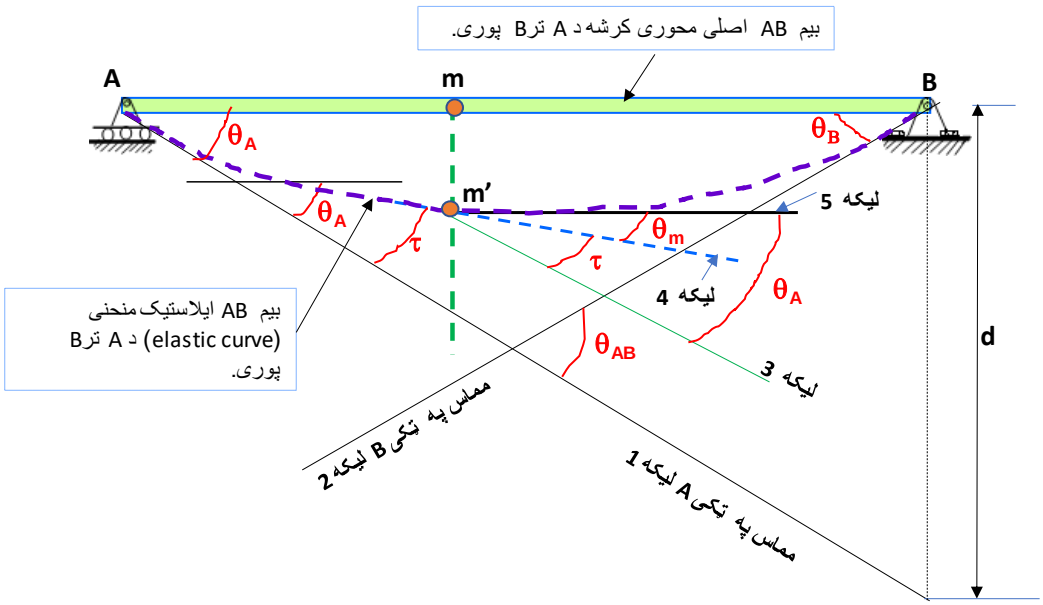
انځور 4.40 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

که چیری بیځایکیدل او یا د تماس زاویه پیدا کول په یوه ټکی د جوړښت په کار یا اړوند وی د مؤمنټ ایریا طریقه مناسب انتخاب دی.

4.21 اول مثال

د بیم AB په نقطه m کی یو 10kN لوډ عمل کړی، غواړو چه د نقطی m بیځایه کیدل او سلوپ (slope) په A او په نقط m د ایلستیک منحني کی پیدا کړو.





انځور 4.41 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

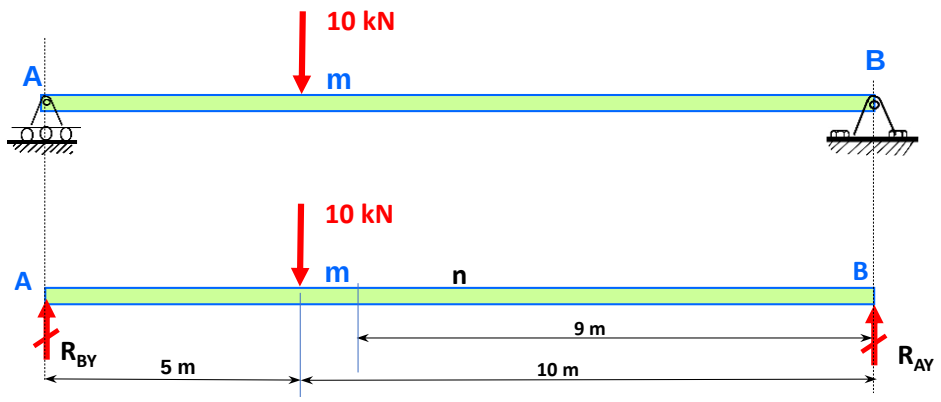
ټول سلوپونه (slopes) کوچنی دی نو لیکلی شو:

$$\tan\theta_A = \theta_A = d/(L_{AB})$$

د مؤمنټ ایریا له قضیی (moment area theorem) کار اخلو او فا صله d پیدا کو. په اساس د مؤمنټ ایریا قضیی ، انحراف (بیځایه کیدل) د یوی نقطی B په منحنی له مماس (tangent) په دی منحني په نقطه A کی برابر دی په ستاتیک مؤمنټ د M/EI ساحی دیاګرام د A تر B پوری او مومنټ په B کی نیول کیږی.

اول باید ریکشنونه پیدا او بیا (M/EI) مؤمنت ایریا دیاګرام جوړ کړو، او وروسته به فاصلی او سلوپ معلوم کړو.

مثال



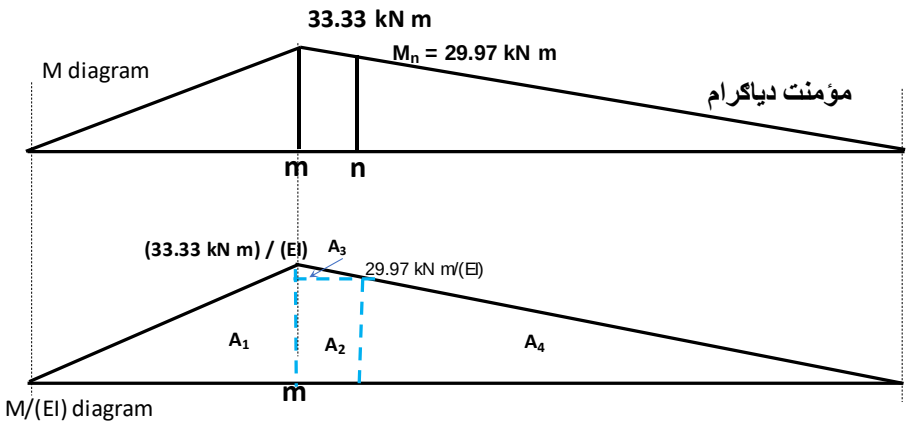
انځور **4.42** د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

$$R_{AY} = (10 \times 10)/15 = 6.67 \text{ kN}$$

$$R_{BY} = 10 - 6.67 = 3.33 \text{ kN}$$

$$M_m = 6.67 \times 5 = 33.33 \text{ kNm}$$

$$M_n = 3.33 \times 9 = 29.97 \text{ kN m}$$



د مؤمنت تقسیم پر (EI) دیاګرام

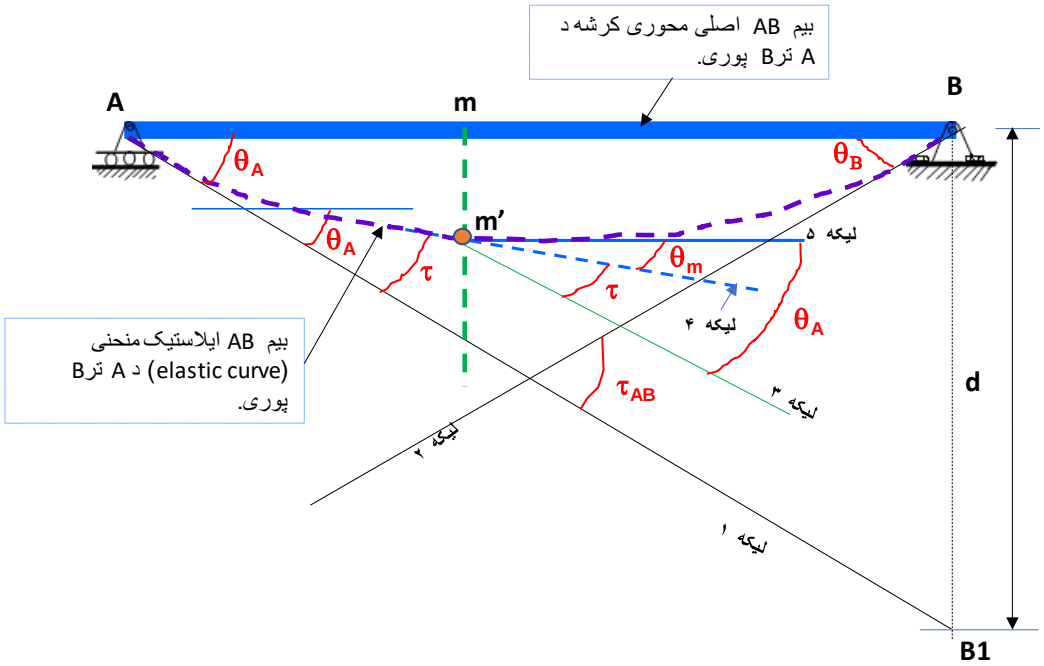
انځور 4.43 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

$$A_1 = (1/2)(5 \times 33.33)/EI = 83.33/EI$$

$$A_2 = (29.97 \times 1)/EI = 29.97 = 29.97/EI$$

$$A_3 = (33.33-29.97) \times 1(1/2EI) = 1.68/EI$$

$$A_4 = (29.97 \times 9(1/2EI) = 134.87/EI$$



انځور 4.44 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

دلته d عمودی فاصله له مماس په ایلیستیک منحني B تر مماس په ټکی A کی دی.

$$EId = (A1)(10+5/3) +(33.33 \times 10)/2(10\times2/3)$$

$$= 83.33\ (11.67) + 1111$$

$$\boxed{d = 2083/EI}$$

زاویه د مماس په A او د بیم اصلی محوری کرښی د A او B په منځ کی

$$\theta_A = d/L = 2083/(15\ EI)$$

$$\theta_A = 138.9/(EI)$$

زاویه τ د مماس په ټکی m’ او مماس په A لیکه 3 کی

$$\tau = A_1 = 83.33 /EI$$

$$\theta_m = \theta_A - \tau$$

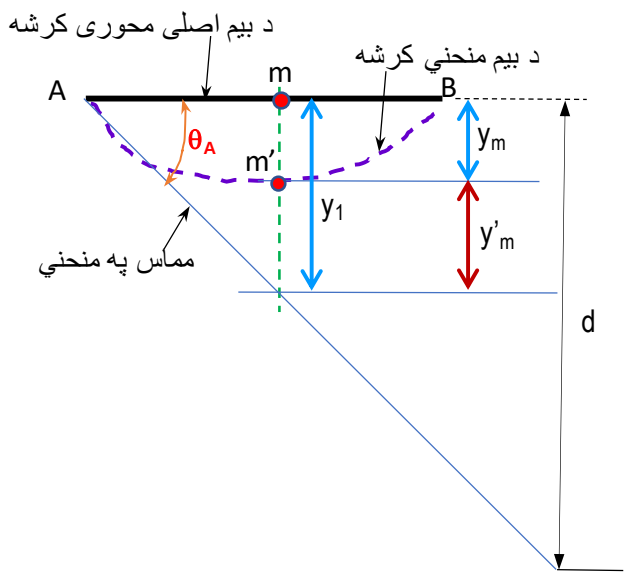
زاویه په بین د بیم اصلی محوری کرښی او مماس په m’ (سلوپ د منحني په ټکی m’)

$$\theta_m = (138.9-83.33)/(EI)$$

$$\theta_m = 55.57/EI$$

$$d/15 = y_1/5$$

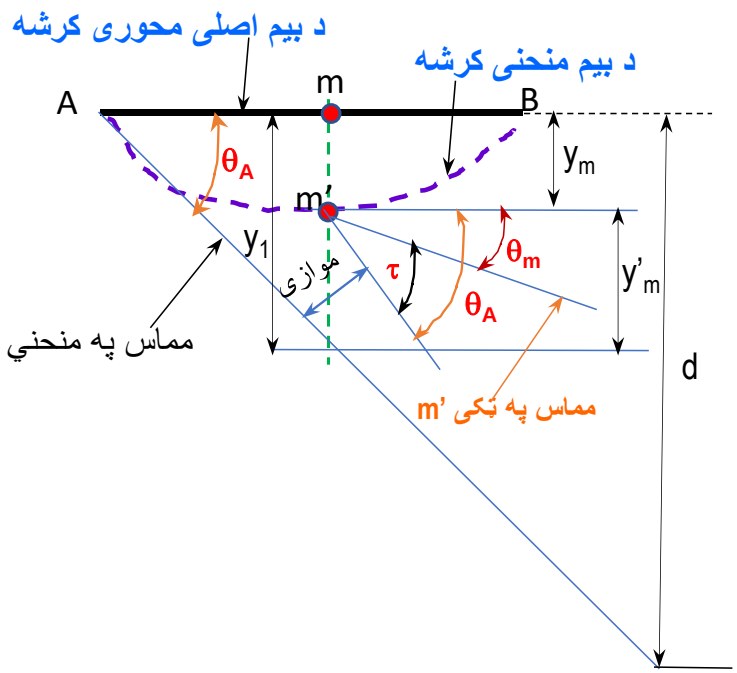
$$y_1 = 833.2/(EI)$$



$y'_m = A1\ (5/3)$

$= 83.33\ (5/3)/EI$

$y'_m = 138.88/EI$



انځور **4.45** د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

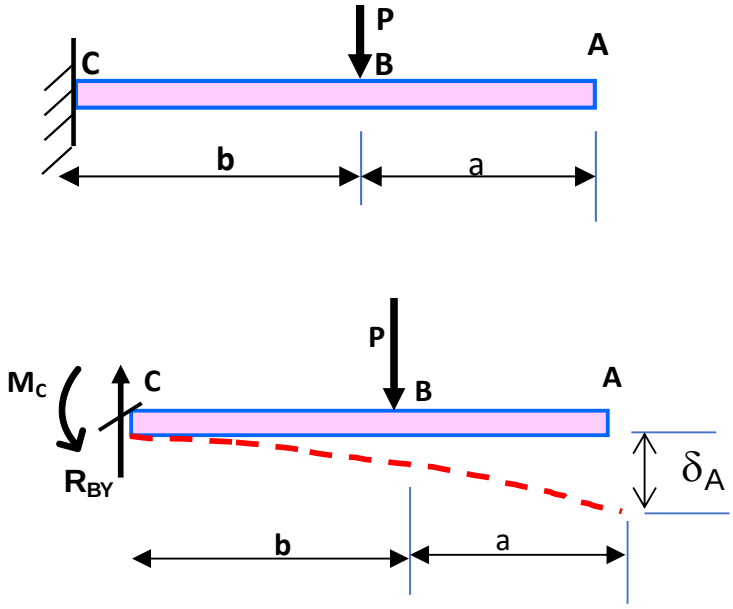
$y_m = y_1 - y'_m$

$y_m = 833.2/(EI) - 138.88/EI$

$$\boxed{y_m = 694.32/EI}$$

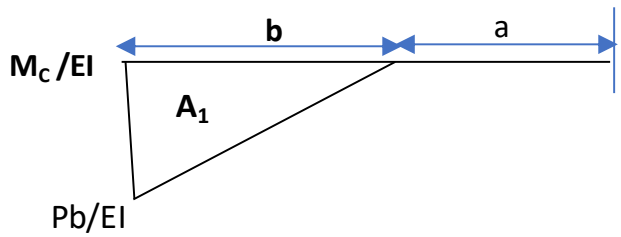
4.22 دوهم مثال

کنتیلور بیم AB په لاندی انځور کی ښودل شوی ، د مؤمنټ ایریا په طریقه د ټکی A بیځایه کیدل پیدا کوو.



انځور 4.46 د بیم دیفلکشن د مؤمنت ایریا په طریقه

د اتکا ریکشنونه او د M/EI دیاګرام



$$M_C = Pb$$

$$A_1 = (Pb)(b/2EI)$$

$$= (Pb^2/2EI)$$

مؤمنټ په ټکی A د M/EI ساحه:

$$\delta_A = (M_c/EI)(a+(2/3)b)$$

کله چی د a او b فاصلی ارزښتونه په معادله کی ځای په ځای کړو:

$$a = 6\ m$$

$$b = 6\ m$$

$$\delta_A = Pb^2(a+2/3b)/(2EI)$$

$$=P(36)(6+2/3x6)/(2EI)$$

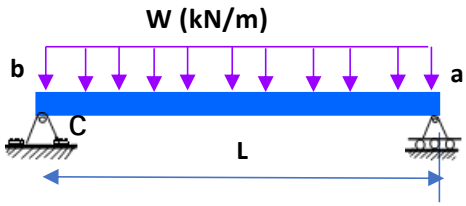
$$\boxed{\delta_A = 180Pb/(EI)}$$

4.23 تمرین سوالونه

په دی لاندی انځورونو کی بیځایه کیدل δ او سلوپ θ پیدا کړی:

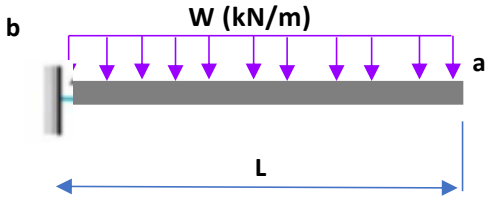
1.0

د ټکی C بیځا یه کیدل د انتیګریشن او مؤمنټ ایریا په طریقو پیدا کړی.



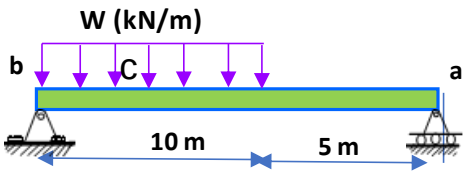
2.0

د ټکی a بیځایه کیدل پیدا کړی د اینتیګریشن او مؤمنټ ایریا په طریقو.



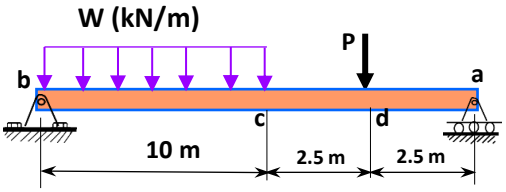
3.0

د ټکی C بیځایه کیدل پیدا کړی



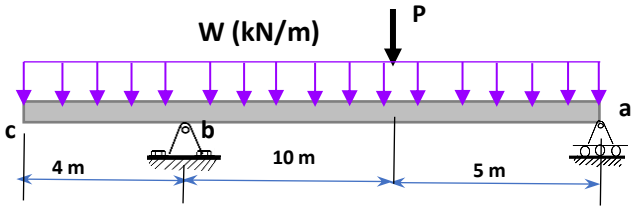
4.0

د ټکی C بیځایه کیدل د اینتیګریشن په طریقه پیدا کړی.



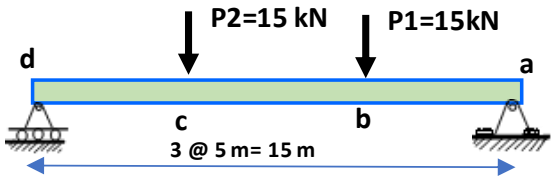
5.0

د ټکی C بیځایه کیدل د اینتیګریشن په طریقه پیدا کړی.



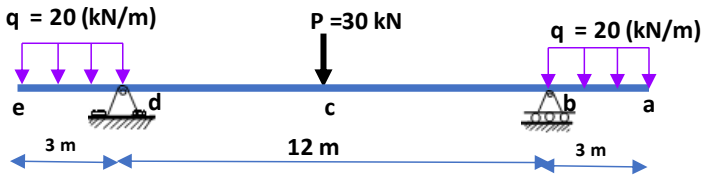
6.0

د ټکی b بیځایه کیدل د اینتیګریشن په طریقه پیدا کړی.



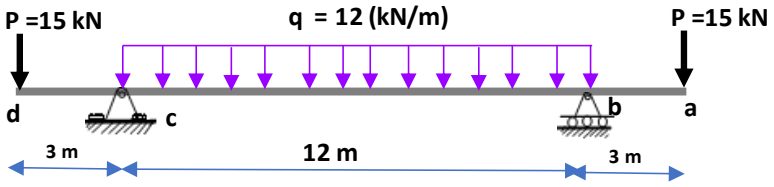
7.0

د ټکی a او ټکی c بیځایه کیدل د اینټیګریشن په طریقه پیدا کړی.



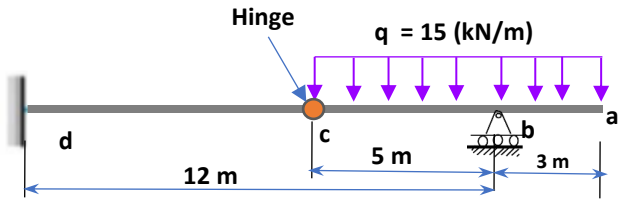
8.0

د ټکی a بیځایه کیدل د اینټیګریشن په طریقه پیدا کړی



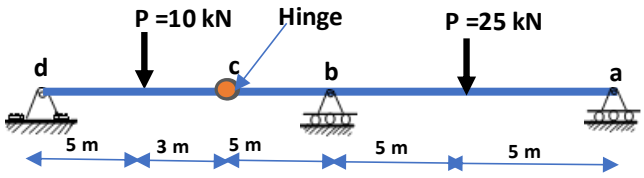
9.0

د ټکی a او ټکی c بیځایه کیدل د اینټیګریشن په طریقه پیدا کړی



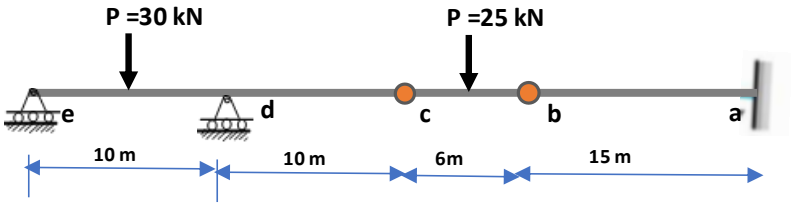
10

د ټکی a او ټکی c بیځایه کیدل د اینتیګریشن په طریقه پیدا کړی



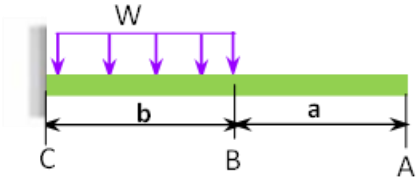
12.0

د ټکی d او ټکی c بیځایه کیدل د اینتیګریشن په طریقه پیدا کړی



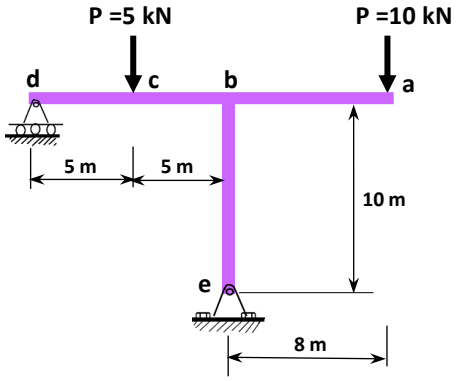
13.0

د ټکی A او ټکی B بیځایه کیدل د اینتیګریشن په طریقه پیدا کړی



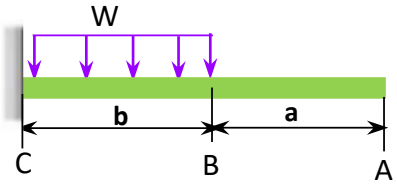
14.0

د ټکی a او ټکی d بیځایه کیدل د اینتیګریشن په طریقه پیدا کړی



15.0

د ټکی A او ټکی B بیځایه کیدل , په دو اړو طریقو پیدا کړی



4.24 د کانجوګیت بیم طریقه

کانجوګیت بیم د بیځایکیدلو د تحلیل او معلومولود پاره یوه بله طریقه ده. ددی طریقی اصول او بنسټ په ستاتیک (static) او هندسه (جیومتری) تکیه لری. کانجوګیت پدی معنی چه رښتیا ندی خیالی ته نږدی دی.

د کانجوګیت بیم میتود د مؤمنټ، شیر(shear) او بهرنی لوډ سره بنسټیز او تړل شوی اړیکی لری، او دا اړیکی په لاندی ډول دی:

شیر(V) او بهرنی لوډ (w)، یو بل سره اړیکی لري.

$$dV/dx = w(x)$$

$$V = \int w(x)dx \qquad 4\text{-}16$$

د مؤمنت (M) او شیر اړیکی لری

$$dM/dx = V$$

مؤمنت او بهرنی لوډ یو بل سره اړیکی.

$$dM^2/dx^2 = w$$

$$M = \iint w(x)dxdx \qquad 4\text{-}17$$

د کږي کرښی بیځایه کیدل (δ) ، میلان (سلوپ) (θ) اړیکی له داخلی مؤمنت سره.

$$d\theta/dx = M/EI$$

$$\theta = \int \frac{M}{EI}dx \qquad 4\text{-}18$$

$$dy^2/dx^2 = M/EI$$

$$y = \iint \frac{M}{EI}dxdx \qquad 4\text{-}19$$

د شیر او بهرنی لوډ تړون مو په دریم فصل کی چی په دی لاندی ډول وا او هم به ستړنګت اف متیریل معادلو کی لیدل کیږی. که چیری دلته شیر (V) او سلوپ (θ) یو بل سره پرتله کړو او (w) له (M/EI) سره بدل کړو ، وینو چه شیر او سلوپ یوبل ته ورته دی.

$$dV/dx = w$$

$$d\theta/dx = M/EI$$

که چیری دلته مؤمنټ (M) او بیځایه کیدل (y) یو بل سره پرتله کړو ، او که (w) له (M/EI) سره بدل کړو وینو چه مؤمنټ او بیځایه کیدل یوبل ته ورته دی.

$$dM^2/dx^2 = w$$

$$dy^2/dx^2 = M/EI$$

دلته M مؤمنټ او V شیر او w(x) ویشلشوی بهرنی لوډ دی.

لدی تړونونه په ګټه اخستلو یو بیم چه اندازه یی د اصلی بیم وی ، او په دی بیم (M/EI) لوډ د اصلی بیم د لوډ استازیتوب وکړی ، دا ډول بیم کانجوګیت بیم (conjugate beam) یادیږی.

کله په کانجوګیت بیم د اصلی بیم M/EI لود کیښودل شی، شیر (shear) په هرټکی د کانجوګیت بیم استازیتوب د میلان (سلوپ) د همهغی ټکی په اصلی بیم کوی. او مؤمنټ په یو ټکی د کانجوګیت بیم ایستازیتوب د بیځایکیدلو په اصلی جوړښت کی دی. که چیری شیر مثبت وی میلان (سلوپ) په اصلی بیم کی به مثبت وی. د کانجوګیت بیم لپاره اړوند اتکاءوی باید انتخاب شی چی په لاندي بحث کی پري خبري کوو.

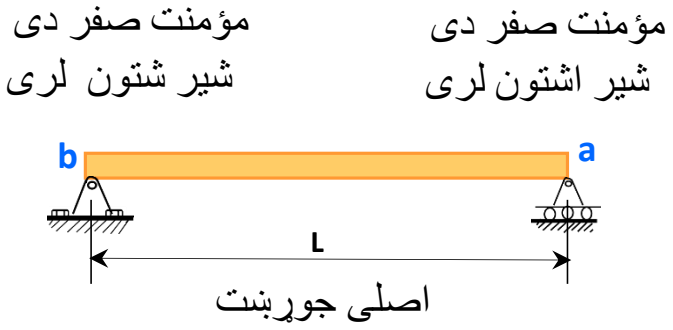
4.25 د تحلیل تګلاره

کانجوګیت بیم دوه مهم اساسات لری. اول دا چه شیر (shear) (V) په کانجوګیت بیم کی میلان (سلوپ) (θ) په اصلی بیم کی دی. دوهم ، مؤمنټ په کانجوګیت بیم کی بیځایه کیدل (δ)په اصلی بیم کی دی. د کانجوګیت بیم اندازه د اصلی بیم په شان ده.

4.26 د کانجوګیت بیم د اتکاء جوړه ول

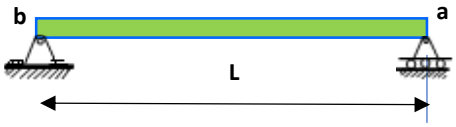
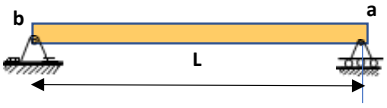
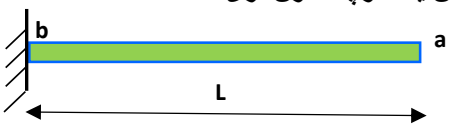
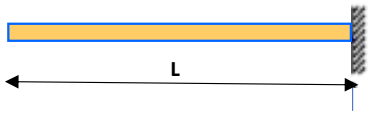
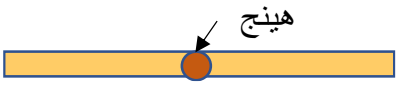
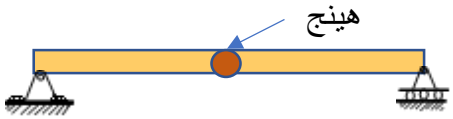
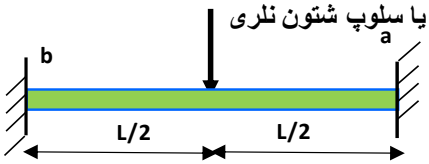
د کانجوګیت بیم جوړه ولو لپاره اړونده اتکاوی چه د اصلی بیم جوړښت استازیتوب وکړی باید انتخاب شی. پدی لاندی جدول کی د مختلفو ډولو کانجوکیت بیمونو اتکا وی ښودل شوی. انتخاب د اتکاء د شیر او مؤمنټ یا سلوپ او بیځایه کیدلو په بنسټ ولاړ دی.

یو ساده بیم ab په دی لاندی شکل کی ښودل شوی. په اتکا a او b کی بیځایه کیدل شتون نلری، دواړه اتکا وی د مؤمنټ توان هم نلری. د بیم کړه کرښه په a او b کی میلان یا سلوپ شتون لری، په دی معنی چه په کانجوګیت بیم کی a او b باید د شیر توان ولری اما مؤمنټ به صفر وی.



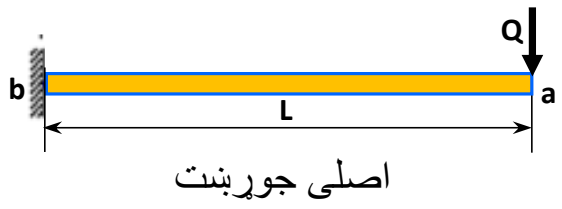
انځور 4.47 د بیم دیفلکشن د کانجوګیت بیم په طریقه

4.26 د اصلی او کانجوګیت بیم د اتکاءو انتخاب

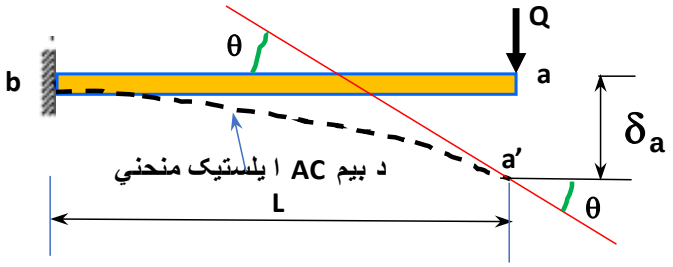
اصلي جوړښت	کانجوګیت جوړښت
مؤمنت صفر دی شیر اندازه لری 	بیځایکیدل نشته میلان(سلوپ) شتون لری بیځایکیدل نشته میلان(سلوپ) شتون لری 
بیځایه کیدل شتون لری میلان یا سلوپ شتون لری بیځایه کیدل شتون نلری میلان یا سلوپ شتون نلری 	مؤمنت شتون لری شیر اندازه لری مؤمنت شتون نلری شیر شتون نلری 
	
	
بیځایه کیدل شتون نلری میلان یا سلوپ شتون نلری بیځایه کیدل شتون نلری 	

4.27 اول مثال

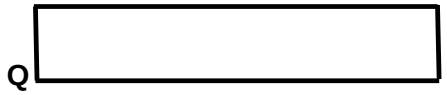
په یو کنتیلیور بیم بهرنی لوډ Q عمل کړی، غواړ چه د ټکی a بیځایه کید ل او سلوپ (δ, θ) د کانجوګیټ بیم په طریقه پیدا کړو.



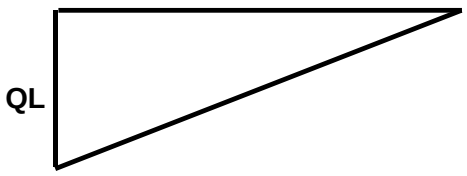
انځور 4.48 د بیم دیفلکشن د کانجوګیت بیم په طریقهاصلی



شیر(shear) د کانجوګیت په ټکی a کی میلان (سلوپ) په ټکی a د اصلی جوړښت کی دی،
ا و د (M/EI) مؤمنټ په ټکی a د کانجوګیت بیم کی بیځایه کیدل د ټکی a په اصلی جوړښت کی دی



اصلی جوړلښت شیر دایکرام



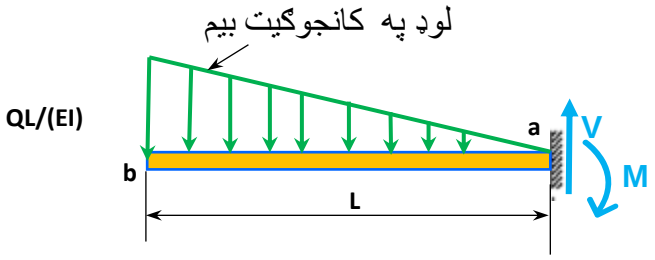
اصلی جوړښت مؤمنت دایګرام

انځور 4.49 د بیم دیفلکشن د کانجوګیت بیم په طریقه شیر او مؤمنت دایګرام

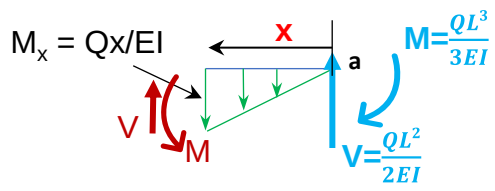
انتخاب د کانجوګیت بیم د اتکاوو له مخی په دی لاندی اړیکو جو ړیږی:

په ټکی a کی بیځایه کیدل (δ, θ) غوشتل شویی. په کانجوګیت بیم کی باید پدی ځای کی مؤمنټ او شیر شتون ولری، پدی معنی جه دا ټکی باید وتړل شی ځنګه چه په لاندی انځور کی ښودل شوی. په ټکی b کی بیځایه کیدل نشته ځکه چه اصلی بیم تړل شوی ، بیځایه کیدل او سلوپ شتون نلری ، په کانجوګیت کی دا ټکی باید ازاد وی:

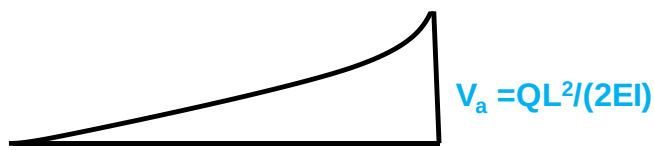
4.28 کانجوګیت بیم او M/EI لوډ



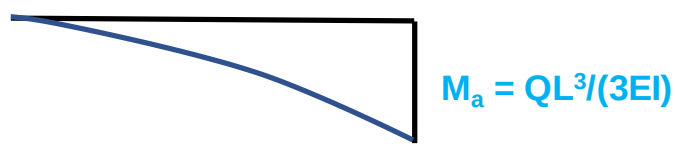
د کانجوګیت بیم جوړښت



$$M_x = QL^3/(3EI) - \frac{QL^2}{2EI}(x) + Qx^3/(6EI)$$



د کانجوګیت بیم شیر دایګرام



د کانجوګیت بیم مؤمنت دایګرام

شیر د کانجوګیت بیم په ټکی a کی میلان (سلوپ) (θ) په ټکی a د اصلی بیم جوړښت کی دی ، ا و مؤمنت په ټکی a د کانجوګیت بیم بیځایه کیدل (δ) د ټکی a په اصلی جوړښت کی دی.

$V_a = ½ (QL/EI) (L)$

$V_a = QL^2/(2EI)$

میلان (سلوپ) د کږه کر ښی په a د اصلی بیم کی

$\theta_a = QL^2/(2EI)$

$M_a = (QL /(2EI)) (L) (2/3L)$

$= (QL^3)/(3EI)$

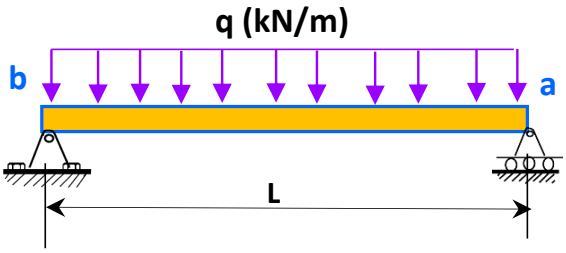
$M_a = (QL^3)/(3EI)$

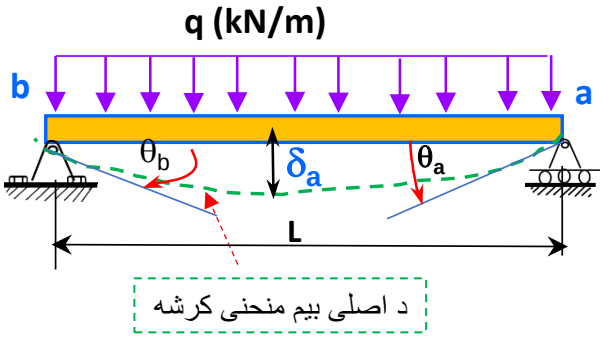
بیځایه کیدل د بیم په ټکی a = مؤمنټ د M/EI کانجوګیت جوړښت په ټکی a کی.

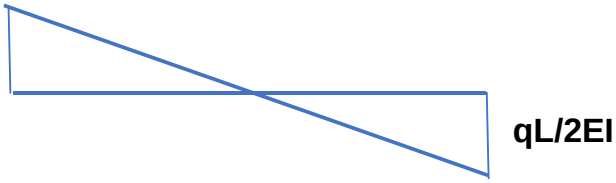
$\delta_a = (QL^3)/(3EI)$

4.29 دوهم مثال

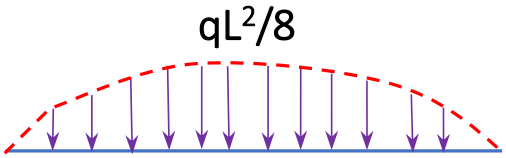
په بیم ab ویشلشوی لوډ q عمل کړی، غواړو بیځایه کیدل δ او سلوپ θ د بیم په وسط کی لکه چی په شکل کی ښودل شوی د کانجوگیت بیم په طریقه پیدا کړو.







د اصلی بیم شیر دایگرام

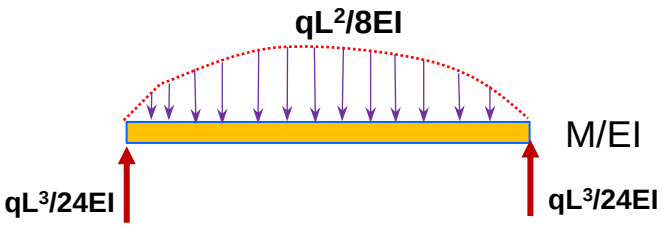


د اصلی بیم مؤمنت دایگرام

انځور 4.50 د بیم دیفلکشن د کانجوگیت بیم په طریقه شیر او مؤمنت دایگرام

کانجوګیت بیم او M/EI لوډ چه د اصلی بیم د لوډ استازیتوب یی کړی.

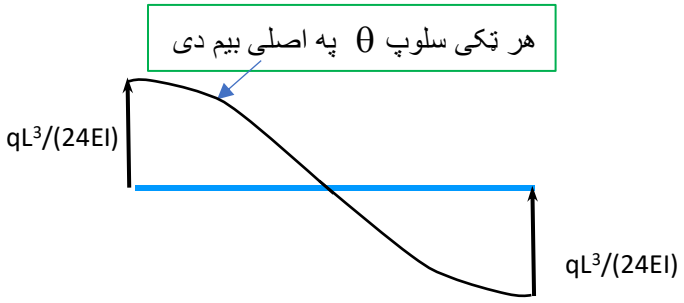
لوډ په کانجوګیت بیم



$R_b = ½(2/3)(qL^2/8EI)L = qL^3/24EI$ $R_a = ½(2/3)(qL^2/8EI)L = qL^3/24EI$

انځور 4.51 د کانجوګیت بیم وزن M/EI دایګرام

کانجوګیت بیم شیر دایګرام



کانجوګیت بیم شیر دایګرام

شیر د کانجوګیت بیم په وسط د بیم کی صفر دی، او دا په دی معنی چه سلوپ په دی ځای کی صفر دی او مؤمنټ دلته لوړ اندازی ته رسیږی او پدی ځای کی د بیم بیځایه کیدل لوړ حد لری.

شیر (V) په ټکی b د کانجوګیت بیم

$$V_b = +(qL^3/24EI)$$

شیر (V) په ټکی a د کانجوګیت بیم

$$V_a = -qL^3/(24EI)$$

$$\theta_a = qL^3/(24EI)$$

میلان (سلوپ) د کږی کرښی په a = شیر د کانجوګیت بیم

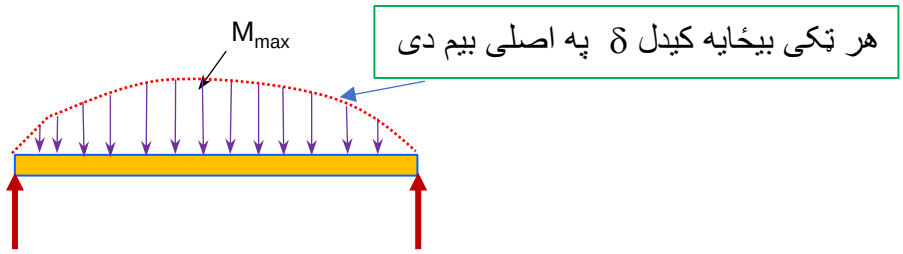
$$M_{max} = (qL^3/(24EI))\,(L/2) - qL^2/(8EI)(L/2)(L/4) + 1/3(qL^2/(8EI)(1/2)(3/8L)$$

$$= (qL^4)/(EI)[\ 1/28 - 1/64 + 1/128)$$

$$M_{max} = (5qL^4)/(384EI)$$

بیځایه کیدل د بیم په ټکی a = مؤمنټ د M/EI کانجوګیت جوړښت په ټکی a کی

$$\delta_{max} = (5qL^4)/(384EI)$$

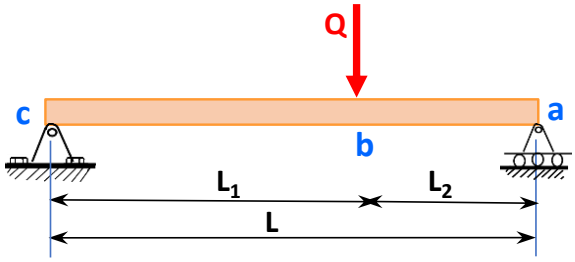


کانجوګیت بیم مؤمنت دایګرام

$$\delta_{max} = M_{max} = (5qL^4)/(384EI)$$

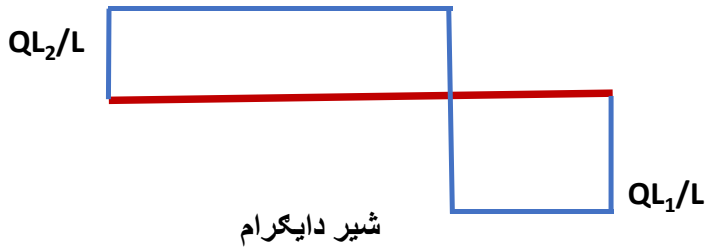
4.30 دریم مثال

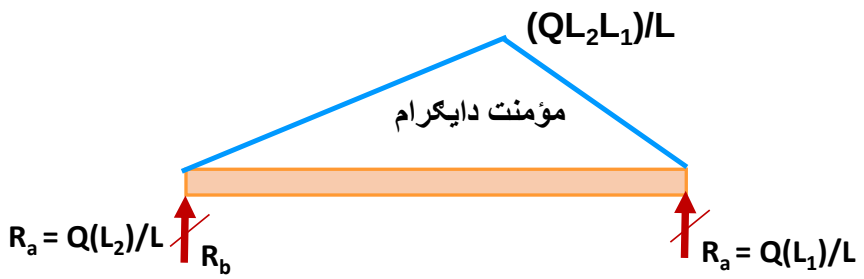
یو لوډ Q په بیم ac عمل کړی، غواړو سلوپ θ په اتکاء a او c او بیځایه کیدل (δ) د ټکی b پیدا کړو.



اصلی جوړښت

L_1=10 m, L_2=5 m

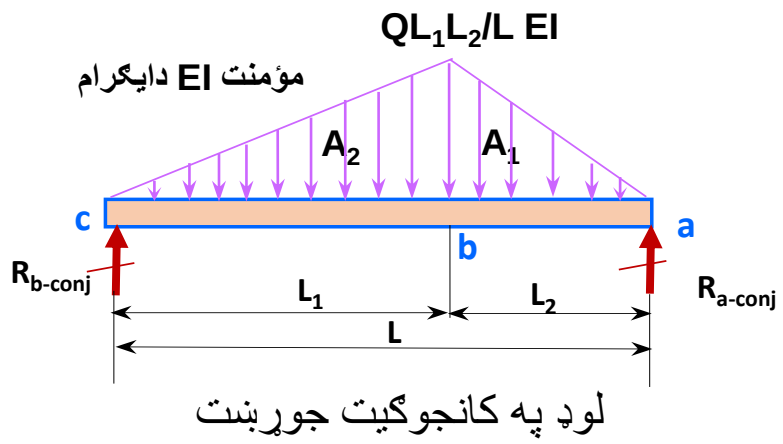




اصلی جوړلښت مؤمنت دایګرام

انځور 4.52 د کانجوګیت بیم مثال

لوډ په کانجوګیت بیم M/EI دایګرام دی



انځور **4.53** د کانجوګیت بیم بهرنی لوډ

$$A_1 = [QL_1L_2\ (L_2)\ (1/2)]\ /LEI$$
$$=Q_1L_1L_2^2/(2LEI)$$

$$A_2 = [QL_1L_2\ (L_1)\ (1/2)]\ /EI$$
$$=Q_1L_2L_1^2/(2LEI)$$

د کانجوګیت بیم شیر په هر ټکی د اصلی بیم د کږی کرښی سلوپ (میلان) دی. مؤمنټ په هر ټکی د کانجوګیت بیم د اصلی بیم بیځایه کیدل په هغه ټکی کی دی.

د کانجوګیت بیم ریکشن په اتکاء a کی پدی ډول دی:

$\Sigma M_{@c}=0$

$R_{a\text{-}conj}(L) = (QL_1L_2)/(EIL)\,[(L_2/2)(L_1+L_2/3)] + (QL_1L_2)/(EIL)[L_1/2)(2/3L_1)]$

$=(QL_1L_2/EIL\,[\,L_2L_1/2 + L_2^2/6) + L_1L_1/3]$

$= (QL_1L_2/(6EIL)\,[3L_1L_2 + L_2^2 + 2L_1^2]$

$L_1=10$ m, $L_2=5$ m

$R_a = 13.89Q/EI$

سلوپ θ_a د کږی کرښی په ځای a کی:

$\theta_a = 13.89Q/EI$

د کانجوگیت بیم ریکشن په اتکاء C کی:

$\Sigma M_{@a}=0$

$R_{c\text{-}conj}(L) = (QL_1L_2)/(EIL)[(L_2/2)(2/3L_2)] + (QL_1L_2)/(EIL)[L_1/2)(1/3L_1 + L2)]$

$=(QL_1L_2/EIL[\,(L^2{}_2/3 + L_1L2/2 + L_1^2/6)]\;\; = QL_1L_2/(6LEI)[2L_2^2 + 3L_1L_2 + L_1^2]$

شیر د کانجوګیت بیم په ټکی a په اصلی جوړښت کی سلوپ (میلان) په دی ټکی a کی دی .

$$R_b = 11.11Q/EI$$

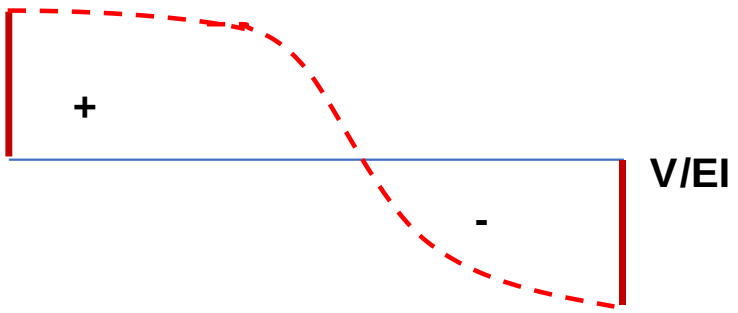
$$\theta_b = 11.11Q/EI$$

هر ټکی په شیر دایګرام د کانجوګیت بیم سلوپ د کږی کرښی په اصلی بیم کی دی. او هر ټکی

په مؤومنت دایګرام د کانجوګیت بیم کی یځایه کیدل د هغه ټکی په اصلی بیم کی دی.

شیر د کانجوګیت په ټکی a میلان (سلوپ) په ټکی a د اصلی جوړښت دی ، ا و د (M/EI) مؤمنت په ټکی a د کانجوګیت بیم بیځایه کیدل د ټکی a په اصلی جوړ ښت کی دی.

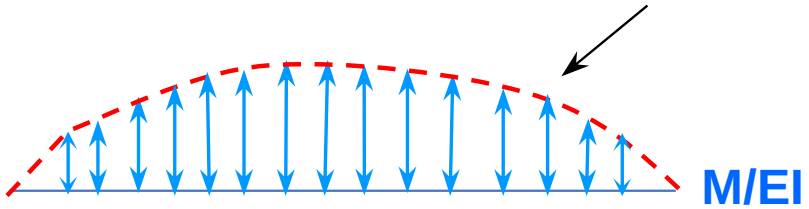
هر ټکی سلوپ θ په اصلی بیم دی



کانجوګیت بیم شیر

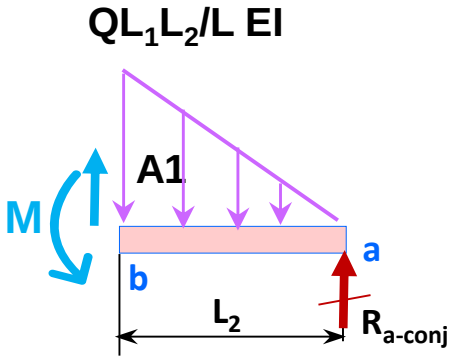
شیر د کانجوګیت بیم په ټکی b د بیم صفر دی، او دا په دی معنی چه سلوپ په دی ځای کی صفر دی او مؤمنت دلته لوړی اندازی ته رسیږی او دلته د بیم بیځایه کیدل هم لوړ حد ته رسیږی .

هر ټکی بیځایه کیدل δ په اصلی بیم دی



کانجوګیت بیم مؤمنت

بیځایه کیدل په ټکی b مساوی دی په مؤمنت په دی ټکی کی د کانجوګیت بیم



$\mathbf{R_{a\text{-}conj}} = R_a = 13.14Q/EI$

$A1 = QL_1L_2(L_2/2)/LEI$

$= Q(50)(5/2)/15EI$

$= 8.33Q/EI$

$$-M + A_1(L_2/3) - R_{a\text{-}conj}(L_2) = 0$$

$$M = 8.33(5/3)/EI-(13.14)(5)/EI)$$

$$= 13.88/EI - 65.7/EI$$

$$= -51.82\ Q/EI$$

$$M = -51.82Q/EI$$

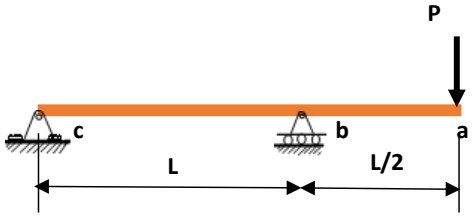
$$\delta_b = 51.82Q/EI$$

4.31 د پرکټس سوالونه

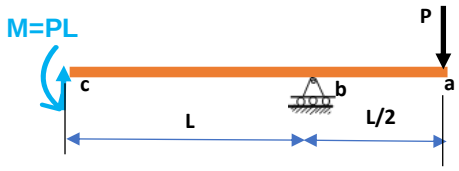
کانجوګیت بیم جوړ کړی، د بیم اندازه د اصلی بیم په شان ده. لوډ په کانجوګیت بیم M/EI د اصلی بیم دی. د کانجوګیت بیم ریکشنونه د تعادل معادلو له مخی پیدا کړی.

په هغه ټکی کی چه بیځایه کیدل غوښتل شوی مؤمنټ او شیر د کانجوګیت بیم پیدا کړی.

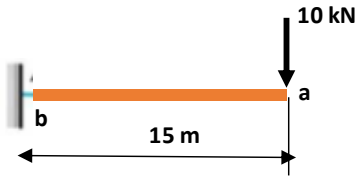
1



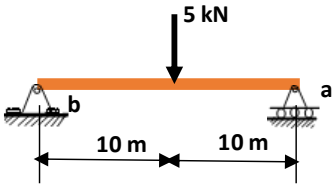
2



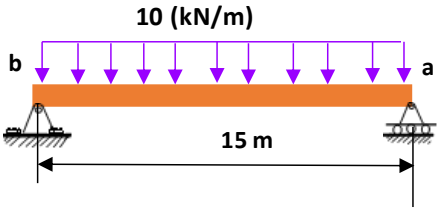
3



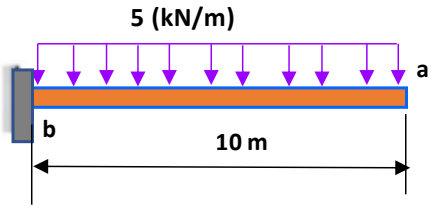
4



5



6



4.32 د کاستیګلیانو طریقه د بیځایه کیدلو معلومولو لپاره

د کاستیګلایانو دوهم قضیه: هر هغه جوړښت چه مواد یی د هوکس قانون (Hook's Law) په اساس ایلاستیک او اتکاوی یی بیځایه نه کیږی، اول دیفرنشیل د سترین انرژی نظر په هغه لوډ چه وربانندی یی عمل کړی مساوی ده په بیځایه کیدل د همغی ټکی د لوډ په لور .

دا طریقه د بیځایه کیدلوتحلیل لپاره د سترین انرژی له اساساتو کار اخلی. د یو جوړښت انرژی هغه توانایی ده چه کار وکړی، سترین انرژی د جوړښت داخلی انرژی د بیځای کیدو له امله ده. او پدی اساس (U = Wi) دلته (U) سترین انرژی او (W) هغه کار دی چه داخلی قواوو یا لوډونو اجرا کړی. پدی اساس سترین انرژی په داخلی لوډونو تړلي چه د بهرني لوډونو له کبله په جوړښت کی را منځ ته کیږی.

کله چه یو جوړښت د لوډ په اثر بیځایه شی، پدی صورت کی د بیځایه کیدلو اندازه یی مساوی ده په پارشل دریتیو(Partial Derivative) د سترین انرژی نظر هغه لوډ ته چه عمل یی وربانندی کړی.

که چیری δ بیځایه کیدل د یوه ځای د لوډ P له کبله وی، او θ تاویدل د M له کبله او U سترین انرژی وی موږ لیکلی شو:

.

$$\delta = \frac{\partial U}{\partial P} \qquad (4\text{-}20) \qquad\qquad \theta = \frac{\partial U}{\partial M} \qquad (4\text{-}21)$$

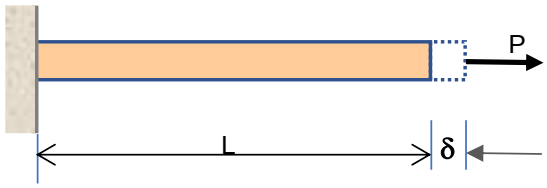
د بیم سترین انرژی معادله پدی ډول ده $U=\int_0^L \frac{M^2}{2EI}\,dx$. کله چه ډ یفرینشیل یی ونیسو دا لاندی معادلی په لاس راځی.

$$\delta=\left(\int_0^L \frac{\partial M}{\partial P}\right. (M/EI)\,dx \qquad (4\text{-}22)$$

$$\theta=\int_0^L \frac{\partial M}{\partial M'}(M/EI)\,dx \qquad (4\text{-}23)$$

4.33 اول مثال

په یوه بیم لوډ P عمل کړی او دا بیم په اندازه د δ بیځای شوی. سترین انرژی U مساوی ده:



انځوز 4.54 د بیم سترین انرژي

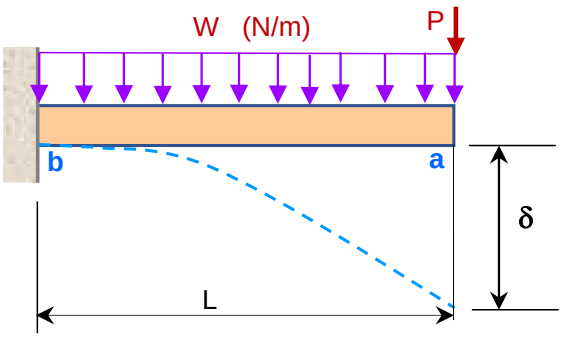
$$U = P\delta/2$$

$$\delta = PL/AE$$

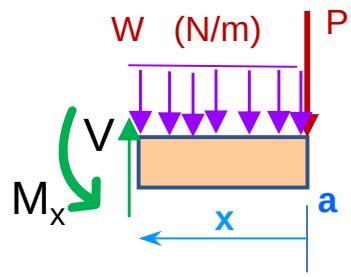
$$U = P(PL/AE/2) = P^2L/(2EA)$$

4.34 دوهم مثال

په دی لاندی بیم ab یو ویشل شوی w او بل یو تمرکزی P لوډ په a باندی عمل کړی، غواړو چه د بیم څوکی ټکی a بیځایه کیدل او سلوپ د کستیګلایا نو په طریقه پیدا کړو.



انځور 4.55 د بیم دیفلکشن د کاستیګلایانو په طریقه



$M_x = Px + wx(x/2) = Px + wx^2/2$

$U = \int_0^L \frac{M^2}{2EI}\, dx$

$\delta = (\int_0^L \frac{\partial M}{\partial P}\ (M/EI)\, dx$

$\theta = \int_0^L \frac{\partial M}{\partial M'} (M/EI)\, dx$

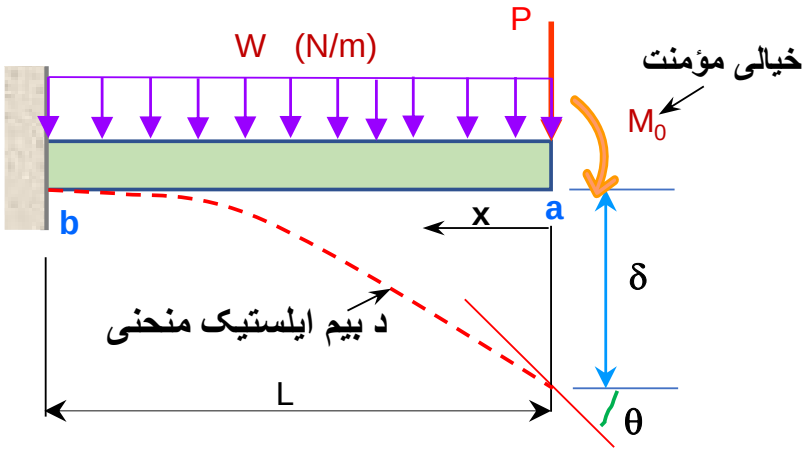
$$\delta = (1/EI)\int_0^L (\frac{\partial(Px+wx^2/2)}{\partial P})(Px+wx^2/2)dx = (1/EI)\int_0^L (x)\left(Px + \frac{wx^2}{2}\right) dx$$

$\delta = (1/EI)\ (\int_0^L \left(Px^2 + \frac{Wx^3}{2}\right) dx$

$\delta = (1/EI)\ (Px^3/3 + Wx^4/8\ )$

$\delta = (1/EI)\ [PL^3/3 + WL^4/8\ ]$ ↓

د سلوپ پیدا کولو لپاره باید ډ یفرینشل د مؤمنټ نظر مؤمنټ تهّ پیدا کړو. لیکن دلته بهرنی مؤمنټ عمل ندی کړیی ، یو خیالی مؤمنټ M_0 په هغه ټکی چه سلوپ غوښتل شوی اضافه کوو او له معادلی 4-23 کار اخلو.



انځور **4.56** د بیم دیفلکشن د کاستیګلایانو په طریقه

$$\theta=\int_0^L \frac{\partial M}{\partial M'}(M/EI)\,dx$$

$$M_x = Px+wx^2/2 +M_o$$

$$U= \int_0^L \frac{M^2}{2EI}\,dx$$

$$\frac{M^2}{2EI} = [(Px+wx^2/2) + M_o]^2/2EI$$

$$\frac{M^2}{2EI} = [(Px+wx^2/2) + M_o]^2/2EI$$

$$=(PX+wX^2/2)^2 +2(PX+wX^2/2)(M_0) +(M_0^2)\,](1/2EI)$$

$$= (1/2EI)[P^2X^2 +2PwX^3/2+w^2X^4/4 +2PXM_0+2wX^2M_0/2 +M_0^2]$$

$$U = \int \frac{M^2}{2EI}\,dx =(1/2EI)[P^2X^3/3 +2PwX^4/8 + w^2X^5/20 + (2Px^2/2)M_0 +(2wX^3/3)(M_0/2) +M_0^2X$$

$$U= \int_0^L \frac{M^2}{2EI}\,dx =(1/2EI)[P^2L^3/3 + PwL^4/4 + w^2L^5/20 +PL^2M_0 + (wL^3/3)M_0 +M_0^2L$$

$$\theta = \frac{\partial U}{\partial M_0} = (PL^2 +wL^3/3 +2M_0L)\,(1/2EI)$$

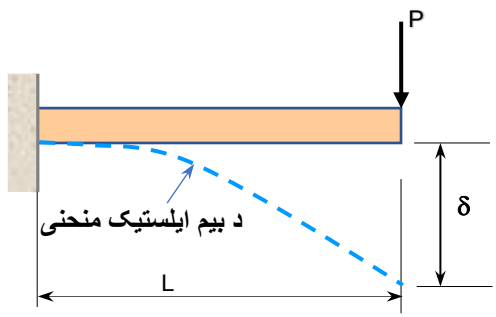
اصلا مؤمنټ M_0 یو خیالی مؤمنټ دی او شتون نلری

$$M_0 =0$$

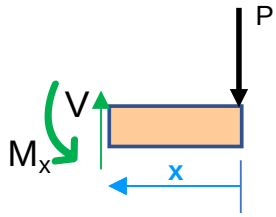
$$\theta= \frac{\partial U}{\partial M_0} = (PL^2 +wL^3/3)(1/2EI)$$

4.35 دریم مثال

په دی لاندی بیم کی په یوه ټکی تمرکزی لوډ عمل کړی، غواړو چه د بیم څوکی بیځایه کیدل د کستیګلایا نو په طریقه پیدا کړو.



انځور **4.57** د بیم دیفلکشن د کاستیګلایانو په طریقه



$M_x = Px$

$$U= \int_0^L \frac{M^2}{2EI}\,dx = \int_0^L \frac{(Px)^2}{(2EI)dx} = \left(\frac{1}{2EI}\right)\left(\frac{P^2x^3}{3}\right)$$

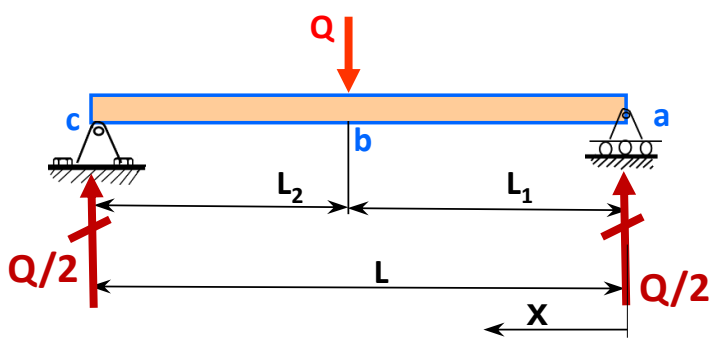
$U = P^2x^3/(6EI)$

$$\delta = \frac{\partial U}{\partial P} = (1/6EI)\,(2PL^3)$$

$$\boxed{\delta = PL^3/(3EI)}$$

4.36 څلورم مثال

د ac بیم په یوه ټکی b تمرکزی لوډ عمل کړی، غواړو چه د ټکی b بیځایه کیدل د کستیګلایا نو په طریقه پیدا کړو



$L_1=L_2$

انځور 4.58 د بیم دیفلکشن د کاستیګلایانو په طریقه

مؤمنټ د a له طرف او یا د c له طرفه

$$M_x = (Q/2)\,x$$

$$(M_x)^2 = (+Q/2)^2\,x^2 = (Q^2/4)\,x^2$$

سترین انرژی د یوه طرف

$$U = \int_0^{L/2} \frac{M^2}{2EI}\,dx$$

ستریں انرژی د ab طرف ستریں انرژی د cb طرف

$$U= \int_0^{L/2} \frac{M^2}{2EI}\,dx = (1/2EI)\int_0^{L/2}(Q^2x^2/4)dx + (1/2EI)\int_0^{L/2}(Q^2x^2/4)dx$$

$$= (1/2EI)[\,Q^2L^3/2^3)/12 + Q^2(L^3)/(96EI)] = (Q^2L^3/96)/(EI)$$

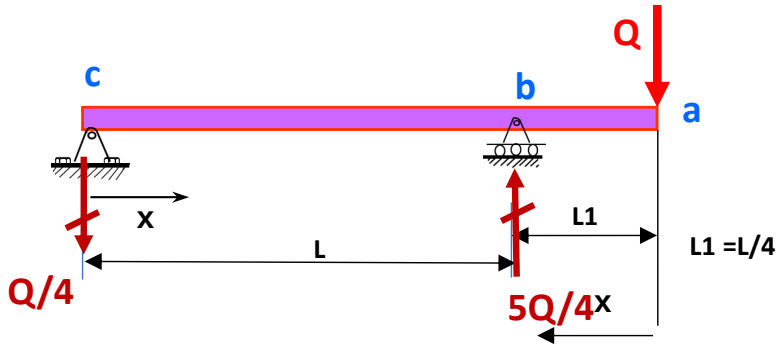
$$\boxed{U= Q^2L^3/(96EI)}$$

$$\delta = \frac{\partial U}{\partial Q} = 2Q\,L^3/(96EI)$$

$$\boxed{\delta = QL^3/48EI}$$

4.37 پنځم مثال

د ac بیم په a ټکی کی تمرکزی لوډ عمل کړی، غواړو چه د ټکی a بیځایه کیدل δ د کستیګلایا نو په طریقه پیدا کړو



انځور 4.59 د بیم دیفلکشن د کاستیګلایانو په طریقه

$M_x = (Q)\,x$

$(M_x)^2 = (Q)^2 x^2 = (Q^2)\,x^2$

مؤمنت د a له طرف

$M_x = (Q/4)\,x$

$(M_x)^2 = (Q)^2 x^2/16$

مؤمنت د c له طرف

$$U = \int_0^{L/2} \frac{M^2}{2EI}\,dx$$

ستر ین انرژی د ab طرف

ستر ین انرژی د cb طرف

$$U = \int_0^{L/2} \frac{M^2}{2EI}\,dx = (1/2EI)\int_0^{L/4} (Q^2x^2)\,dx + (1/2EI)\int_0^{L} (Q^2x^2/16)\,dx$$

$$= [Q^2L^3/384EI) + Q^2(L^3)/(96EI)] = (5Q^2L^3/384EI)$$

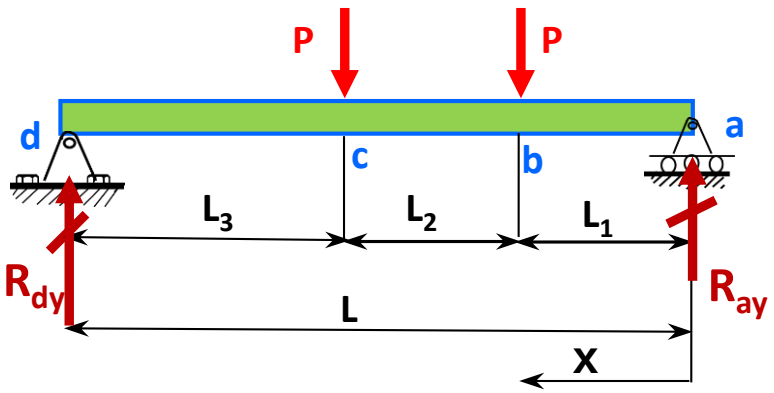
$$\boxed{U = 5Q^2L^3/(384EI)}$$

$$\delta = \frac{\partial U}{\partial Q} = 10Q\,L^3/(384EI)$$

$$\boxed{\delta = 5QL^3/192EI}$$

4.38 شپږم مثال

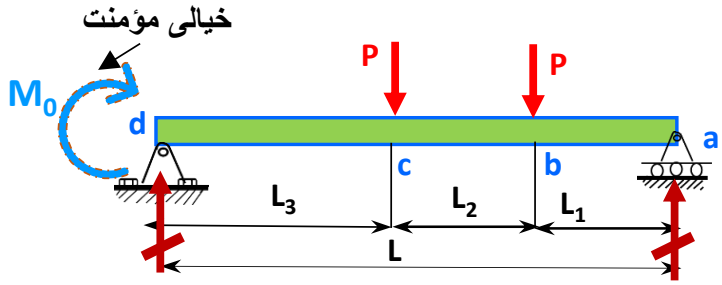
د لاندی بیم لپاره غواړو چه سلوپ په اتکاء d کی د کاستیګلیانو په طریقه پیدا کړو.



انځور 4.50 د بیم دیفلکشن د کاستیګلایانو په طریقه

سلوپ ارتباط لری د مؤمنټ سره ، په اصلی انځور کی مؤمنټ په d کی شتون نلری

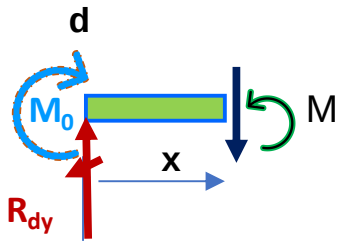
په اتکا d کی یو خیالی مؤمنت M_0 ځای په ځای کوو



$R_{dy} = [P(2L_1+L_2)-M0\ ]/L$ $R_{ay} = [P(2L_3+L_2)+M_0\ ]/L$

مؤمنټ د d له طرف تر c پورې

$0<X<L3$



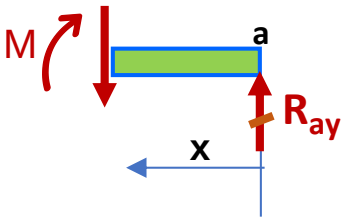
$$M_x = M_0 + R_{dy}\,(x)$$

$$= M_0 + [P(2L_1+L_2)/L - M_0/L]\,(x)$$

$$\frac{\partial M}{\partial M_0} = (1-x/L)$$

مؤمنټ د a له طرف تر b پورې

$0<X<L1$



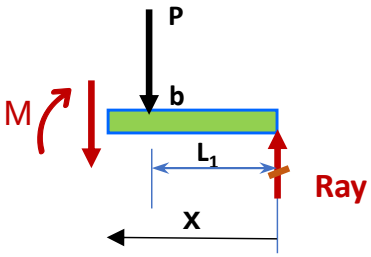
$$M_x = R_{ay}\,(x)$$

$$=[\frac{P}{L}(2L_3+L_2) + \frac{M_0}{L}](x)$$

$$\frac{\partial M}{\partial M_0} = x/L$$

مؤمنټ د a له طرف تر c پورې

$L_1<X<L_2$



$$M_x = R_{ay}\,(x) - P(x-L_1)$$

$$= [\frac{P}{L}(2L_3+L_2) + \frac{M_0}{L}](x) - P(x-L_1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial M_0} = x/L$$

د بیم (EI) ارزښت پدی مثال کی ثابت دی.

$$\theta = \frac{\partial U}{\partial M} = (1/2EI)\Sigma\int_0^L M\frac{\partial M}{\partial M_0}\,dx$$

$$\frac{\partial U}{\partial M} = (1/2EI)\{\int_0^{L_3}[M_0+(R_{dy})x]\left(1-\frac{x}{L}\right)dx + \int_0^{L_1}[(R_{ay})x]\left(\frac{x}{L}\right)dx + \int_{L_1}^{L_2}[R_{ay}x - P(x-L_1)](\frac{x}{L})dx\}$$

ستریس انرژی د dc طرف — ستریس انرژی د ab طرف — ستریس انرژی د bc طرف

$$U = (1/2EI)\int_0^{L_3}[M_0+(R_{dy})x]\left(1-\frac{x}{L}\right)dx + \int_0^{L_1}[(R_{ay})x]\left(\frac{x}{L}\right)dx + \int_{L_1}^{L_1+L_2}[R_{ay}x - P(x-L_1)](\frac{x}{L})dx$$

ستریس انرژی د dc طرف — ستریس انرژی د ab طرف — ستریس انرژی د bc طرف

$$\frac{\partial U}{\partial M} = (1/2EI)\{\int_0^{L_3}[M_0+(R_{dy})x]\left(1-\frac{x}{L}\right)dx + \int_0^{L_1}[(R_{ay})x]\left(\frac{x}{L}\right)dx + \int_{L_1}^{L_1+L_2}[R_{ay}x - P(x-L_1)](\frac{x}{L})dx\}$$

د ریکشنو ارزښت پدی معادله کی ځای په ځای کوو

$$\frac{\partial U}{\partial M} = (1/2EI)\{\int_0^{L_3}[M_0 + (2PL_1/L)+PL_2/L - M_0/L)x]\left(1-\frac{x}{L}\right)dx + \int_0^{L_1}[(2PL_3/L)+PL_2/L+M_0/L)x](x/L)\,dx] +$$

$$+\int_{L_1}^{L_1+L_2}[(2PL_3/L)+PL_2/L+M_0/L]x - P(x-L_1)](\frac{x}{L})dx\}$$

پدی پورته معادله کی د $M_0 = 0$ اصلی ارزښت ځای په ځای کوو. دا یو خیالی ارزښت له شروع وا.

$$\frac{\partial U}{\partial M} = (1/2EI)\{\underbrace{\int_0^{L_3}[(2PL_1/L)+PL_2/L)x]\left(1-\frac{x}{L}\right)dx}_{A1} + \underbrace{\int_0^{L_1}[(2PL_3/L)+PL_2/L)x]\left(\frac{x}{L}\right)dx}_{A2} + \underbrace{\int_{L_1}^{L_1+L_2}[(2PL_3/L)+PL_2/L]x - P(x-L_1)](\frac{x}{L})dx}_{A3}\}$$

د مثال په توګه، دا لاندی ارزښتونه په پورتنی معادله کی ځای په ځای کوو، تر څو د انتیګرال پایلی پیدا شی.

L_1 =4 m; L_2 =6m; L_3 =10m; L =20 m ; P=10 kN

$$A1= (1/2EI)\{\int_0^{L_3} [(2PL_1/L)+PL_2/L)x]\left(1-\frac{x}{L}\right)dx$$

$$A1 = (1/2EI)\{\int_0^{L_3}[(2PL_1/L)(x)+(PL_2/L)x] - \frac{2PL_1(x^2)}{L^2} - PL_2x^2/L^2\}dx$$

$$A1= 2PL_1x^2/(2L) +x^2PL_2/(2L) -2PL_1x^3/(3L^2) -PL_2x^3/(3L^2) \Big|_0^{L_3}$$

$$A1= PL_1L_3^2/L +PL_2L_3^2/2L -2PL_1L_3^3/(3L^2) - PL_2L_3^3/(3L^2)$$

د ارزښتونه په پورتني معادله کی ځای په ځای کوو

$$A1= (10)(4)(10)^2/20 +(10)(6)(10)^2/(2)(20) - (2)(10)(4)(10)^3/(3)(20)^2 - (10(6)(10)^3/(3)(20)^2$$

A1= 200 +150-67-50

$$\boxed{A1 = 233/EI}$$

$$A_2 = (1/2EI)\{\int_0^{L_1} [(2PL_3/L)+PL_2/L)x]\left(\frac{x}{L}\right) dx$$

$$A2 = (2PL_3x^3)/(3L^2) + PL_2x^3/(3L^2) \Big|_0^{L_1}$$

$$A2 = (2P)(10)(4^3)/3(20^2) + P(6)4^3/(3)(20^2) = 1.4P$$

$$P = 10$$

$$\boxed{A2 = 14/EI}$$

$$A_3 = \int_{L_1}^{L_1+L_2} [\left(\frac{2PL_3x}{L} + \frac{PL_2x}{L}\right) - P\,(x - L)](\frac{x}{L})dx$$

$$A_3 = [\left(\frac{2PL_3x^3}{3L^2} + \frac{PL_2x^3}{3L^2} + \frac{M_0x^2}{L^2}\right) - P\,\left((x^3)\frac{1}{3L}\right) + \frac{Px^2L_1}{2L}] \Big|_{L_1}^{L_1+L_2}$$

$$A_3 = (2(10)(10)(x^3)/(3)(20)^2 + (10)(6)(x^3)/(3(20)^2 - (10)(x^3)/(3)(20) + (10)(4)x^2/(2)(20) \Big|_4^{10}$$

$$A_3 = (0.05x^3 + x^2)/EI \Big|_4^{10}$$

$$A_3 = [(0.05(10^3 - 4^3) + (10^2 - 4^2)]/EI$$

$$\boxed{A_3 = 31/EI}$$

A1 = 233/EI

A2 = 14/EI

A3 =131/EI

$$\theta = \Sigma \frac{\partial U}{\partial M} = (233 + 14 + 131)/EI = 378/EI$$

$$\theta_d = 378/EI$$

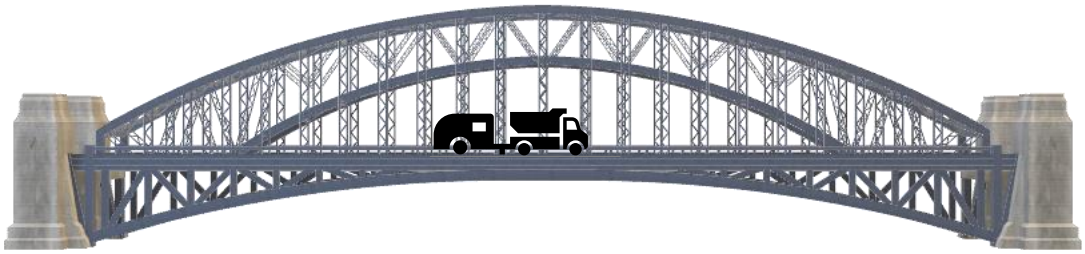
5
پنځم فصل
د نفوذ کرښه
(Influence Line)

5.0 د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین

د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین یوه سیستماتیک پروسه ده چه کولا ی شو د جوړښت دداخلی لوډونو څرنګوالی د بهرنی ژوندی لوډ له امله پیدا کړو. په عمومی توګه ویلای شو چه د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین دجوړښت د غبرګون ګرافیکی ښودنه ده. دا غبرګونونه یا تآثیرونه د بهرنی متحرکت او ژوندی لوډ له امله دی. د جوړښت غبرګونونه د بهرنی لوډ د موقعیت له امله عبارت دی له شیر، مومنټ ، نارمل قووه ، بیځایکیدل یا دیفلکشن. او هم پدی اساس د ژوندی لوډ موقعیت چی په جوړښت کی د لوی تا ثیر سبب کرځی پیدا کیدی شی.

تر دی دمه زموږ بحث د جوړښتونو تحلیل د ثابتو لوډونو سره تړلی وا. و مولیدل چه داخلی لوډونه د شیر او مومنټ دیاګرامونو په مرسته څنګه ښودل کیدی شی. اما که چیری ژوندی لوډونه په جوړښت عمل وکړی اړینه ده چه د بهرنی لوډ د موقعیت پیژند نه او اعظمی تا ثیر لپاره د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین جوړ شی. دانفلوینس لاین پیژندنه، او ګرافیکی ښودنه په ډیزاین د لویو ودانیو او لویو جوړښتونو لکه پلونه او د پارکینک جوړښت پوړونه او داسی نورو په جوړه ولو کی خورا مهم، ضروری او ارزښت ناک رول لوبولی شی.

د مثال په توګه که چیری موږ د یو باروړونکی لاري حرکت په یو لوی پله باندی انځور 5.1 ، په نظر کی ونیسو، د پله په غړیو کی داخلی لوډونه د دی لاری په موقعیت سره بدلون مومی. دا چی د لاري موقعیت په کومه برخه د پله باندی اعظمي شیر ، مومنټ یا نارمل قووه په یو مشخص غړی او یا اتکا کی رامینځ ته کوی دا د انفلوینس لاین له لاری په آسانی معلومیدی شی. دا باید هم وویل شی چی د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین له شیر او مومنټ دیاګرامو نه توپیر لری.



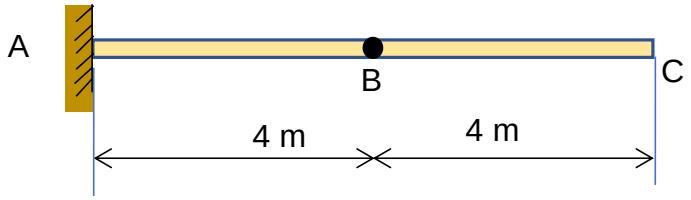
انځور 5.1 یو لاری په پله پر حرکت کی ده

5.1 دتحلیل بنسټونه

یو واحد لوډ په تحلیل کی د ژوندی او متحرک بهرنی لوډ استازیتوب کوی. دا یو واحد لوډ د جوړښت په بیلو بیلو فاصلو کی ایښودل کیږی اوتا ثیر یی څیړل کیږی. د جوړښت د غړیو غبرګون د تعادل او توازن د معادلو په واسط پیدا کیدی شی.

5.2 اول مثال

د مثال په توګه یو کنتیلور بیم ABC غواړو د ااتکا A د ریکشنو او په ټکی B د شیر او مومنټ د نفوذ کرښه یا انفلوینس لا ین جوړه کړو.



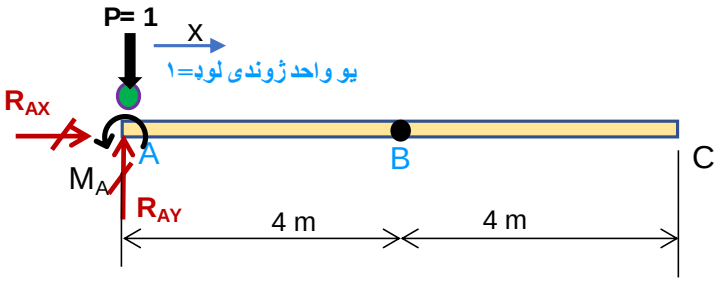
انځور 5.2 په بیم بهرني لود عمل کړي

5.3 د انفلوینس لاین جوړه ول

د یو واحد ژوندی لوډ موقعیت په ټکی A کی په نظر کی نیسو ، او په ښی لور د واحد لوډ د حرکت غبرګون په ریکشنو باندی د A په اتکا کی او هم شیر او مومنټ د B په ټکی کی پیدا کوو.

د ریکشنو څرنګوالي په A او شیر او مومنټ د B په ټکی د معلومولو لپاره د تعادل له معادلو(1-1,1-2, 1-3) کار اخلو، تر څو د یوه واحد ژوندی لوډ غبرګونونه د نفوذ کرښی یا انفلوینس لاین په انځور وښودل شی. .

د غړی ABC ګرافیک دایګرام یو واحد لوډ له اتکا A په ښي خوا د C په لور په حرکت کی فرض کوو، او په مختلفو ټکیو کی د تعادل له معادلو کار اخلو او د تحلیل موندنه یی کیدی شی په یوه جدول کی ځای په ځای کړو.



انځور 5.3 په بیم بهرني لوډ عمل کړي

$$\Sigma F_Y = 0 \uparrow +$$

$$R_{AY} = 1$$

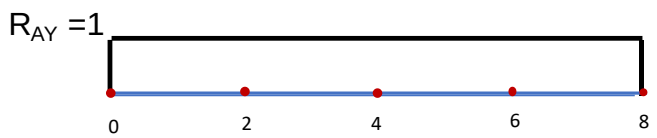
که چیری دا یو واحد ژوندی لوډ له ټکی A په فاصله د x موقعیت ومومی بیا هم د R_{AY} ارزښت یو شان به وی.

په همدی توګه که دا یو واحد ژوندی لوډ له ټکی A په فاصله د x تر څنډی C پوری موقعیت ونیسی د R_{AY} ارزښت به همدا یو وی او تغیر نمومی. د انفلوینس لاین ارزښتونه پدی لاندی جدول کی ښودل شوی.

د یو واحد لوډ موقعیت په فاصله x	ریکشن (R_{AY})
0	1
2	1
4	1
6	1
8	1

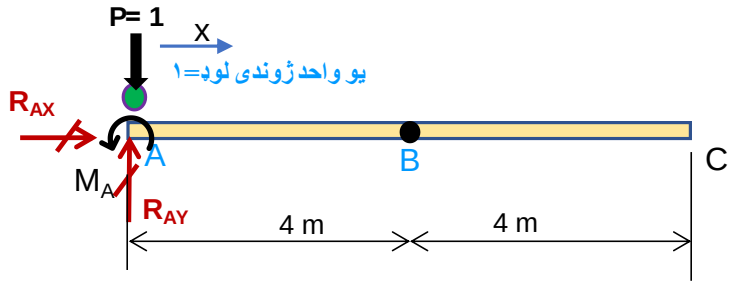
$R_{AY} = 1$

$\Sigma F_Y = 0 \uparrow +$



انځور 5.4 د ریکشن R_{AY} انفلونس لاین د A په اتکا کی

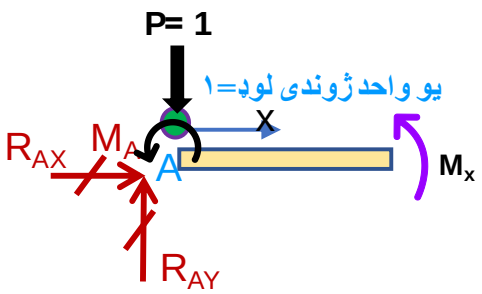
5.4 د M_A مومنټ انفلوینس لاین جوړه ول



انځور 5.5 واحد لوډ له اتکاء A د C په لور حرکت دي.

اول یو واحد ژوندی لوډ په ټکی A کی موقعیت لری او د مومنټ ارزښتونه د تعادل او توازن له معادلو پیدا کوو. کله چه دا یو واحد لوډ ښی لورته تر C پوری حرکت وکړی د مومنټ ارزښتونه پیدا کیدی شي. اعظمی مومنټ کله چه ژوندی لوډ په ټکی C کی موقعیت ولری جوړیږی.

د مؤمنت M_A انفلونس لاین



انځور 5.6 واحد لوډ له اتکاء A د C په لورپه حرکت دي.

$\Sigma M = 0 \quad +\circlearrowleft$

$M_A - 1(x) = 0$

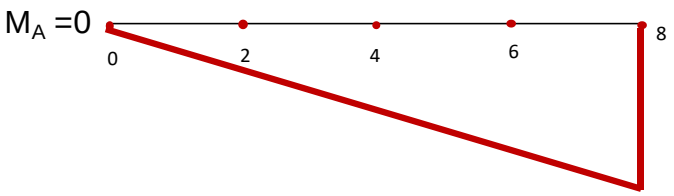
$M_0 = 0$

$M_x = (1)(x)$

د یو واحد لوډ موقعیت په فاصله x	مؤمنت (M_A)
0	0
2	-2
4	-4
6	-6
8	-8

دا مومنټ نظر په کانونشن سره منفي دي.

په ټکی A کی د مومنټ M_A د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین په لاندی ډول ده.

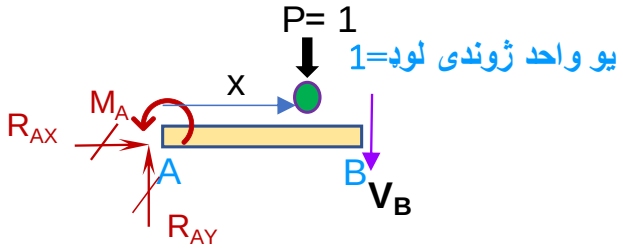


انځور 5.7 د مؤمنت انفلونس لاین په ټکي A

د شیر V_x د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین :

یو واحد ژوندی لوډ اول په ټکی A کی موقعیت لری او د شیر ارزښت V په یوه فاصله د x کی پیدا کوو او بیا تر څنډی C پوری دا واحد لوډ مختلف موقعیتونه نیسی او ارزښتونه یی د توازن او تعادل معادلو په اساس پیدا کوو. دا بیل بیل ارزښتونه انفلوینس لاین د شیر لپاره جوړه وی.

د یو واحد لوډ له امله شیرد ټکی B چپ لورته تر A پوری ارزښت یی صفر دی.کله چه یو واحد لوډ له A په ښی لور له ټکی B لږوخوځیږی د شیر V_B ارزښت مساوی په ریکشن کیږی.

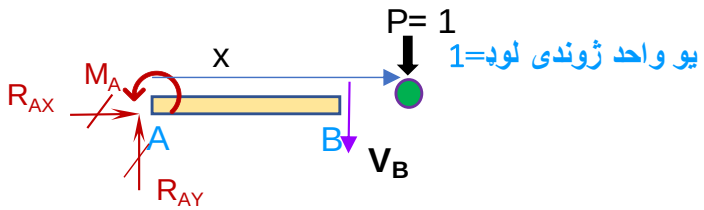


$\Sigma F_Y = 0 \quad \uparrow +$

$R_{AY} - 1 - V_B = 0$

$V_B = R_{AY} - 1 = 1 - 1 = 0$

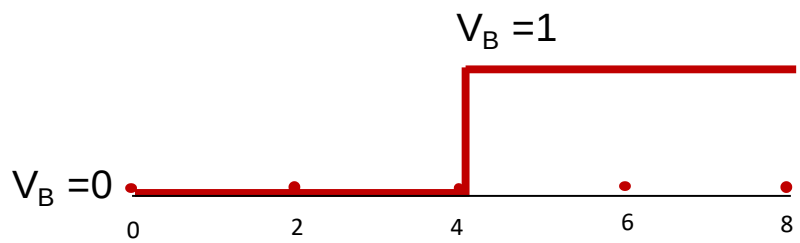
د یو واحد لوډ موقعیت په فاصله x	شیر (V_B)
0	0
2	0
4	1
6	1
8	1



$\Sigma F_Y = 0 \quad \uparrow +$

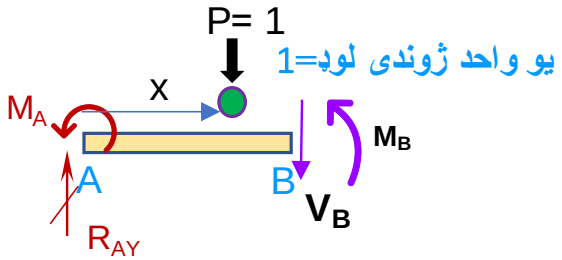
$V_B = R_{AY} = 1$

په ټکی B کی د شیر V_B انفلونس لاین:



انځور 5.8 د شیر انفلونس لاین په ټکي B

په ټکی B کی د مومنټ M_B انفلوینس لاین:

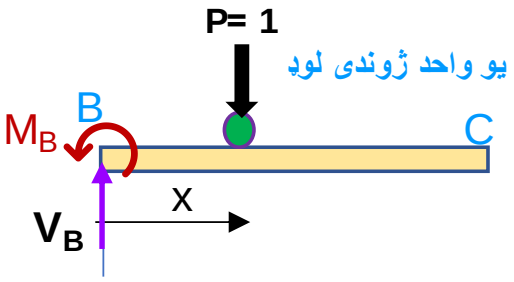


$\Sigma M_B = 0$ +

$M_B + 1(4-x) - M_A - 1 \times 4 = 0$

$M_B = 4 - x + x - 4 = 0$

$M_A = -(1)(x) = -x$



انځور 5.9 د مؤمنت انفلونس لاین په ټکي B

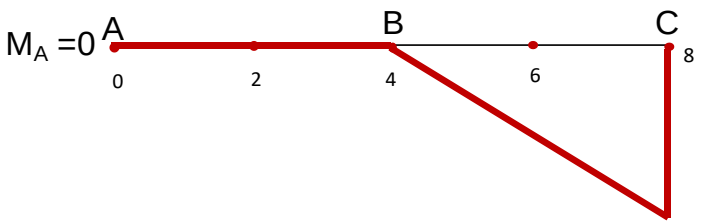
$\Sigma M_B = 0$ +

$M_B = 0$

$M_B + 1(x) = 0$

$M_B = -1(x)$

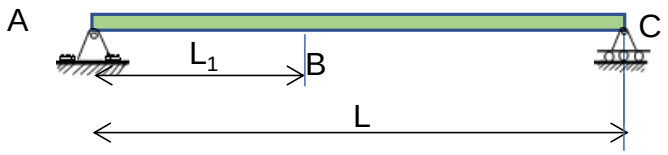
د یو واحد لوډ موقعیت په فاصله x	مؤمنت (M_B)
0	0
2	0
4	-4
6	-6
8	-8

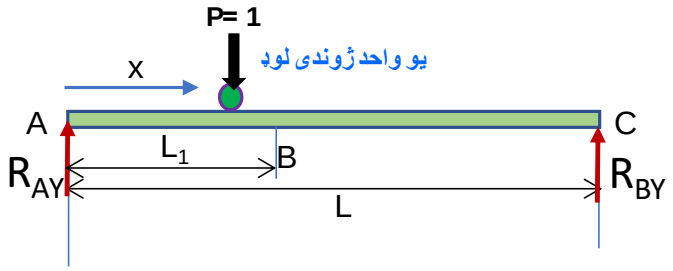


انځور 5.10 د مؤمنت انفلونس لاین په ټکي B

5.5 دوهم مثال

دبیم ABC لپاره انفلونس لاین جوړ کړی (R_{AY}, R_{CY}, V, M)





انځور 5.11 د بیم ABC انفلونس لاین

$\Sigma M_C = 0 \; +\circlearrowleft$

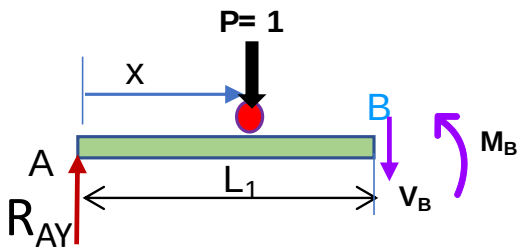
$R_{AY} = (1)(L-x)/L$

اول به د ریکشن لپاره انفلونس لاین جوړ کړو

$\Sigma M_A = 0 \; +\circlearrowleft$

$R_{BY} = (1)(x)/L$

$0 < x < L_1$



$\Sigma F_Y = 0 \; \uparrow +$

$(1)(L-x)/L - 1 - V_B = 0$

$V_B = (L-x)/L - L/L = (L-x-L)/L = -x/L$

$$\boxed{V_B = -x/L}$$

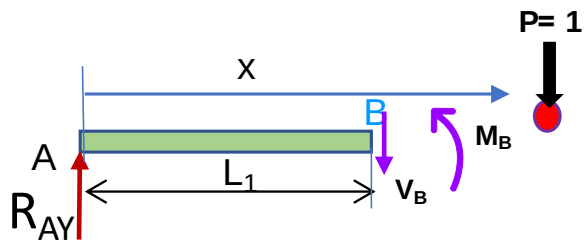
$\Sigma M = 0 \; +\circlearrowleft$

$-R_{AY}(L_1) + 1(L_1 - x) + M_B = 0$

$+ M_B = R_{AY}(L_1) - 1(L_1 - x)$

$$+ M_B = R_{AY}(L_1) - 1(L_1 - x)$$

$L_1 < x < L$



$\Sigma F_Y = 0 \quad \uparrow +$

$R_{AY} - V_B = 0$

$$V_B = R_{AY}$$

$\Sigma M_B = 0 \; + \circlearrowleft$

$-R_{AY}(L_1) + M_B = 0$

$$M_B = R_{AY}(L_1)$$

$0 < x < L_1$

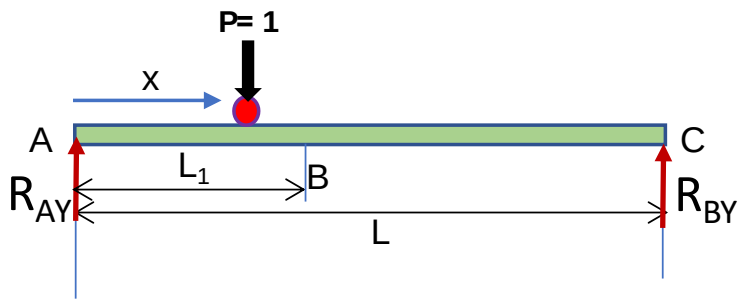
$$V_B = -x/L$$

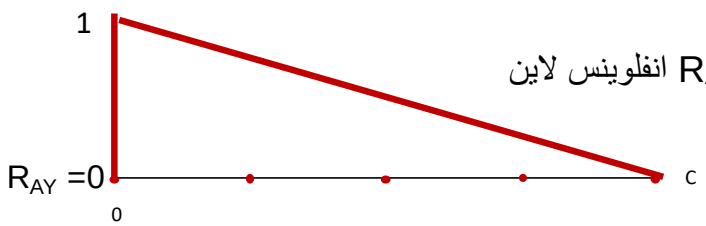
$$+ M_B = R_{AY}(L_1) -$$

$L_1 < x < L$

$V_B = R_{AY}$

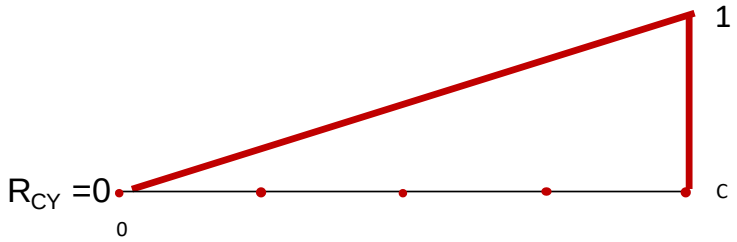
$M_B = R_{AY}(L_1)$



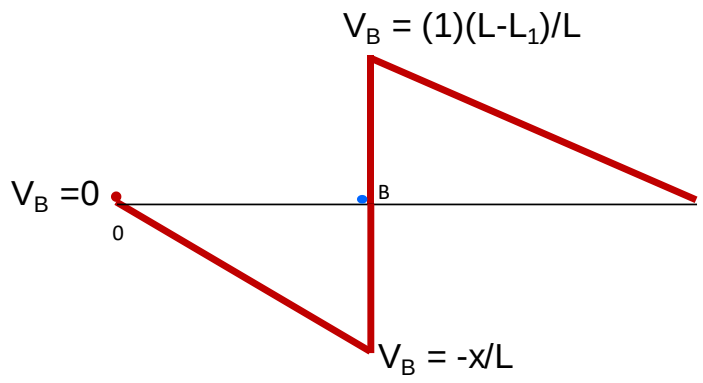


د ریکشن R_{AY} انفلوینس لاین

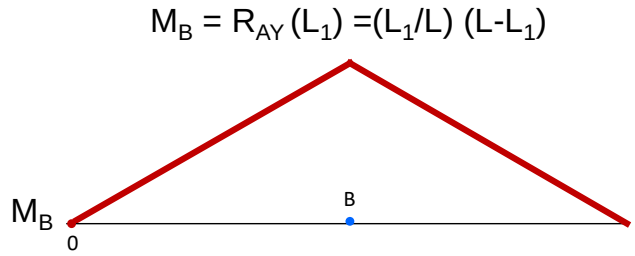
ریکشن R_{BY} انفلوینس لاین



په B کی د شیر انفلوینس لاین



د B کی د مومنټ M_B انفلوینس لاین



انځور 5.12 د بیم ABC انفلونس لاین

5.6 د انفلوینس لاین ځانتیاوی اود کارولو اهداف یی

انفلوینس لاین ددو مهمو بنسټی موخو لپاره کاره ول کیږی. اول دا چی کوم موقعیت د ژوندي متحرک لوډ اعظمی غبرگون (شیر، مومنټ ، او ریکشنونو) منځ ته راولی. او بل دا چی د غبرگون ارزښت پیدا شی . پدی اساس موږ دا لاندی ځو مهم ټکی باید په یاد ولرو: (په مثالونو کی به دا نور هم واضح شی)

۱ – د یو واحد متمرکززوندی لوډ له امله ، د غبرگون اعظمي ارزښت تر لاسه کولو لپاره ، لوډ باید په هعه ځای کی کیښودل شی چیری چه د انفلوینس لاین حد زیات وی. که چیری دیوه غبرگون اعظمی مثبت ارزښت مطلب وی، لوډ باید په هغه ځای کی په ځای شی چیری چی انفلوینسلاین اعظی مثبت

ارزښت لری، او پداس حال کی چی اعظمی منفی ارزښت تر لاسه شی، موقعیت د لوډ به د منفی لوی ارزښت په ځای کی کیښودل شی.

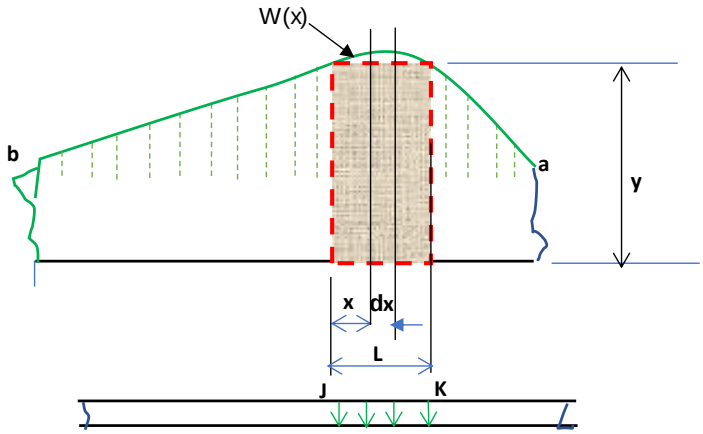
۲- د یو غبرګون ارزښت د یو واحد متمرکزی لوډ له امله مساوی کیږی په اندازه د انفلوینس لاین چیری چه لوډ موقعیت لری ضرب د لوډ د ارزښت. که چیری زیات شمیر لوډونه وی ټول ارزښت به د جلا جلا تآثیراتو د یو ځا یکیدو په واسطه تر لاسه کیدی شی.

۳- د غبرګون اعظمی ارزښت د ژوندی ویشلشوی لوډ له امله داسی پیدا کیوی چی لوډ باید په هغو ټولو برخو د غبرګون ځای په ځای شی چه انفلوینس لاین ورته جوړ شوی.

۴- د غبر گون ارزښت د ویشلشوی ژوندی لوډ له امله مساوی دی د لوډ په اندازه (w) ضرب دی مساحت دهغه برخی د انفلوینس لاین چه لوډ ورباندی عمل کړی. دا خبره به په راتلونکی مثال کی وضاحت ومومي.

دا لاندی مثا ل گورو

پدی انځور کی ab یو انلفونسلا ین د یوه غبرګون د جوړښت د یوی برخی لپاره دی. یو ویشلشوی لوډ w (N/m) پدی برخه د جوړښت عمل کړی ، یعنی د J نه تر K پوری.



یوه برخه د انفلونسلاین

انځور 5.14 د بیم د یوي برخي انفلونس لاین

په یوه وړه ټوټه د dx برخی فرض کوو چه یو لوډ wdx عمل کړی. د غبرګون (F) ارزښت ددی لوډ wdx مساوی دی په dF =(y)(wdx). مجموعه د ټول لوډ له J تر K پوری

:

$$F = \int_0^L wydx = w\int_0^L ydx$$

دلته ژوندی لوډ w ضرب د هغه برخی د انفلوینس لاین د مساحت چه دا لوډ ورباندی عمل کړی شوی.

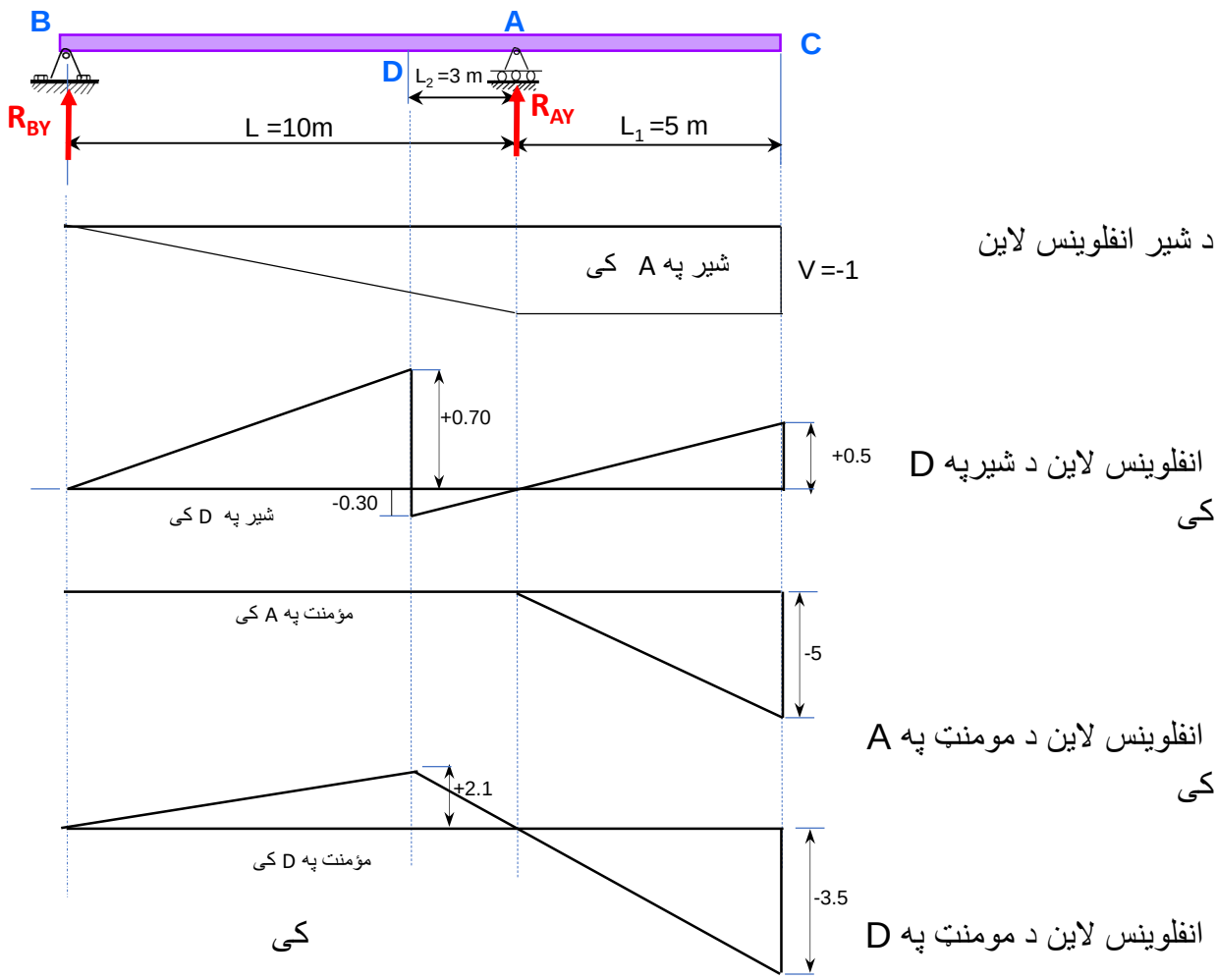
5.7 دریم مثال

دا لاندی بیم په A او B کی ااتکاوی لری او برخه AC کنتیلور شوی.

پدی مثال کی 1000 نیوتن په هر متر کی ویښل شوی ژوند ي لوډ عمل کړی، غواړو چه اعظمی مثبت شیر په ټکی D کی پیدا کړو. اعظمی شیر پدی ځای کی مساوی دی په:

په لاندی انځور کی ښودل شوی چی د اعظمی مثبت شیرپه D کی باید ویشلشوی لوډ له C تر A او له D تر B پوری وی، او اندازه یی په لاندی ډول ده:

$$1000(1/2(5)(0.5) + 1000[1/2(7)(0.7)] = 1250 + 2450 = 3{,}700 \text{ N}$$



انځور 5.15 د بیم انفلونس لاین

د اعظمی منفی شیر په D کی باید ویشلشوی لوډ له A تر D پوری وی، او اندازه یی پدی ډول ده:

$$1000(1/2(3)(-0.3) = -450 \text{ N}$$

د اعظمی مثبت مومنټ په D کی باید ویشلشوی لوډ له A تر B پوری وی، او اندازه یی:

$$1000(1/2(10)(2.10) = 10{,}500 \text{ Nm}$$

5.8 څلورم مثال

د abc بیم لپاره غواړو چی د ریکشن R_{by} انلفونس لا ین جوړ کړو. اوهم ارزښتونه یی د لاندی ژوندی لوډونو لپاره پیدا کړو.

انځور 5.16 تمرکزي او ویشلشوي ګړندي لود

د R_b مثبت اعظمی ارزښت له پاره ژوندی لوډونه باید په مثبت برخه د انفلوینس لاین عمل وکړی:
ژوندی ویشل شوی لوډ R_b مثبت اعظمی ارزښت یي او موقعیت یی په لاندی ډول وی:

شروع له ټکي a

$X >= 0$

$\Sigma M_c = 0$

$P(50-x) - R_{by}(40) = 0$

$R_{by} = \frac{P(50-x)}{40}$

$X = 0 \;,\; R_{by} = \frac{5}{4}$

$X = 10,\; R_{by} = 1$

شروع له ټکي b

$X >= 10$

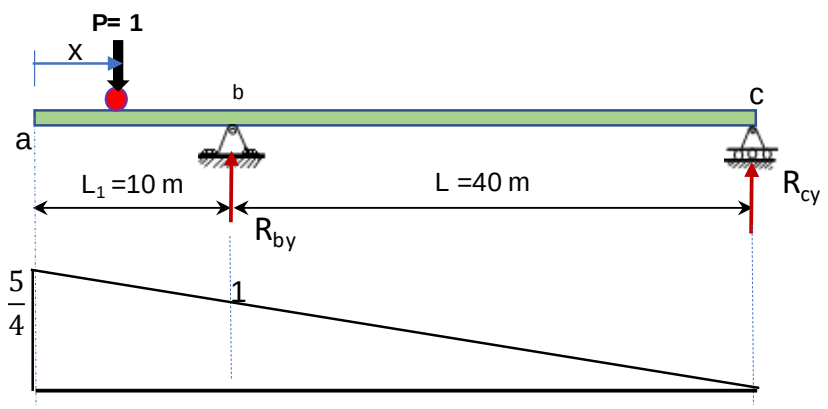
$\Sigma M_c = 0$

$P(40-x) - R_{by}(40) = 0$

$R_{BY} = \frac{P(40-x)}{40}$

$X = 0 \;,\; R_{by} = P = 1$

$X = 40,\; R_{by} = 0$



د (R_b) انفلونس لاين

انځور 5.17 د R_b انفلونس لاين

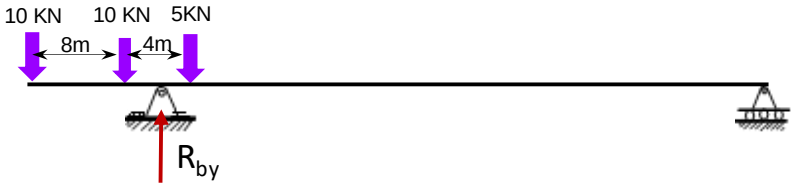
کله چی ژوندي ویشل لوډ عمل وکړي:

ژوندی ویشل شوی لوډ

$$R_{by} = 1/2\left(\frac{5}{4}\right)(50)\left(1.5\frac{kN}{m}\right)$$
$$= 46.9\ kN$$

انځور 5.18 ویشلشوي ګړندي لود

او کله چی ژوندي تمرکزي لوډ عمل وکړي:



انځور 5.19 تمرکزي ژوندي ګړندي لود

$$R_{by} = \left(\frac{5}{4}\right)(10) + 1.05\ (10) + 0.95(5)$$
$$= 27.8\ kN$$

د دواړو لوډونو له امله د R_{by} ارزښت عبارت دی له:

$$R_{by} = 46.9 + 27.8 = 74.7\ kN$$

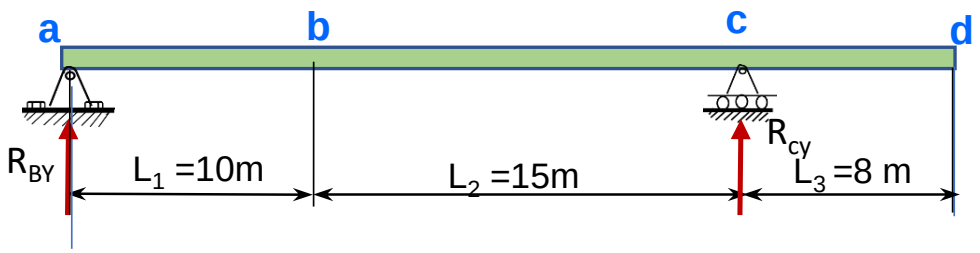
5.9 پنځم مثال

د بیم abcd لپاره اعظمی او اصغری شیراومومنټ په b کی د ثابت ویشل شوی لوډ 0.60 kN/m او ژوندی لوډ 1.5 kN/m محاسبه کوو. دلته فرض کوو چه ژوندی لوډ په هره برخه دبیم کی موقعیت درلودلی شی. او ثابت لوډ په ټول بیم موقعیت لری.

انځور 5.20 تمرکزي ګړندي لود

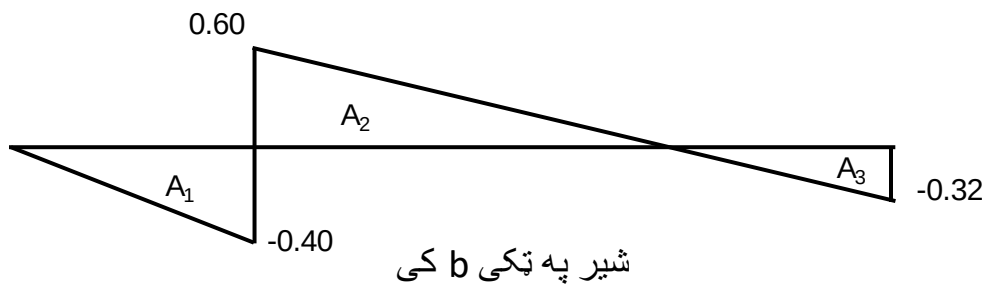
مجموعه دټول لوډ په یو موقعیت کی عبارت ده له:

$$0.60 + 1.5 = 2.1\ k\ N/m$$



انځور 5.21 بیم پنځم مثال

د شیر انفلوینس لاین په ټکی b کی پدی لاندی ډول دی



انځور 5.22 تمرکزي ګرندي لود

د ټکی b شیر انفلوینس لا ین چی هره برخه یی یو مثلث دی د هری برخی مساحت په دا لاندی ډول دی:

A_1 = ½(-0.4)(10) =-2.0

A_2 = ½(0.60)(15) = 4.5

A_3 = ½(-0.32)(8) = -1.28

د اعظمی مثبت شیرپه ټکی b کی . له b تر c پوری دواړه ثابت او ژوندی لوډ شتو ن او موقعیت لری . له a تر b پوری او هم له c تر d پوری ثا بت لوډ موقعیت لری. ارزښت یی په لاندی ډول محاسبه کیږی:

$$V_b = 0.6\,A_1 + 2.1\,A_2 + 0.6\,A_3$$

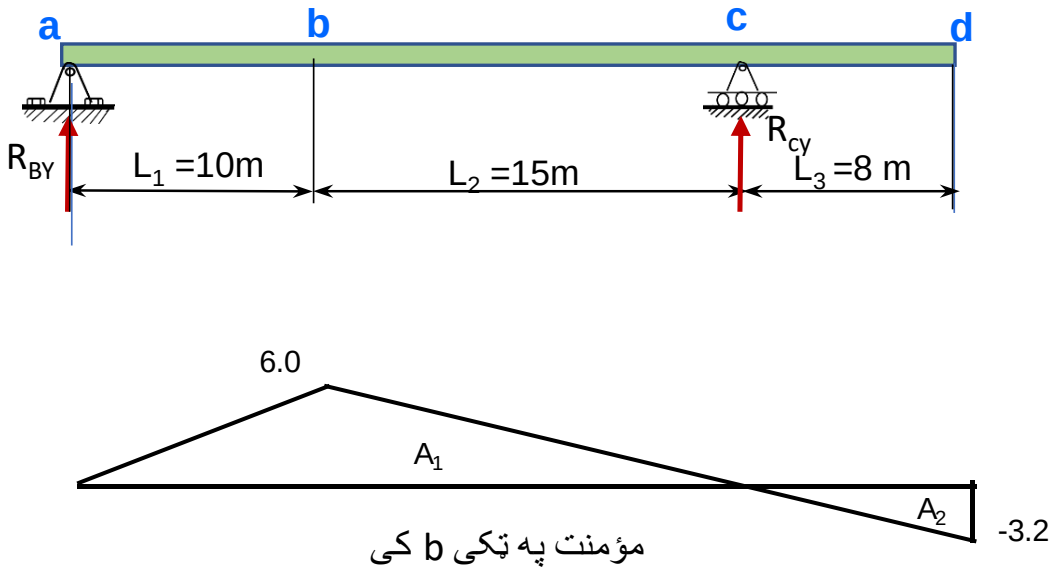
$$= +\,7.48\ \text{kN}$$

اصغری منفی شیر په b کی د انفلوینس لاین هغه برخي په نظر کی نیسي چی منفی مساحت لری.

$$V_{b\,min} = 2.1A1 + 0.6A2 + 2.1\,(A3)$$

$$= -\,4.19\ \text{N}$$

د بیم abcd لپاره اعظمی (لوړ) او اصغری (کوچنی) مومنټ په b کی د ثابت ویشل شوی لوډ 0.60 kN/m او ژوندی لوډ 1.5 kN/mد باره پیدا کوو. دلته فرض کوو چه ژوندی لوډ په هره برخه دبیم موقعیت درلودلی شی. او ثابت لوډ په ټول بیم موقعیت لری.

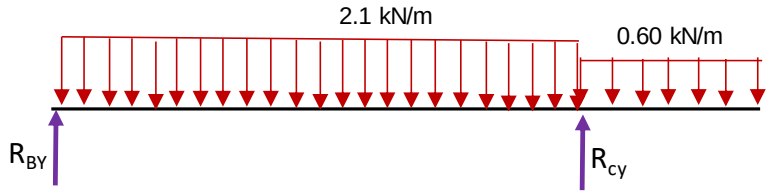


انځور 5.23 مؤمنت په ټکي b کي

د مومنټ انفلوینس لاین مساحت چې دوه مثلثونه دی په دی لا ندی ډول محا سبه کیږی.

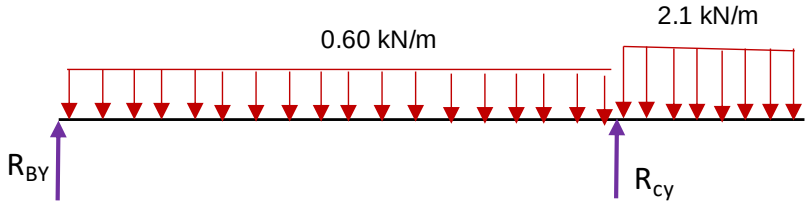
$$A_1 = (1/2)(6)(25) = +75$$

$$A_2 = ½(-3.2)(8) = -12.8$$



انځور 5.24 مؤمنت انفلونس لاین

$$M_{b\ max} = 2.1\ A_1 + 0.6\ A_2 \qquad M_{b\ max} = +149.82\ \text{kN-m}$$



انځور 5.25 مؤمنت انفلونس لاین

په b کی د اصغری منفی مومنټ لپاره د انفلوینس لاین هغه برخي په نظر کی نیسی چی منفی مساحت لری.

$$M_{b\ min} = 18.12\ kN\text{-}m$$

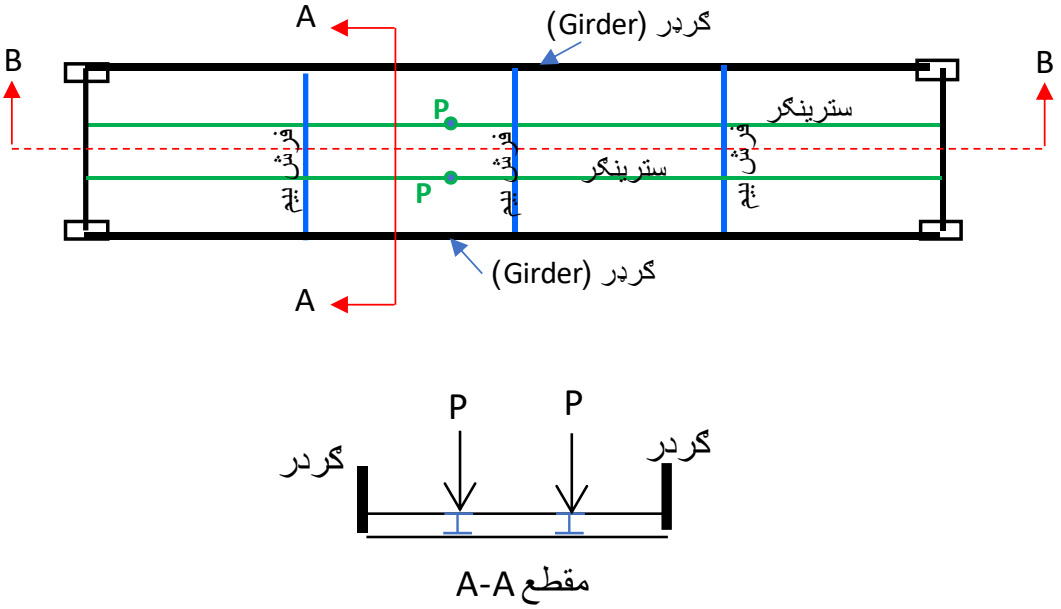
$$M_{b\ min} = 0.60A_1 + 2.1A_2$$

5.10 گردر او فرش سیستم:

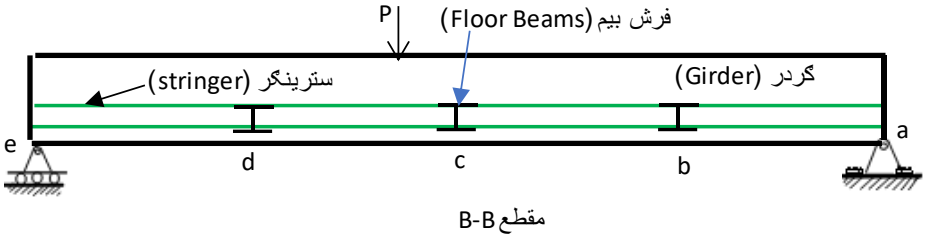
پدی لاندی انځور کی وینو چی د یو فرش (غولی) سیستم څنګه جوړاو تحلیل کیدی شی.

پدی ډول جوړښت بهرنی لوډ P په اوږد مهاله غړیو چی سترینګر (stringers) یادیږی پلی کیږی . دا غړی (ستریګرونه) تکیه یی کړی په مخالف سمت غړی چه د فرش بیم (Floor Beam) په نامه یادیږی.

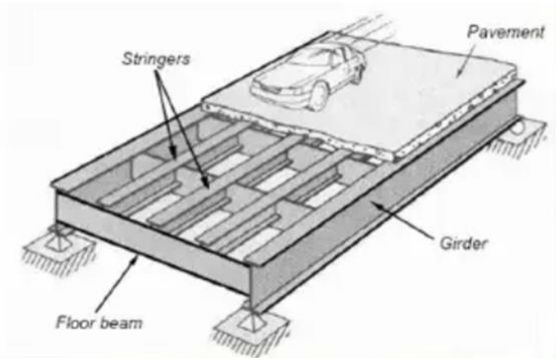
دفرش بیمونه په گردر (Girder) تکیه لری. بهرنی لوډ په سترینګر په یو ډول ویشلشوی لوډ او یا د تمرکزی لوډ سیستم په توګه پلی کیدی شی، اغیزه به یی په گردر د تمرکزی لوډ په توګه لکه په ټکیو a,b,c,d,e په لاندی انځور کی ښودل شوی ده.



انځور 5.26 فرش او گردر سیستم



انځور 5.27 مقطع د فرش او گردر سیستم



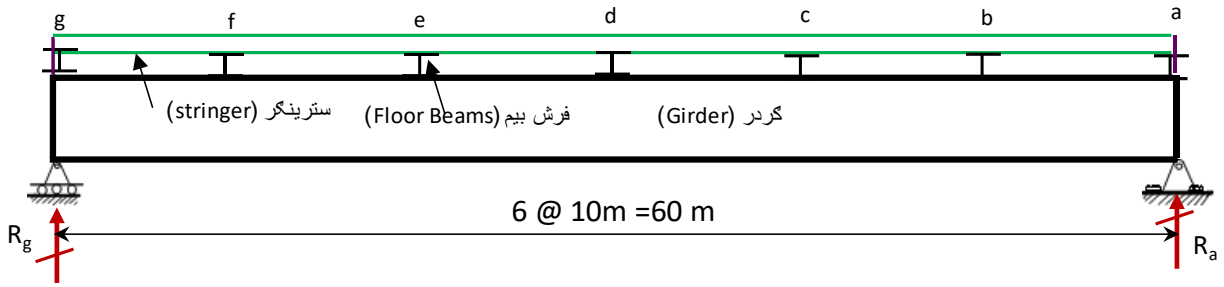
انځور 5.28 فرش او گردر سیستم

5.11 شپږم مثال انفلوینس لاین د گردر او فرش سیستم لپاره

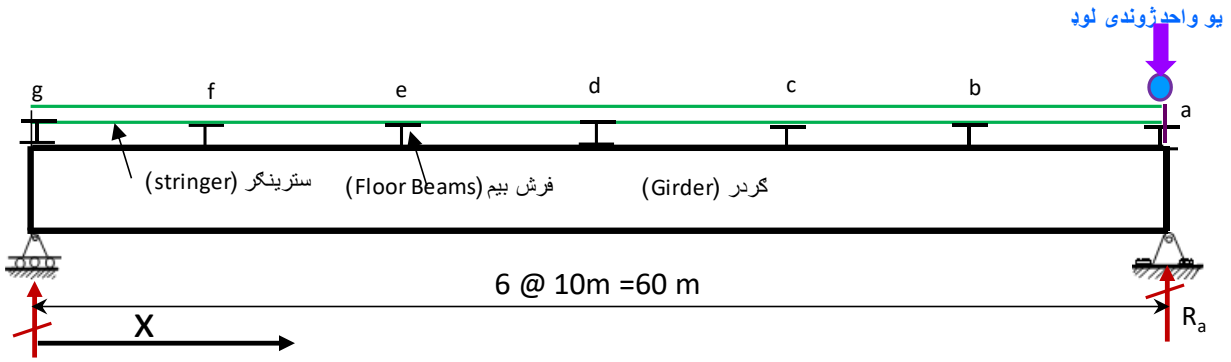
پدی لاندی انځور کی غواړو چی د یو پوړ سیستم لپاره انفلوینس لاین جوړ کړو. اول په برخه (Panel) bc د شیر انفلوینس لاین جوړه ول وینو. ژوندی لوډونه یوازی د دفرش بیمونو په واسطه چی په پنل (برخّه) ab موقعیت لری په گردر باندی پلی کیدی شی.

کله چی یو واحد لوډ په ټکی a کی کیښودل شی د پوړ بیم ریکشنونه په چپ لور د برخی bc هغه لوډونه چی د پوړ بیمونو c,d,e,f, g پلی شوی د شیر ارزښت یی صفر دی.

کله چی دا واحد لوډ په b کیښودل شی د ریکشن R_{gy} ارزښت 1/6+ او د پوړ بیم ریکشنونه په c,d,e,f g کی لا هم د صفر سره مساوی وی، له همدی امله شیر په برخه bc مساوی دی په 1/6- .

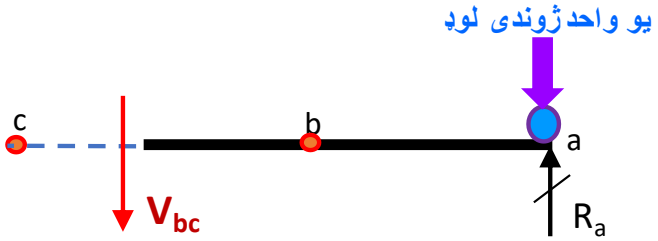


انځور 5.29 فرش او ګردر سیستم



انځور 5.30 واحد لوډ له a د g په لور په حرکت کیدي

واحد لوډ له a تر g پوری ریکشنونه R_a او R_g



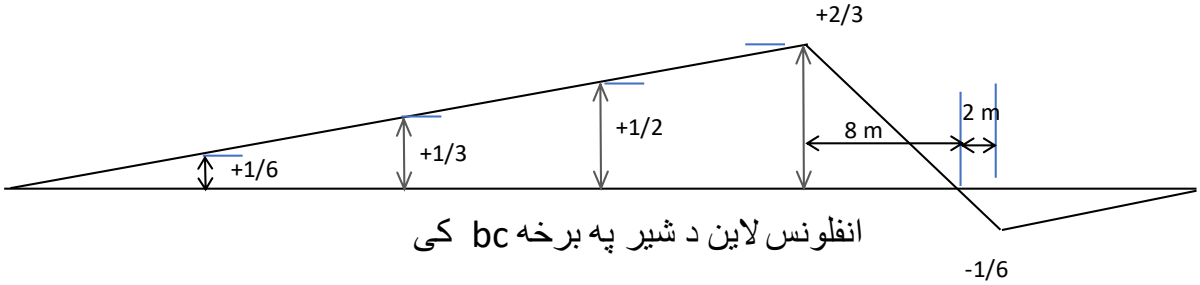
$$\Sigma M_{@g} = 0$$
$$R_a(60) - 1(x) = 0$$

$$R_a = 1(x)/(60)$$

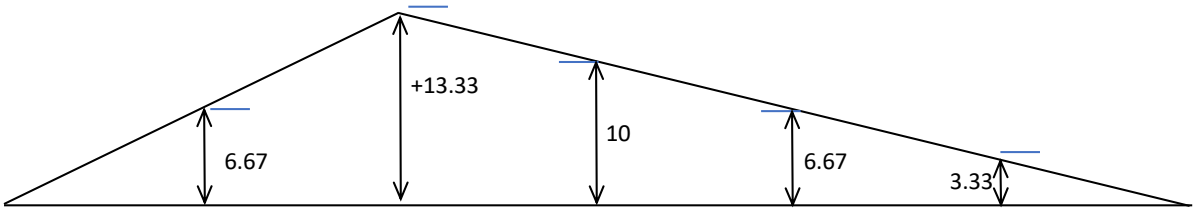
او هم شیر په پنل bc او مومنټ په ټکی e کی پیدا کوو او ارزښتونه یی پدی لاندی جد ولونو کی ځای په ځای کوو

Shear at panel bc			
	ریکشن په a	ریکشن په g	شیر په پنل bc
X	R_a	R_g	V_{bc}
60	1	0	0
50	5/6	1/6	- 1/6
40	2/3	1/3	2/3
30	1/2	1/2	1/2
20	1/3	1/3	1/3
10	1/6	1/6	1/6
0	0	0	0

	ریکشن په g	ریکشن په a،	مؤمنت په ټکی e،
unit load at	R_g	R_a	M_e
a	0		0
b	1/6		3 1/3
c	1/3		6 2/3
d	1/2		10
e		1/3	13 1/3
f		1/6	6 2/3
g		0	0



انفلونس لاین د شیر په برخه bc کی

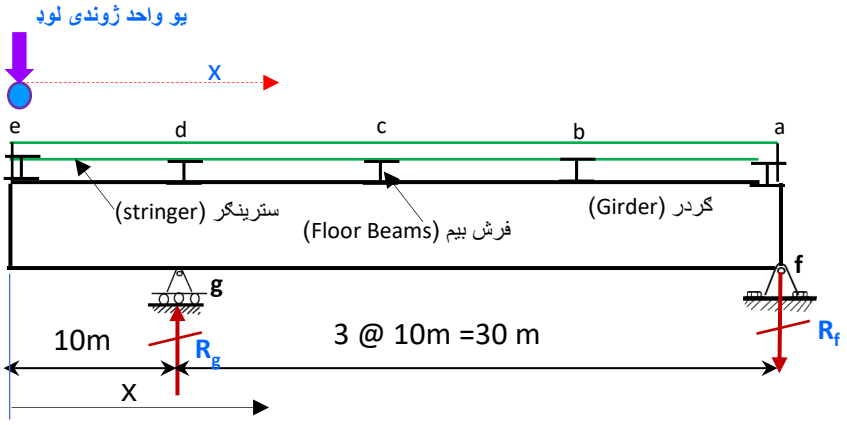


انفلونس لاین دمؤمنت په e کی

انځور 5.31 د شیر او مؤمنت دایګرام د فرش ګردر سیستم

5.12 اوم مثال

پدی مثال کی د پنل bc د شیر نفوذ کرښه یا انفلونس لاین جوړوو.



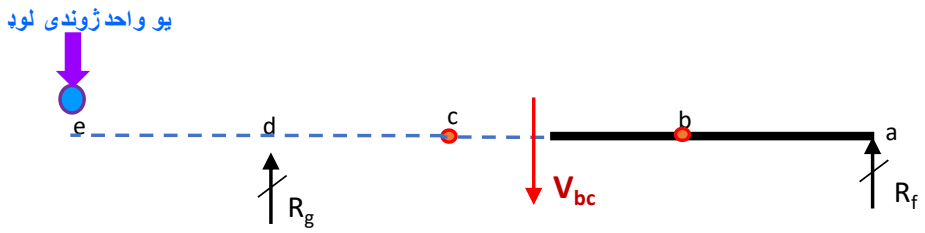
انځور 5.32 فرش ګردر سیستم

یو واحد ژوندی لوډ د a ټکی په ښی لور ته په حرکت کی ګورو او ارزښتونه یې په لاندی جدول کی ښودل کیږی.

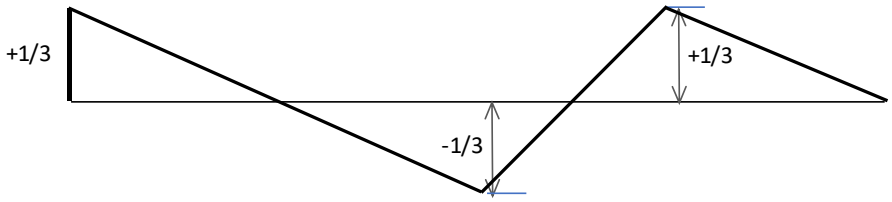
$$\Sigma M_{@g} = 0$$

$$-R_f(30) + 1(x) = 0$$

$$R_f = 1(x)/(30)$$



Shear at panel bc			
	ریکشن په f	ریکشن په g	شیر په پنل bc
X	R_f	R_g	V_{bc}
0	- 1/3	1 1/3	1/3
10	0	1	0
20	1/3	2/3	- 1/3
30	2/3	1/3	1/3
40	1	0	0

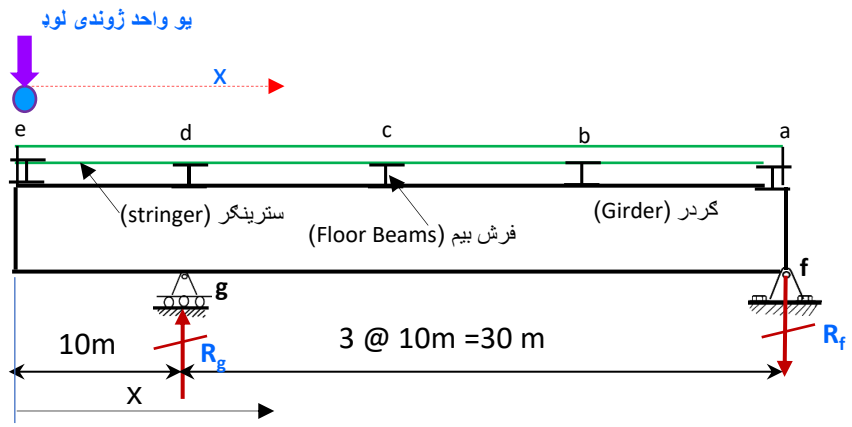


انفلونس لاین د شیر په برخه bc کی

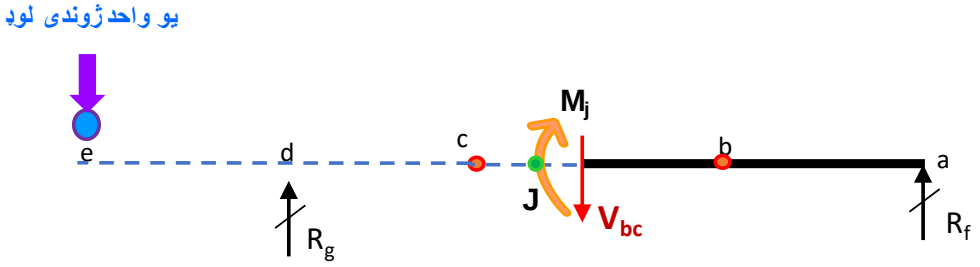
انځور 5.33 فرش ګردر سیستم شیر انفلونس لاین

5.13 آتم مثال

پدی مثال کی د J په ټکی کی د مومنټ د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین جوړه وو .

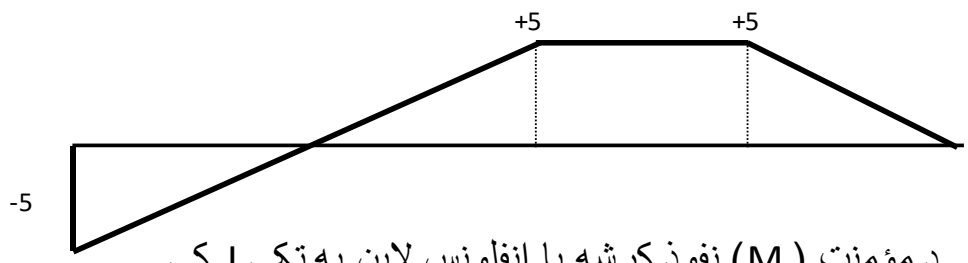


انځور 5.34 فرش ګردر سیستم انفلونس لاین



انځور 5.35 فرش ګردر سیستم ژوندي لوډ له e نه د a په لور په حرکت کی

Shear at panel bc				
	ریکشن په f	ریکشن په g	شیر په پنل bc	مؤمنت په ټکی J
X	R_f	R_g	V_{bc}	M_j
0	- 1/3	1 1/3	1/3	-5
10	0	1	0	0
20	1/3	2/3	- 1/3	5
30	2/3	1/3	1/3	5
40	1	0	0	0

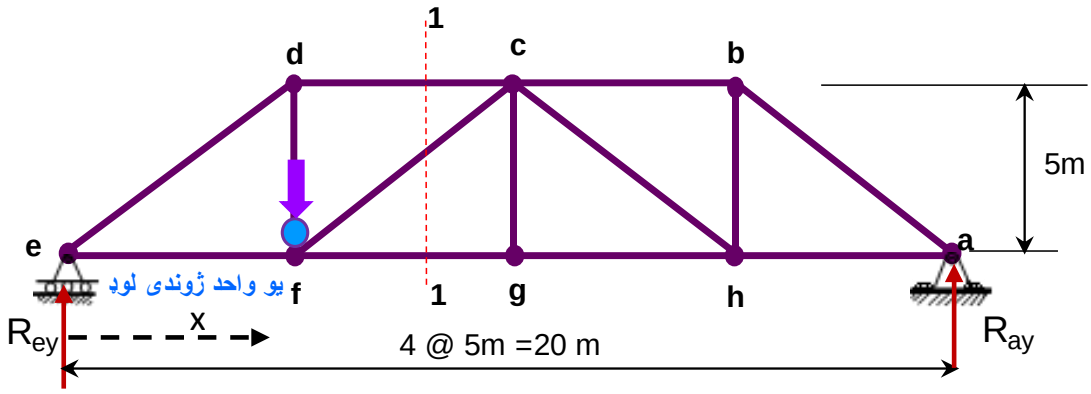


د مؤمنت (M_J) نفوذ کرشه یا انفلونس لاین په ټکی J کی

انځور 5.33 فرش ګردر سیستم مؤمنت انفلونس لاین

5.14 نهم مثال

پدی مثال کی د غړی cf د د داخلی لوډ نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین جوړه وو



انځور 5.34 تراس سیستم ژوندي لوډ له e د a په لور په حرکت کی

د غړی cf د داخلی لوډ پیدا کولو لپاره د سیکشن له طریقی کار اخلو او دا لوډ کله چه یو واحد ژوندی لوډ له د اتکا e ښی لورته تر جاینټ a پوری په حرکت وی په بیلو بیلو جاینټو کی عمل کوی او ارزښتونه یی پیدا کوو

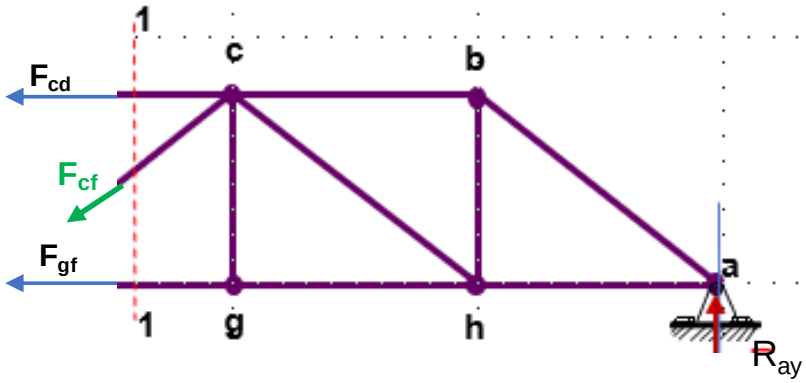
د ااتکا د ریکشنو انفلوینس لاین پیدا کوو او په دی لاندی انځور کی ښودل شوی.

$$\Sigma \; M_e = 0$$
$$R_{ay}\,(20) - 1\,(x) = 0$$

$$R_{ay} = (1)\,(x)\,/20$$

سطح 1-1 ترس داسی قطع کوی چه غړی cf په کی شامل وی او هم د تعادل معادلو په واسطه کولای شو د نا معلوم غړی داخلی لوډ پیدا کړو..

انځور 5.35 د ریکشنو انفلونس لاین



انځور 5.36 د تراس انفلونس لاین انفلونس لاین

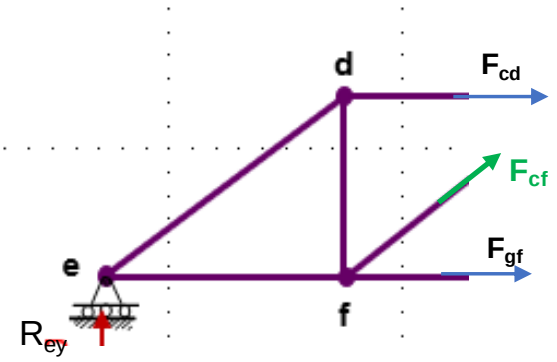
پدی بنی برخه د ټرس کی د تعادل معادلی باید تکمیل شی. د ټولو لوډونو مجموعه د y په جهت (بهرنی لوډونه او ریکشنونه) باید صفر وی. دلته تنها د cf غړی د y په جهت کی د تعادل په معادله کی راځی.

$$\Sigma \; F_y = 0$$

$$-F_{cf} \sin 45^0 + R_{ay} = 0$$

$$\boxed{F_{cf} = 1.41 \, R_{ay}}$$

د مقطع کینه برخه هم باید د تعادل معادلی ومنی.



انځور 5.37 د تراس انفلونس لاین انفلونس لاین

$$\Sigma \; F_y = 0$$

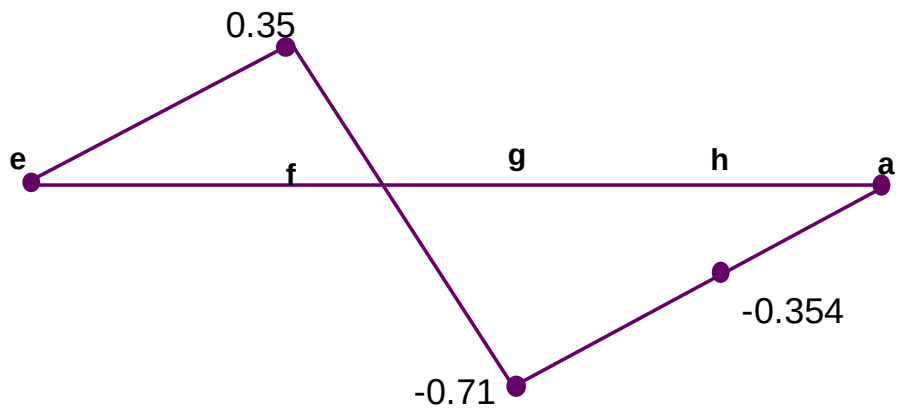
$$F_{cf} \; \cos 45^0 + R_{ey} = 0$$

$$F_{cf} = -1.41 R_{ey}$$

ټول ارزښتونه په جدول کې ځای په ځای کوو.

Internal load in member cf			
	ریکشن په a	ریکشن په e	داخلی لوډ په cf
X	R_{ay}	R_{ey}	F_{cf}
0	0.00	1.00	0.00
5	0.25	0.75	0.35
10	0.50	0.50	-0.71
15	0.75	0.25	-0.35
20	1.00	0.00	0.00

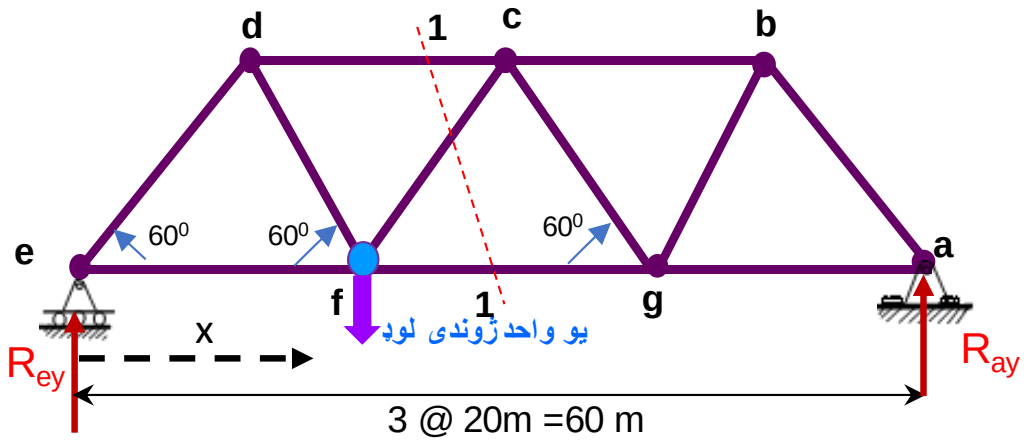
د غړی CF داخلی لوډ F_{cf} د نفوذ کر ښه یا انفلونس لاین



انځور 5.37 د غړی CF نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

5.15 لسم مثال

پدی مثال کی د غړی cf او cd د داخلی لوډ د نفوذ کرښی یا انفلونس لاین جوړه وو.

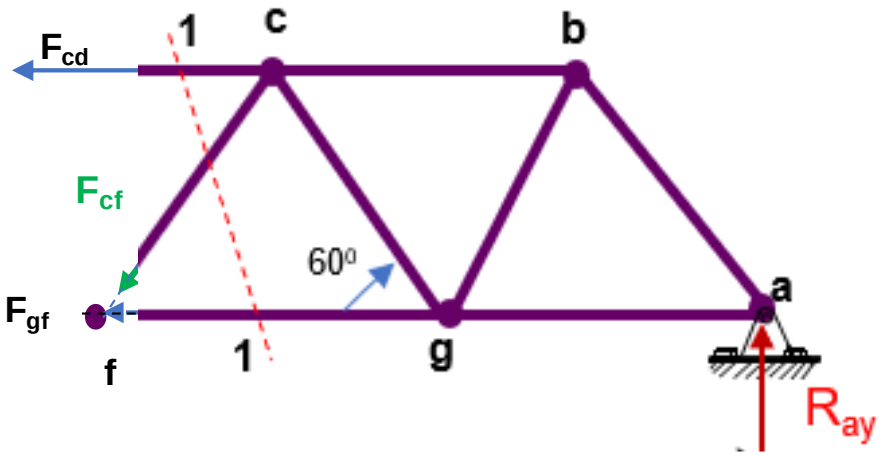


انځور 5.38 د ټرس د نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

د سیکشن په طریقه یی تحلیله وو.

$$\Sigma\ M_{@e} = 0$$
$$-1\ (x)+R_{ay}\ (60)= 0$$

$$R_{ay} = x/60$$



انځور 5.39 د ټرس د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین

پدی ښی برخه د ټرس کی د تعادل او توازن له معادلو کار اخلو او توازن باید وساتل شی. د ټولو لوډونو مجموعه د y په جهت (بهرنی لوډونه او ریکشنونه) باید صفر وی. دلته تنها غړی cf د y په جهت د توازن په معادله کی راځی. غړی cd او fg یو د بل سره په جاینټ f کی یو ځای کیږی او په همدی جاینټ کی مؤمنت باید صفر وی.

$$\Sigma \quad M_{@f} = 0$$

$$F_{cd}\,(10\mathrm{Tan}60^0)+R_{ay}\,(40) = 0$$

$$F_{cd} = [-40/17.32]R_{ay} = -2.31\ R_{ay}$$

$$\boxed{F_{cd} = -2.31\ R_{ay}}$$

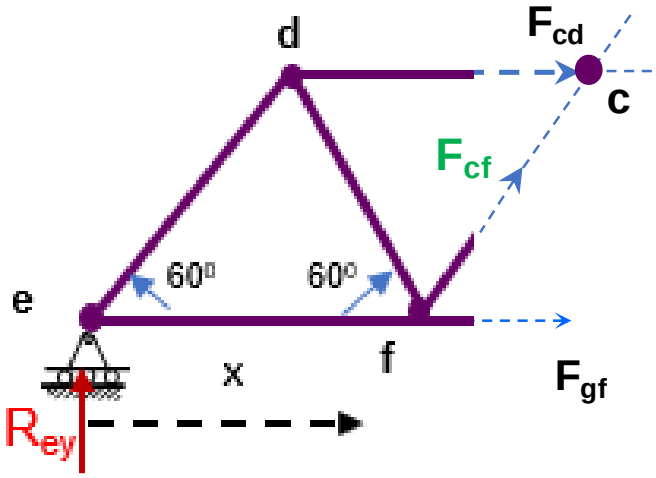
$$\Sigma \quad F_y = 0$$

$$-\ F_{cf}\,(\sin 60^0)+R_{ay} = 0$$

$$F_{cf} = (R_{ay})/\sin 60^0 = 1.155\ R_{ay}$$

$$\boxed{F_{cf} = 1.155\ R_{ay}}$$

د ترس د مقطع کینه برخه هم باید د تعادل معادلی ومنی.



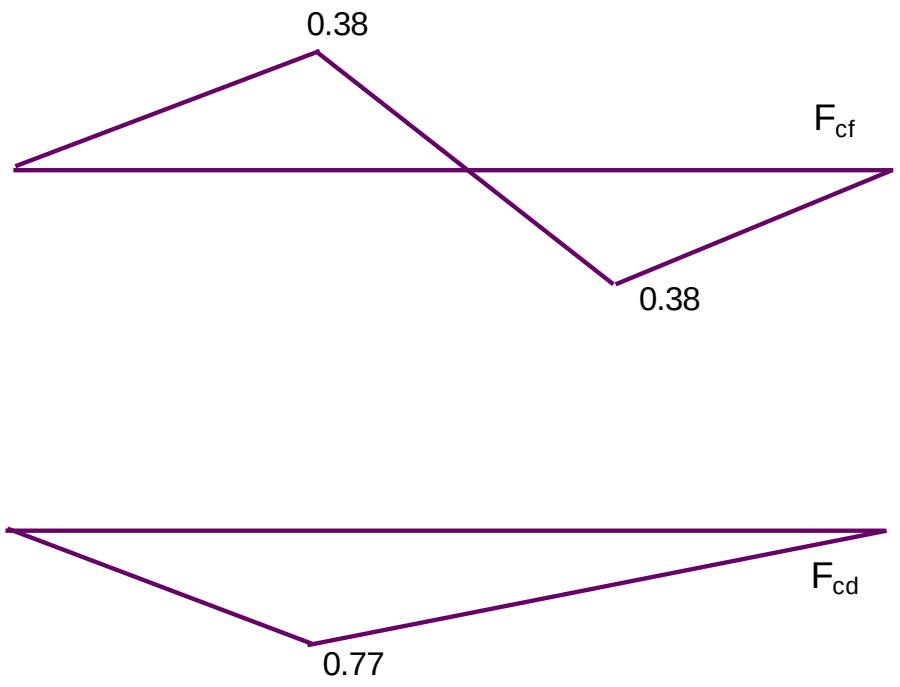
$$\Sigma \quad M_{@f} = 0$$

$$F_{cd}\,(10\mathrm{Tan}60^0) + R_{ey}\,(20) = 0$$

$$17.32\,(F_{cd}) + R_{ey}\,(20) = 0$$

$$\boxed{(F_{cd}) = -\,1.15\,R_{ey}}$$

Internal load in member cf				
	ریکشن په a	ریکشن په e	داخلی لوډ په cf	داخلی لوډ په cd
X	R_{ay}	R_{ey}	F_{cf}	F_{cd}
0	0.00	1.00	0.00	0
20	0.33	0.67	0.38	-0.77
40	0.67	0.33	-0.38	-0.29
60	1.00	0.00	0.00	0



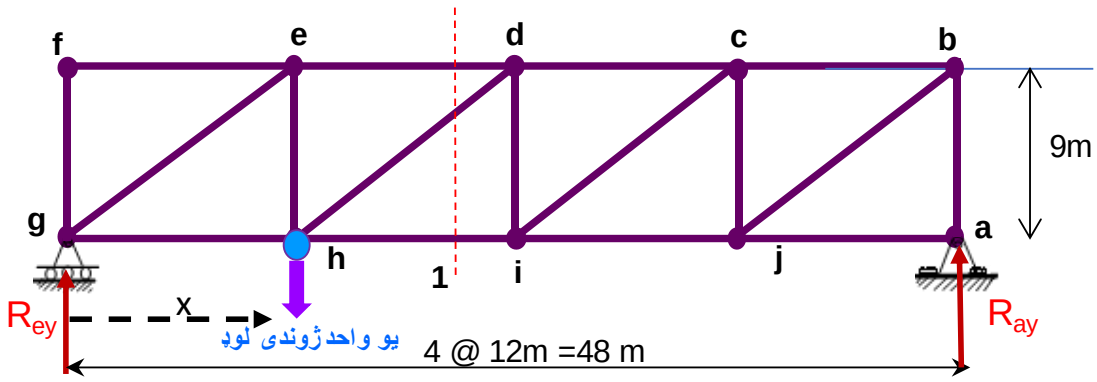
انځور 5.40 د ټرس نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

5.16 یولسم مثال

پدی مثال کی د hi غړی د داخلی لوډ د پاره د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین جوړه وو . پدی پلا یو ژوندی متمرکز لوډ 20kN او ویشلشوی ژوندی لوډ 0.6kN عمل کړی.

د hi غړی د داخلی لوډ د پیدا کولو لپاره د سیکشن له طریقی کار اخلو او دا لوډ کله چه یو واحد ژوندی لوډ له ااتکا g ښی لور ته په حرکت وی په بیلو بیلو جاینټ و کی عمل کوی پیدا کوو

د ااتکا وود ریکشنو انفلوینس لاین په دی لاندی انځور کی ښودل شوی.

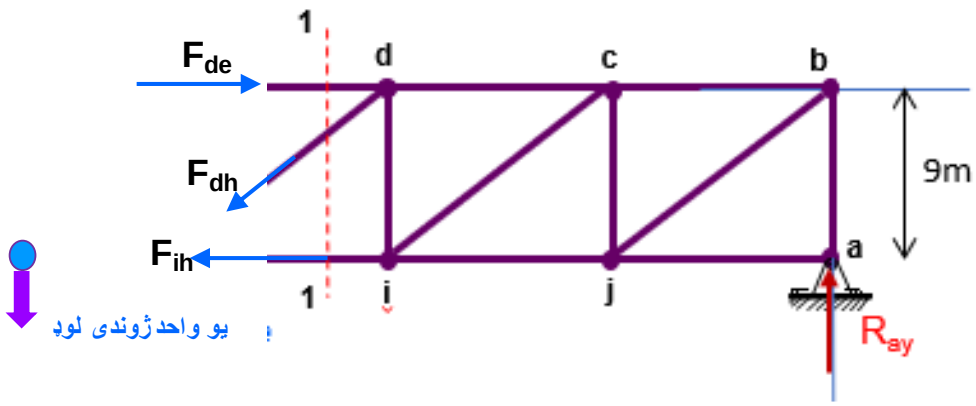


انځور **5.40** د ټرس نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

$$\Sigma \ M_g = 0$$
$$R_{ay}\,(48) - 1\,(x) = 0$$

$$R_{ay} = (1)\,(x)\,/48$$

سطح 1-1 ټرس داسی قطع کوی چه غړی hi په کی شامل دی او هم د توازن او تعادل معادلو په واسطه کولای شو د نا معلوم غړی داخلی لوډ پیدا کړو..یو واحد لوډ په کیڼ لور د جاینټ i موقعیت لری



انځور **5.41** د ټرس د نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

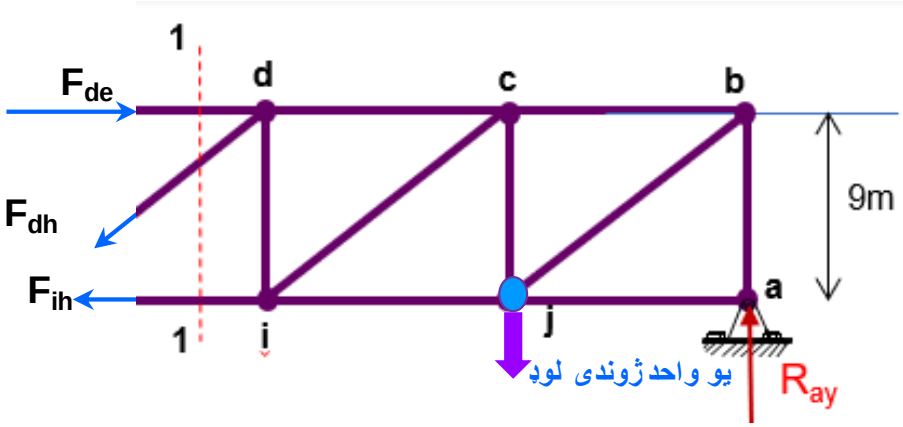
$$\Sigma \ M_d = 0$$

$$R_{ay}\,(24) - F_{ih}\,(9) = 0$$

$$F_{ih} = 24/9\,(R_{ay})$$

$$\boxed{F_{ih} = 24/9\,(R_{ay}) = 2.67\,R_{ay}}$$

یو واحد لوډ په ښی لور د جاینټ i موقعیت لری.



انځور 5.42 د ټرس د نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

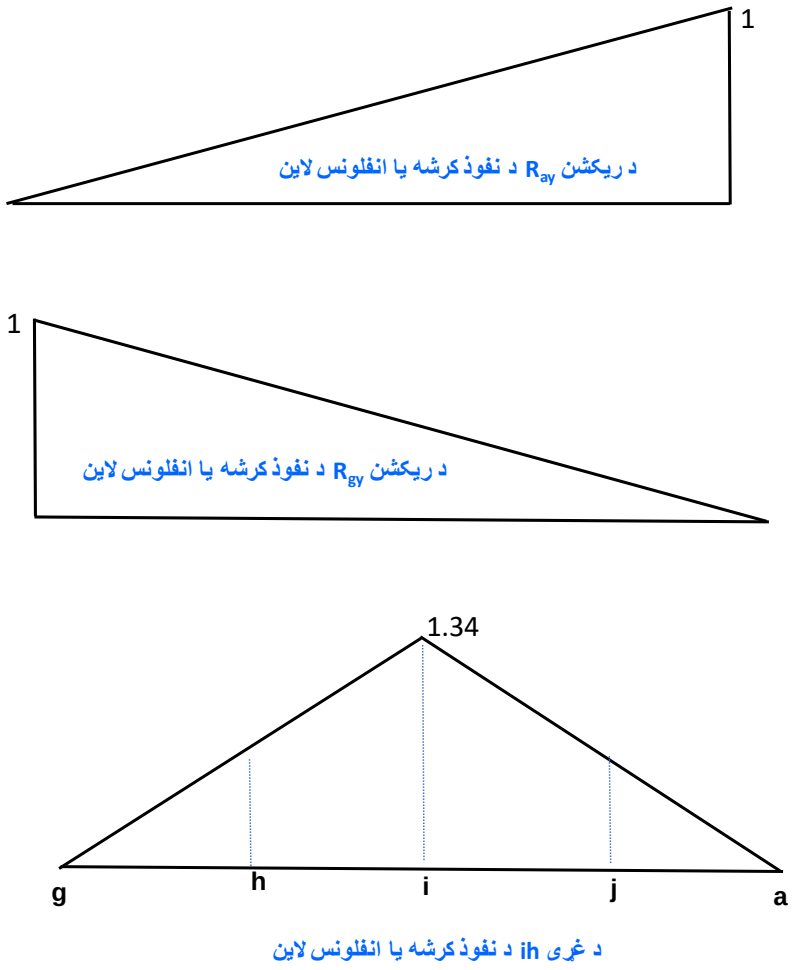
$$R_{ay}\,(24) - F_{ih}\,(9) - 1(12) = 0$$

$$F_{ih}\,(9) = 24\,(R_{ay}) - 1(12)$$

$$F_{ih} = 2.67\,R_{ay} - 1.33$$

$$\boxed{F_{ih} = 2.67\,R_{ay} - 1.33}$$

Internal load in member ih			
د واحد لوډ موقعیت	ریکشن په a	ریکشن په e	داخلی لوډ په cf
X	R_{ay}	R_{gy}	F_{ih}
0	0.00	1.00	0.00
12	0.25	0.75	0.67
24	0.50	0.50	1.34
36	0.75	0.25	0.67
48	1.00	0.00	0.00



انځور 5.43 د ټرس د نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

لوي داخلی لوډ په غړی ih کی هغه وخت جوړیږی چه متمرکز 20kN بهرنی لوډ په جاینټ کی عمل وکړی او اندازه یی مساوی ده په

$$F_{ih} = (1.34)\ (20\ kN) = 26.8\ kN$$

د ویشلشوی بهرنی لوډ له امله داخلی لوی لوډ په په غړی ih کی هله جوړیږی چه ویشلشوی

0.6 kN/m بهرنی لوډ په غونډ فرش د پله عمل وکړی او اندازه یی د مثلث د مساحت په مرسته بیداکیږی.

$$F_{ih} = [(1.34)\ (0.60\ kN/m)(48m)]1/2 = 19.30\ kN$$

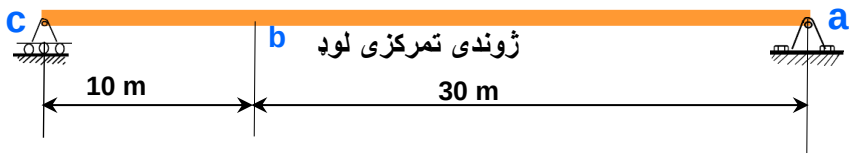
مجموعه د داخلی لوډ په غړی ih عبارت ده له:

$$F_{ih} = 26.8\ kN + 19.30\ kN = 46.10\ kN$$

5.17 دولسم مثال

په abc بیم کی غواړو د b په ټکی کی د شیر د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین جوړکړو. پدی بیم دری ژوندی متمرکز لوډونوعمل کوی.

دری متمرکز لوډونه چی یو پر بل تړل شوی حرکت کوی او په هر ټکی دری حالتونه شتون پیدا کوی

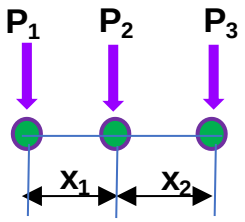


$P_1 = 1N$ $P_2 = 4N$

$P_3 = 4N$

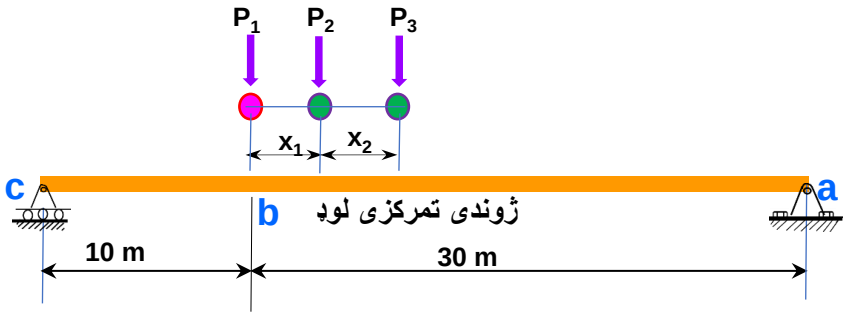
$x_1 = 5\ m$

$x_2 = 5\ m$



5.44 د ټرس د نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

د ژوندی لوډ ونو د موقعیت اول حالت: په بیم کی چی لوډ P_1 په b کی مؤقعیت لری



انځور 5.45 د ترس د نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

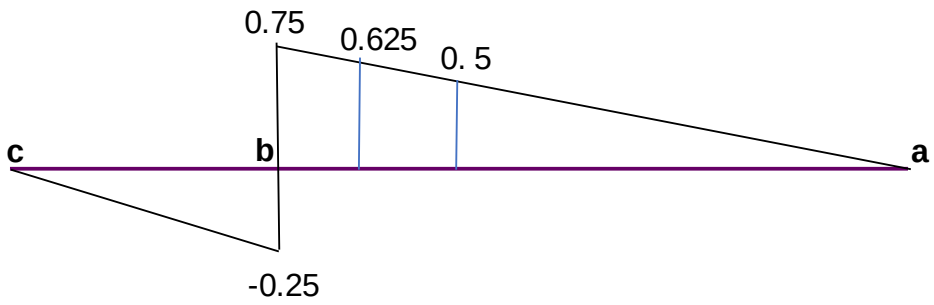
$$\Sigma \ M_c = 0$$

$$R_{ay}\,(40) - P_1(10) - P_2\,(15) - P_3\,(20) = 0$$

$$R_{ay} = 3.75 \text{ N}$$

$$R_{cy} = (P_1+P_2+P_3) - Ray = 9-3.75 = 5.25 \text{ N}$$

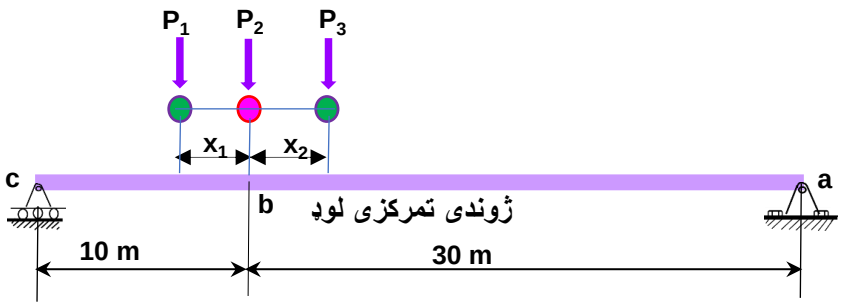
shear at b			
د واحد لوډ موقعیت	ریکشن په a	ریکشن په e	شیر په ټکی b کی
X	R_{ay}	R_{cy}	V_b
0	0.00	1.00	0.00
10	0.25	0.75	3/4, -1/4
20	0.50	0.50	0.50
30	0.75	0.25	0.25
40	1.00	0.00	0.00

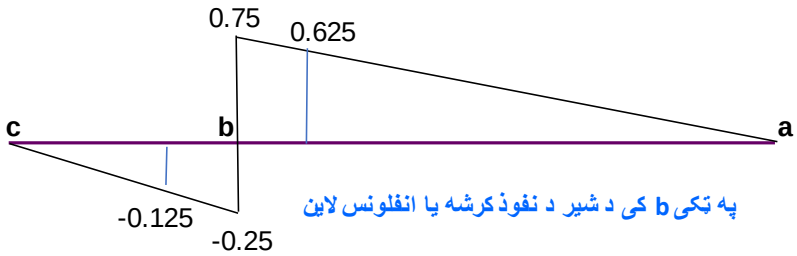


انځور 5.4 په تکی b کی د شیر د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین

$$V_b = (P_1)(0.75)+(P_2)(0.625)+(P_3)(0.5) = 5.25 \text{ N}$$

د ژوندی لوډ د موقعیت دوهم حالت: چی لوډ P_2 په ټکی b د بیم کی مؤقعیت ولری



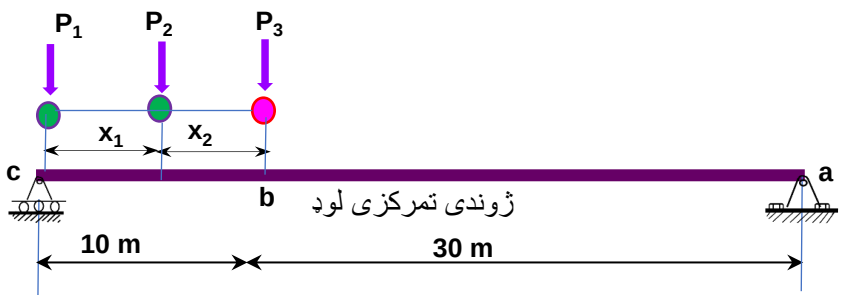


انځور 5.47 په ټکی b کی د شیر د نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

$$V_b = (P_1)(-0.125)+(P_2)(0.475)+(P_3)(0.625) = 5.40\ N$$

دریم حالت د ژوندی لوډ : چی لوډ P_3 په ټکی b د بیم کی مؤقعیت و لری

5.18 مثال 13



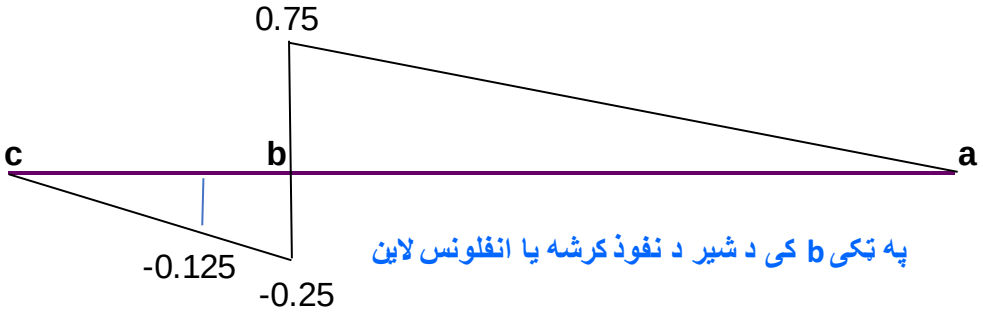
انځور 5.48 په ټکی b کی د شیر د نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

$P_1 = 1N$ $P_2 = 4N$

$P_3 = 4N$

$x_1 = 5\ m$

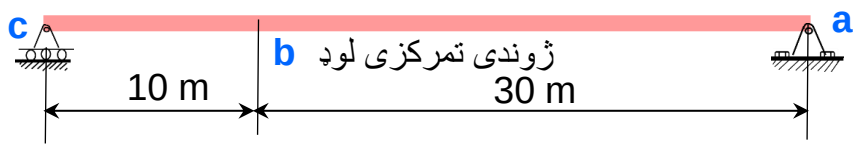
$x_2 = 5\ m$



انځور 5.49 په ټکی b کی د شیر د نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

$$V_b = (P_1)(0)+(P_2)(-0.125)+(P_3)(0.75) = 2.5\ N$$

د abc بیم د پاره غواړو د د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین د مومنټ د b په ټکی کی جوړکړو. پدی بیم دری ژوندی متمرکز لوډونوعمل کوی.



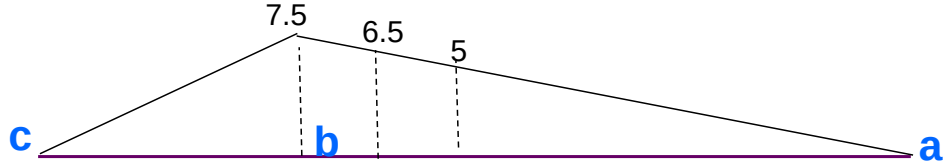
$P_1 = 2N$

$P_2 = 4N$

$P_3 = 3N$

$x_1 = 4\ m$

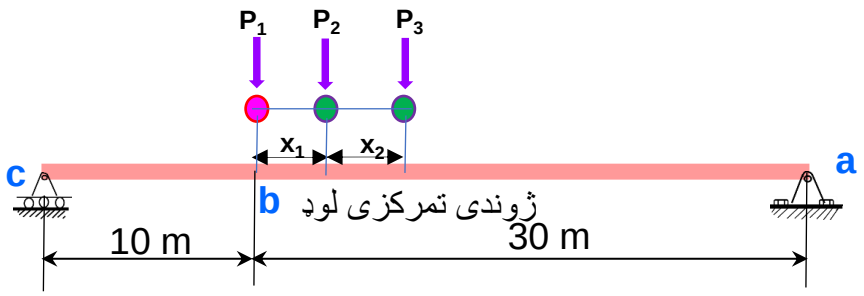
$x_2 = 6\ m$



په ټکی b کی د مؤمنت د نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

انځور 5.50 په ټکی b کی د شیر د نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

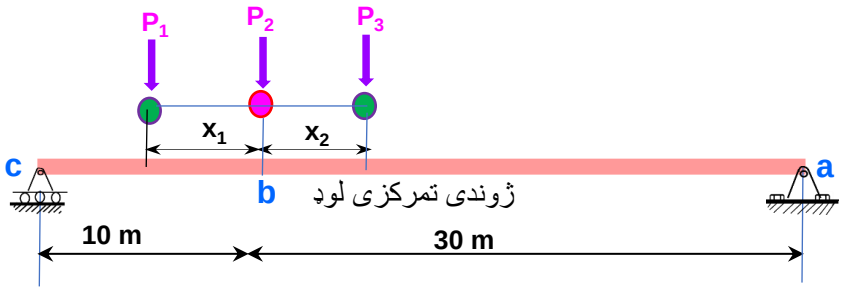
د ژوندی لوډونود اول حالت: چی P_1 د بیم په b ټکی کی عمل کوی.

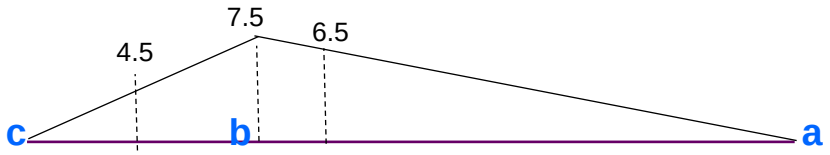


انځور 5.51 په ټکی b کی د شیر د نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

$$M_b = (P_1)(7.5)+(P_2\,6.5)+(P_3)\,(5) = 56\ N\ m$$

د ژوندی لوډونود دوهم حالت: چی P_2 د بیم په b ټکی کی عمل وکړی.



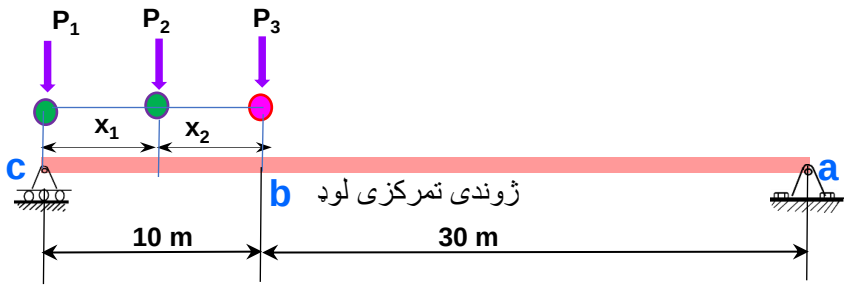


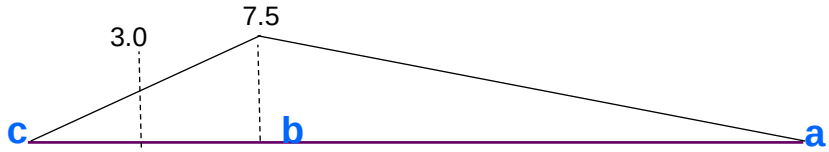
په ټکی b کی د مؤمنت د نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

انځور 5.52 په ټکی b کی د مؤمنت د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین

$$M_b = (P_1)(4.5)+(P_2)(7.5)+(P_3)(6.5) = 59 \text{ N m}$$

د ژوندی لوډونود دریم حالت: چی P_3 د بیم په b ټکی کی دی.





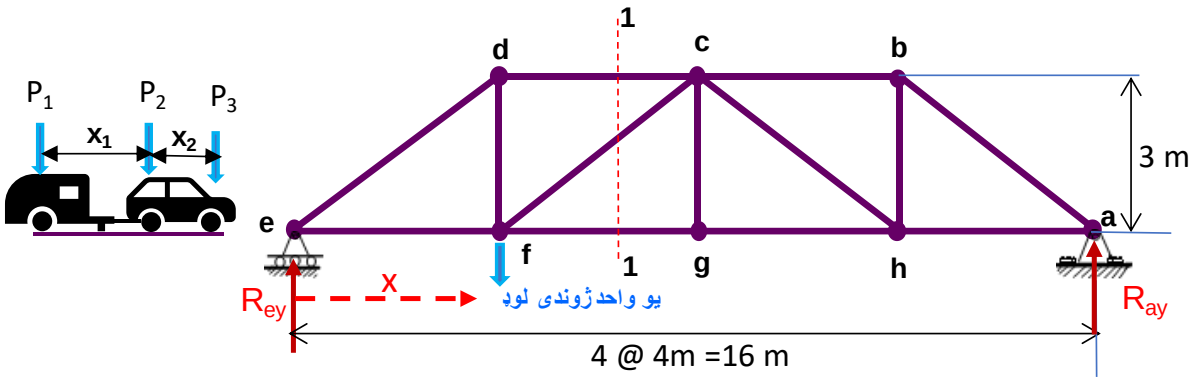
په ټکی b کی د مؤمنت د نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

انځور 5.53 په ټکی b کی د مؤمنت د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین

$$M_b = (P_1)(0)+(P_2)(3)+(P_3)(7.5) = 35 \text{ N m}$$

5.19 څورلسم مثال

پدی مثال کی د غړی cf داخلی لوډ د یو موټر له کبله چه په دی پله تیریږی پیدا کوو. د موټر او ټریلر وزنونه ښودل شوی. موټر له کیڼ لور په ښی لور په حرکت کیدی.



انځور 5.54 د تراس نفوذ کرښه یا انفلونس لاین

$P_1 = 2$ kN

$P_2 = 4$ kN

$P_3 = 1.5$ kN

$x_1 = 3$ m

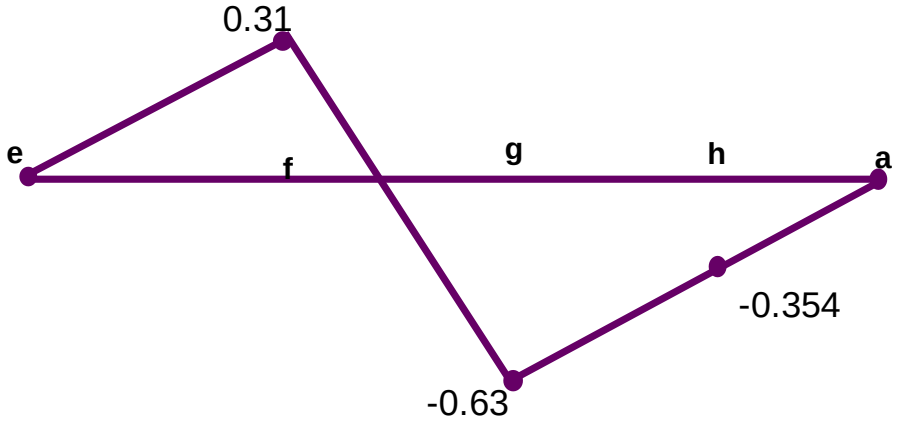
$x_2 = 2$ m

$$\Sigma \; M_{@e} = 0$$

$$-1\,(x) + R_{ay}\,(16) = 0$$

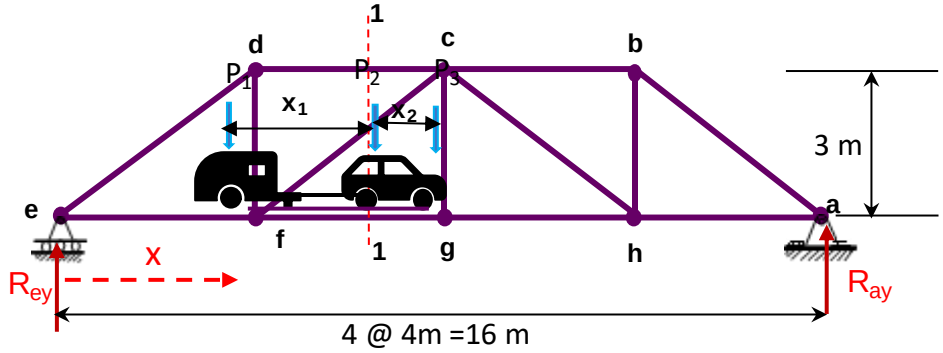
$$\boxed{R_{ay} = x/16}$$

Internal load in member cf			
د واحد لوډ موقعیت	ریکشن په a	ریکشن په e	داخلی لوډ په cf
X	R_{ay}	R_{ey}	F_{cf}
0	0.00	1.00	0.00
4	0.25	0.75	0.42
8	0.50	0.50	-0.84
12	0.75	0.25	-0.42
16	1.00	0.00	0.00



انځور 5.55 د cf تراس نفوذ کرشه یا انفلونس لاین

اول حالت: د موټر مخکنی ټیرونه چه 1.5kN لوډ لری په جاینټ g کی عمل کړی. او د غړی cf داخلی لوډ عبارت دی له:



انځور **5.56** د تراس نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین

$$F_{cf} = 1.5\ kN\ (-0.84) + 4(0) + 2kN\ (0.42/4)\ (1m) = -1.05\ kN$$

دوهم حالت: کله چی P_2 په جاینټ g کی موقعیت ولری. او د غړی cf داخلی لوډ عبارت دی له:

$$F_{cf} = 4kN\ (-0.84) + 1.5(-0.84/8)\ (4m) + 2kN\ (0.42 = -3.2\ kN$$

دریم حالت: کله چی P_1 په جاینټ g کی موقعیت ولری. او د غړی cf داخلی لوډ عبارت دی له:

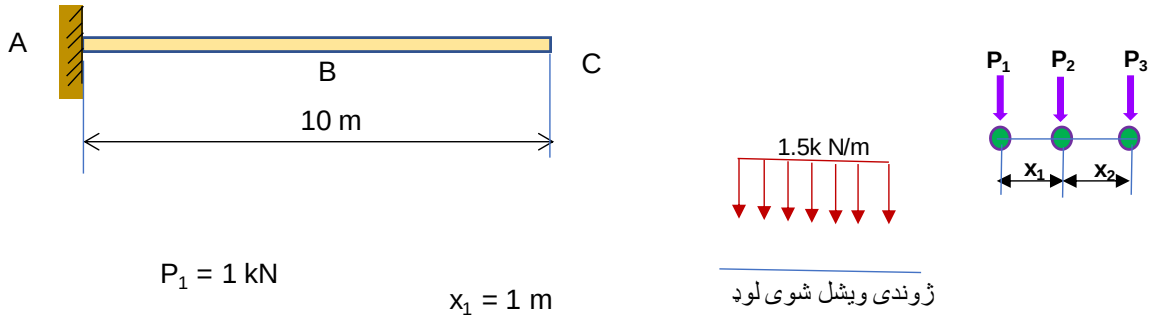
$$F_{cf} = 2kN\ (-0.84) + 4(-0.84/8)\ (4m) + 1.5kN\ (-0.84/8)(1m) = -3.52\ kN$$

دریم حالت زیادترین لوډ په غړی cf کی جوړ کړ ، پدی اساس کله چی P_1 په جاینټ g کی موقعیت ولری اعضمی داخلی لوډ په غړی کی جوړیږی.

5.20 تمرین یا پرکټس سوالونه

اول سوال:

د بیم ABC لپاره د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین د ریکشن R_{Ay} په ټینګشت A کی جوړکړی. پدی بیم دری ژوندی متمرکز لوډونووربانده تیریږی. او هم شیر په ټکی B کی جو ړ کړی. اعظمی او اصغری ارزښتونه د لوډونو لپاره پیدا کړی.



$P_1 = 1$ kN

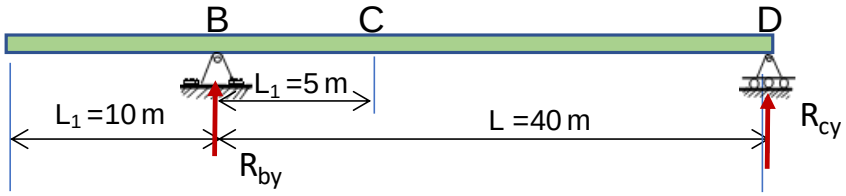
$P_2 = 3$kN

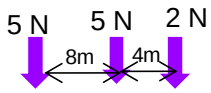
$P_3 = 5$ kN

$x_1 = 1$ m
$x_2 = 3$ m

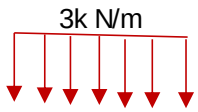
دوهم سوال:

د بیم ABCD لپاره انلفونس لا ین د ریکشن R_{by} او شیر په C کی جوړ کړی. اوهم ارزښتونه د لاندی د ژوندی لوډونو لپاره پیدا کړو





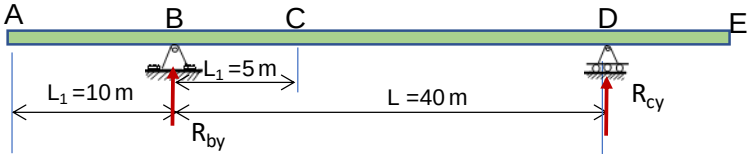
ژوندی تمرکزی لوډ



ژوندی ویشل شوی لوډ

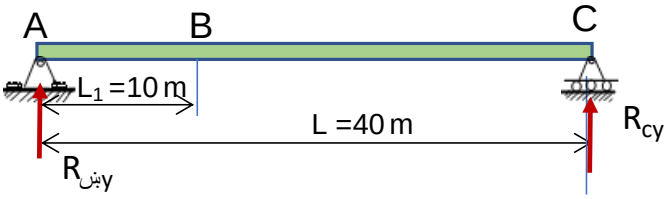
دریم سوال:

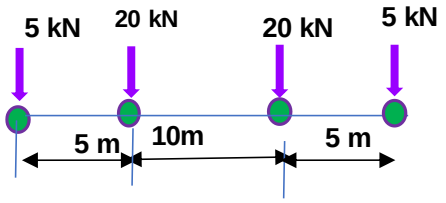
د بیم ABCD E لپاره انلفونس لا ین د ریکشن R_{by}, R_{cy} ، شیر او مومنټ په C کی جوړ کړی.



څلورم سوال:

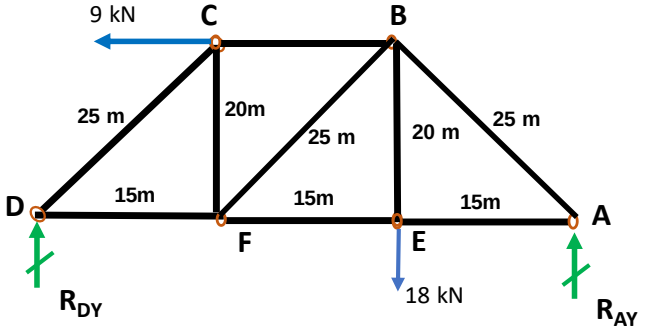
د بیم ABC لپاره انلفونس لا ین د ریکشن R_{Ay}, R_{cy}، شیر او مومنټ په B کی جوړ کړی. لاندی ژوندی لوډ ورباندی تیریږی د ریکشنو، شیر او مومنټ اعظمی ارزښتونه پیدا کړی.





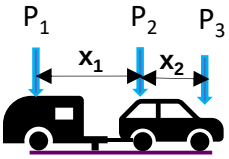
پنځم سوال:

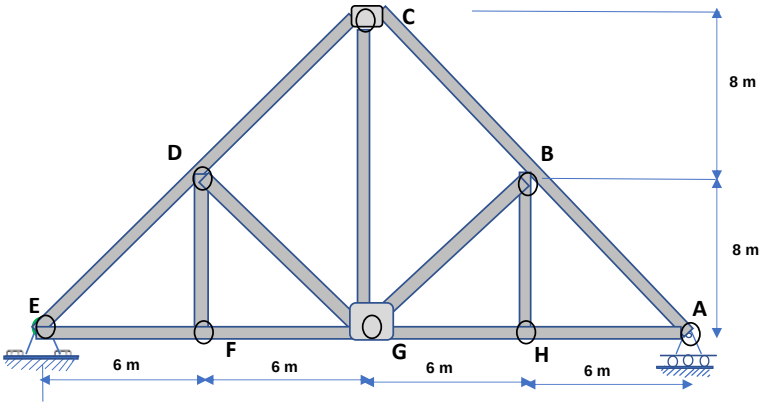
د غړی BF د داخلی لوډ نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین جوړکړی او هم د A او D په اتکاوو د پاره جوړ کړی



شپږم سوال:

د غړی GF او BG داخلی لوډ انفلوینس لاین جوړ کړی. یو موټر چه په دی پله تیریږی اعظمی ارزښتونه په دی غړیو کی پیدا کړی. د موټر او ټریلر وزنونه ښودل شوی. موټر له کیڼ لور نه په ښی لور په حرکت کیدی.





P_1 =3 kN P_2 =5 kN

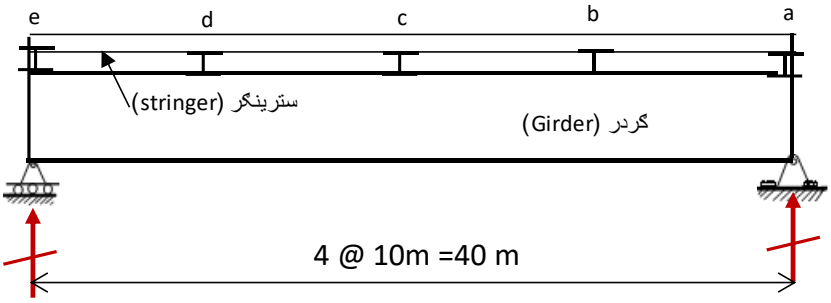
P_3 =1.5 kN

x_1 =3 m

x_2 =2 m

اوم سوال

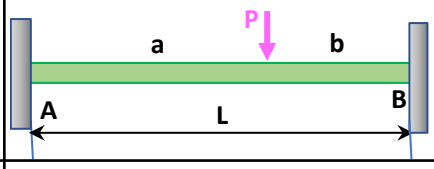
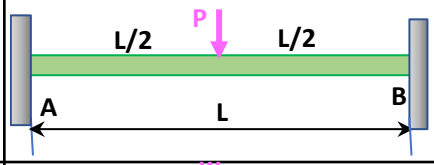
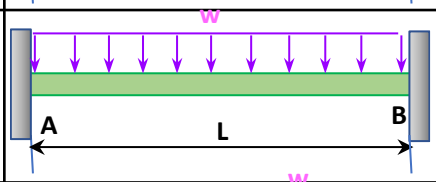
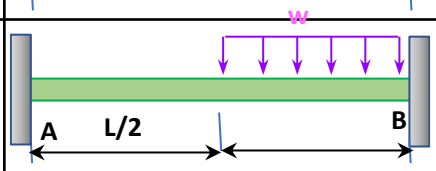
پدی لاندی فرش سیستم کی د پنل bc لپاره د شیر د نفوذ کرښه یا انفلوینس لاین او په ټکی c کی د مومنټ انفلوینس لاین جوړ کړی.

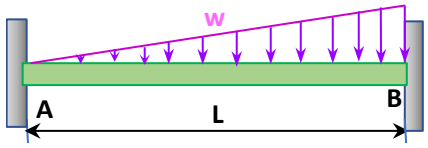
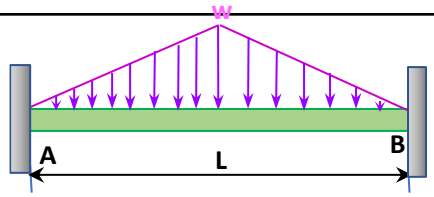
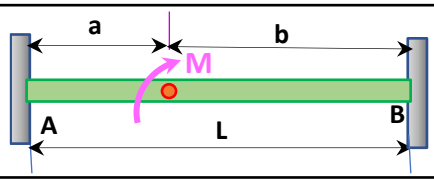
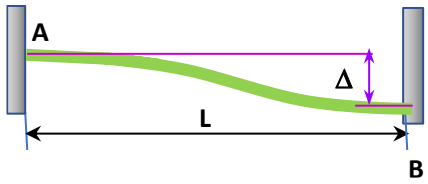


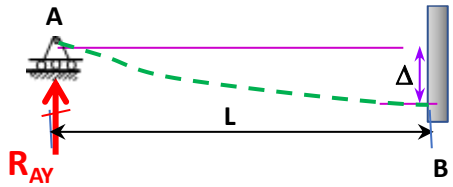
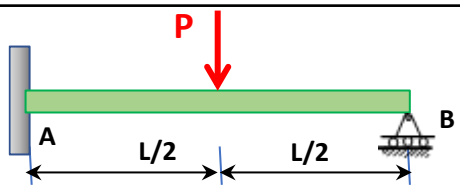
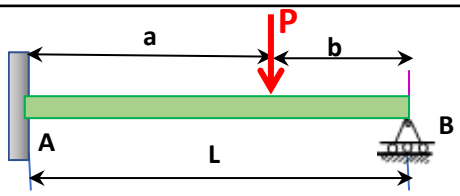
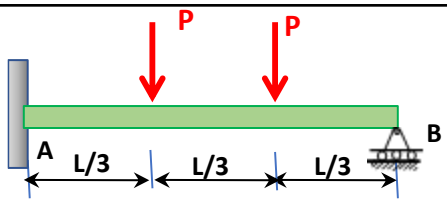
اپینډ یکس

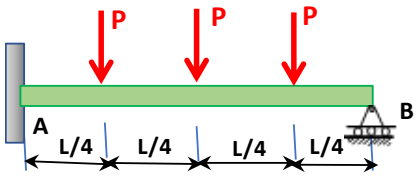
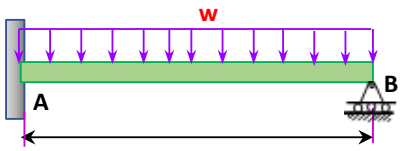
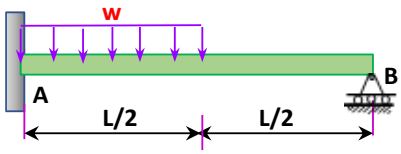
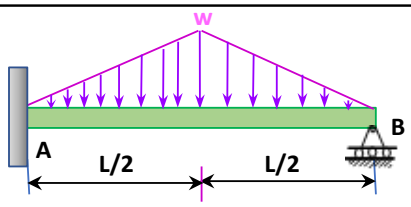
(Appendix)

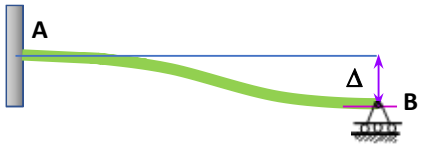
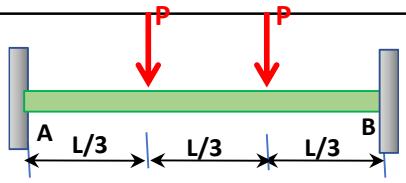
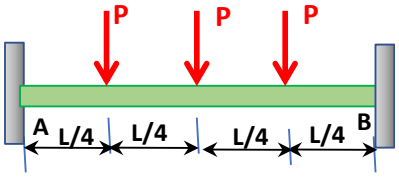
پدی اپینديکس کی یو لړ فورمولونه چی ښایی د یو انجینر سره مرسته وکړي ځاي په ځاي شوي.

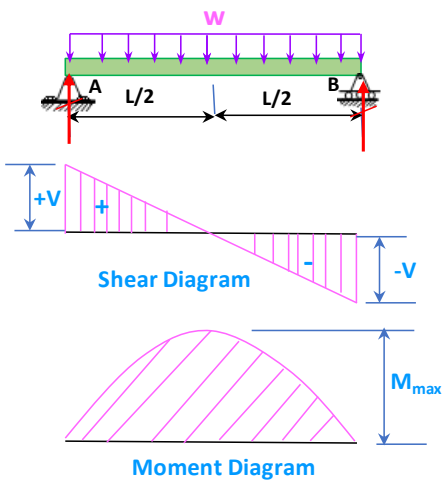
د فیکسد اینڈ مؤمنت ارز ښتونه	فیکسد اینڈ بیم
$FEM_{AB} = -\frac{Pab^2}{L^2}$ $FEM_{BA} = +\frac{Pa^2b}{L^2}$	
$FEM_{AB} = -\frac{PL}{8}$ $FEM_{BA} = +\frac{PL}{8}$	
$FEM_{AB} = -\frac{wL^2}{12}$ $FEM_{BA} = +\frac{wL^2}{12}$	
$FEM_{AB} = -\frac{5wL^2}{192}$ $FEM_{BA} = +\frac{11wL^2}{192}$	

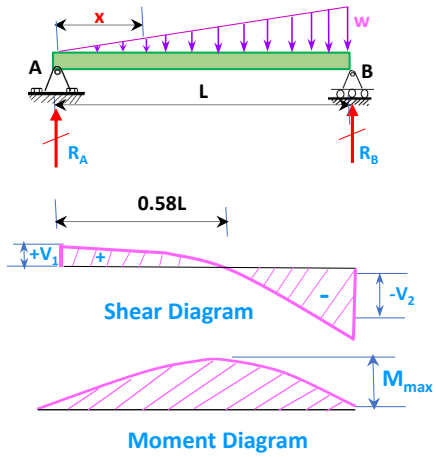
د فیکسد اینڈ مؤمنت ارز ښتونه	فیکسد اینڈ بیم
$FEM_{AB} = -\frac{wL^2}{30}$ $FEM_{BA} = +\frac{wL^2}{20}$	
$FEM_{AB} = -\frac{5wL^2}{96}$ $FEM_{BA} = +\frac{5wL^2}{96}$	
$FEM_{AB} = +\frac{Mb}{L}\left(\frac{3a}{L} - 1\right)$ $FEM_{BA} = +\frac{Ma}{L}\left(\frac{3b}{L} - 1\right)$	
$FEM_{AB} = -\frac{6EI\Delta}{L^2}$ $FEM_{BA} = +\frac{6EI\Delta}{L^2}$	

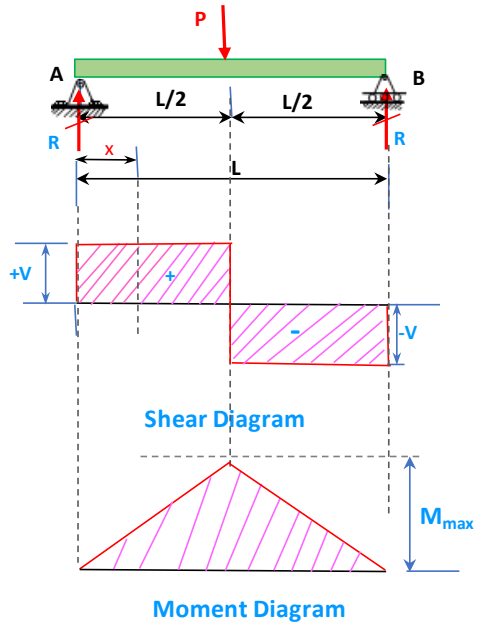
د فیکسد اینډ مؤمنت ارزښتونه	د بیم شکل
$FEM_{BA} = +\frac{3EI\Delta}{L^2}$	
$FEM_{AB} = -\frac{3PL}{16}$	
$FEM_{AB} = -\frac{P}{L^2}\left(b^2a + \frac{a^2b}{2}\right)$	
$FEM_{AB} = -\frac{PL}{3}$	

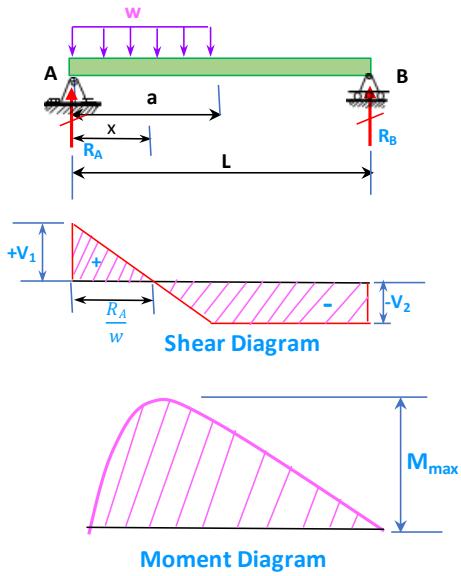
د فیکسد اینډ مومنټ ارز ښتونه	د بیم شکل
$FEM_{AB} = -\frac{45PL}{96}$	
$FEM_{AB} = -\frac{wL^2}{8}$	
$FEM_{AB} = -\frac{9wL^2}{128}$	
$FEM_{AB} = -\frac{5wL^2}{64}$	

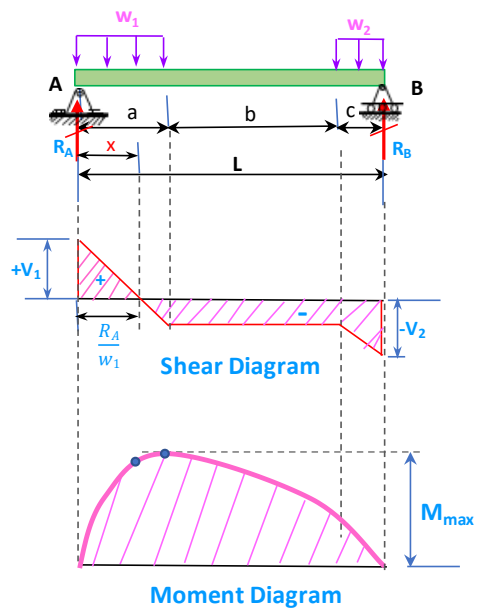
د فیکسد اینډ مؤمنت ارزښتونه	د بیم شکل
$FEM_{AB} = -\frac{3EI\Delta}{L^2}$	
$FEM_{AB} = -\frac{2PL}{9}$ $FEM_{BA} = +\frac{2PL}{9}$	
$FEM_{AB} = -\frac{15PL}{48}$ $FEM_{BA} = +\frac{15PL}{48}$	

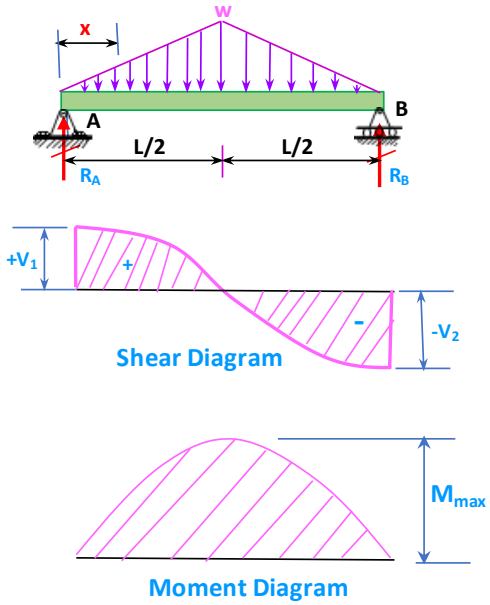
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: ثابت ویشلشوی لوډ
$R_A = R_B = wL/2$ $V_x = w\,(L/2 - x)$ $M_{max} = \frac{wL^2}{8}$ $M_x = \frac{wx}{2}\,(L - x)$ $\Delta_x = \frac{wx}{24\,EI}\,(L^3 - 2Lx^2 + x^3)$ $\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384\,EI}$	

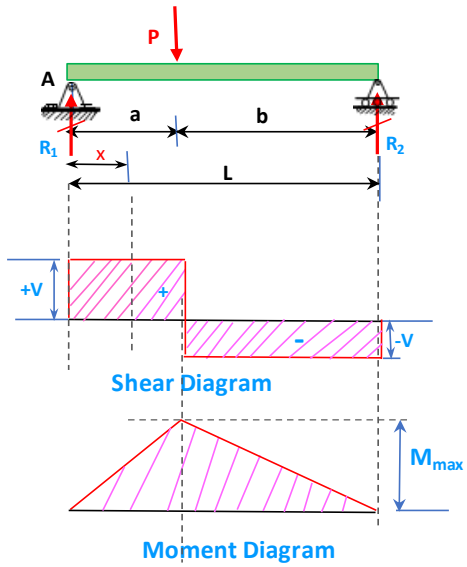
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: ویشلشوی لوډتدریجی ډیروالي یویخوا ته
$V_1 = R_A = w/3$ $V_2 = R_2 = V_{max} = 2w/3$ $V_x = \frac{w}{3} - \frac{w\,x^2}{L^2}$ $M_{max} = 0.13wL$ $M_x = \frac{wx}{3L^2}\,(L^2 - x^2)$ $\Delta_x = \frac{wx}{180\,EIL^2}\,(3x^4 - 10L^2x^2 + 7L^4)$ $\Delta_{max} = 0.013\frac{wL^3}{EI}$	

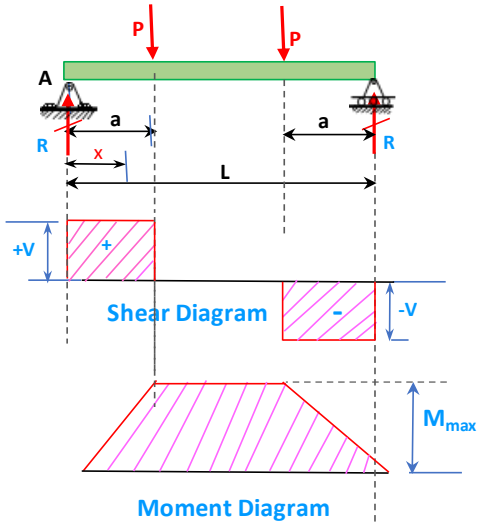
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: یو تمرکزي لوډ د بیم اوږدوالي په وسط کي
$R = V \quad . . . . . = \frac{P}{2}$ M_{max} (at point of load) $. . . . . = \frac{P\ell}{4}$ $M_x \left(\text{when } x < \frac{\ell}{2}\right) . . . . . = \frac{Px}{2}$ Δ_{max} (at point of load) $. . . . . = \frac{P\ell^3}{48EI}$ $\Delta_x \left(\text{when } x < \frac{\ell}{2}\right) . . . . . = \frac{Px}{48EI}(3\ell^2 - 4x^2)$	

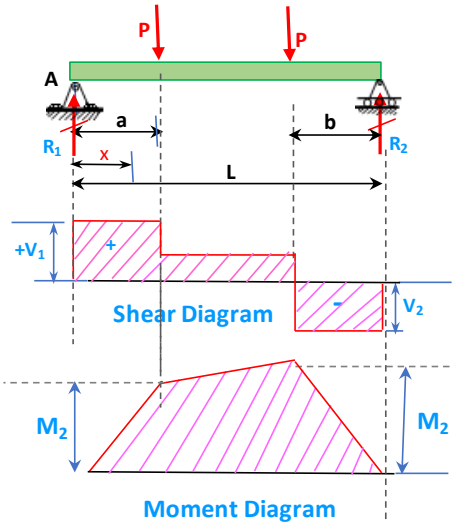
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: ویشلشوی لوډ د بیم په یوه برخه
$V_1 = R_A = \frac{wa}{2L}(2L - a)$ $V_2 = R_B = \frac{wa^2}{2L}$ V_x (when x <a) = $RA - wx)$ V_x (when x > a) $= \frac{R_A^{\,2}}{2w}$ M_{max} (at x= $\frac{RA}{w}$) $= \frac{R_A^{\,2}}{2w}$ M_x (when x <a) $= R_A x - \frac{wx^2}{2}$ M_x (when x > a) = $R_B(L - x)$ Δ_x (when x <a)= $\frac{wx}{24\,EIL}(a^2(2L-a)^2 - 2ax^2(2L-a) + Lx^3)$ Δ_x (when x >a) = $\frac{wa^2(L-x)}{24\,EIL}(4xL - 2x^2 - a^2)$	

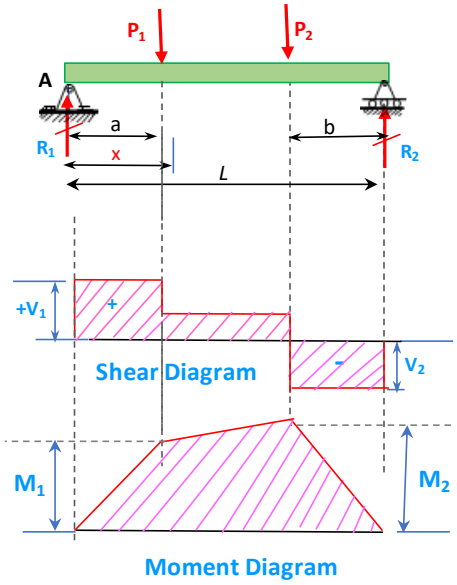
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: ویشلشوی لوډ په دوه برخو د بیم
$V_1 = R_A = \frac{w_1 a\,(2L-a)+w_2 c^2}{2L}$ $V_2 = R_B = \frac{w_2 c\,(2L-c)+w_1 a^2}{2L}$ V_x (when x <a) = $RA - w_1 x)$ V_x (when x > a and < (a+b)) = $R_A - w_1 a$ V_x (when x > a and > (a+b)) = $R_B - w_2 (L-x)$ M_{max} (at x= $\frac{RA}{w_1}$ when $R_A < w_1 a$) = $\frac{R_A^{\,2}}{2w_1}$ M_{max} (at x= L- $\frac{RA}{w_1}$ when $R_B < w_2 c$) = $\frac{R_B^{\,2}}{2w_2}$ M_x (when x <a) = $R_A x - \frac{w_1 x^2}{2}$ M_x (when x > a and < (a+b)) = $R_A x - \frac{w_1 a}{2}(2x - a)$ M_x (when x > (a +b)) = $R_B (L-x) - \frac{w_2 (L-x)^2}{2}$	

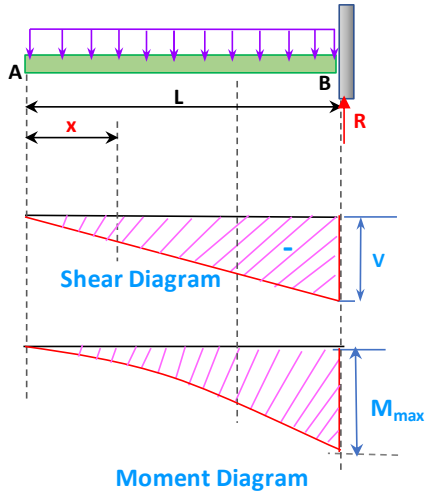
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: ویشلشوی لوډ ډیروالي وسط دبیم په لور
$V_1 = R_A = w/2$ $V_2 = R_B = w/2$ $V_x = \frac{w}{2L^2}(L^2 - 4x^2)$ $M_{max} = \frac{wL}{6}$ $M_x = wx(\frac{1}{2} - \frac{2x^2}{3L^2})$ $\Delta_x = \frac{wx}{480\,EIL^2}(5L^2 - 4x^2)^2$ $\Delta_{max} = \frac{wL^3}{60EI}$	

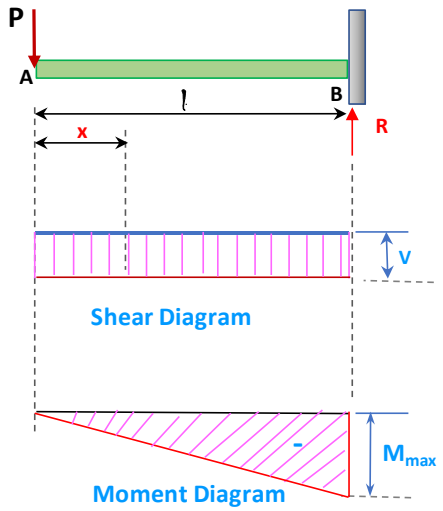
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: یو تمرکزي لوډ د بیم اوږدوالي په هر ټکي کي
$R_1 = V_1$ (max when $a < b$) . . . . . $= \frac{Pb}{\ell}$ $R_2 = V_2$ (max when $a > b$) . . . . . $= \frac{Pa}{\ell}$ M_{max} (at point of load) . . . . . $= \frac{Pab}{\ell}$ M_x (when $x < a$) . . . . . $= \frac{Pbx}{\ell}$ $\Delta_{max}\left(\text{at } x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}} \text{ when } a > b\right)$. $= \frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27EI\ell}$ Δ_a (at point of load) . . . . . $= \frac{Pa^2b^2}{3EI\ell}$ Δ_x (when $x < a$) . . . . . $= \frac{Pbx}{6EI\ell}(\ell^2 - b^2 - x^2)$ Δ_x (when $x > a$) . . . . . $= \frac{Pa(\ell - x)}{6EI\ell}(2\ell x - x^2 - a^2)$	

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: دوه تمرکزي لوډونه د بیم اوږدوالي په متوازن ډول ایښودل شوي
$R = V$ . . . . . $= P$ M_{max} (between loads) . . . . . $= Pa$ M_x (when $x < a$) . . . . . $= Px$ Δ_{max} (at center) . . . . . $= \frac{Pa}{24EI}(3\ell^2 - 4a^2)$ Δ_x (when $x < a$) . . . . . $= \frac{Px}{6EI}(3\ell a - 3a^2 - x^2)$ Δ_x (when $x > a$ and $< (\ell - a)$) . . . $= \frac{Pa}{6EI}(3\ell x - 3x^2 - a^2)$	

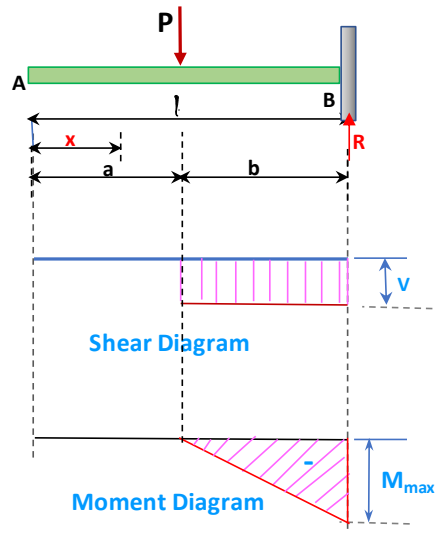
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: دوه تمرکزي لوډونه د بیم اوږدوالي په نا متوازن ډول ایښودل شوي
$R_1 = V_1$ (max when $a < b$) . . . . . $= \frac{P}{\ell}(\ell - a + b)$ $R_2 = V_2$ (max when $a > b$) . . . . . $= \frac{P}{\ell}(\ell - b + a)$ V_x (when $x > a$ and $< (\ell - b)$) . . . $= \frac{P}{\ell}(b - a)$ M_1 (max when $a > b$) . . . . . $= R_1 a$ M_2 (max when $a < b$) . . . . . $= R_2 b$ M_x (when $x < a$) . . . . . $= R_1 x$ M_x (when $x > a$ and $< (\ell - b)$) . . . $= R_1 x - P(x - a)$	

دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: دوه نا مساوی تمرکزي لوډونه د بیم اوږدوالي په نا متوازن ډول ایښودل شوي
$R_1 = V_1$ . . . . . $= \frac{P_1(\ell - a) + P_2 b}{\ell}$ $R_2 = V_2$ . . . . . $= \frac{P_1 a + P_2(\ell - b)}{\ell}$ V_x (when $x > a$ and $< (\ell - b)$) . . . $= R_1 - P_1$ M_1 (max when $R_1 < P_1$) . . . . . $= R_1 a$ M_2 (max when $R_2 < P_2$) . . . . . $= R_2 b$ M_x (when $x < a$) . . . . . $= R_1 x$ M_x (when $x > a$ and $< (\ell - b)$) . . . $= R_1 x - P_1(x - a)$	

دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	کنتیلیور بیم: ویشلشوي لوډ د بیم په اوږدوالي ایښودل شوي
$R = V \ldots\ldots\ldots\ldots = w\ell$ $V_x \ldots\ldots\ldots\ldots = wx$ M_{max} (at fixed end) $\ldots\ldots = \frac{w\ell^2}{2}$ $M_x \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{wx^2}{2}$ Δ_{max} (at free end) $\ldots\ldots = \frac{w\ell^4}{8EI}$ $\Delta_x \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{w}{24EI}(x^4 - 4\ell^3x + 3\ell^4)$	

دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	کنتیلیور بیم: تمرکزي لوډ د بیم په آخره څنډه ایښودل شوي
$R = V \ldots\ldots\ldots\ldots = P$ M_{max} (at fixed end) $\ldots\ldots = P\ell$ $M_x \ldots\ldots\ldots\ldots = Px$ Δ_{max} (at free end) $\ldots\ldots = \frac{P\ell^3}{3EI}$ $\Delta_x \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{P}{6EI}(2\ell^3 - 3\ell^2x + x^3)$	

کنتیلیور بیم: تمرکزي لوډ د بیم د اوږدوالی په یوه ټکي ایښودل شوي



د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$R = V \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad = P$$

$$M_{max} \text{ (at fixed end)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad = Pb$$

$$M_x \text{ (when } x > a) \quad \ldots\ldots\ldots \quad = P(x - a)$$

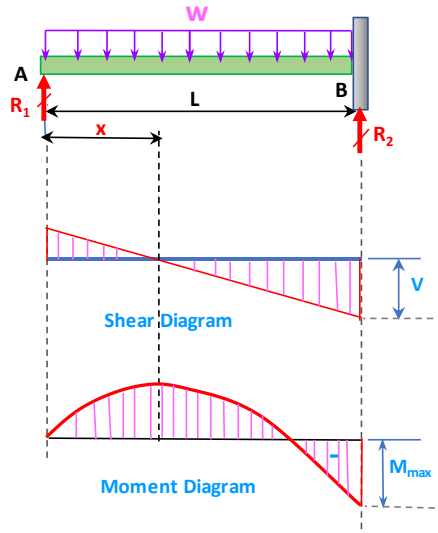
$$\Delta_{max} \text{ (at free end)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad = \frac{Pb^2}{6EI}(3\ell - b)$$

$$\Delta_a \text{ (at point of load)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad = \frac{Pb^3}{3EI}$$

$$\Delta_x \text{ (when } x < a) \quad \ldots\ldots\ldots \quad = \frac{Pb^2}{6EI}(3\ell - 3x - b)$$

$$\Delta_x \text{ (when } x > a) \quad \ldots\ldots\ldots \quad = \frac{P(\ell - x)^2}{6EI}(3b - \ell + x)$$

بیم یوه څنډه فیکسد او بله اتکاء لری: ویشل شوی لوډ ایښودل شوي



دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$R_1 = V_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad = \frac{3w\ell}{8}$$

$$R_2 = V_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad = \frac{5w\ell}{8}$$

$$V_x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad = R_1 - wx$$

$$M_{max} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad = -\frac{w\ell^2}{8}$$

$$M_1\left(\text{at } x = \frac{3}{8}\ell\right) \quad \ldots\ldots\ldots \quad = \frac{9}{128}w\ell^2$$

$$M_x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad = R_1 x - \frac{wx^2}{2}$$

$$\Delta_{max}\left(\text{at } x = \frac{\ell}{16}(1 + \sqrt{33}) = .4215\,\ell\right) \quad . \quad = \frac{w\ell^4}{185EI}$$

$$\Delta_x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad = \frac{wx}{48EI}(\ell^3 - 3\ell x^2 + 2x^3)$$

بیم یوه څنډه فیکسد او بله اتکاء لری: تمرکزي لوډپه وسط د اوږدوالي ایښودل شوي

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$R_1 = V_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{5P}{16}$$

$$R_2 = V_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{11P}{16}$$

$$M_{max} \text{ (at fixed end)} \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{3P\ell}{16}$$

$$M_1 \text{ (at point of load)} \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{5P\ell}{32}$$

$$M_x\left(\text{when } x < \frac{\ell}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{5Px}{16}$$

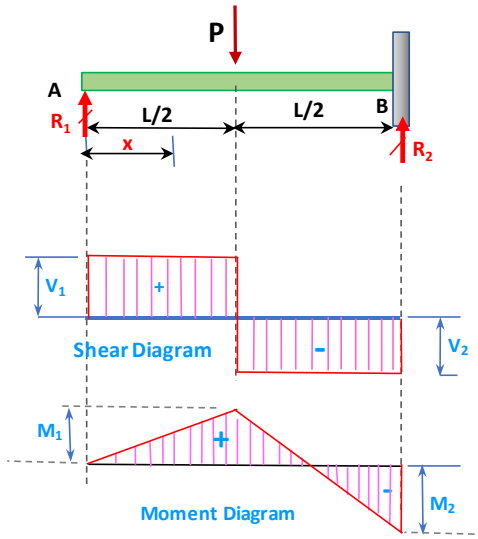
$$M_x\left(\text{when } x > \frac{\ell}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots = P\left(\frac{\ell}{2} - \frac{11x}{16}\right)$$

$$\Delta_{max}\left(\text{at } x = \ell\sqrt{\frac{1}{5}} = .4472\ell\right) \quad \ldots\ldots = \frac{P\ell^3}{48EI\sqrt{5}} = .009317\frac{P\ell^3}{EI}$$

$$\Delta_x \text{ (at point of load)} \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{7P\ell^3}{768EI}$$

$$\Delta_x\left(\text{when } x < \frac{\ell}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{Px}{96EI}(3\ell^2 - 5x^2)$$

$$\Delta_x\left(\text{when } x > \frac{\ell}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{P}{96EI}(x-\ell)^2(11x - 2\ell)$$



بیم یوه څنډه فیکسد او بله اتکاء لری: یو تمرکزي لوډپه یو ټکی د اوږدوالي ایښودل شوي

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$R_1 = V_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{Pb^2}{2\ell^3}(a + 2\ell)$$

$$R_2 = V_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{Pa}{2\ell^3}(3\ell^2 - a^2)$$

$$M_1 \text{ (at point of load)} \quad \ldots\ldots\ldots = R_1 a$$

$$M_2 \text{ (at fixed end)} \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{Pab}{2\ell^2}(a + \ell)$$

$$M_x \text{ (when } x < a) \quad \ldots\ldots\ldots = R_1 x$$

$$M_x \text{ (when } x > a) \quad \ldots\ldots\ldots = R_1 x - P(x - a)$$

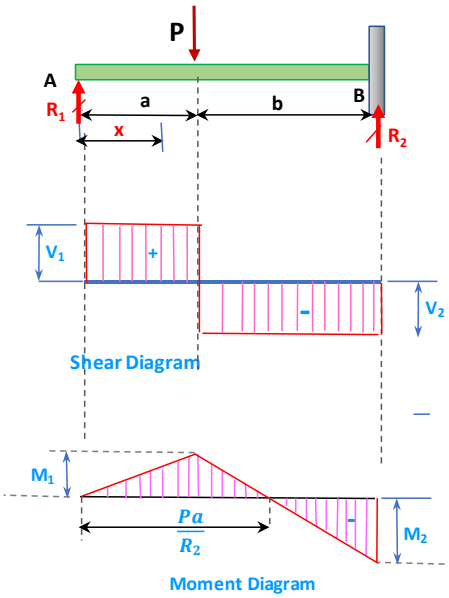
$$\Delta_{max}\left(\text{when } a < .414\ell \text{ at } x = \ell\frac{\ell^2 + a^2}{3\ell^2 - a^2}\right) = \frac{Pa}{3EI}\frac{(\ell^2 - a^2)^3}{(3\ell^2 - a^2)^2}$$

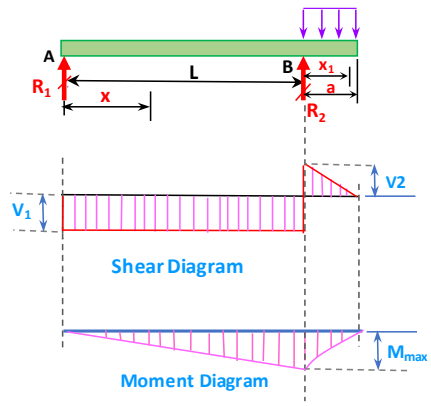
$$\Delta_{max}\left(\text{when } a > .414\ell \text{ at } x = \ell\sqrt{\frac{a}{2\ell + a}}\right) = \frac{Pab^2}{6EI}\sqrt{\frac{a}{2\ell + a}}$$

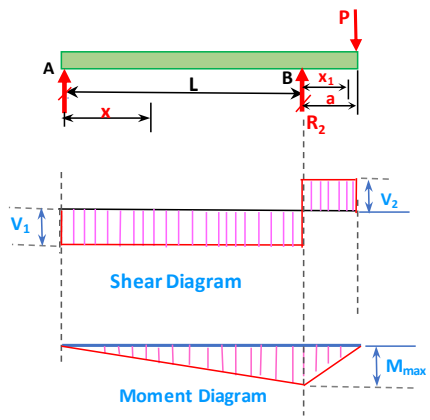
$$\Delta_a \text{ (at point of load)} \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{Pa^2b^3}{12EI\ell^3}(3\ell + a)$$

$$\Delta_x \text{ (when } x < a) \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{Pb^2x}{12EI\ell^3}(3a\ell^2 - 2\ell x^2 - ax^2)$$

$$\Delta_x \text{ (when } x > a) \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{Pa}{12EI\ell^3}(\ell - x)^2(3\ell^2 x - a^2 x - 2a^2\ell)$$



دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم یوه څنډه کنتیلیور او دوه اتکاء: ویشل شوی لوډپه کنتیلیور برخه ایښودل شوي
$R_1 = V_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = \dfrac{wa^2}{2\ell}$ $R_2 = V_1 + V_2 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = \dfrac{wa}{2\ell}(2\ell + a)$ $V_2 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = wa$ V_{x_1} (for overhang) $. \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = w(a - x_1)$ M_{max} (at R_2) $. \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = \dfrac{wa^2}{2}$ M_x (between supports) $. \; . \; . \; . \; . \; . \; = \dfrac{wa^2 x}{2\ell}$ M_{x_1} (for overhang) $. \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = \dfrac{w}{2}(a - x_1)^2$ $\Delta_{max}\left(\text{between supports at } x = \dfrac{\ell}{\sqrt{3}}\right) = \dfrac{wa^2\ell^2}{18\sqrt{3}EI} = .03208\,\dfrac{wa^2\ell^2}{EI}$ Δ_{max} (for overhang at $x_1 = a$) $. \; . \; . \; = \dfrac{wa^3}{24EI}(4\ell + 3a)$ Δ_x (between supports) $. \; . \; . \; . \; . \; . \; = \dfrac{wa^2 x}{12EI\ell}(\ell^2 - x^2)$ Δ_{x_1} (for overhang) $. \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = \dfrac{wx_1}{24EI}(4a^2\ell + 6a^2x_1 - 4ax_1^2 + x_1^3)$	

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم یوه څنډه کنتیلیور او دوه اتکاء: تمرکزي لوډ په کنتیلیور څنډه ایښودل شوي
$R_1 = V_1 \;\ldots\ldots\ldots\ldots = \dfrac{Pa}{\ell}$ $R_2 = V_1 + V_2 \;\ldots\ldots\ldots\ldots = \dfrac{P}{\ell}(\ell + a)$ $V_2 \;\ldots\ldots\ldots\ldots = P$ M_{max} (at R_2) $\ldots\ldots\ldots\ldots = Pa$ M_x (between supports) $\ldots\ldots = \dfrac{Pax}{\ell}$ M_{x_1} (for overhang) $\ldots\ldots = P(a - x_1)$ $\Delta_{max}\left(\text{between supports at } x = \dfrac{\ell}{\sqrt{3}}\right) = \dfrac{Pa\ell^2}{9\sqrt{3}EI} = .06415\dfrac{Pa\ell^2}{EI}$ Δ_{max} (for overhang at $x_1 = a$) $\ldots = \dfrac{Pa^2}{3EI}(\ell + a)$ Δ_x (between supports) $\ldots\ldots = \dfrac{Pax}{6EI\ell}(\ell^2 - x^2)$ Δ_{x_1} (for overhang) $\ldots\ldots = \dfrac{Px_1}{6EI}(2a\ell + 3ax_1 - x_1^2)$	

بیم یوه څنډه کنتیلیور او دوه اتکاء: تمرکزي لوډ په یوه ټکی د اوږدوالي ایښودل شوي

دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$R_1 = V_1 \text{ (max when } a < b) \;\ldots\ldots\; = \frac{Pb}{\ell}$$

$$R_2 = V_2 \text{ (max when } a > b) \;\ldots\ldots\; = \frac{Pa}{\ell}$$

$$M_{max} \text{ (at point of load)} \;\ldots\ldots\; = \frac{Pab}{\ell}$$

$$M_x \text{ (when } x < a) \;\ldots\ldots\; = \frac{Pbx}{\ell}$$

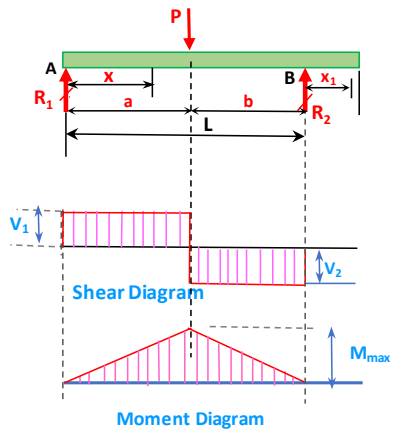
$$\Delta_{max}\left(\text{at } x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}} \text{ when } a > b\right) \;.\; = \frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27EI\ell}$$

$$\Delta_a \text{ (at point of load)} \;\ldots\ldots\; = \frac{Pa^2b^2}{3EI\ell}$$

$$\Delta_x \text{ (when } x < a) \;\ldots\ldots\; = \frac{Pbx}{6EI\ell}(\ell^2 - b^2 - x^2)$$

$$\Delta_x \text{ (when } x > a) \;\ldots\ldots\; = \frac{Pa(\ell - x)}{6EI\ell}(2\ell x - x^2 - a^2)$$

$$\Delta_{x_1} \;\ldots\ldots\; = \frac{Pabx_1}{6EI\ell}(\ell + a)$$



بیم یوه برخه کنتیلیور او دوه اتکاء وي لرې: ویشل شوی لوډپه اوږدوالي ایښودل شوي

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$R_1 = V_1 \;\ldots\ldots\; = \frac{w}{2\ell}(\ell^2 - a^2)$$

$$R_2 = V_2 + V_3 \;\ldots\ldots\; = \frac{w}{2\ell}(\ell + a)^2$$

$$V_2 \;\ldots\ldots\; = wa$$

$$V_3 \;\ldots\ldots\; = \frac{w}{2\ell}(\ell^2 + a^2)$$

$$V_x \text{ (between supports)} \;\ldots\; = R_1 - wx$$

$$V_{x_1} \text{ (for overhang)} \;\ldots\ldots\; = w(a - x_1)$$

$$M_1\left(\text{at } x = \frac{\ell}{2}\left[1 - \frac{a^2}{\ell^2}\right]\right) \;\ldots\; = \frac{w}{8\ell^2}(\ell + a)^2(\ell - a)^2$$

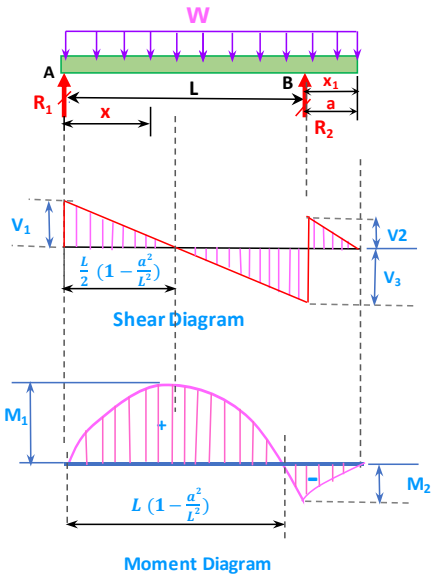
$$M_2 \text{ (at } R_2) \;\ldots\ldots\; = \frac{wa^2}{2}$$

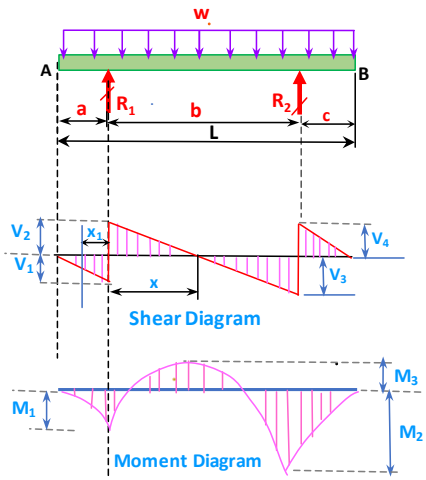
$$M_x \text{ (between supports)} \;\ldots\; = \frac{wx}{2\ell}(\ell^2 - a^2 - x\ell)$$

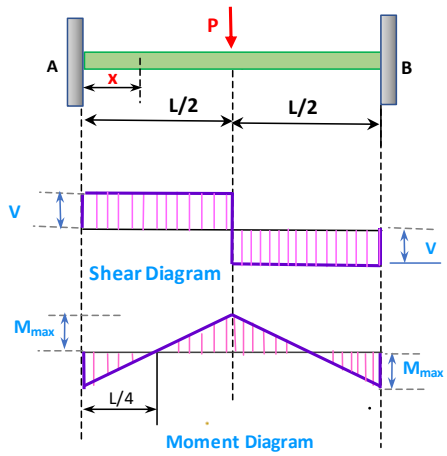
$$M_{x_1} \text{ (for overhang)} \;\ldots\ldots\; = \frac{w}{2}(a - x_1)^2$$

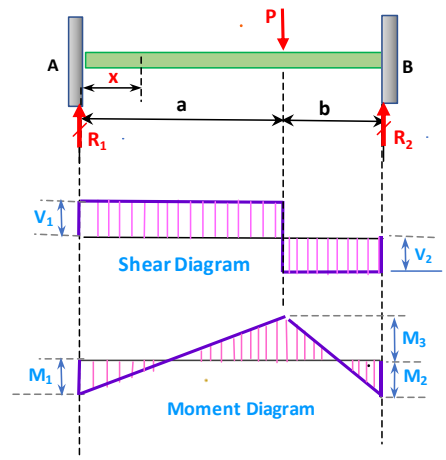
$$\Delta_x \text{ (between supports)} \;\ldots\; = \frac{wx}{24EI\ell}(\ell^4 - 2\ell^2x^2 + \ell x^3 - 2a^2\ell^2 + 2a^2x^2)$$

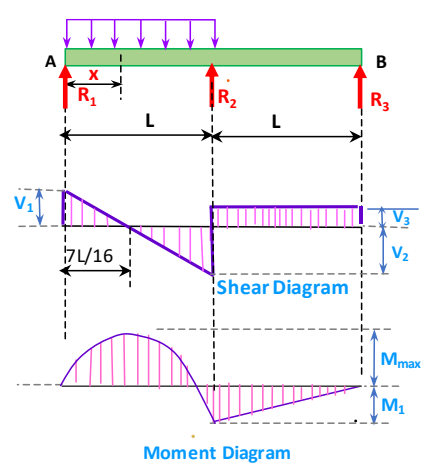
$$\Delta_{x_1} \text{ (for overhang)} \;\ldots\ldots\; = \frac{wx_1}{24EI}(4a^2\ell - \ell^3 + 6a^2x_1 - 4ax_1^2 + x_1^3)$$

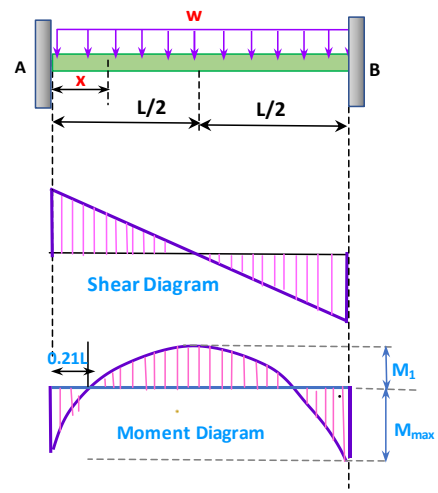


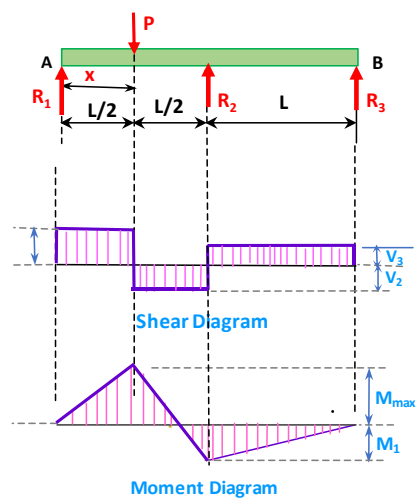
د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	بیم دواړه څنډي کنتیلیور او دوه اتکاء: ویشلشوي لوډ په اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 = \dfrac{w\ell(\ell-2c)}{2b}$ $R_2 = \dfrac{w\ell(\ell-2a)}{2b}$ $V_1 = wa$ $V_2 = R_1 - V_1$ $V_3 = R_2 - V_4$ $V_4 = wc$ $V_{x_1} = V_1 - wx_1$ V_x (when $x < \ell$) $= R_1 - w(a + x_1)$ V_m (when $a < c$) $= R_2 - wc$ $M_1 = -\dfrac{wa^2}{2}$ $M_2 = -\dfrac{wc^2}{2}$ $M_3 = R_1\left(\dfrac{R_1}{2w} - a\right)$ $M_x\left(\max \text{ when } x = \dfrac{R_1}{w} - a\right) = R_1 x - \dfrac{w(a+x)^2}{2}$	

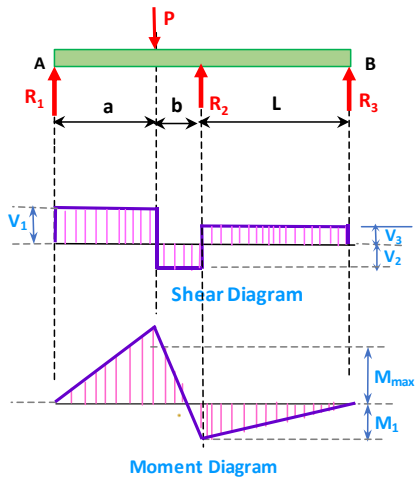
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم دواړه څنډي فیکسد: تمرکزی لوډ په وسط د اوږدوالي ایښودل شوي
$R = V = \dfrac{P}{2}$ M_{max} (at center and ends) $= \dfrac{P\ell}{8}$ $M_x\left(\text{when } x < \dfrac{\ell}{2}\right) = \dfrac{P}{8}(4x - \ell)$ Δ_{max} (at center) $= \dfrac{P\ell^3}{192EI}$ $\Delta_x\left(\text{when } x < \dfrac{\ell}{2}\right) = \dfrac{Px^2}{48EI}(3\ell - 4x)$	

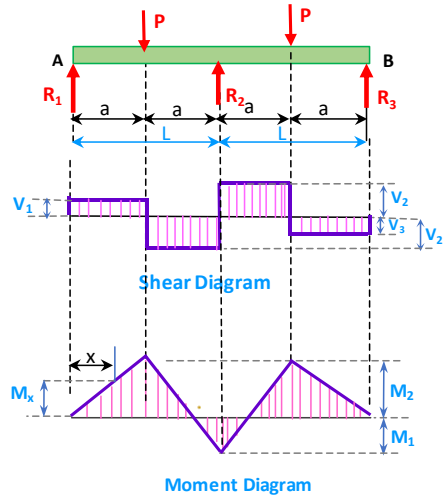
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم دواړه څنډې فیکسد: یو تمرکزی لوډ په اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 = V_1$ (max when $a < b$) . . . . . $= \frac{Pb^2}{\ell^3}(3a + b)$ $R_2 = V_2$ (max when $a > b$) . . . . . $= \frac{Pa^2}{\ell^3}(a + 3b)$ M_1 (max when $a < b$) . . . . . $= \frac{Pab^2}{\ell^2}$ M_2 (max when $a > b$) . . . . . $= \frac{Pa^2b}{\ell^2}$ M_a (at point of load) . . . . . $= \frac{2Pa^2b^2}{\ell^3}$ M_x (when $x < a$) . . . . . $= R_1x - \frac{Pab^2}{\ell^2}$ $\Delta_{max}\left(\text{when } a > b \text{ at } x = \frac{2a\ell}{3a + b}\right)$ . . . $= \frac{2Pa^3b^2}{3EI(3a + b)^2}$ Δ_a (at point of load) . . . . . $= \frac{Pa^3b^3}{3EI\ell^3}$ Δ_x (when $x < a$) . . . . . $= \frac{Pb^2x^2}{6EI\ell^3}(3a\ell - 3ax - bx)$	

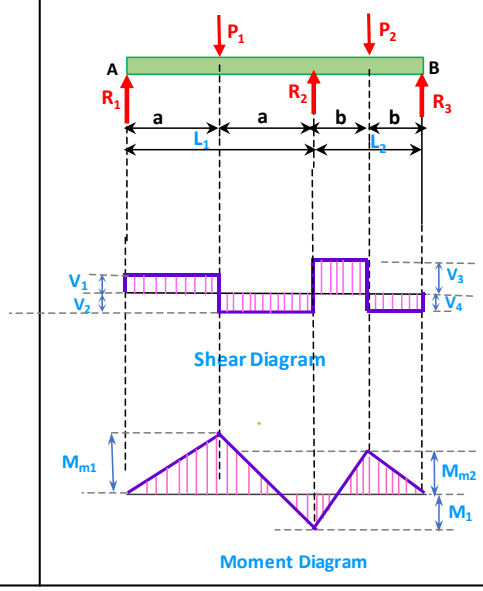
د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	بیم دری پن اتکاء لري: ویشلشوي لوډ په نیمه برخه د اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 = V_1$ . . . . . $= \frac{7}{16}w\ell$ $R_2 = V_2 + V_3$ . . . . . $= \frac{5}{8}w\ell$ $R_3 = V_3$ . . . . . $= -\frac{1}{16}w\ell$ V_2 . . . . . $= \frac{9}{16}w\ell$ $M_{max}\left(\text{at } x = \frac{7}{16}\ell\right)$ . . . . . $= \frac{49}{512}w\ell^2$ M_1 (at support R_2) . . . . . $= \frac{1}{16}w\ell^2$ M_x (when $x < \ell$) . . . . . $= \frac{wx}{16}(7\ell - 8x)$	

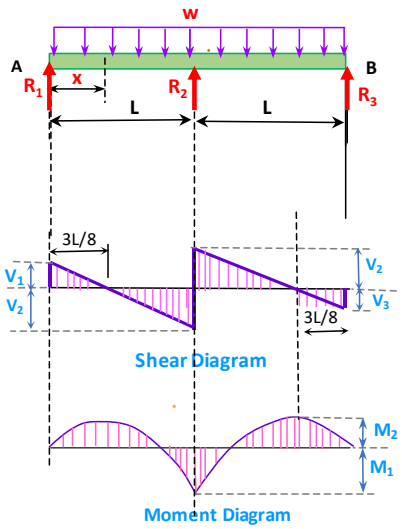
د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم دواړه څنډې فیکسد: ویشلشوي لوډ په اوږدوالي ایښودل شوي
$R = V \ldots\ldots = \frac{w\ell}{2}$ $V_x \ldots\ldots = w\left(\frac{\ell}{2} - x\right)$ M_{max} (at ends) $\ldots\ldots = \frac{w\ell^2}{12}$ M_1 (at center) $\ldots\ldots = \frac{w\ell^2}{24}$ $M_x \ldots\ldots = \frac{w}{12}(6\ell x - \ell^2 - 6x^2)$ Δ_{max} (at center) $\ldots\ldots = \frac{w\ell^4}{384EI}$ $\Delta_x \ldots\ldots = \frac{wx^2}{24EI}(\ell - x)^2$	

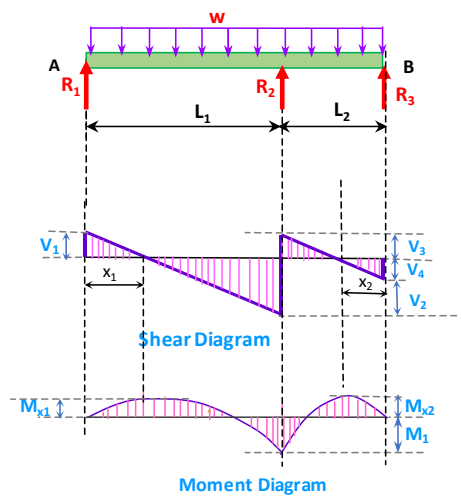
د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	بیم دری پن اتکاءوي لري: یو تمرکزي لوډ په وسط د یو برخی د اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 = V_1 \ldots\ldots = \frac{13}{32}P$ $R_2 = V_2 + V_3 \ldots\ldots = \frac{11}{16}P$ $R_3 = V_3 \ldots\ldots = -\frac{3}{32}P$ $V_2 \ldots\ldots = \frac{19}{32}P$ M_{max} (at point of load) $\ldots\ldots = \frac{13}{64}P\ell$ M_1 (at support R_2) $\ldots\ldots = \frac{3}{32}P\ell$	

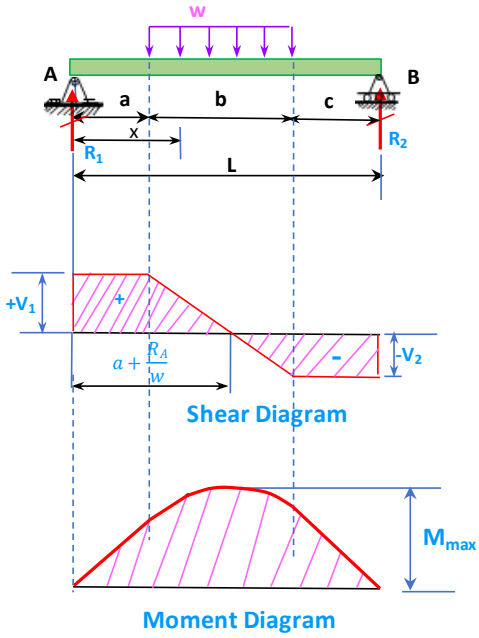
د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	بیم دری پن اتکاءوي لري: یو تمرکزي لوډ په اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 = V_1 \ldots\ldots = \frac{Pb}{4\ell^3}\left(4\ell^2 - a(\ell + a)\right)$ $R_2 = V_2 + V_3 \ldots\ldots = \frac{Pa}{2\ell^3}\left(2\ell^2 + b(\ell + a)\right)$ $R_3 = V_3 \ldots\ldots = -\frac{Pab}{4\ell^3}(\ell + a)$ $V_2 \ldots\ldots = \frac{Pa}{4\ell^3}\left(4\ell^2 + b(\ell + a)\right)$ M_{max} (at point of load) $\ldots\ldots = \frac{Pab}{4\ell^3}\left(4\ell^2 - a(\ell + a)\right)$ M_1 (at support R_2) $\ldots\ldots = \frac{Pab}{4\ell^2}(\ell + a)$	

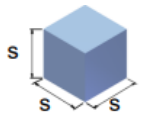
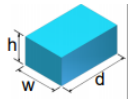
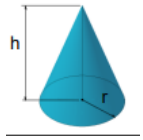
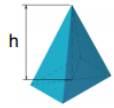
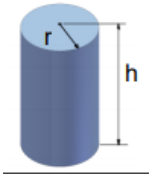
د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	بیم دری پن اتکاءوي لري: دوه تمرکزي لوډونه په اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 = V_1 = R_3 = V_3 \ldots\ldots = \frac{5P}{16}$ $R_2 = 2V_2 \ldots\ldots = \frac{11P}{8}$ $V_2 = P - R_1 \ldots\ldots = \frac{11P}{16}$ $V_{max} \ldots\ldots = V_2$ $M_1 \ldots\ldots = -\frac{3P\ell}{16}$ $M_2 \ldots\ldots = \frac{5P\ell}{32}$ M_x (when $x < a$) $\ldots\ldots = R_1 x$	

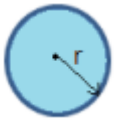
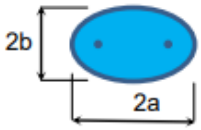
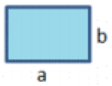
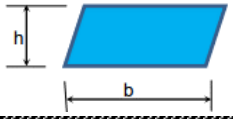
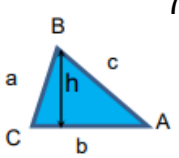
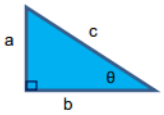
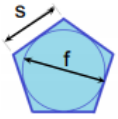
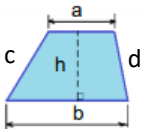
دریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	بیم دری پن اتکاءوي لري: دوه تمرکزي لوډونه په اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 = \frac{M_1}{\ell_1} + \frac{P_1}{2}$ $R_2 = P_1 + P_2 - R_1 - R_3$ $R_3 = \frac{M_1}{\ell_2} + \frac{P_2}{2}$ $V_1 = R_1$ $V_2 = P_1 - R_1$ $V_3 = P_2 - R_3$ $V_4 = R_3$ $M_1 = -\frac{3}{16}\left(\frac{P_1\ell_1^2 + P_2\ell_2^2}{\ell_1 + \ell_2}\right)$ $M_{m_1} = R_1 a$ $M_{m_2} = R_3 b$	

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم دری پن اتکاءوي لري: ویشلشوي لوډ په اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 = V_1 = R_3 = V_3 \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{3w\ell}{8}$ $R_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{10w\ell}{8}$ $V_2 = V_{max} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{5w\ell}{8}$ $M_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{w\ell^2}{8}$ $M_2\left(\text{at } \frac{3\ell}{8}\right) \ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{9w\ell^2}{128}$ Δ_{max} (at $0.4215\,\ell$, approx. from R_1 and R_3) $\ldots = \frac{w\ell^4}{185EI}$	

د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	بیم دری پن اتکاءوي لري: ویشلشوي لوډ په اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 \ldots\ldots = \frac{M_1}{\ell_1} + \frac{w\ell_1}{2}$ $R_2 \ldots\ldots = w\ell_1 + w\ell_2 - R_1 - R_3$ $R_3 = V_4 \ldots\ldots = \frac{M_1}{\ell_2} + \frac{w\ell_2}{2}$ $V_1 \ldots\ldots = R_1$ $V_2 \ldots\ldots = w\ell_1 - R_1$ $V_3 \ldots\ldots = w\ell_2 - R_3$ $V_4 \ldots\ldots = R_3$ $M_1 \ldots\ldots = -\frac{w\ell_2^{\,3} + w\ell_1^{\,3}}{8(\ell_1 + \ell_2)}$ $M_{x_1}\left(\text{when } x_1 = \frac{R_1}{w}\right) \ldots\ldots = R_1 x_1 - \frac{w x_1^{\,2}}{2}$ $M_{x_2}\left(\text{when } x_2 = \frac{R_3}{w}\right) \ldots\ldots = R_3 x_2 - \frac{w x_2^{\,2}}{2}$	

د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	ساده بیم: ویشلشوی لوډ په یوه برخه د بیم
$R_1 = V_1 \ (\text{max when } a < c) \ldots = \frac{wb}{2\ell}(2c + b)$ $R_2 = V_2 \ (\text{max when } a > c) \ldots = \frac{wb}{2\ell}(2a + b)$ $V_x \ \left(\text{when } x > a \text{ and } < (a+b)\right) \ldots = R_1 - w(x - a)$ $M_{max} \ \left(\text{at } x = a + \frac{R_1}{w}\right) \ldots = R_1\left(a + \frac{R_1}{2w}\right)$ $M_x \ (\text{when } x < a) \ldots = R_1 x$ $M_x \ \left(\text{when } x > a \text{ and } < (a+b)\right) \ldots = R_1 x - \frac{w}{2}(x - a)^2$ $M_x \ \left(\text{when } x > (a+b)\right) \ldots = R_2(\ell - x)$	

د مخ سطح (Surface Area)	حجم (Volume)	جامد هندسي شکلونه
$6s^2$	S^3	مکعب (Cube) 
2(wh +wd +dh)	wdh	منشور مستطیل (Rectangular Prism) 
$\pi r \sqrt{r^2 + h^2}$	$\frac{\pi r^2 h}{3}$	مدور راست مخروط (Right Circular Cone) 
د قاعدی مساحت (Area of base)	$\frac{Ah}{3}$	هرم (Pyramid) 
$4\pi r^2$	$\frac{4\pi r^3}{3}$	کره (Sphere)
$2\pi rh + 2\pi r^2$	$4r^2h$	سیلندر (Cylinder) 

(perimeter) محیط	(Area) مساحت	Plane) سطحی هندسه (Geometry
$2\pi r$	πr^2	دایره 
$2\pi\sqrt{\frac{a^2+b^2}{2}}$	πab	بیضوي (Ellipse) 
2a +2b	ab	مستطیل (Rectangle) 
2(sum of adjacent sides)	bh	متوازی الاضلاع (parrellalogram) 
a+b+c	1/2 bh	مثلث (Triangle) 
a+b+c	$c^2=a^2+b^2$, ab/2 $\sin\theta = a/c$ $\cos\theta = b/c$ $\tan\theta = a/b$	مثلث قایم زاویه (Right Triangle) 
n x S	$n\frac{s\left(\frac{1}{2}f\right)}{2}$ n = د ضلع تعداد	منظم خو ضلعي (Regular Polygon) 
a+b+c+d	(1/2(a+b)h	ذوزنقه (Trapezoid) 

Mass 1 kg = 2.205 lbm 1 slug = 32.2 lbm 1 ton = 2000 lbm	ثابت ارزشتونه: (g =9.8 m/s^2 = 32.27 ft/s^2) G = 6.67 x 10^{-11} m^3/kg.s^2 π=3.1416
تودوخی درجه ***Temperature Change*** 1 K = 1 ºC = 1.8 ºF = 1.8 ºR	کتله Mass 1 kg = 2.205 lbm 1 slug = 32.2 lbm 1 ton = 2000 lbm Area 1 acre = 4047 m^2 = 43,560 ft^2 = 0.00156 mi^2
وخت ***Time*** 1 d = 24 h 1 h = 60 min 1 min = 60 s 1 yr = 365 d	اندازه ***Length*** 1 m = 3.28 ft 1 km = 0.621 mi 1 in. = 2.54 cm 1 mi = 5280 ft 1 yd = 3 ft
توانايي ***Power*** 1 W = 3.412 Btu/h = 0.00134 hp = 14.34 cal/min = 0.7376 ft·lb$_f$/s	حجم ***Volume*** 1L = 0.264 gal = 0.0353 ft^3 = 33.8 fl oz 1mL = 1 cm^3 = 1 cc
واحدونه 1 J = 1 N·m 1 N = 1 kg·m / s^2 1 Pa = 1 N / m^2 1 V = 1 W / A 1 W = 1 J / s 1 W = 1 V / A 1 Hz = 1 s^{-1}	فشار ***Pressure*** 1 atm = 1.01325 bar = 33.9 ft H_2O = 29.92 in. Hg = 760 mm Hg = 101,325 Pa = 14.7 psi 1psi = 2.31 ft of H_2O

Numbers Greater Than One

Power of 10	Prefix	Abbreviation
10^{1}	deca-	da
10^{2}	hecto-	h
10^{3}	kilo-	k
10^{6}	Mega-	M
10^{9}	Giga-	G
10^{12}	Tera-	T
10^{15}	Peta-	P
10^{18}	Exa-	E
10^{21}	Zetta-	Z
10^{24}	Yotta-	Y

Numbers Less Than One

Power of 10	Prefix	Abbreviation
10^{-1}	deci-	d
10^{-2}	centi-	c
10^{-3}	milli-	m
10^{-6}	micro-	μ
10^{-9}	nano-	n
10^{-12}	pico-	p
10^{-15}	femto-	f
10^{-18}	atto-	a
10^{-21}	zepto-	z
10^{-24}	yocto-	y

توانايي

Power

$$P = \frac{E}{t} = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{\tau \cdot rpm}{5252}$$

P = power
E = energy
W = work
t = time
τ = torque
rpm = revolutions per minute

كار: انرجي

Energy: Work

$$W = F \cdot d$$

W = work
F = force
d = distance

كينبتيک انرجي

Energy: Kinetic

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

K = kinetic energy
m = mass
v = velocity

پوتيشل انرجي

Energy: Potential

$$U = mgh$$

U = potential energy
m =mass
g = acceleration due to gravity
h = height

حرارتي انرجي

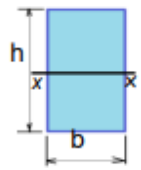
Energy: Thermal

$$Q = mc\Delta T$$

Q = thermal energy
m = mass
c = specific heat
ΔT = change in temperature

Moment of Inertia

$$I_{xx} = \frac{bh^3}{12}$$



I_{xx} = moment of inertia of a rectangular section about x-x axis

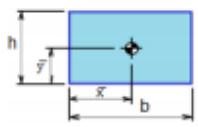
Complex Shapes Centroid

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_i A_i}{\Sigma A_i} \quad \text{and} \quad \bar{y} = \frac{\Sigma y_i A_i}{\Sigma A_i}$$

$\bar{x}$ = x-distance to the centroid
$\bar{y}$ = y-distance to the centroid
x_i = x distance to centroid of shape i
y_i = y distance to centroid of shape i
A_i = Area of shape i

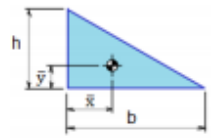
Rectangle Centroid

$$\bar{x} = \frac{b}{2} \quad \text{and} \quad \bar{y} = \frac{h}{2}$$



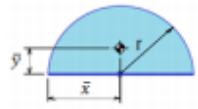
Right Triangle Centroid

$$\bar{x} = \frac{b}{3} \quad \text{and} \quad \bar{y} = \frac{h}{3}$$



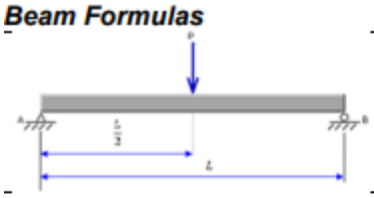
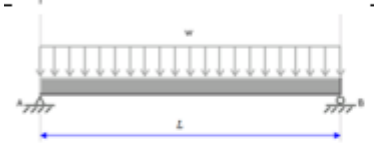
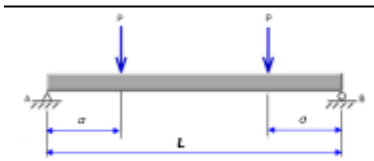
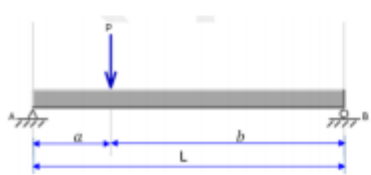
Semi-circle Centroid

$$\bar{x} = r \quad \text{and} \quad \bar{y} = \frac{4r}{3\pi}$$

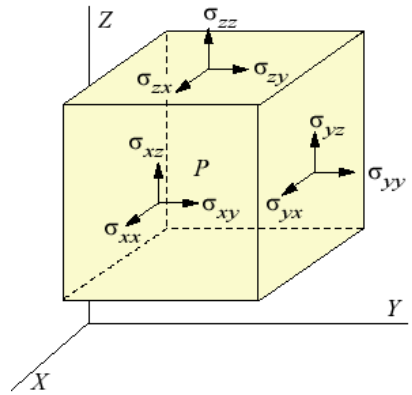


$\bar{x}$ = x-distance to the centroid
$\bar{y}$ = y-distance to the centroid

Beam Formulas

	**Reaction** $R_A = R_B = \frac{P}{2}$ **Moment** $M_{max} = \frac{PL}{4}$ (at point of load) **Deflection** $\Delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI}$ (at point of load)
	**Reaction** $R_A = R_B = \frac{\omega L}{2}$ **Moment** $M_{max} = \frac{\omega L^2}{8}$ (at center) **Deflection** $\Delta_{max} = \frac{5\omega L^4}{384EI}$ (at center)
	**Reaction** $R_A = R_B = P$ **Moment** $M_{max} = Pa$ (between loads) **Deflection** $\Delta_{max} = \frac{Pa}{24EI}\left(3L^2 - 4a^2\right)$ (at center)
	**Reaction** $R_A = \frac{Pb}{L}$ **and** $R_B = \frac{Pa}{L}$ **Moment** $M_{max} = \frac{Pab}{L}$ (at Point of Load) **Deflection** $\Delta_{max} = \frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27EI}$ (at $x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}}$ when $a > b$)

د فشار ميتركس: (**Stress Matrix**)

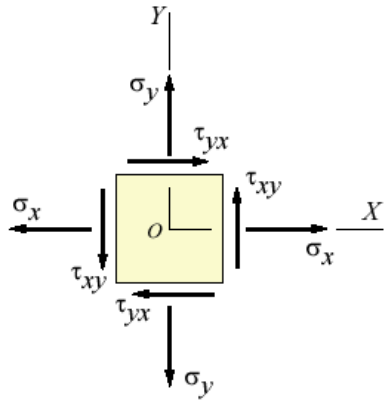


تعادل معادلي: (**Equations of Equilibrium**

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \dfrac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + b_x = 0 \\ \dfrac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_y}{\partial y} + b_y = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \dfrac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} + b_x = 0 \\ \dfrac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \dfrac{\partial \sigma_{zy}}{\partial z} + b_y = 0 \\ \dfrac{\partial \sigma_{xz}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_{yz}}{\partial y} + \dfrac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + b_z = 0 \end{cases}$$

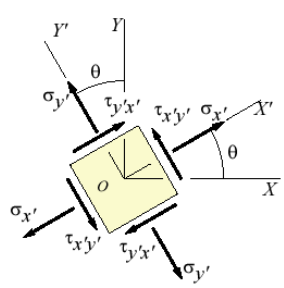
د فشار حالت: (Plane State of Stress)



$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_y \end{bmatrix}$$

د محورونو بدلول (Coordinate Transformations)

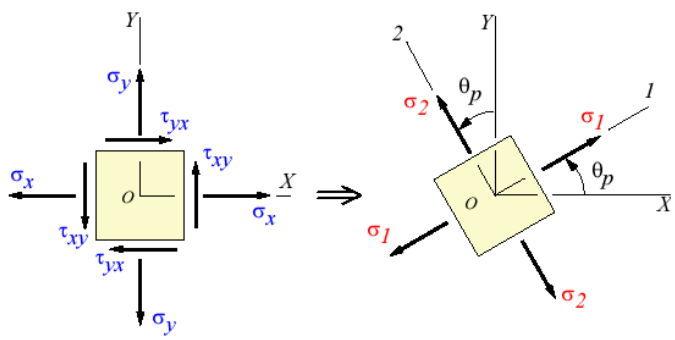
$$\begin{cases} \sigma_{x'} = \dfrac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \dfrac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\cos 2\theta + \tau_{xy}\sin 2\theta \\ \sigma_{y'} = \dfrac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \dfrac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\cos 2\theta - \tau_{xy}\sin 2\theta \\ \quad = \sigma_x + \sigma_y - \sigma_{x'} \\ \tau_{x'y'} = -\dfrac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\sin 2\theta + \tau_{xy}\cos 2\theta \end{cases}$$



اصلی فشارونه او اصلی محورونه (Principal Stress and Principal Directions)

$$\tan 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^{\,2}}$$



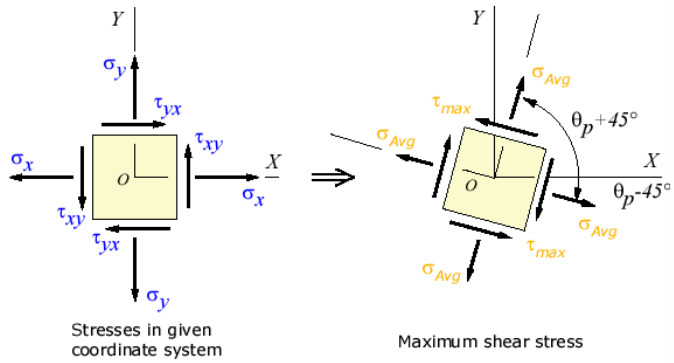
Stresses in given coordinate system

Principal stresses

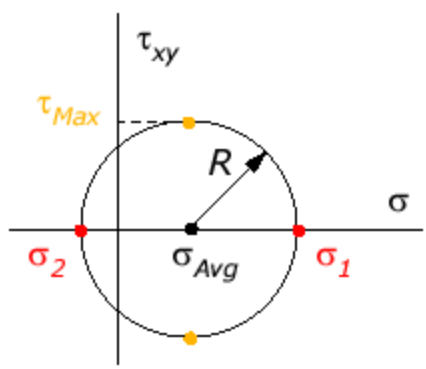
$$\tan 2\theta_s = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2\tau_{xy}}$$

$$\Rightarrow \theta_s = \theta_p \pm 45^\circ$$

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^{\,2}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$



د موحر دایره (**Mohr's Circle**)



$$\sigma_{\text{Avg}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \qquad R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}{}^2}$$

$$\left(\sigma_{x'} - \sigma_{\text{Avg}}\right)^2 + \tau_{x'y'}{}^2 = R^2$$

د فشار او سترین فومولونه (Stress and Strain)

Stress (σ) = load / area	$\sigma = \frac{F}{A}$
Strain = change in length / original length	$\varepsilon = \frac{\delta l}{l}$ or $\varepsilon = \frac{x}{l}$
$E =$ Stress / Strain	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
Bending of Beams	$\frac{M}{I} = \frac{\sigma}{y} = \frac{E}{R}$
2nd Moment of Area (rectangle)	$I = \frac{b d^3}{12} + A h^2$
Torsion Equation	$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} = \frac{G\theta}{L}$
2nd Moment of Area (cylinder)	$J = \frac{\pi D^4}{32} - \frac{\pi d^4}{32}$

10^3	(1000)	kilo		2^{10}	(1024)	kilobyte
10^6		Mega		2^{20}	(1024^2)	megabyte
10^9		Giga	**but**	2^{30}	(1024^3)	gigabyte
10^{12}		Tera		2^{40}	(1024^4)	terabyte
10^{15}		Peta		2^{50}	(1024^5)	petabyte

د ریاضی یو لړ قوانین (Laws of Mathematics)

Associative laws - for addition and multiplication

$a+(b+c)=(a+b)+c$ $\qquad$ $a(bc)=(ab)c$

Commutative laws - for addition and multiplication

$a+b=b+a$ but $a-b\neq b-a$

$ab=ba$ but $\frac{a}{b}\neq\frac{b}{a}$

Distributive laws - for multiplication and division

$a(b+c)=ab+ac$ $\qquad$ $\frac{b+c}{a}=\frac{b}{a}+\frac{c}{a}$

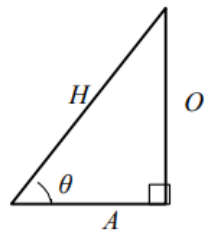
Arithmetical Identities

$x+0=x$ $\qquad$ $x\times 1=x$ $\qquad$ $(x\times 0=0)$

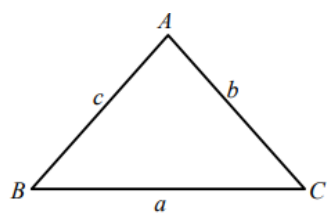
$$(a+b)^2=(a+b)(a+b)=a^2+2ab+b^2 \qquad a^2-b^2=(a+b)(a-b)$$

$$(a+b)^3=(a+b)(a^2+2ab+b^2)=a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$$ s

(The Triangle) مثلث



$$\sin\theta=\frac{O}{H} \qquad \cos\theta=\frac{A}{H} \qquad \tan\theta=\frac{O}{A}$$



Sine Rule

Sine Rule $\dfrac{a}{\sin A}=\dfrac{b}{\sin B}=\dfrac{c}{\sin C}$

or $\dfrac{\sin A}{a}=\dfrac{\sin B}{b}=\dfrac{\sin C}{c}$

Cosine Rule

$$\cos A=\frac{b^2+c^2-a^2}{2bc}$$

or $a^2=b^2+c^2-2bc\cos A$

Area formula

$$\text{Area} = \frac{bc\sin A}{2}$$

Trigonometric Identities

$\tan A = \frac{\sin A}{\cos A}$ $\cot A = \frac{1}{\tan A} = \frac{\cos A}{\sin A}$, (the cotangent of A)

$\sec A = \frac{1}{\cos A}$, (the secant of A), $\operatorname{cosec} A = \frac{1}{\sin A}$, (the cosecant of A)

$\sin^2 A + \cos^2 A = 1$ entered as $(\sin A)^2 + (\cos A)^2$

$\sin(-\theta) = -\sin\theta$ (an ODD function)

$\cos(-\theta) = +\cos(\theta)$ (an EVEN function)

Multiple / double angles

$\sin(A+B) = \sin A\cos B + \cos A\sin B$ $\sin(2A) = 2\sin A\cos B$

$\sin(A-B) = \sin A\cos B - \cos A\sin B$

$\cos(A+B) = \cos A\cos B - \sin A\sin B$

$$\cos(2A) = \cos^2 A - \sin^2 A$$
$$= 2\cos^2 A - 1$$
$$\cos^2 A = \frac{1}{2}(\cos(2A) + 1)$$
$$\cos(2A) = 1 - 2\sin^2 A$$
$$\sin^2 A = \frac{1}{2}(1 - \cos(2A))$$

$\cos(A-B) = \cos A\cos B + \sin A\sin B$

$\tan(A+B) = \frac{\tan A + \tan B}{1 - \tan A\tan B}$ $\tan(2A) = \frac{2\tan A}{1 - \tan^2 A}$

$\tan(A-B) = \frac{\tan A - \tan B}{1 + \tan A\tan B}$

Products to Sums

$$\sin A \cos B = \frac{1}{2}(\sin(A+B) + \sin(A-B))$$

$$\cos A \sin B = \frac{1}{2}(\sin(A+B) - \sin(A-B))$$

$$\cos A \cos B = \frac{1}{2}(\cos(A+B) + \cos(A-B))$$

$$\sin A \sin B = \frac{1}{2}(\cos(A-B) - \cos(A+B))$$

Sums to Products

$$\sin A + \sin B = 2\sin\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$\sin A - \sin B = 2\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)\sin\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$\cos A + \cos B = 2\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$\cos A - \cos B = -2\sin\left(\frac{A+B}{2}\right)\sin\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

Rules of Indices:

$$a^m \times a^n = a^{(m+n)}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{(m-n)}$$

$$(a^m)^n = a^{mn}$$

$$a^{\left(\frac{m}{n}\right)} = \sqrt[n]{a^m} \qquad a^{\left(\frac{1}{n}\right)} = \sqrt[n]{a}$$

$$k\,a^{-n} = \frac{k}{a^n}$$

$a^0 = 1$

$a^1 = a$

$\sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}} = x^{0.5}$ and $\sqrt[2]{a} = \sqrt{a}$

$\sqrt[n]{a} = b \Leftrightarrow b^n = a$

د لاگاردم تعریف (Definition of Logarithms)

If $N = a^n$ then $n = \log_a N$

$$\log(A \times B) = \log A + \log B$$

$$\log\left(\frac{A}{B}\right) = \log A - \log B$$

$$\log A^n = n \log A$$

$$\log_a N = \frac{\log_b N}{\log_b a}$$

BIBLIOGRAPHY

1. Beer, F.P., and Johnston, E.R., Jr. (1981) Mechanics of Materials. McGraw-Hill, New York
2. Biggs, John M. Structural Dynamics, McGraw Hill
3. Gere, J.M., and Weaver, W., Jr. (1965) Matrix Algebra for Engineers. Van Nostrand Reinhold, New York.
4. Hibbeler, R.C. (1990) Structural Analysis, 2nd ed. Macmillan, New York.
5. Hibbeler, Russell C Mechanics of Materials (10th Edition).
6. Hibbeler, R.C. Structural Analysis 9th Edition
7. Kassimali, Aslam. (1999)Matrix Analysis of Structures. Brooks/Cole, Pacific Grove, California
8. Kassimali, Aslam Structural Analysis, Cengage Learning
9. Leet, Kenneth M Fund of Structural Analysis McGraw-Hill
10. Norris, C.H., Wilbur, J.B., and Utku, S. (1976)Elementary Structural Analysis, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.
11. Papadrakakis, Manolis, Evangelos Sapountzakis, Matrix Methods of Advanced Structural Analysis 1st Edition, by Imprint: Butterworth-Heinemann 2017
12. Paz, Mario Structural Dynamics: Theory and Computation
13. Popov, E.P. (1968)Introduction to Mechanics of Solids. Prentice Hall, Englewood, N.J.
14. Wang, C.K. Intermediate Structural Analysis. McGraw-Hill, New York.

د مؤلف (حفیظ الله وردګ) لنډه پیژندنه

نوم اوکورنۍ:

نوم مي حفیظ الله وردک د حاجي بسم الله خان زوی او د وکیل محمد زرین خان (د امیر امان الله خان د سلطنت په وخت کي د وردګو وکیل) لمسي ، د جغتو د محمد قولي په کلی کی زیږدلي یم. الحمدالله دوی لوراني او دوه زامن او اته لمسیان خداي راکړي. یو زوي می دلته په امریکا کی د طب ډاکتر او طبی پوهنتون کی پروفیسوردی، میرمن یي هم د طب ډاکتره او د طبی پوهنتون پروفیسوره ده . بل زوي می د فارمسی ډاکتر او میرمن یي د تکنا لوجی قانون پوهه ده. یوه لور می د فارمسی ډاکتره او خاوند یي په پوهنتون کی پروفیسر اود ریاضي دیپارمنت مشر دي. بله لور مي انجینره ده او خاوند یي د طب ډاکتر دي. ا لحمدالله ټولو خپل تحصیلات سر ته رسولي او د الله د بنده ګانو په خدمت کی بوخت دی.

علمی زدکړي:

لمړني زد کړي: لمړني زد کړي مي د غازی محمد جانخان د وردګو په جغتوکی اود قاری عبدالله خان نوآباد ده افغانان کابل کي تر سره کړي.

لیسه : د لیسی دوره مي د حبیبیی په عالي لیسه په کابل کی تر سره کړي. د حبیبي لیسي له لسم ټولګی نه امریکا ته د (American Field Service) سکالرشیپ په اخیستلوسره د یوه کال زدکړو لپاره ولاړم، او هلته می یو کال لپاره په من هایم ټونشیپ لیسه (Manheim Township High School) کی چی په لنکستر پنسلوانیا (Lancaster Pennsylvania) کی ده زده کړه درلوده. یو کال وروسته بیرته کابل ته ستون شوم او یولسم او دولسم ټولګی می دی حبیبیی په عالي لیسه کی پای ته ورساوه. د لیسی دوری په وخت کی ما د کابل ټایمز (Kabul times) ، د انیس ورځپاڼي او کابل رادیو سره د راپپورتر په توګه همکاری کوله. له کابل ټایمز نه می د لیکلو یوه جایزه هم تر لاس کړه.

لوړي زدکړي: د پوهنتون کانکور له لاري د کابل پوهنتون (Kabul University) د انجینری پوهنځی ته شامل شوم. په دوهم صنف کي د ایست ویست سنتر (East West Center) سکالرشیپ په اخیستلو د امریکا هاوایی پوهنتون (University of Hawaii) ته ولاړم او لیسانس مي په سیول انجینری کی هلته واخست او بیا د کیس وسترن ریزرو یونیورسټی (Case Western Reserve University) چی په کلیولند اوهایو (Cleveland Ohio) د امریکا کی ده د ما ستری شهادت نامه په سټرکچر انجینری کي تر لاسه کړه .

د روسانو له یرغل وروسته امریکا ته مهاجر شوم د الاباما یونورسټی (University of Alabama, Huntsville) چی په هنټسویل د امریکا کی ده د ډاکتری (PhD) ټول کورسونه تکمیل کړل او

دیسرتیشن می د کورنی مصروفیت او د اولادونودی زدکړي لازمی پاملرنی د ضرورت له کبله تکمیل نشوی کړی. تصمیم دا شو چی د یوه وخت د پاره خپل درسونه پریږدم..

کاری مصروفیتونه او علمي تجربی:

کله چی وروسته له ماستری اخیستلو له امریکا بیرته کابل ته ستون شو م کاري تجربه می پدی لاندی ډول شروع شوه:

افغاني ساختماني دستگاه : د فواید عامی وزارت په چوکاټ کی دا لویه او مهمه ساختمانی دستگاه وه. کله چی کابل ته ستون شوم هلته می د انجینر په توگه کار شروع کا او پدی کارکی د ځو میاشتو د پاره پاتی شوم.

د کابل پوهنتون د انجینري پو هنځي: وروسته له ځو میاشتو چی په افغاني ساختمانی دستگاه کی وم د کابل پوهنتون د انجینري پوهنځي د سیول انجینري دیپارتمنت کی د استاد په حیث ومنل شوم.. شپږ کاله هلته په تدریس او ریسرچ مصروف وم تر ځو چی روسان افغانستان ته راغلل. پدی وخت کی زما علمی رتبه پوهنمل وه.

د روسانو له یرغل وروسته هندوستان ته لاړم ، دوه دری میاشتی په نوی ډیلی کی پاتی شوم، او له هغه ځایه په جنوري د ۱۹۸۱ کی امریکا ته راغلم. د کالورادو پوهنتون په بولدر او د واشنگتن یونیورستی په سنتلویس میزوري کی د دکتورا اخیستلو لپاره کله چی په هندوستان کی وم شمولیت او اسیستنشیپ رالږلي وه. کله چی له هندوستان نه امریکا ته را ورسیدم د پوهنتونو د شروع کیدو وخت تیر شوی وا او مجبور شوم چی کار وکړم.

پایل ډینامیک او دپلونو انجنری کمپني: ځو میاشتو لپاره می له یوی کمپني سره چی په اوهایو کي د پلونو او پایل ډینامیکس (Pile Dynamics) په نامه یادیده د انجینر په توگه کار وکا.

سا رجنت لنډی د اتومی انرژی انجینری کمپني: په شیکاگو ایلینویز ایالت کی له سارجنټ لندي چی د اتومی انرژی د انجینري یوه مشهوره کمپنی ده دسټرکچر متخصص (structural Specialist) په حیث کار شروع کا. شپږ کاله می د دی کمپنی سره د سټرکچرل انحینر په حیث کار وکا.

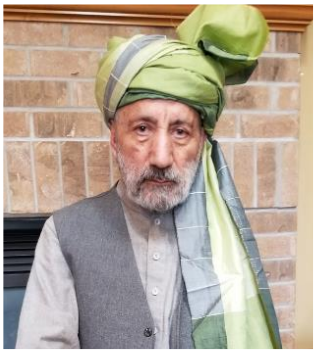
یونایتید تیکنالوجي کمپني: وروسته له 6 کلونو په شیکاگو کي د دو کلونو لپاره د یونایتید تیکنالوجي سره په هنتسول الاباما کی چی د هوایي راکټونو ، د جیت الوتکو اینجین جوړه ولو او فضاي راکیټونو یو لویه کمپنی ده په حیث د سټرکچر انجینر دوه کاله کار وکا.

بوینگ کمپنی : د یونایتید تکنالوجی د کمپنی دکار ورسته می د بوینگ له کمپنی سره کار پیل کړ. بوینگ د طیارو جوړه ولو او هوایي بیړیو د دنیا لویه او مشهوره کمپني ده . زه تر دیرش (30 years) کاله د سټرکچرانجینری کارونو کی ورسره پاتي شوم تر ځو چی دیوه عالی مقام (تیکنیکل فیلو) ته ورسیدم او تصمیم می ونیو چی په ۲۰۱۹ کال کی کار بس کړم. په بوینگ کی اول لس کاله د فضاي هډی (International Space Station) د ناسا (NASA) مربوطه (په فضا کی د ژوندکولو ا و علمي تحقیقاتو بیړي چی بین الملي فضا یي ستیشن نومیږي) د

مشرسټرکچر انجینرپه حیث مصروف د کار وم . پدی وخت کی وروسته له رسمي کاره د دکتورا لپاره په یونیورستی الباما هنتسویل کی درس شروع کا. شل کاله نورمی په بوینګ کی د ډول ډول موډلونو د نویو طیارو په انجینری کارونو د عالی رتبی انجینر (تیکنیکل فیلو) په صفت په بوینګ کی د وچیتا او سیاتل ښارونو کی کار وکا. د بوینګ سره یوه اختراع هم لرم او دا اختراع د امریکا د پټنټ په اداره کی رسمي ثبت شوي. د انجینری مسؤلیت او کار برسیره ما پنځه ویشت (25) کاله په بوینګ کمپني کی نورو انجینرانو ته د سټرکچر په رشته کی وروسته له رسمی کاره تدریس هم وکړ.

په دی ۳۸ کاله کاري مصروفیتونو په امریکا کی ، زیات شمیرتخنیکی لیکني درلودلي او هم زیات شمیر کاري جایزي، ستاینې، او پیژندني له یونایتید تیکنالوجي، ناسا (NASA)، او بوینګ نه ماته راکړل شوي.

له کومه وخته چی رسمی کار می بس کړی دی د دی کتاب په لیکلو مصروف شوی یم او هیله د ه چی د ا فغانانو راتلونکیو انجینرانو د پاره ګټور تمام شی.



د مؤلف (زرجان بها) لنډه پیژندنه

(دا معلومات د روژی پر اول چی د اپریل ۲۴ او کال ۲۰۲۰ م دی تیار شوی)

نوم اوکورنی :

زما نوم **زرجان** دی او کله می چی پوهنتون شروع کا وا (۱۹۵۸) د تعلیم او تربیی مودیر راته وویل جی ښایی چی د کورنی نوم هم ولرم نو د پلارد نامه لمړنی برخه می په همغه سا عت کی د کورنی د نامه د پاره وټاکله او د هِغو راهیسی مي نوم **زرجان بها** دی. د پلار نوم می **بهاول** خان او د مور نوم می **که جله** دی. د یوسفخیلو په کلی کی چی دوردگو د سید اباد په ولسوالی کی دی زیږیدلی یم. زموږ په کلی کی چی کابو سل کوره وا یوازی زما پلار وا چی لوستل او لیکل یی کولی شوی. زما تره اغاجان خان د ولس ملک وا او ټول کارونه چی لیکل شویو اسنادو ته یی ضرورت د رلود زما د پلار مسولیت وا او دواړه ورونه د یوی کورنی په توگه یو ځای اوسیدل.

زما د دریشپیتو کالو د ژوند شریکه **فاطمه** اودری اولاده لرم چی دوه یی د طب ډاکتران او یو یی انجینر دی. دری سره د ژوند د شریکانو او اولادو سره په خپلو کورو کښی د امریکا په مختلیفو ښه رو کی ژوند کوی. همدارنگه لس لمسیان لرم چی دریو یی پوهنتون خلاص کړی کار کوی ، څلور یی په پوهنتون کی او دری یی په ښونځیو کی درس وایی.

زه به د خپل ځان په هکله به لاندی کرښوکی په لنډیزه توگه شننه وکړم.

رسمی زده کړی:

لمړني ښونځی : لمړني زد کړي مي د وردگو د تکیی به ښونخی کی بشپړی کړی او لدی کبله چی د شپږم ټولگینه د اول نمره په توگه فارغ شوم د پوهنی د وزارت د تعامول له مخی ددی مستحق شوم چی کابل ته د نورو زده کړو د پاره په کوم لیله ښونځی کی شامل شم.

د لیسی دوره (۷ نه تر۱۲ ټولگی) : د لیسی دوره مي د کابل په دارالمعلمین کی تر سره کړه. د کابل دارالمعلمین دوی برخی درلودی چی یویی مسلکی برخه وه چی د نهم ټولگی فارغان دښونکیو په توگه دافغانستان په شپږکلنه ښونځیو کی د ښونکیو په توگه وظیفه قبلوله چی زموږ په وخت کی مسلکی برخه یولسم ټولگی ته لوړه شوه، بله برخه یی متوسطه وه چی شپږ کاله وه او فارغانو یی کړی شوی د کابل په لیسو کی دښونکی په توگه کار وکا او یا به د پوهنتون د ادبیاتو او ساینس پوهنځیوته تلل چی د کابل په لیسو کی د ساینس او یا اجتماعیاتو ښونکی شی. زه اول مسلکی برخی ته معرفی شوی وم او بیا می دمکتب د مود یر نه خواهش وکا چی متوسطی ته بدل شم چی زما خواهش یی قبول کا. د یادولو وړده چی په هغه وخت کی تر کابل پرته په ټول افغانستان کی یوازی تر شپږم ټولگی پوری زده کړی وی. زموږ ټولگی ته د افغانستان د ټولو ولایتو نه اول نمره گان راغلی وو.

کله چی زه په یولسم ټولګی کی وم د زراعت معین د یو شمیر نورو غړیو سره زموږ مکتب ته راغی او غوښتل یی چی ځنی زدکونکی د زراعت د تحصیل د پارترکیی ته انتخاب کړی. عبدالصمد خان چی زموږ د کمیا معلم او هم د لیسی معاون وا زه یی اول ورته معرفی کړم چی زه د ټولګی اول نمره او کپتان هم وم. دری نور زموږ د ټولګی نه پدی ډ له کی ګډ شول. زه دی سکالرشیپ ته ډیر نه وم خوشحاله او د دی اند یښنه را سره وه چی که پدی سکالرشیب کی کوم مشکل پیداشی زما تحصیل به نیمګړی پاتی شی. ښه داشوه چی زموږد ډ لی نه د یوه ملګیری پچه ختلی وه ، پدی توګه نوموړی به اول دعسکری دوره تیره وله او بیا به یی د دی سګالر شیپ نه ګټه اخلسنله او پدی توکه د دی سکالر شیپ نه پښیمانه شو . ماته هم لاره جوړه شوه چی زه هم تر دی سکا لر شیپ نه تیر شم. زموږ دټولګی نه ځنی نورکاند یدان دنوموړی سکالرشیپ دپاره پیداشول چی رښتیا یی تحصیل نیمګړی شو.

د لوړو زدکړو دوره:

په افغانستان کی:

زموږ په وخت کی د پوهنتون د پاره کانکور نه وا او زموږ نه یی یو امتحان واخیست چی دا امتحان د کانکور د جوړولو د پاره آ زما یښتی امتحان وا. ماته وویل شول چی د کابل په ټولو لیسو کی زما نمری دریمه درجه وی. اول او دوهم نمره ګان د استقلال او نجات له ښونځیو نه وو. دی ازموینی زموږ د پوهنځیو په خوښید و کی هیڅ اغیزه نه درلودله. لکه چی پخوامی وویل چی زموږ د مکتب نه یوازی د ادبیاتو او ساینس پو هنځیو ته فارغان تلی شوی او زمادپاره یو طلایی چانس پیدا شو چی دانجینری پوهنځی ته شامل شم. د پوهنځی نه دوهم نمره فارغ شوم او پوهنځی موږ دواړه، اول نمره او دوهم نمره، د استادانوپه توکه ومنلوچی په هغه وخت کی د یوه فارغ دپاره تر نورو ټولو ځایونه ښه انتخاب وا. په پوهنځی کی می د ۱۹۶۲ کال د جنوری نه د ۱۹۶۳ کال تر سپټمبره پوری د استاد په توګه ډنده درلوده او په سپټمبر کی د نورو لوړو زدکړو له پاره امریکاته ولاړم.

د پو هنځی په دوره کی ما د ملګریو میلتو د (Food and Agriculture Organization) په د دفتر کی د ډرافتمین په توګه کار کا. دا کار ماته د عبدالمحبوب خان په مرسته پیدا شوی وا. نوموړی د امریکا د وایومینګ پوهنتون نه لیسانس او د ډیوس پوهنتون نه یی ما ستری اخستی وه. ډیر وخت یی د هلمند په پورژه کی کار وکا او په آخرو وختو کی د پروان د ابیاری د پروژی د أمر او بیا د کود او برق د فابریکی جی په شبرغان ن کی وه دریپس په توګه ډنده درلوده. د FAO د دفتر مشر د کرهنی د وزارت په موافقه د ما دپاره یو بورس جوړ کا چی په امریکا کی د ابیا ری په انجینری کی ما ستری واخلم.

کله جی زه د پوهنځی نه فارغ شوم له یوا خوا د FAO سکالرشیپ وا او له بلی خوا د پوهنځی له خوا د استاد په توګه کار راته پیدا شو. رښتیا هم چی دا یوه سخته فیصله وه چی زه کوم انتخاب کړم. په پای کی می د خپل ژوند د پرنسیپ په آساس بی د چا د مشوری نه د پوهنتون کار انتخاب کا او پدی فیصله تر اوسه پوری خوشحاله یم.

په امریکا کی:

د ماستری د پاره: زه چی امریکاته راغلم اول د واشنګټن پوهنتون چی په سنټلویس کی دی ولاړم تر څو زما د یوه همکار، Walter Pilkey ، چی زموږ په پوهنځی کی یی درس ورکاوا ، په سپارښتنه د ده دیوه ملګری پرو فیسر تر لاس لاندی خپله ماستری هلته واخلم. پدی پوهنتون کی یو لړ داخلی ستونځی پیدا شوی وی چی ډیر پروفیسران، د ما د انتخاب شوی پروفیسر سره ، نورو پوهنتونو ته ولاړل او ما هم پس له دوو سمسترو چی زیاتره می د لیسانس دوری مضمونونه نیولی وو د پوردو پوهنتون چی زموږ د پوهنځی سره یی د نورو لسو امریکا پوهنتونو تر څنګ مرسته کوله انتخاب او د (۱۹۶۴) کال په پسرلی کی ځان بدل کا. د ۱۹۶۶ په جنوری کی می دسیول انجینریه ساحه کی ماستری واخستله. د فراغت نه ورسته افغانستان ته ولاړم او په پوهنځی کی می خپل کار ته دوام ورکا.

کله چی د پوردو په پوهنتون کی وم د (۱۹۶۵)کال په اوړی کی شیکاګو ته دعملی کار زده کولو د پاره ولاړم او هلته می دشپی له خوا د پریسټرس کانکریټ یوکورس په ایلونیای انسټیټوټ اف تکنالوجی (IIT) کی واخیست چی ډیر په زړه پوری یوه پروفیسر درس راکاوا.

ډ ډاکتری د پاره: د ۱۹۶۹کال په جنوری کی د نارت کرلینا سټیت پوهنتون ته چی په رالی کی دی د ډاکتری د تحصیل د پاره ولاړم او د ۱۹۷۳ کال په اوړی کی می په سیول انجینری کښی ډاکتری شهادت نامه وا خسته او پیرته افغانستان ته ولاړم اود کابل د پوهنتون د انجینری په پوهنځی کی می کار ته دوام ورکا. زما د تیسس موضوع پریسټرس پریکسټ کانکریټ وا او ما دا هیله درلوده چی ددی موادو کمپنی به په افغانستان کی جوړه وو تر څو دا مواد د فولادو ځای د ودانیو په جوړولو کی ونیسی.

ګله چی هلته په پوهنتون کی وم یو څه وخت می د Nuclear Engineering به ډیپارتمنت کی د Coastal Erosion د اندازکولو په بروژه کی کار وکا.

زما د کارشننه:

د ۱۹۶۲کال د جنوری نه د ۱۹۸۲کال تر حنوری پوری (شل کاله) می د کابل پوهنتون د انجینری په پوهنځی کی کار درلود. په ۱۹۷۴ کال کی په پوهنځی کی د زراعت او سیول انجینری ډیپارتمنټ د مشر په توکه د استادانو له خوا انتخاب شوم. په ۱۹۷۵ کال کی د پوهنتون په پیشنهاد، د کابینی په مجلس کی د پوهنځی د رییس په توګه وټاکل شوم او تر څو چی په افغانستان کی کمونستانو قدرت ونیو (۱۹۷۸) د رییس په توګه پاتی شوم او بیا د۱۹۸۲کال تر جنوری پوری په پوهنځی کی استاد وم او زما علمی رتبه پو هنوالی وه . زموږ په پوهنځی کی تر دی لوړه علمی رتبه یوازی دفزیک یو پوهاند درلوده.

د پوهنځی د کار په اولو کلو کی می د کرهنی په وزارت کی د احصایی او وترنری کورسو کی درس ورکړی. همدارنګه د پوهنځی په

Center for Engineering Consulting Services and Applied Research (CECSAR)

کی می د مشاور په توګه د کار به ټوله دوره کی (بی دریاست د وخت نه) په آتلسو پروژو کی کار کړی.

کله چی د ۱۹۸۲کال په جنوری کی د سیستم انجینری ورکشاپ د پاره د یونسکو له خوا

IIT Bombay, India ته ولاړم تصمیم می ونیو چی امریکا ته راشم. د ځینی امریکایی ملګریو سره می تماس ونیوچی امریکا ته به را ځم او د کار په پیداکولو کی به ددوی مرسته غواړم. په پوردو پوهنتون کی د تکنالوجی د کالج رییس Dr. George McNelly له خوا می لیک تر لاسه کا چی د

Building Construction and Contracting

په ډیپارټمنټ کی دی میلمه پروفیسر په توګه د یوه کال د پاره وظیفه درلودی شم. کله چی زه په جون د ۱۹۸۲ کال کی ا مریکا ته راغلم نو زما د پخوانی ملګری Walter Pilkey په کور کی چی په شارلټزویل ورجینیا کی اوسیدا د میلمه په توګه ووسید م او د لنډ وخت د پاره می په University of Virginia کی کار وکا. په همدی دوبی کی د انټرویو د پاره پوردو ته راغلم او دا کار می قبول کا. په ۱۹۸۴ کال کی د ټینیرټرک اسوسیشت پوروفیسرپه توکه ومنل شوم او په ۱۹۹۰ کال کی می د پوروفیسری (پوهاندی)علمی رتبه تر لاسه کړه او تر اوسه پوری کار کوم. د ۲۰۱۹ کال په منی کی می تصمیم ونیو چی د کار مسولیت می نیمایی کړم او په دریو کالو کی خپله ډنډه په پوهنتون کی پاي ته ورسوم. زما اوس نویی وظیفه په کالج کی د مشاور(College Mentor) په توګه ده او کوم معین مضمون درس نه ورکوم.

په ۱۹۹۵ کال کی د پوردو انټرنشنل پروګرام د جهانی بانک یوه شل ملیونه دالره پروژه واخسته او زمانه یی وغوښتل که ددی پروژی د پر مخ وړلو دپاره د Resident Program Coordinator په توګه چی په مالیزیا کی وه ولاړ شم چی ما دا کار قبول کا او د پنځوکالو پروژه می د ۱۹۹۹ کال په پای ګی تکمیل کړه. پدی پروژه کی کابو یو سل استادانو چی د امریکا، انګلستان، کاناډا او استرلیا وو د لنډی او یا څه ووږدی مودی د پاره کار وکا. پدی پروژه کی موږکابو ۹۰۰ استادان د مالیزیا د پولیتخنیکو د پاره وروزل. زما په دفتر کی څلورو مالیزیایانو کار کاوا، چی د موټرچلولو، سکرتریت، اداری او ما لی چارو مسولیت ورپه غاړه وا.

د ۲۰۰۲ کال راهیسی پنځه واری (د ۲۰۰۲ نه تر ۲۰۱۶) افغانستان ته د نورو پوردو استادانو سره تللي یم تر څو د افغانستان د لوړو زده کړو، په ځا نګړی توګه د نویي تکنالوجی، په برخه کی مرسته وکړو. یو شمیر د پوهنتونو استادان مو امریکا ته د لنډ و خت د پاره راوستل او هلته مو څو ورکشاپونه جوړ کړل تر څو د پوهنتون یو شمیر استادان او نورانجینران د نویو تکنالوجیو سره بلد شی. همدارنګه مو یو سپین سرخلاصی را پور ولیکا چی په افغانستان کی د تکنالوجی زده کړو پنځه مر کزونه جوړشی چی یو په کابل، بل په کندار، بل په هرات ، بل په مزار، او بل په ننګرار کی وی. په هر مر کز کی کوشش وشی چی د خیلی منطیقی د ضرورت وړ تکنالوجستان وروزی. دا مرکزونه ښایی چی مالی استقلال ولری تر څو د ضرورت وړشیان په بیړه د خپلو مرکزو د پاره تیار کړی شی.

د افغانستان د پوهنتونونو د انجنيري، زراعت، طبيعي علوم، اقتصاد، ښوونې او روزنې او ژورنالیزم چاپ شوو درسي کتابونو لست (ننګرهار، کابل، کابل پولی تخنیک، هرات، بلخ او خوست) ۲۰۱۵ـ۲۰۲۰

شمیره	د کتاب نوم	لیکوال	پوهنتون	شمیره	د کتاب نوم	لیکوال	پوهنتون
۱	عالي کلکولس رياضي I 534 A رياضي	حميدالله يار	ننګرهار	۲	د عالی ریاضیاتو عمومی کورس	محب الرحمن جنتی	ننګرهار
۳	د نفوسو جغرافیه	پروفیسور لطف الله صافی	ننګرهار	۴	عالي کلکولسII	نظر محمد	ننګرهار
۵	فزیکی کیمیا III کیمیاوی کنتیک او کتلسس، کروماتوگرافی او اسپکتروسکوپی	پوهاند دوکتور خیر محمد ماموند	ننګرهار	٦	IIفزیکی کیمیا الکترولیتی محلولونه او الکترو کیمیا	پوهاند دوکتور خیر محمد ماموند	ننګرهار
۷	د د ودانیو د تودولو تخنیک لومړی برخه، دسون تخنیک	داکتر غلام فاروق میر احمدی	ننګرهار	۸	د ژویو فزیولوژي	پروفیسور غنچه گل حبیب صافی	ننګرهار
۹	معیار های جدید اعمار ساختمان	انجنیر محمد عمر تیموری	ننګرهار	۱۰	د متیورولوژی مبادی	پروفیسور عبدالغیاث صافی	ننګرهار
۱۱	الجبر او د عددونو تیوری لومړی برخه	سطان احمد نیازمن	ننګرهار	۱۲	چگونگی مصرف انرژی در ساختمان های رهایشی	انجنیر محمد عمر تیموری	ننګرهار
۱۳	د اوسپیز کانکریټي عناصرو د لومړی صنفي کار متودیکي لارښود	پوهندوی دیپلوم انجنیر عبادالرحمن مومند	ننګرهار	۱۴	د ژوند چاپېریال	پوهاند عارف الله مندوزی	ننګرهار
۱۵	عضوی کیمیا، کړیوال ترکیبونه	پوهاند دوکتور محمد غوث حکیمی	ننګرهار	۱٦	جامداتو میخانیک	پوهنوال محمد اسحق رازقی	ننګرهار
۱۷	د ودانیو د جوړولو مهندسي اساسات دویم ټوک	دیپلوم انجینېر اسدالله ملکزی	ننګرهار	۱۸	د ودانیو د جوړولو مهندسي اساسات لومړی ټوک	دیپلوم انجینېر اسدالله ملکزی	ننګرهار
۱۹	کیمیایي عنصرونه دویم ټوک	محمد طاهر کاڼی	ننګرهار	۲۰	کیمیایي عنصرونه لومړی ټوک	محمد طاهر کاڼی	ننګرهار
۲۱	عمومی ریاضیات	کل محمد جنت زی	خوست	۲۲	د اقتصاد او تجارت اصطلاحات (انگلیسي-پښتو تشریحي قاموس)	پوهنیار عبدالله عادل او امان الله ورین	ننګرهار
۲۳	خطي الجبر	داکتر عبدالله مهمند	ننګرهار	۲۴	روانشناسی و ضرورت آن در جامعهٔ افغانستان	داکتر اعظم دادفر	کابل پوهنتون
۲۵	مبادی اقتصاد زراعتی	پوهاند ولی محمد فائز	بلخ	۲٦	اساسات هندسه ترسیمی مسطح	پوهنوال سید یوسف مانووال	بلخ
۲۷	تأسیسات و تجهیزات تخنیکی ساختمان	انجنیر محمد عمر تیموری	کابل پولی تخنیک	۲۸	د رادیویي خپرونو تولید	پوهنوال دوکتور ماسټر واحدي	خوست
۲۹	د خاورې تخریب او د چاپیریال ککړتیا	پوهنیار محمد حنیف هاشمي	خوست	۳۰	تیوری و سیاست بودجه عامه	پوهنوال داکتر سید محمد ټینګار	کابل
۳۱	حیوانات مفصلیه	پروفیسور داکتر دیپلوم علی آقا نحیف	هرات	۳۲	عضوي کیمیا، د اروماتیک او هیتروسیکلیک برخه	پوهنوال ډاکتر گل حسن ولیزی	کابل
۳۳	د پروژې تحلیل او مدیریت	پوهاند محمد بشیر دویال	ننګرهار	۳۴	د انجنیری میخانیک	پوهنوال محمد اسحق رازقی	ننګرهار
۳۵	کلکولس او تحلیلي هندسه، لومړی برخه	پوهندوی سید شیر آقا سیدي	ننګرهار	۳٦	کلکولس او تحلیلي هندسه، دوهمه برخه	پوهندوی سید شیر آقا سیدي	ننګرهار

۳۷	د کرنیزو محصولاتو بازار موندنه	پوهاند محمد طیب	ننگرهار	۳۸	کارتو گرافی با اساسات توپوگرافی	پوهنوال دوکتور محمد طاهر عنایت	ننگرهار
۳۹	انرژي سمپا کوونکي ودانۍ	اسد الله ملکزی	ننگرهار	۴۰	د موادو مقاومت	پوهنمل بهرام امیری	خوست
۴۱	فزیکی کیمیا گازونه او کیمیاوی ترمودینامیک	پوهاند خیر محمد ماموند	ننگرهار	۴۲	اطلاعاتو ته د لاسرسي لارې چارې	دانش کړوخیل	ننگرهار
۴۳	حیاتی جغرافیه	پوهاند لطف الله صافی	ننگرهار	۴۴	د فاضله اوبو انجنیري	زلمی خالقی	ننگرهار
۴۵	د ریاضي په هلکه خبرې اترې	سلاطان احمد نیازمن	ننگرهار	۵۶	اقتصادي جیولوجي (کانپوهنه-فلزي کانونه)	پوهاند دوکتور شریف الله سهاک	ننگرهار
۴۷	گروه های اجتماعی بسته (مطالعه جامعه شناختی سکتها)	داکتر احمد سیر مهجور	کابل پوهنتون	۴۸	گرم شدن کره زمین	محمد نعیم نسین	بلخ
۴۹	الجبر او د عددونو تیوري دوهمه برخه	سلطان احمد نیازمن	ننگرهار	۵۰	اعمار ساختمانها (اساسات، مواد و سیستم ها)	پوهندوی دیپلوم انجنیر امان الله فقیری	کابل پولیتخنیک
۵۱	په سیول انجنیري کې د اټوکډ استعمال	پوهنوال میا پاچا میاخیل	ننگرهار	۵۲	وترنری عمومي پتالوژي	پوهندوی محمد طاهر کاکړ	ننگرهار
۵۳	انجنیري جیودوزی (سرو)	پوهندی گل حکیم شاه سیدی	ننگرهار	۵۴	جیومورفولوژي	پوهنوال عزت الله	ننگرهار
۵۵	د تلویزیوني خپرونو تولید	پوهنوال داکتر ماستر واحدی	خوست	۵۶	اوسپنیز کانکرېټي عناصر، لومړی برخه	پوهنوال دیپلوم انجنیر عبادالرحمن مومند	ننگرهار
۵۷	زولوجی فقاریه	ذاکره بابکرخیل	ننگرهار	۵۸	زولوجی غیرفقاریه	ذاکره بابکرخیل	ننگرهار
۵۹	د تهداب انجنیري	پوهاند انجنیر زلمی خالقی	ننگرهار	۶۰	الجبر معاصر	داکتر عبدالله مهمند	بلخ
۶۱	رهنمود موثریت حفظ انرژی در تعمیرات	داکتر انجنیر محمد عمر تیموری	کابل	۶۲	معاصر الجبر	داکتر عبدالله مهمند	خوست
۶۳	د افغانستان د پوهنتونونو د درسی کتابونو چاپول	داکتر یحیی وردک	ټولو ته	۶۴	آلماني د افغانانو لپاره	داکتر یحیی وردک	ټولو ته
۶۵	آلمانی برای افغانها	داکتر یحیی وردک	ټولو ته	۶۶	د پروژې مدیریت په عمل کې	محمد داود علم او یو اف . گهل	ننگرهار
۶۷	صنعتي اقتصاد	پوهاند محمد بشیر دودیال	ننگرهار	۶۸	نباتي فزیولوژي لومړی جلد	پوهنمل محمد طاهر میاخیل	خوست
۶۹	نباتي فزیولوژي دوهم جلد	پوهنمل محمد طاهر میاخیل	خوست	۷۰	د ساختمانونو تحلیل (لومړی برخه)	پوهاند محمد اسحق رازقی	ننگرهار
۷۱	د ساختمانونو تحلیل (دویمه برخه)	پوهاند محمد اسحق رازقی	ننگرهار	۷۲	د مهندسانو د پاره ساختماني ستاتیک زده کړه	دیپلوم انجنیر اسدالله ملکزی	ننگرهار
۷۳	سیټونه او هر څه د هغوی په هکله	لیف بوکوفسکی/ سلطان احمد نیازمن	ننگرهار	۷۴	د ساختمان د جوړلو طریقې (لومړی جلد)	پوهاند انجنیر محمد عیسی تنها	ننگرهار
۷۵	د ساختمان د جوړلو طریقې (دوهم جلد)	پوهاند انجنیر محمد عیسی تنها	ننگرهار	۷۶	د لویو لارو د هندسي عناصرو ډیزاین	پوهنیار انجنیر محمد شاکر فاروقی	ننگرهار
۷۷	د سرخلاصو کانالونو هایدرولیک	پوهنوال میاپاچا میاخیل	ننگرهار	۷۸	د جوړښتونو تحلیل (لومړی برخه)	پروفیسور حفیظ الله وردک او پروفیسور دکتور زرجان بها	خوست
۷۹	د جوړښتونو تحلیل (دوهمه برخه)	پروفیسور حفیظ الله وردک او پروفیسور دکتور زرجان بها	خوست				

ټول کتابونه له دې ویبپاڼې څخه ډونلوډولای شی : www.ecampus-afghanistan.org

مرسته کوونکی: د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټی، د آلماني او افغانی پوهنتونونو ټولنې، د آلمان د فدرالی جمهوریت جنرال کنسولگري، کانراد ادناور بنسټ، میخایل کلبت، سلواک اید، په جرمنی کې د اناسیس کمپنی او افغانیک

تطبیق کوونکی: ډاکټر یحیی وردگ د لوړو زده کړو وزارت، څلورمه کارته، کابل افغانستان، می ۲۰۲۰

دفتر:075601640، ایمیل: textbooks@afghanic.de

Structural Analysis

Hafizullah Wardak

Zarjon Baha

Volume I

First Edition

2020 م (۱۳۹۹ هش)

All rights reserved with authors

Brief Introduction to the book

This book is covering some of the fundamentals of structural analysis. This book can be covered in one or two semesters of an academic curriculum of Civil Engineering at the University level or post-secondary education institution. The book could also be used as a reference guide by Civil Engineers in practice.

The book is written in Pashto, a native language of Afghanistan, which can be used in all universities across Afghanistan and practicing engineers in the country. English words are used when equivalent word of Pashto was not found by the authors.

The book is divided into two volumes and has nine chapters and an appendix at the end of each volume. The first volume covers Forces, Reactions, Shear and Bending Moment Diagrams, Truss Structures, Deflections, and Influence Line. The first volume is basically covering analysis of statically determinate structure.

The second Volume which includes chapters six through nine covers Slope Deflection method, Moment Distribution method, Matrix method of Analysis and Fundamentals of Structural Dynamic Analysis. The topic of Earthquake analysis of buildings is also briefly discussed in chapter nine.

The book is written by two former professors of Kabul University, currently living in the USA, with about 40 years of working and teaching experiences of each, at the United States of America.

Numerous examples have been solved in each chapter and exercise problems are included at the end of each chapter or topics discussed.

Any comments about the book is welcomed by the authors and will help in the possible future editions of the book or related topics published by the authors later.

All rights of the manuscript are reserved with the authors.

Publishing Textbooks

Honorable lecturers and dear students!

The lack of quality textbooks in the universities of Afghanistan is a serious issue, which is repeatedly challenging students and teachers alike. To tackle this issue, we have initiated the process of providing textbooks to the students of medicine. For this reason, we have published 311 different textbooks of Medicine, Engineering, Science, Economics, Journalism and Agriculture (96 medical textbooks funded by German Academic Exchange Service, 190 medical and non-medical textbooks funded by Kinderhilfe-Afghanistan, 6 textbooks funded by German-Afghan University Society, 2 textbooks funded by Consulate General of the Federal Republic of Germany, Mazar-e Sharif, 3 textbooks funded by Afghanistan-Schulen, 2 textbooks funded by SlovakAid, 1 textbook funded by SAFI Foundation, 8 textbooks funded by Konrad Adenauer Stiftung and 1 textbook funded by inasys) from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh, Al-Beroni, Kabul, Kabul Polytechnic and Kabul Medical universities. The book you are holding in your hands is a sample of a printed textbook. It should be mentioned that all these books have been distributed among all Afghan universities and many other institutions and organizations for free. All the published textbooks can be downloaded from www.ecampus-afghanistan.org.

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-2014) states:

"Funds will be made available to encourage the writing and publication of textbooks in Dari and Pashto. Especially in priority areas, to improve the quality of teaching and learning and give students access to state–of–the–art information. In the meantime, translation of English language textbooks and journals into Dari and Pashto is a major challenge for curriculum reform. Without this facility it would not be possible for university students and faculty to access modern developments as knowledge in all disciplines accumulates at a rapid and exponential pace, in particular this is a huge obstacle for establishing a research culture. The Ministry of Higher Education together with the universities will examine strategies to overcome this deficit."

We would like to continue this project and to end the method of manual notes and papers. Based on the request of higher education institutions, there is the need to publish about 100 different textbooks each year.

I would like to ask all the lecturers to write new textbooks, translate or revise their lecture notes or written books and share them with us to be published. We will ensure quality composition, printing and distribution to Afghan universities free of charge. I would like the students to encourage and assist their lecturers in this regard. We welcome any recommendations and suggestions for improvement.

It is worth mentioning that the authors and publishers tried to prepare the books according to the international standards, but if there is any problem in the book, we kindly request the readers to send their comments to us or the authors in order to be corrected for future revised editions.

We are very thankful to Kinderhilfe-Afghanistan (German Aid for Afghan Children) and its director Dr. Eroes, who has provided fund for this book. We would also like to mention that he has provided funds for 190 medical and non-medical textbooks so far.

I am especially grateful to **GIZ** (German Society for International Cooperation) and **CIM** (Centre for International Migration & Development) for providing working opportunities for me from 2010 to 2016 in Afghanistan.

In our ministry, I would like to cordially thank Acting Minister of Higher Education Prof Abdul Tawab Balakarzai, Administrative & Financial Deputy Minister Prof Dr. Ahmad Seyer Mahjoor (PhD), Financial Director Ahmad Tariq Sediqi, Advisor at Ministry of Higher Education Dr. Gul Rahim Safi, Chancellor of Universities, Deans of faculties, and lecturers for their continuous cooperation and support for this project.

I am also thankful to all those lecturers who encouraged us and gave us all these books to be published and distributed all over Afghanistan. Finally I would like to express my appreciation for the efforts of my colleagues Hekmatullah Aziz and Fahim Habibi in the office for publishing and distributing the textbooks.

Dr. Yahya Wardak
Advisor at the Ministry of Higher Education
Kabul, Afghanistan, February, 2020
Mobile: 0706320844
Email: textbooks@afghanic.de

Message from the Ministry of Higher Education

In history, books have played a very important role in gaining, keeping and spreading knowledge and science, and they are the fundamental units of educational curriculum which can also play an effective role in improving the quality of higher education. Therefore, keeping in mind the needs of the society and today's requirements and based on educational standards, new learning materials and textbooks should be provided and published for the students.

I appreciate the efforts of the lecturers and authors, and I am very thankful to those who have worked for many years and have written or translated textbooks in their fields. They have offered their national duty, and they have motivated the motor of improvement.

I also warmly welcome more lecturers to prepare and publish textbooks in their respective fields so that, after publication, they should be distributed among the students to take full advantage of them. This will be a good step in the improvement of the quality of higher education and educational process.

The Ministry of Higher Education has the responsibility to make available new and standard learning materials in different fields in order to better educate our students.

Finally, I am very grateful to Kinderhilfe-Afghanistan (German Aid for Afghan Children) and our colleague Dr. Yahya Wardak that have provided opportunities for publishing textbooks of our lecturers and authors.

I am hopeful that this project should be continued and increased in order to have at least one standard textbook for each subject, in the near future.

Sincerely,

Prof Abdul Tawab Balakarzai

Acting Minister of Higher Education

Kabul, 2020

Book Name	Structural Analysis Vol I
Author	Hafizullah Wardak & Dr. Zarjon Baha
Publisher	Shaikh Zayed University, Khost, Engineering Faculty
Website	www.szu.edu.af
Published	2020
Copies	1000
Serial No	306
Download	www.ecampus-afghanistan.org

This publication was financed by German Aid for Afghan Children (**Kinderhilfe-Afghanistan**), a private initiative of the Eroes family in Germany.

Administrative and technical support by Afghanic.

The contents and textual structure of this book have been developed by concerning author and relevant faculty and being responsible for it.

Funding and supporting agencies are not holding any responsibilities.

If you want to publish your textbooks, please contact us:
Dr. Yahya Wardak, Ministry of Higher Education, Karte – 4, Kabul
Office 0756014640, 0706320844
Email textbooks@afghanic.de

All rights reserved with the author.

Printed in Afghanistan 2020, Sahar Printing Press

ISBN 978-9936-620-68-1