جامداتو میخانیک

پوهنوال محمد اسحق رازقی

Afghanic

نڼګرهار انجنيری پوهنځی

Pashto PDF
2015

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

Solid Mechanics

Prof Mohammad Ishaq Raziqi

Download: www.ecampus-afghanistan.org

ننگرهار انجنیری پوهنځی

جامداتو میخانیک

سی ډی سره

پوهنوال محمد اسحق رازقی

۱۳۹٤

خرڅول منع دي

جامداتو میخانیک

Solid Mechanics

پوهنوال محمد اسحق رازقی

۱۳۹٤

Afghanic

Nangarhar Engineering Faculty

Prof Mohammad Ishaq Raziqi

Solid Mechanics

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

ISBN 0-9553010-0-9

With CD

Not for Sale

2015

بسم الله الرحمن الرحیم

جامداتو میخانیک

لومړی چاپ

پوهنوال محمد اسحق رازقی

دغه کتاب په پي دي اف فورمت کې په مله سي دي کې هم لوستلی شي:

د کتاب نوم   جامداتو میخانیک
لیکوال   پوهنوال محمد اسحق رازقی
خپرندوی   ننگرهار انجنیری پوهنځی
ویب پاڼه   www.nu.edu.af
چاپ شمېر   ۱۰۰۰
د چاپ کال   ۱۳۹۴، لومړی چاپ
ډاونلوډ   www.ecampus-afghanistan.org
چاپ ځای   افغانستان ټایمز مطبعه، کابل

دا کتاب د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې 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.
د کتاب د محتوا او لیکنې مسؤلیت د کتاب په لیکوال او اړونده پوهنځی 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، کابل
تیلیفون: ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰
ایمیل: textbooks@afghanic.org

د چاپ ټول حقوق له مؤلف سره خوندي دي.

ای اس بي ان ۹ – ۰ – ۹۵۵۳۰۱۰ – ۰

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 ډیر 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 کومي مننه کوم چې دوامداره زیار یې ایستلی او د کلونو په اوږدو کې یې په خپلو اړوندو څانگو کې درسی 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 کړی، چی له چاپ وروسته د گرانو محصلینو په واک کې ورکړل شي او د زده کړو د کیفیت په لوړولو او د علمي پروسې په پرمختگ کې یې نېک گام اخیستی وي.

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

په پای کی د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې له رئیس ډاکتر ایروس او زموږ همکار ډاکتر یحیی وردگ څخه مننه کوم چې د کتابونو د خپرولو لپاره یې زمینه برابره کړېده.

هیله منده یم چی نوموړې گټوره 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

پوهنوال دوکتور فریده مومند

د لوړو زده کړو وزیره

کابل، ۱۳۹۴

د درسي کتابونو چاپول

قدرمنو استادانو او ګرانو محصلینو!

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

تراوسه پورې مونږ د ننګرهار، خوست، کندهار، هرات، بلخ او کاپیسا د طب پوهنځیو او کابل طبي پوهنتون لپاره ۱۷۶عنوانه مختلف طبي تدریسي کتابونه چاپ کړي دي، چې د هغوی له جملې څخه ۹۵ د DAAD او ۸۰ نور د kinderhilfe-Afghanistan په مالي مرسته چاپ شوي دي. د ننګرهار پوهنتون لپاره د ۲۰ نورو غیرطبي کتابونو د چاپ چارې روانې دي. د یادونې وړ ده چې نوموړي چاپ شوي کتابونه د هیواد ټولو طب پوهنځیو ته په وړیا توګه ویشل شوي دي.

هر څوک کولای شي ټول چاپ شوی طبي او غیر طبي کتابونه

د www.afghanistan-ecampus.org ویب پاڼې څخه ډاونلوډ کړي.

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 انګریزي 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".*

د لوړو زده کړو وزارت، پوهنتونونو، استادانو او محصلینو د غوښتنې په اساس موږ دا پروګرام غیر طبي برخو ته لکه ساینس، انجنیري، کرهڼې او نورو پوهنځیو ته هم وغځاوه، تر څو د مختلفو پوهنتونونو او پوهنځیو د اړتیا وړ کتابونه چاپ شي.

مونږ غواړو چې د درسي کتابونو په برابرولو سره د هیواد له پوهنتونو 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.

له ټولو محترمو استادانو څخه هیله کوو، چې په خپلو مسلکي برخو کې نوي کتابونه ولیکي، وژباړي او یا هم خپل پخواني لیکل شوي کتابونه، لکچر نوټونه او

چپټرونه ایډیټ او د چاپ لپاره تیار کړي. زمونږ په واک کې یې راکړي، چې په ښه کیفیت چاپ او وروسته یې د اړوندې پوهنځۍ استادانو او محصلینو په واک کې ورکړو. همدارنګه د یادو شویو ټکو په اړوند خپل وړاندیزونه او نظریات له مونږ سره شریک کړي، تر څو په ګډه پدې برخه کې اغیزمن ګامونه پورته کړو.

د یادونې وړ ده چې د مولفینو او خپروونکو له خوا پوره زیار ایستل شوی دی، ترڅو د کتابونو محتویات د نړیوالو علمي معیارونو په اساس برابر شي، خو بیا هم کیدای شي د کتاب په محتوی کې ځینې تیروتنې او ستونزې ولیدل شي، نو له درنو لوستونکو څخه هیله مند یو تر څو خپل نظریات او نیوکې مولف او یا مونږ ته په لیکلې بڼه راولیږي، تر څو په راتلونکي چاپ کې اصلاح شي.

د 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 په تیرو کلونو کې هم د ننګرهار د طب پوهنځي د ۸۰ عنوانه طبي کتابونو د چاپ لګښت پر غاړه درلود.

په ځانګړي توګه د جي آی زیت (GIZ) له دفتر او (CIM) Center for International Migration & Development چې زما لپاره یې په تېرو پنځو کلونو کې په افغانستان کې د کار امکانات برابر کړي دي، هم د زړه له کومې مننه کوم.

د لوړو زده کړو وزیره پوهنوال دوکتور فریده مومند، علمي معین پوهنوال محمد عثمان بابري، مالي او اداري معین پوهنوال ډاکتر ګل حسن ولیزي، د ننګرهار پوهنتون سرپرست رییس پوهنوال ډاکتر محمد طاهر عنایت، د ننګرهار پوهنتون پوهنځیو رییسانو او استادانو څخه مننه کوم چې د کتابونو د چاپ لړۍ یې هڅولې او مرسته یې ورسره کړې ده. د دغه کتاب له مولف څخه ډېر مننندوی یم او ستاینه یې کوم، چې خپل د کلونو کلونو زیار یې په وړیا توګه ګرانو محصلینو ته وړاندې کړ.

همدارنګه د دفتر له همکارانو هر یو حکمت الله عزیز، احمد فهیم حبیبي او فضل الرحیم څخه هم مننه کوم چې د کتابونو د چاپ په برخه کې یې نه ستړې کیدونکې هلې ځلې کړې دي.

ډاکتر یحیی وردګ، د لوړو زده کړو وزارت سلاکار

کابل، جون ۲۰۱۵

د دفتر ټیلیفون: ۰۷۵۶۰۱۴۶۴۰

ایمیل: textbooks@afghanic.org

فهرست

عنوان ....مخ

مخکنۍ خبرې..الف

سریزه 1

لومړی څپرکی...3

عمومیات..3

1.1دموادو مقاومت اودانجینري زده کړې له پاره دهغه اهمیت..........................3

1.2 دموادو مقاومت پوهنې تعریف.. 4

1.3 دموادو مقاومت پوهنې تاریخچه 5

1.4 دموادو مقاومت کې دستاتیک غیرمجازحالتونه................................. 6

1.5 دموادو مقاومت بنسټیزې مسئلې.. 8

1.6 دموادو مقاومت په هکله بنسټیزمعلومات...................................... 9

1.7 دبارونوډولونه.. 10

1.8 په یوه نقطه کې نارملي اومماسي تشنجات اودمېلې دشکل بدلون......18

دویم څپرکی..21

کشش-فشار...21

2.1 کشش-فشار...21

2.2 امتدادي قوې اودیاګرامونه...27

2.3 په کشش-فشارکې دشکل بدلون اودهوک قانون..................................37

2.4 دموادودشکل په بدلون باندې دتودوخې اغیزه......................................37
2.5 دکشش دیاګرام...40
2.6 نازکو (ماتیدونکو) موادودکشش یاګرام...45
2.7 په فشارکې دموادوازمیښت..46
2.8 دموادوپلاستیکیت اونازکوالی...48
2.9 دموادوزیرمه ای ضریب اوپه محکوالی کې دهغوې کنترول.............................50
2.10 په کشش-فشارکې ټاکلي اوناټاکلي ستاتیکي سیمستونه..............................52
2.11 په محکمیت کې دموادوکنترول..56

دریم څپرکی..60

3.1 بېځایه کېدنه...60
3.2 د سوچه بې ځایه کېدنې په هکله معلومات..61

څلورم څپرکی...65

تاوېدنه..65
4.1 دتاوېدنې اوتاونکي مومنت په هکله معلومات..65
4.2 یوعنصردتاوېدنې په حال کې اودهغه دننه نېروګانې یاقوې...............................67
4.3 دګردې عرضي مقطعې لرونکې مېلې په تاوېدنه کې دشکل بدلون او
مماسي تشنج...69
4.4 په تاوېدنې کې دشمېرنې معادلې..75

پنځم څپرکی..80

دمستقیم ډوله مېلې کوږوالی...80

5.1 عمومی معلومات...80

5.2 دکوږوالي مومنت M ،عرضي قوه Q اوویشلی بار q ترمنځ

دیفرینسیالی رابطې...80

5.2 دعرضي قوې اودکوږوالي مومنت دعلامود پېژندنې قاعده.............81

5.3 سوچه کوږوالی...83

5.4 سوچه کوږوالی...91

5.5 په عرضي کوږوالي کې دمماسي تشنج ټاکنه.........................99

5.6 په عرضي کوږوالي کې دمماسي تشنج ټاکنه.........................105

5.7 په کوږوالي کې دګاډرونو دمحکموالي کنترول.........................109

شپږم څپرکی...121

دګاډرونو په کوږوالي کې دځای دبدلون ټاکنه.......................................121

6.1 دګاډرونو په کوږوالي کې دځای دبدلون ټاکنه.......................121

6.2 دګاډرد ګروپ شوي محور دیفرینسیالي معادله.......................124

6.3 په دیفرینسیالي معادله دثابتو انتګرالي قیمتونو ټاکنه...............128

اووم څپرکی...141

پیچلی مقاومت...141

7.1 عمومي معلومات...141

7.2 مایل کوږوالی.................................145
7.3 په مایل کوږوالي کې دمحکموالی شرط.....................151

اتم څپرکی..154

دمرکزنه بهر(غیری محوري)کشش یافشار.........................154
8.1 عمومي معلومات..154
8.2 دمرکزنه بهرفشارکې دنارملي تشنجاتوټاکنه....................155
8.3 په غیري محوري فشارکې سطحي پیښنه..........................156
8.4 دصفري کرښې دموقعیت ټاکنه...............................158
8.5 دعرضي مقطعې هسته.......................................163
8.6 په غیري محوري فشارکې دموادودمحکموالي شرط.................165

نهم څپرکی..168

دفشاري مېلواستواري...168
9.1 عمومي معلومات..168
9.2 دبحراني قوې دټاکنې له پاره دایئلرطریقه اودایئلردفورمول څخه ګټه اخیستنه...170
9.3 دمېلودڅوکوی‌اسرونودنښتنې یا اتصال په بېلابېلوشرایطوکې دایئلرفورمول...175
9.4 له ایئلرفورمول څخه دګټې اخیستنې حدونه اودیاسینسکي فورمول..177

9.5 په استوری، کې دفشاري مېلوعملي شمېرنه......................................182

لسم څپرکی..193

امتدادي- عرضي کوږوالی...193
10.1دامتداري- عرضي کوږوالي دپدېدې مفهوم.................. 193
10.2 په امتدادي – عرضي کوږوالي کې ګروپېدنه یاکږېدنه...............195
10.3 په امتدادي – عرضي کوږوالي کې دتشنج ټاکنه اودمېلودعرضي
مقطعوانتخاب...199

یولسم څپرکی...206

ډینامیکي بارونه....................................... 206
11.1 دډینامیکي بارتعریف..206
11.2 دډینامیکي بارونوډولونه...206
11.3 دډینامیکي بارونودشمېرنې طریقې...206
ماٴاخذونه...212

مخکنی خبرې

په کال 1391 کې مې دموادومقاومت درسي کتاب تالیف کړ،چې بیاوروسته دلوړو زده کړووزارت له خوا دیادوزارت په مطبعه کې چاپ شو،چې په زیاته کچه دمینه والودښې ګټې اخیستنې وړوګرزید.داچې دننګرهارپوهنتون د انجینري پوهنځي دسیول څانګه دامریکادمتحده ایالاتودساندیاګوایالتي پوهنتون دسیول څانګې سره اکاډمیکي اړیکي لري،نوځکه دهغوي له خواددې مضمون ددرسي رالیږل شوو مفرداتوپام کې نیولوسره ددې مضمون نوم ته د جامداتومیخانیک نوم ورکړی دی.

دپورتني اصل په پام کې نیولوسره دې ته اړشوم چې درالیږل شوومفرداتوله مخې دجامداتومیخانیک ترسرلیک لاندې یوبل درسي کتاب تالیف کړم.په دې مفرداتوکې ډېره برخه دکشش اوفشار،کوږوالي اواستواري د تیوري اودهغوې پورې اړونده مثالونو موضوع ګانې دي،چې بایډ دموضوع ترڅنګه ډېرې عملي پوښتنې مطرح او حل کړی شوي دي.

دعملي برخې له پاره مې دمومند دخیریه ټولنې په مرسته دموادومقاومت د حل شوو پوښتنومجموعې ترسرلیک لاندې یوکتاب تیاراوچاپ کړ،چې په کې ترډېره حده پورې دمحصلینوډېرې درسي ستونزې حل شوي دي.

دغه اثرپه یولسوڅپرکواو(213)پاڼوکې لیکل شوی دی.چې دنوماخذونوله مخې مې تالیف کړ،چې په دې برخه کې دکابل دپولي تخنیک پوهنتون د استاذانوهریومحترم پوهانداکترغلام محمدامین اومحترم پوهانداکتر عبدالقیوم کریمزاده اودکابل پوهنتون استاذمحترم پوهنمل دیپلوم انجینر

عبدلقیوم کریم تخنیکي مشورې اولارښوونې دقدروړبولم اوله هغوي څخه د زړه له کومې مننه اوکوروداني کوم.همدارنګه دمحترم داکتریحیی وردک نه هم مننه کوم،چې ددې کتاب دچاپ زمینه یې برابره کړې ده.

په درنښت

پوهنوال دیپلوم انجینرمحمداسحق رازقي

سریزه

دغه درسي کتاب چې په (213)پاڼوکې لیکل شوی دی،دانجینري پوهنځي د سیول انجینري دمفرداتوپه مطابق تالیف شوی دی.ددې اثرپه لومړي څپرکې کې دجامداتومیخانیک عمومي معلومات،دموادومقاومت اودانجینري زده کړې له پاره دهغه اهمیت،دموادومقاومت پوهنې تعریف دموادو مقاومت کې د ستاتیک غیرمجاز حالتونه،دموادومقاومت بنسټیزې مسلې دموادومقاومت په هکله بنسټیزمعلومات،دبارونوډولونه،په یوه نقطه کې نارملي اومماسي تشنجات اودمېلې دشکل بدلون موضوع ګانې شاملې دي.

دکتاب په دوهم څپرکې کې دکشش اوفشارترسرلیک لاندې دغه موضوع ګانې مطالعه کېږي،امتدادي قوې اودیاګرامونه،مثالونه،په کشش او فشارکې تشنجات اودشکل بدلون اودهوک قانون،جدول،مثالونه،دموادود شکل په بدلون دتودوخې اغېزه،په کشش اوفشارکې دموادودذاتي وزن اغېزه د مېلوکشش اوفشاردیاګرام،دنازکوموادودکشش- فشاردیاګارمونه،په فشار کې دموادوازمېښت،دموادوپلاستیکیت اونازکوالی،دموادوکلکوالی یاسختې په کشش اوفشارکې ټاکلي اوناټاکلي ستاتیکي سیستمونه اومثالونه.

دیادکتاب په دریم اوڅلورم څپرکوکې دبې ځایه کېدنې،تاوېدنې اودهغوي پورې اړوندې موضوع ګانې اومثالونه شامل دي.

په پنځم څپرکې کې دمستقیم ډوله مېلې کوږوالي،عرضي قوې اود کوږوالي مومنتونه دکوږوالي ډولونه اواړونده مثالونه ځای شوی دي.

په شپږم او اوم څپرکوکې دګاډرونوپه کوږوالي کې دځای بدلون ټاکنه،د ګاډردکوږیاګروپ یاکوږ شوي محوردیفرینسیالي معادله،پیچلی مقاومت ، مایل کوږوالی اودهغوي پورې اړونده مثالونه مطالعه کیږي.

دکتاب په اتم اونهم څپرکوکې دمرکزنه بهریا غیرمحوري کشش یا فشار،د مقطې هسته،دفشاري مېلوا استواري،داېئلرفورمول کارول اود هغه څخه د ګټې اخیستنې حدونوموضوع ګانې په پام کې نیول شوي دي.

په لسم اویولسم څپرکوکې امتدادي-عرضي کوږوالی اوپه هغوی کې د نارملي تشنجاتو ټاکنه،ډینامیکي بارونه دکتاب په پایله کې ماخذونوته ځای ورکړی شوی دی.

لومړی څپرکی

عمومیات (Introduction)

1-1 د موادومقاومت اود انجینري زده کړې له پاره دهغه اهمیت

دبېلا بېلو انجینري ساختمانونو په طرحه اوډیزاین کې دهغوې د بېلا بېلو برخ دعناصروابعادودټاکنې مسله رامنځته کېږي،دغه مسله داقتصادیتوب په پام کې نیولوسره دیوڅودیوڅومحاسبوپربنسټ حلېږي،چې هدف یې دساختمانونود محکموالي، شخۍ ،استوارۍ اوتل پاتې والي تاءمینول دي .

دغه ټولې مسلې دیوبشپړمضمون په څېرڅېړل کیږي،چې له دې جملې څخه یې دموادومقاومت اساسي پوهنه ده.

دموادومقاومت پوهنه دخپل ماهیت له مخې یوه پوهنه ده،چې په هغې کې د بېلابېلوساختمانونودابعادو ټاکنه باید داسې وشي،ترڅوچې هغه محکم او اقتصادي وي.

دغه دوه غوښتنې یودبل ضد دي،یعنې دموادودمحکموالي غوښتنه د عناصر دعرضي مقطعودابعادودلویوالي له مخې ترسره کیدای شي،مګرداقتصاد ډول ددغه رنګه عرضي مقطعودابعادوکوچنیوالی ضروري دی،نوله دې کبله دغه مسئله دداسې مناسبوابعادوله ټاکنې څخه عبارت ده چې په هغې کې د محکموالي شرط تاء مین شي اواقتصادي ګټوروي.

ددې مسایلودحلولوله پاره، دعناصروپه هغواساسي میخانیکي ځانګړتیا وو یا خواصواویوشمېرفورمولونو بایدوپوهیږو،چې د محکموالي د نظریې د څېړنوله پاره کارول کیږي.

1-2 د موادومقاومت پوهنې تعریف
(Definition of strength of materials)

دمــوادومقاومت پــوهنه دانجینري ساختمانونود بېلا بېلوبرخو د عناصرود محکموالي،شخی،اواستواری دتاکنې پوهنه ده.یا په بل عبارت سره دموادو مقاومت پوهنه دمحکموالي،شخی،اوداستواری،دمحاسبودمیتودونومجموعې څخه عبارت ده.

مــحکموالی(Strength)**:**محکموالی دعناصروهغه خاصیت دی،چې دهغوی بېلابېلې برخې د یوبارتاکلي حد په ځان وزغمي اوخراب نه شي .

شـــخي (Rigidity)**:**شخي دعناصروهغه خاصیت دی،چې عنـاصردبهرني بار څخه داعظمي کړېدنې اوداعظمي دوراني زاویې دزیاتېدوپه مقابل کې د شکل بدلون حاصل نه کړي .

اســتواري(Buckling)**:**استواري دانجینری موادوهغه خاصیت دی،چې عناصردتعادل خپل لومړنی ارتجاعي حالت په خپل حال وساتي .

دمــوادومقاومت پوهنی، دمناسبې زده کړې لپاره په ځانګړې توګه دستاتیک اساسات ځانګړی اهمیت لري.دمــوادودمقاومت پوهنه دستاتیک پرتوپیرهغه مسلې څېړي،چې په هغوی کې په عمده توګه بدلون موندونکو جسمونو خواص اود جسمونودحرکت قوانین ځای شوي دي.

دبدلون موندونکوجسمونومیخانیک یوه بېله موضوع ده،چې هغې ته د ارتجاعیت تیوري وایې.

دستاتیک پوهنه دجامدوجسمونوله تعادل څخه بحث کوي،مګردموادو مقاومت پوهنه کې دبارونولاندې دجسمونود شکل د بدلون(ځای بدلون) مسله هم حل کیږي.

1.3 د موادومقاومت پوهنې تاریخچه(History of Strength of materials)

دموادومقاومت پوهنه یوه لرغونې تاریخچه لري،چې په دې برخه کې لومړنۍ په زړه پورې څېړنه په کال (1567-1642) میلادي کې د (Galileo) ګالیلاله خوا شوې ده.نوموړي دلومړی ځل له پاره دبهرني بارداغېز په پایله کې دیوې مېلې دمقاومت د ټاکنې له پاره دتحلیلي میتودونوداجراءکولوضرورت احساس کړ.دنوموړي عالم په ځینولومړنیومیتودونوکې ځینې تېروتنې وې،لکه نوموړي دمستطیلي عرضي مقطعې لرونکې مېلې مقاومت دهغې دمقطعې د لوړوالي دمربع اېزقیمت سره متناسب درست ټاکلی دی.مګردنوموړي تېروتنه په دې کې وه،چې ده دمتنا سب والي ضریب قیمت سم نه دی شمېرلی.

انګریزي عالم هوک (Hook) په کال(1676) میلادي کې دمېلې په کشش اوفشارکې دقوود زوراودمېلې داوږېدنې په منځ کې متناسبه اړیکه و ټاکله،چې نن دهمدې عالم په نوم سره یې یادوي اودموادومقاومت پوهنه کې اوچت ځای یامقام لري.

دموادومقاومت دتحلیلي میتودونودڅېړنې دمسلې په وده او پرمختګ کې بیرنولي(Bernoulli)په کال (1700-1725) میلادي کې اوروسي عالم ائیلر

(Ealler) په کال (1707-1783)میلادي کې یولړډېرې علمي څېړنې ترسره کړې دي.

همدارنګه دموادومقاومت پوهنې په لانورپرمختګ کې د روسي پوهانوهر یوګادالین(Gadalin)،ژورافسکي(Jurofsky)،یاسینسکي (Yasensky)،پروس کوریاکوف(Proscor yakof) اودداسې نورو تګړو پوهانوعلمي څېړنې او کتنې هم دقدراواهمیت وړدي.

همداعلت وو،چې ددې پوهانودعلمي څېړنواوکتنوله برکته دموادومقاومت بشپړه پوهنه رامنځ ته شوه.له دې سره جوخت دمحاسبوي میتودونودلا نور پرمختګ په پایله کې دموادومقاومت بشپړه پوهنه،دساختمانونوتیوري د ارتجاعیت اودپلاستیکیت تیوري ګانې هم منځ ته راغلي دي.

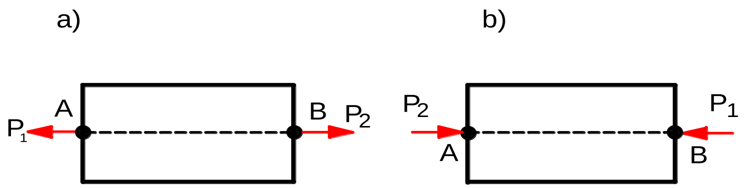
1.4 د موادومقاومت کې د ستاتیک غیر مجازحالتونه

په مخکني پـرګراف کې ترې نه یادونه وشوه،چې دمـوادومقاومت پـوهنه د ستاتیک پربنسټ ولاړه ده،نو ځکه په دې اړوند د موادومقاومت پوهنه کې د ستاتیک د ځینوحالتونو کارول مجازنه دي:

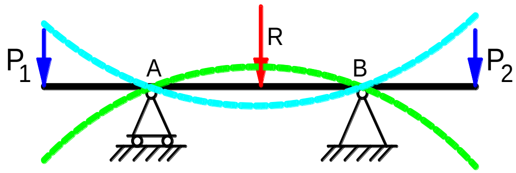
1- د قوې انتقال دهغې دتاثیردکربښې په امتداد کې مجازنه دی 1.1 شکل.

2- په محصلې یابرابرې اغېزې باندې دقووبدلول مجازنه دي (1.2) شکل، یعنې دوه قوې سره جمع کولی نه شو.

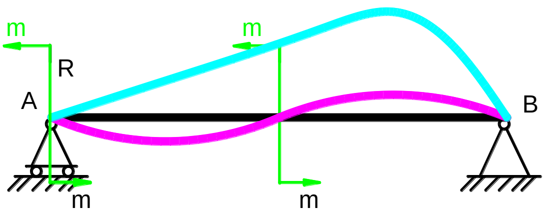
3- دقووپه مستوي کې په جوړه قوو دقووبدلول مجازنه دي (1.3) شکل.



1.1 شکل: میله په کشش او یا فشار کې



1.2شکل: دمتمرکزو بارونو اوو پشلي بارلاندې میله



1.3 شکل: میله دمتمرکزمومنت لاندې

1.5 د موادومقاومت بنسټيزې مسلې (Fundamental problems)

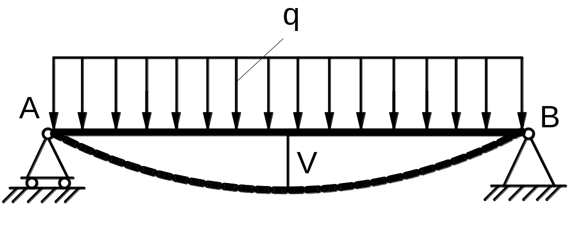
دموادومقاومت لومړنۍ مسله:دهرساختمان څخه دنورمالې ګټې اخيستنې په موخه چې دبهرنيوبارونوتراغېزلاندې واقع دې دساختمان د هندسي ابعادو ټاکنه،چې دهغوی محکموالی تامينوي د موادومقاومت پوهنې لومړنۍ مسئله ده.

دموادومقاومت دوېمه مسئله:دشکل دبدلون دڅېړنې مسئله ده،چې دوه اړخه لري:

الف) د بارلا ندې د ساختمان د شکل د بدلون څېړنه .

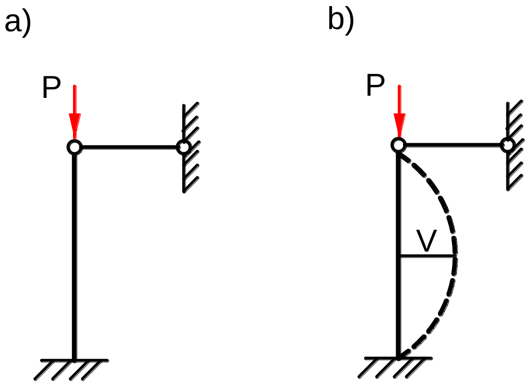
ب) د ساختمان د بېلا بېلوعناصرودمحکموالي محاسبه .

د دې له پاره،چې د کوم يوجوربښت (1.4 شکل)څخه ډاډمنده اواقتصادي ګټه واخيستل شي،دهغه دشکل بدلون چې دوېشلي منظم بارداغېزې څخه رامنځته کېږي بايد نظردهغه ابعادو ته بې حده کوچنی وي.



1.4 شکل: د وېشلي بارلا ندې مېله

دريمه مسئله:دساختمان دعناصرودااستواری پوري تړلي ده.که چېرې (1.5) شکل، دکوم يوجوربښت له پاسه فشاري قـــوه وارده شي اوجوربښت دتعــادل خپل لومړنی حالت وساتي، نودغه جوربښت استواره دی.



1.5 شکل د فشاري بارلا ندې پا يه

1.6 **د موادومقاومت په هکله بنسټيز معلومات** (Basis information)

دجسم دشکل بدلون (Deformation)**:** هغه بدلون ته ويل کيږي چې دبهرني زور په مقابل کې دجسم دذروپه منځ کې مخامخ رامنځ ته کېږي،چې دهغه دابعادو او دشکل دبدلېدولامل کېږي.که چېرې کوم يوجسم دبهرني باردا غېزې په پايله کې دشکل بدلون حاصل کړي اوبياترې نه بارليرې شي،که جسم بيرته خپل پخوانی حالت غوره کړي،نودجسم دشکل دغه رنګه بـدلون ته ارتجاعي يابېرته راستنېدونکی(Elasticity) بدلون ويل کيږي اودجسم دشکل بدلون هغه برخه چې دبـارېه ليرې کېدوسره په جسم کې لاهم پاتې کيږي دنــرم ياپلاستيکي

بدلون(Plasticity deformation) په نوم سره يې يادوي اودجسم د شکل دبدلون دغه خاصيت دپلاستيکيت پورې اړه لري.

همـــدارنګه دمـوادويوبل مهم خاصيت لغزش دی چې دپلاستيکي حدنه وروسته دشکل د بدلون په بهيرکې پېښيږي.

دځينوموادپه ټولواړخونوکې دارتجاعيت خاصيت يوډول وي،چې دغه خاصيت دايزوتروپي لکه فولاداوبرخلاف يې اني زوتروپي لکه لرګي په نـومو سره يادوي،ځکه چې په فشارکې دهغه په امتدادي تسموکې دشکل بدلون نسبت عرضي تسموته ځوځلې کوچنی دی.

ټول حقيقي جسمونه غيرمتجانسه دي لکه فولاد،چې په عـادي حرارت کې دفيرليت اود سيمنتو د ذرو څخه جوړيږي . فيرليت ډېرلږمحکموالی اولوړ پلاستيکي خواص لري اوبرعکس سيمنت لوړ محمکوالی او پلاستيکيت لري

1.7 **د بارونوډولونه** (Types of loads)

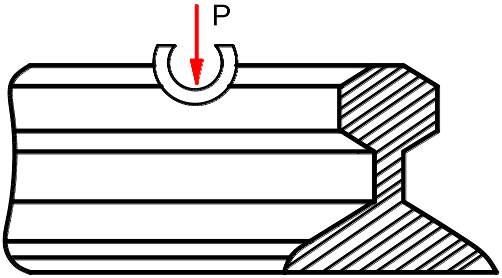
دموادومقاومت په کورس کې دبارونو يوځو ډولونه په لا ندې ډول څېړل کيږي:

سطحي بار(Surface load)**اوحجمي بار**(Volume load)**:**دبارونې دخاصيت له مخې بارونه په ستاتيکي (Statically load)او(Dynamical load) ډيناميکي باندې وېشل کيږي .

ستاتيکي بــــــار(Statically load)**:**هغه بارته ويل کيږي،چې دهغه په پايله کې ديــوجسم ديــوې کيفي نـقطې تعجيل اوانرشيايي قوه،چې دهغه د حرکت په بهيرکې رامنځ ته کيږي په پام کې ونه نيول شي لکه دکوم يوساختمان ذاتي وزن.

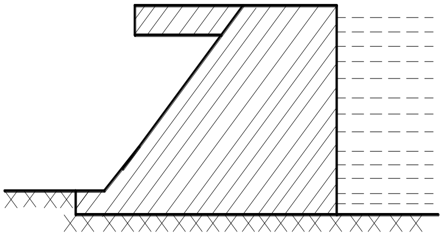
ډینامیکي بار(Dynamical load)**:**هغه بارته ویل کیږي،چې په ډېره لږه موده کې خپل قیمت ته ژربدلون ورکړي.همدارنګه سطحي بارپه متمرکزاو وېشلي بارونوویشل کیږي:

متمرکزبار(Concentrated load)**:**هغه بارته ویل کېږي،چې د یوې سطحې په یوې ټاکلې نقطه کې عمل کوي،لکه داورګاډي (1.6 شکل) د پټلۍ له پاسه داورګاډي دڅرخ فشار.دغه بارپه کیلو ګرام Kg،نیوټن N او کیلو نیوټن KN سره اندازه کیږي.



1.6 شکل: د اورګاډي پټلۍ

وېشلی بار(Distributed load)**:**هغه بارته ویل کېږي،چې خپل زوریا وزن دیوې ټاکلې سطحې له پاسه راولي(1.7شکل).لکه دبام له پاسه د واورو وزن،داوبوبند په دیوالونود اوبوفشاراوداسې نور.وېشلی منظم بارپه کیلوګرام پرسانتي متر kg/cm اونیوټن پرمتر N/m اوداسې نورو سره اندازه کېږي.



1.7 شکل: داوبودبند دیوال

دساختماني عناصرو په محاسبه کولوکې دیوې سطحې(1.8 شکل) له پاسه وېشلی باردمېلې په امتدادکې د یوبل بار سره عوض کوي:

$$q = q_1 \times b_1$$

په دې فورمول کې :

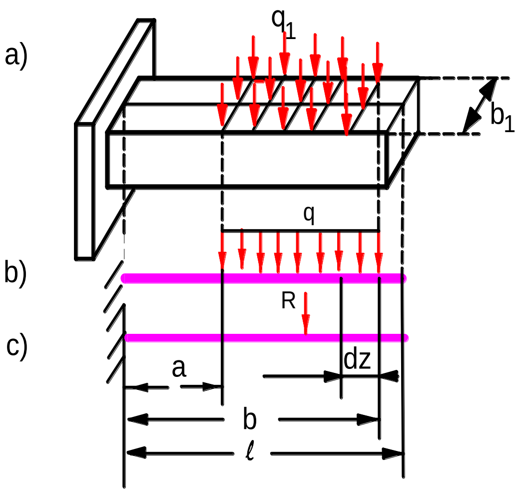
q - وېشلی منظم بار دی.

q_1 - د وېشلي منظم بارشدت دی.

b_1 - د مېلې سوردی .

په (1.8a شکل)کې نابرابروېشلی منظم باراوپه(1.8b شکل)کې برابروېشلی منظم باربنودل شوی دی.دوېشلي بارمحصله دهغه قانون له مخې چې دګاډرپه یوه ډېره کوچنۍ کربنه کې د ټولوکوچنیوقوو q(z) dz دمجموعې په څېرټاکل کیږي:

$$R = q(z)dz$$



1.8 شکل: د يوګاډرله پاسه ويشلى بار

همدارنګه بارونو دمودوې په پام کې نيولوسره په دايمي اوموقتي سره هم ويشل کيږي :

دايــمي بــار (Permanent load)

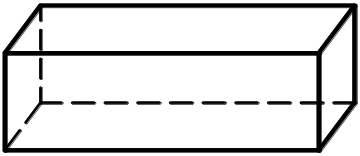
دايــمي بــارهـغه بــارته ويل کيږي،چې دجوړښت له پاسه دهغه دګټې اخيستنې په ټوله موده کې اغيزه کوي لکه د يو ساختمان له پاسه دعناصروذاتي وزن اونور .

موقتي بار (Temporary load)

موقتي بارهغه بارته ويل کيږي،چې د اغيزې موده يې لنډه وي لکه داورګاډي وزن اونور.دودانولوپه چاروکې د ودانيوبېلا بېلوعناصرد يوڅوهندسي شکلونوپه څېرپه پام کې نيسي :

ګاډر (Beam)

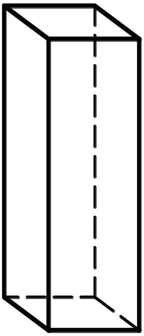
گاډر هغه مېله (1.9 **شکل**) **ده، چې په کوربوالي کې فعاليت سرته رسوي**.



1.9 **شکل**: گاډر

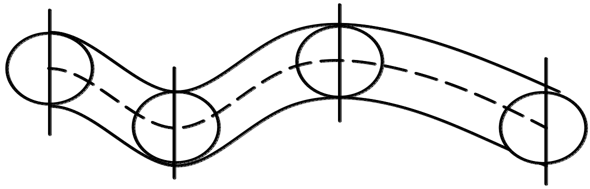
ستنه ياپايه(Pillar)

ستنه هغه مېلې(1.10**شکل**) **ته ويل کېږي، چې په فشار کې فعاليت کوي**.



1.10 **شکل**: پايه

دموادومقاومت پوهنه کې مېلې ځانګړې اهمیت لري.دمېلې بنسټيزې برخې دمېلې محوراوعرضي مقطع ده(1.11 شکل)دغه دواړه يوله بله سره اړيکې لري.
يعنې محوردمېلې دعرضي مقطعې له ثقل مرکزنه تېرېږي اوعرضي مقطع په محورباندې عموده د ه.

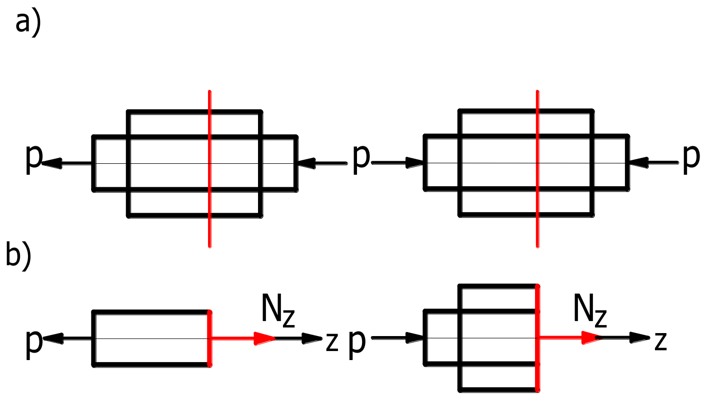


1.11 شکل: منحني ډوله میله

دموادومقاومت پوهنه کې دمېلې دشکل بدلونه،په کشش یا فشار، کوږوالي (کږېدنه)،بيځايه کېدنه اوتاوېدنه باندې وېشي :

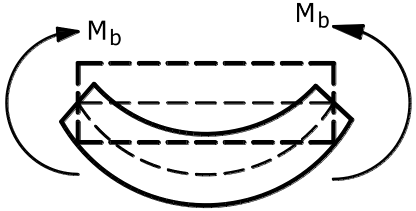
١. کشش يافشار(Tension or compression)

که چېرې دکومې مېلې د عرضي مقطعې له پاسه د ننه زورونو (داخلي قوو) له جملې څخه يوازې امتدادي يا نارملي زور(N_z) وې اود دننه زورونو ،نورعوامل يې صفروې،نوپه دې حالت کې په مېله کې دکشش یا فشارد شکل بدلون (1.12شکل) پېښېږي.



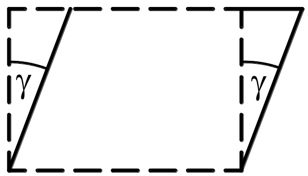
1.12شکل: میله دکشش په حال کې

2. **کوږوالی**(Bending) **:** که چیرې دکومې میلې په عرضي مقطع (1.13) شکل کې یوازې دکوږوالي مـومنت پیښ شي،نــوخـرګنده ده چې دمیلې محور ګروپیږي یاکږیــږي اوپه میله کې کوږوالی منځ ته راځي.



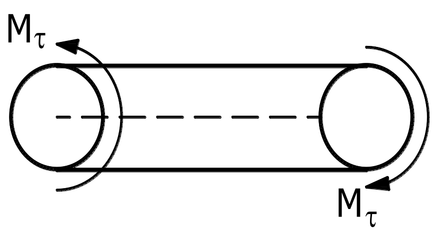
1.13 شکل: ګروپه شوې میله

3. **بـــــېځايــه کېـــــدنــــه** (Shear)**:** بېځايه کېدنه دمېلې(1.14) شکل په عرضي مقطع کې دعرضي قووپه پېښېدو
سره رامنځته کيږي.



1.14 شکل: مېله د بېځايه کېدنې په حال کې

4.**تاوېدنه** (Torsion)**:** کله چې دميلې په عرضي مقطع کې يوازې دوراني مومنت M_{τ} پېښ شي،نوپه دې حالت کې دمېلې (1.15**شکل**) **مستقيم محورپه خپل حال** مستقيم نه پاتې کيږي اودهغې عرضي مقطع د يوې زاويې په اندازه سره تاوېږي .دغه حالت ته تاوېد نه ويل کيږي .



1.15 شکل: د تاوېد نې په حال کې ميله

1.8 په يوه نقطه کې نارملي اومماسي تشنجات اودميلې دشکل بدلون

(Normal and Shear Stresses and deformation of Rod)

ديوجسم دپنډوالي داټکل له مخې ويلای شو،چې داخلي قوې دميلې د ټولې مقطعې له پاسه يو پربل پسې برابرې وېشلې دي.ددې مطلب د څرګندونې له پاره دميلې (1.16 شکل) په يوه عرضي مقطع کې د(K) نقطې ترڅنګ يوه ډېره کوچنۍ سطحه ΔA بېلوواوددې سطحې له پاسه دداخلي کوچنيو قوومحصله (ΔR) له مخې په نښه کوو،نوځکه په لاس راوړوچې:

$$P_{Av} = \frac{\Delta R}{\Delta A}$$

دلته:

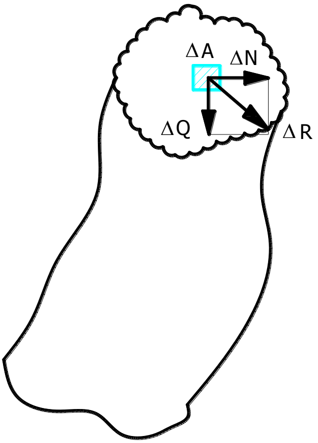
P_{Av} - دکوچنۍ سطحې له پاسه دتشنجاتودمنځني حد نسبت،که چېرې ΔA صفر ته نژدې شي،نو په دې مهال د K په نقطه کې د تشنجاتود قيمت د ټاکنې له پاره لاندينی فورمول کاروو:

$$\lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta R}{\Delta A} = P_{Ave} \qquad (1.2)$$

دنارملي اومماسي تشنجاتو دلاس ته راوړلوله پاره ددننه زورونو(قوو) محصله ΔR په خپلودوومرکبو ΔN او ΔQ باندې وېشو،اولاندنې افادې کاروو:

$$\lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta A} = \tau \quad ، \quad \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta N}{\Delta A} = \sigma$$

دلته : σ - نارملي تشنج او τ - مماسي تشنج دی .



1.16 شکل: عرضي مقطع

دتشنج تعريف: تشنج دمقطعې له پاسه ددننه زورونودشدت له مقياس څخه عبارت دی.دتشنج دعددي مقدارله پاره کيلوګرام پرسانتي مترمربع $(^{Kg}/_{cm^2})$ نيوټن پرمترمربع $(^{N}/_{m^2})$ اونوروواحدونه کارول کېږي .

د مماسي تشنج بېلا بېل قيمتونه د x او y محورونو له پاسه د τ_x او τ_y له مخې څرګندولی شو. په پای کې دبشپړه مماسي τ اوبشپړتشتج σ د ټاکنې له پاره لاندني فورمولونه په لاس راوړو:

$$P = \sigma^2 + \tau^2$$

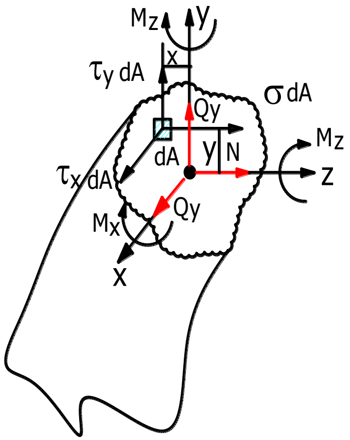
اوبشپړمماسي تشنج:

$$\tau = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$$

دمېلې په عرضي مقطع کې ددننه (داخلي)قوواوتشنجاتوترمنځ اړېکې
دمېلې په عرضي مقطع کې دداخلي زورونواودتشنجاتوپه منځ کې داړېکو د
مطلب دخرګندولوله پاره ديوې عرضي مقطعې پرمخ يوه ډېره کوچنۍ
سطحهdAپه پام کې نيسو(1.17شکل).اونظردکورديناتومحورونوته د
هغوې لوري ښيو،اود ټولوکوچنيوقوومرتسيمونه نسبت دې محورونوته نيسو
اوبيا يې مومنتونه په لاس راوړو :

$$Q_y = \int_A \tau_y . dA \quad ، \quad Q_x = \int_A \tau_x . dA \quad ، \quad N_Z = \int_A \sigma . dA$$

$$M_z = \int_A (\tau_y . x - \tau_x . y) dA \quad M_y = \int_A \sigma . x . dA \quad ، \quad M_x = \int_A \sigma . y . dA$$



1.17 شکل: عرضي مقطع

دویـــــــــم څپـــــــــرکی

(Tension –Compression) کشش – فشار

2.1 امتدادي قوې اودیاګرامونه (Axial forces and diagrams)

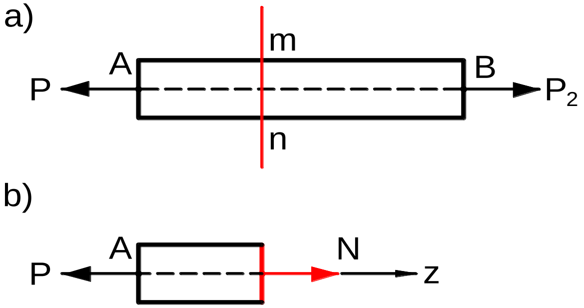
څرګنده ده،چې د ساختمانونو اوماشین جوړونې په بېلا بېلوعناصروکې کشش یافشارپېښېږي لکه د لفت مزی په کشش اودودانیوتهدابونه په فشارکې فعالیت کوي.

کشش (Tension)**:** دعناصرودشکل هغه بدلون ته ویل کیږي،چې دهغې په پابله کې دیوې مېلې په عرضي مقطعو کې یوازې امتدادي زوریعنې قوه (N) پېښېږي اونورداخلي عوامل یې صفروي.دامتدادي قووقیمتونه دپرې کونې (قطع)دطریقې په مرسته ټاکل کېږي،لکه په لاندني شکل(2.1a شکل)کې یې ښودلی شو.

څرګنده ده،چې دخارجي قـــوودتاثېرپه پابله کې دمېلې په عرضي مقطعو کې امتدادي قوه (N)منځ ته راځي (2.2b شکل) .

دامتدادي قوې دټاکنې له پاره یوه مېله د m-n په کیفي مقطع کې غوڅو، یو ه خوایې په خپله خوښه غورځوواودبلې خواتعادل یې ګورو:

$$\Sigma Z = 0 ، \qquad N - P = 0 \quad \Rightarrow N = P$$



2.1 شکل: دکشش په حال کې مېله

امتدادي قوه مثبت ګڼل کېږي،که چېرې دهغې لورى دمقطعې څخه د باندې وې اودشکل بدلون کشش منځته راولي،اوچېرې لورى يې دمقطعې په لوروي،فشارمنځ ته راولي اوهغه منفي قيمت اخلي.

دامتدادي قوې دياګرام هغه کښل شوي ګراف ته ويل کيږي،چې دهغه هرقيمت په همدې عرضي مقطع کې دحاصل شوي قيمت سره برابر وي.ددياګرام بنستېزه کرښه هغه کرښه ده،چې دمېلې دمحورسره موازي کښل کېږي،دداګرام دجوړولوله پاره لومړى دمېلې دمحورسره موازي بنستېزه کرښه رسمووااوبيا ددې کرښې له پاسه حاصل شوي مثبت اومنفي قيمتونه له پاسه اولاندې ياکه شکل عمودي وي ښې خوااوکيڼې خواته ببلوو،چې په پايله کې دامتدادي قوې د بدلون قانون لاس ته راځي.د څرګندونې له پاره يوڅومثالونه مطالعه کوو.

2.1 مثال

ديـوې مېلې(2-2شکل)په عرضي مقطعوکې امتدادي قوې پيداکړئ او دياګرامونه يې وکاږئ (رسم کړئ)مېله دبـهـرنيوبارونوتـراغېزلاندې واقع ده، دمېلې ذاتي وزن په پام کې نه نيول کېږي.

حل

دپرې کوونې د طريقې له مخې دمېلې د I – I مقطعې پاسنۍ خوايې ګورو او کښتنۍ خوايې غورځوو ،نودستاتيک دتعادلې معادلې په مرسته په لاس راوړو چې:

$$\Sigma Z = 0 \ , \qquad -P - N_1 = 0 \qquad \Rightarrow$$

$$N_1 = -P = -4Tons$$

په افاده کې منفي علامه ښيي،چې(N_1)داټکل په برعکس اغېزه کوي، يـعنې پـه حقيقت کې هغـه د I – I مقطعې په لورلوری لري اوفشارمنځ ته راوړي.د(N_1) قوه دAB په ټوله برخه کې ثابته ده په همدې ډول ورته دBC په برخه کې د II – II مقطعې نيسواوورته عمليه اجراء کوو:

$$\Sigma Z = 0 \ , \quad -P_1 + P_2 - N_2 = 0 \qquad \Rightarrow$$

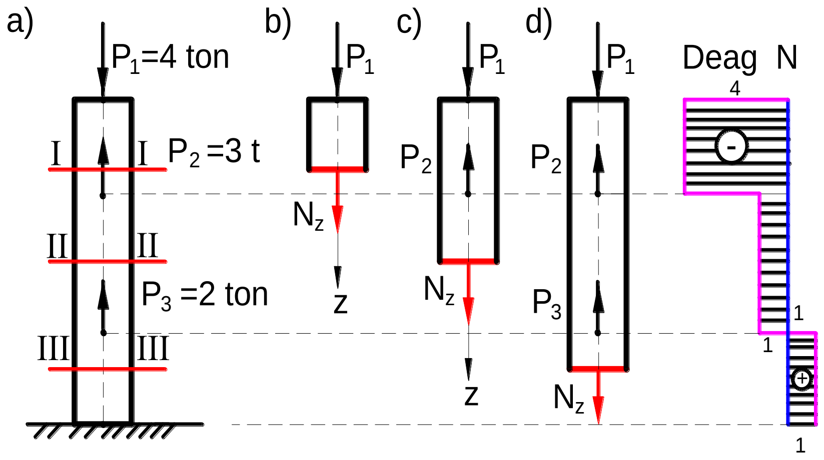
$$N_2 = -P_1 + P_2 = -4 + 3 = -1\,Ton$$

په حقيقت کې N_2 قوه هم منفي ده اوفشاررامنځته کوي.دغه قوه هم د BC په برخه کې ثابته ده په ورته ډول سره د Ⅲ – Ⅲ مقطع نيسو،ورته عمليه اجراء کوو:

$$\Sigma Z = 0 \text{ و } \qquad -P_1 + P_2 + P_3 - N_3 = 0$$

$$N_3 = -P_1 + P_2 + P_3 = -4 + 3 + 2 = 1Ton$$

دډياګـرام درسمولوله پاره،لومړی دمېلې دمحورسره موازي بنسټيزه کرښه وکاږو،بيا ديوټاکلي مقياس $1T \approx 10mm$ له مخې دN مثبت قيمتونه د کرښې په ښي خوا اومنفي يې په کينه خواکې ببلوو.



2.2 شکل: د بهرنيواوداخلي قوو داغيزي لاندي مېله

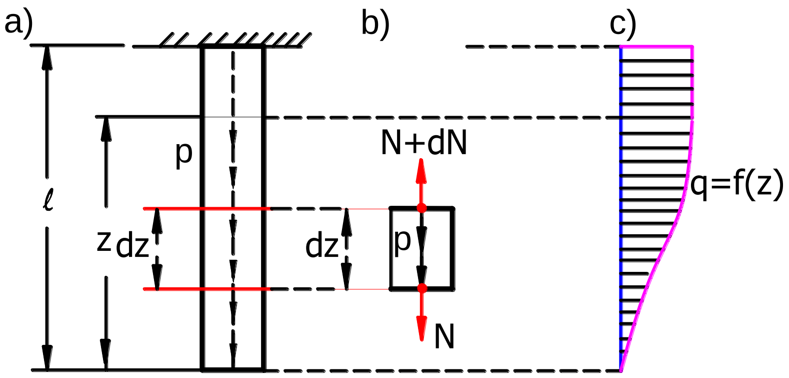
په افاده کې مثبته علامه ښيي چې دميلې دCD برخه په کشش کې فعاليت کوي.

که چېرې دمیلې (2.3 شکل)په امتدادکې کوم وېشلی منظم باراغېزه وکړي،نوپه دې حالت کې د امتدادي قوودتاکنې له پاره دمېلې څخه يوه ډېره کوچنۍ برخه رابېلوو،اوڅېړوېې:

$$\Sigma Z = 0 \,،\qquad N + dN - N - P \times dz = 0$$

له دې ځايه:

$$P = \frac{dN}{dz} \qquad 2.1$$



2.3 شکل: دوېشلي بارلاندې څوړنده مېله

له دې افادې څخه امتدادي قوه N په لاس راځي :

$$N_z = \int P \times dz \qquad 2.2$$

دمـیلې له پاسه په عـرضي مقطع کې نـارملي قـوه N دبهرنیوقوو د مـرتسیمونودانتګرالي مجموعې سره برابرده،اودیاګرام یې هم دهـمدې رابطې له مخې ترسیمېږي(2.3c شکل).

مثال 2.2

دیــوې مــیلې د l_2 بــرخه کې(2.3 شکل)،چې دیو دیوال سره سخته نښتې ده،د نارملي قووقیمتونه وټاکئ اودیاګرام یې رسم کړئ.اټکلووچې د l_2 په برخه کې د دیوال له خوااصطکاکي منظمه وېشلې قوه اغېزه کوي اوشدت یې f دی.د ستاتیک له تعادلي معادلې څخه په لاس راوړوچې :

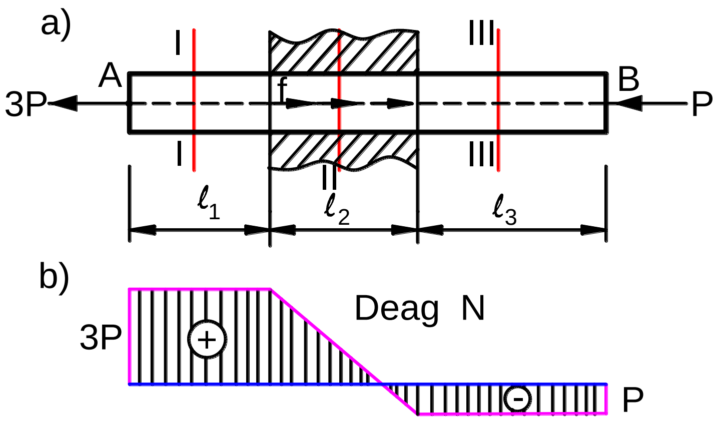
$$-3P - P + f.l_2 = 0$$

$$f = \frac{4P}{l_2}$$

په دوېمه برخه کې که چېرې :

$$z = 0\ , \qquad N_2 = 3P - 4P = -P$$

$z = l_2$ $\qquad\qquad$ $N_2 = 3P$



2.4 شکل: دیوال سره نښتي مېله

په درېمه برخه کې:

$$N_3 = -P$$

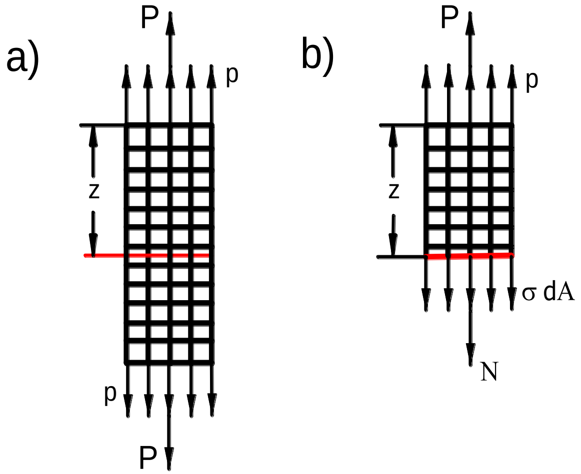
2.2 په کشش–فشار کې تشنجات، دشکل بــدلون اودهوک قانون (Hook's Law)

تــرهرڅه دمخه دیوې منشوري مېلې دکشش یــوه ساده پېښه ګورو(2.5 شکل،یوه مــېله په دواړوسرونوکې دمنظم وېشلي بارتراغېزلاندې پرته ده.دمېلې دعرضي مقطعې مساحت A اود بهرنیوقوومحصله یې چې دمېلې د اخرنیومقطعو د ثقل مرکزکې اغېزه کوي دP سره برابره ده. دستاتیک د تعادلې له مخې د $m-n$ عرضي مقطع ګورو:

$$N = P$$

$$N = \int \sigma .\, dA$$

$$N = \sigma .\, A \qquad 2.3$$



2.5 شکل: دمنشوري مېلې قطع

دبـيرنولي اټکل له مخې دمېلې عرضي مقطع دشکل دبدلون نه دمخه او بيا وروسته هماغسي هواره پاتې کېږي،نوځکه ددارنګه عرضي مقطعوله پاسه تشنجات ثابت دي،نودپورتني فورمول څخه په لاس راوړوچې :

$$\sigma = \frac{N}{A} \qquad 2.4$$

له پورتنۍ افـادې څخه د امتدادي قوې N اودعرضي مقطعې مساحت A ترمنځ نسبت دنارملي تشنج σ په نوم سره يادېږي .او په Kg/cm^2 او N/m^2 سره اندازه کېږي .

څرګنده ده،چې مېله په کشش کې اوږدېدنه اوپه فشارکې لنډېدنه حاصلوي د ميلې(2.6 شکل)اوږدېدنه Δl دمطلقه اوږدېدنې په نوم سره بې يادوي،او په سانتي مترcm اومتر m سره اندازه کېږي دمېلې څخه يوه ډېره کوچنۍ برخه dz رابېلو،په کومه کې چې اوږدېدنه د Δdz سره برابره ده اودخطي قانون له مخې په لاندې ډول لاس ته راځي :

$$\varepsilon = \frac{\Delta\, dz}{dz}$$

له دې ځايه :

$$\Delta\, dz = \varepsilon\, dz$$

دمېلې په امتدادکې نارملي اومماسي تشنجات ثابت قيمتونه لري ، نو ځکه لروچې :

$$\Delta l = \int \varepsilon . dz = \varepsilon . l$$

په دې ډول دميلې نسبي اوږدېدنه په لاندې ډول لا س ته راځي :

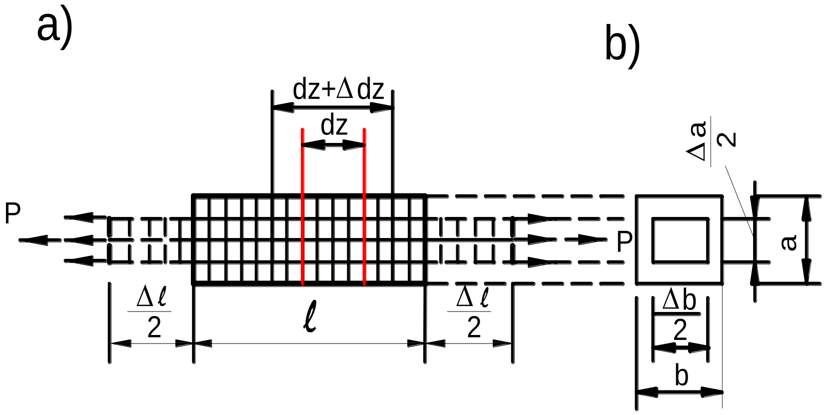
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \qquad 2.5$$

دميلې عرضي بدلون دشکل له مخې پيداکولی شو:

$$\varepsilon_b^{''} = -\frac{\Delta b}{b} \quad \text{او} \quad \varepsilon_a^{'} = -\frac{\Delta a}{a} \qquad 2.6$$

په افـادوکې منفي عـلامه ښيي،چې په کشش کې دعـرضي مقطعې ابعاد کوچني کېږي،اودايزوتروپي موادوله پاره عرضي بدلونونه يوډول دي:

$$\varepsilon_a^{'} = \varepsilon_b^{'} = \varepsilon$$



(2.6) شکل: دکشش په حال کې ميله

دمـيلې دشکل عرضي اوامتدادي بدلونونه $\varepsilon^{'}$ او ε واحدنه لري اود دوی په منځ کې نسبت د پاوسون (Payson) ضريب په نوم سره يادېږي:

$$\mu = \frac{|\varepsilon'|}{|\varepsilon|} \qquad 2.7$$

پاوسون يوفرانسوي عالم و،چې په خپلوڅېړنوکې يې د ټولومواددوله پاره د $\mu = 0.25 \div 0.3$ په حدودوکې ګټه اخيستې ده.مګردبېلا بېلوموادوله پاره دغه ضريب د $0.5 \le \mu \le 0$ په حدودوکې دی.

دتشنج اودشکل بدلون ترمنځ رابطه يوبل انګليسي عالم هوک رامنځ ته کړې ده،چې دهمدې پوه (عالم) په نوم سره يې يادوي:

$$\sigma = \varepsilon \times E \qquad 2.8$$

نـارملي تشنج σ مستقيماء دشکل دنسبي بدلون ε اودموادو دارتجاعيت مودول E پورې اړه لري دموادودارتجاعيت مودول دلاندينۍ رابطې څخه ټاکل کيږي:

$$\tan\alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon} = E$$

E- دارتجاعيت مودول دی،اودنارملي تشنج په څېرواحدلري،چې ددوېم جدول څخه يې قيمت په لاس راوړلی شو.څرګنده ده ،چې:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

اود شکل نسبي بدلون:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

نو ځکه :

$$\sigma = \varepsilon \times E = \frac{\Delta l}{l} \times E$$

له دې ځایه په لاس راوړو چې :

$$\Delta l = \frac{N.l}{E.A} \qquad 2.9$$

پورتنۍ افاده دهوک د قانون دویمه رابطه ده ،چې په دې افاده کې EA په کشش- فشار کې دمېلې شخې ده .

2.1 جدول: بېلابېلو موادوله پاره دارتجاعیت حد او دسیالیت حد

ګڼه	مواد	$N/m^2 \ \ \sigma_T$	E (N/m^2)
1	لږکاربن لرونکی فولاد		$(2 \div 2.1)10^5$
2	لګېز یا الیاژفولاد		$(2.1 \div 2.2)10^5$
3	خړ ،سپین چدن		$(1.5 \div 1.6)10^5$
4	دمحکمیت په حد کې کانکریت	**10**	
5	دمحکمیت په حد کې کانکریت	**15**	
6	دمحکمیت په حد کې کانکریت	**20**	
7	دلرګي د تسمو په امتداد کې		
8	دلرګي د تسمو په سورکې		

مثال 2.3

دیوي فولادي طبقه ایزي مېلې دمحورپه امتدادکې $P_1 = 2T$ ، $P_2 = 3T$ او $P_3 = 4T$ قوې واردې شوې دي که چېرې $E = 2\times10^6 Kg/cm^2$ وي،نود مېلې(2.7b شکل)په عرضي مقطعوکې نارملي قوې وټاکئ ا دیاګرام یې وکاږئ، نارملي تشنج یې پیداکړئ اودیاګرام یې رسم کړئ او همدارنګه دمیلې بشپړه اوږدبدنه یې په لاس راوړئ.

حل

دمېلې په عرضي مقطعوکې نارملي قوه N ټاکو.ددې له پاره لومړی د مېلې دAB برخې په $\text{I}-\text{I}$ عرضي مقطع کې دپرې کونې(قطع) طریقې په مرسته په لاس راوړو:

$$\Sigma Z = -P_1 + N_1 = 0$$

د پورتني فورمول څخه په لاس راوړو چې:

$$N_1 = P_1 = 2Tons$$ کشش

لیدل کیږي،چې دمیلې دغه برخه په کشش کې فعالیت کوي (2.7 شکل. په همدې ډول ورته د BC برخې $\text{II}-\text{II}$ مقطع ګورو:

$$\Sigma Z = -P_1 + P_2 + N_2 = 0$$

له دې ځایه په لاس راوړو چې:

$$N_2 = P_1 - P_2 = 2 - 3 = 1ton$$

اوس د CD برخې مقطع ګورو:

$$\Sigma Z = -P_1 + P_2 - P_3 + N_3 = 0$$

له دې ځایه په لاس راوړوچې:

$$N_3 = 2 - 1 + 4 = 5Tons$$

دنــارمــلي قــوودلاس ته راغـلـوقيمتونو له مخې په يـوټاكلي مقياس $1000\ Kg/cm^2$ او $10tons \approx 10mm$ كې دياګرام وكاږو(2.7eشكل).
ښـرګنده ده،چې دمېلې دهرې بـرخې په عرضي مقطعـوكې نارملي تشنج رامنځ ته كېږي .لكه د AB په برخه كې:

$$\sigma_{AB} = \frac{N}{A_1} = \frac{2 \times 10^3}{2} = 1000\frac{Kg}{cm^2}$$

دBC په برخه كې مقطع دوه مساحته لري نوځكه:

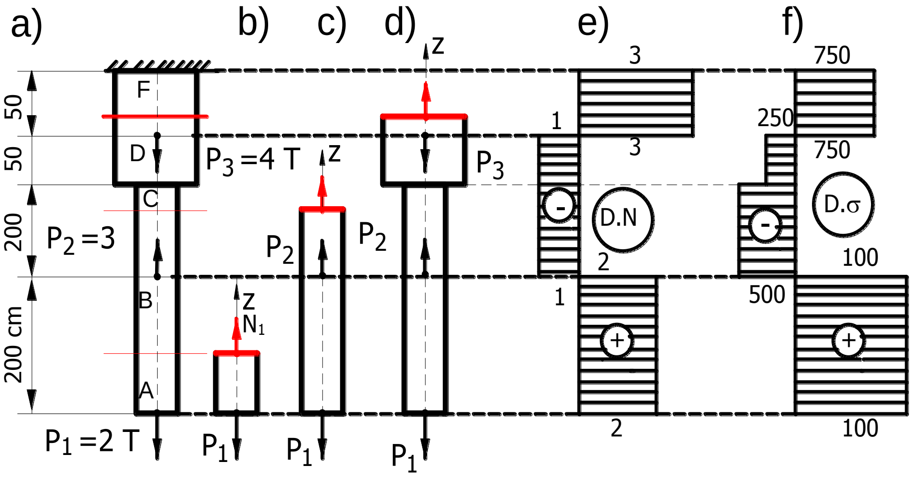
$$\sigma_{BC} = \frac{N_2}{A_1} = \frac{-1 \times 10^3}{2} = -500\frac{Kg}{cm^2}$$

د CD په برخه کې:

$$\sigma_{BC} = \frac{N_2}{A_2} = \frac{-1\times10^3}{4} = -250\frac{Kg}{cm^2}$$

د DF په برخه کې:

$$\sigma_{DF} = \frac{N_3}{A_2} = \frac{3\times10^3}{4} = 750\frac{Kg}{cm^2}$$



2.7 شکل: د ځورندې مېلې ببلا بېلې پرې شوې برخې

د نـارملي تـشنجاتو دحـاصل شووقيـمتونو له مخې په يوټاکلي مقياس کې $1000\ Kg/cm^2 \approx 10\,mm$ کې دياګرام وکاږو(2.7fشکل).دمېلې دبشپړې اوږدېدنې د ټاکلوله پاره،لومړى دهرې يوې برخې اوږدېدنه پيدا کوو:

$$\Delta l_{AB} = \frac{N_1 \times d}{A_1 . E} = \frac{\sigma_{AB} \times d}{E} = \frac{1000 \times 200}{2 \times 10^6} = 0{,}1 cm$$

دميلې دغه برخه اوږدېدنه حاصلوي .

$$\Delta l_{BC} = \frac{N_2 \times c}{A_1 \times E} = \frac{\sigma_{BC} \times c}{E} = \frac{-500 \times 100}{2 \times 10^6} = -\ 0.025\, cm$$

د ميلې دغه برخه لنډيږي .

$$\Delta l_{CD} = \frac{N_2 \times c}{A_1 \times E} = \frac{\sigma_{CD} \times c}{E} = \frac{-250 \times 50}{2 \times 10^6} = -0.00625\ cm$$

دميلې دغه برخه لنډيږي .

$$\Delta l_{DF} = \frac{N_3 \times a}{A_2 \times E} = \frac{\sigma_{DF} \times a}{E} = \frac{750 \times 50}{2 \times 10^6} = 0{,}019\, cm$$

دميلې دغه برخه اوږدېږي .دميلې بشپړه اوږدېدنه په لاندې ډول لاس ته راوړو:

$$\Delta l = \Delta l_{AB} + \Delta l_{BC} + \Delta l_{CD} + \Delta l_{DF} =$$

$$= 0.1 - 0.25 + 0.00625 + 0.019 = 0.375 cm$$

$$= 0.375\ cm$$

2.3 دموادودشکل په بدلون باندې د تودوخې اغېزه

دميلې دشکل په بدلون باندې د تودوخې داغېزې دمطلب د روښانه کولو له پاره د قوود مستقل عمل له پرنسيپ څخه کاراخلو :

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \alpha \times t \qquad 2.10$$

دلته :

ε - د شکل نسبي بدلون دی .

α- دموادوحرارتي انبساطي ضريب دی .

t - تودوخه ده .

σ - نارملي تشنج دی .

دمتجانسوموادوله پاره اوږدېدنه په لاندې ډول حاصلوو :

$$\Delta l = \frac{N \times l}{E \times A} + \alpha \times l \times t$$

2.4 په کشش–فشار کې دموادوذاتي وزن اغېزه

دمـطلب دروښانه کولوله پاره لومړی يوه ميله (2.8a شکل)چې له سختې اتکاء سره نښتې ده په پام کې نيسو،اوپه يوه کيفي برخه کې يې غوڅوواود پاتې شوې برخې تعادل يې ګورو:

$$N_z = G$$

دلته :

G - د موادو ذاتي وزن دی او په لاندې ډول لاس ته راځي :

$$G = A \times \gamma \times z$$

دلته :

γ - دموادو حجمي وزن دی .

A - دعرضي مقطعې مساحت دی .نوځکه په لاس راوړو چې :

$$N_z = A \times \gamma \times z$$

دامتدادي قوې دلاس ته راوړلو نه وروسته نارملي تشنج ټاکو:

$$\sigma_z = \frac{N_z}{A} = \frac{\gamma \times z \times A}{A} = \gamma \times z \qquad 2.11$$

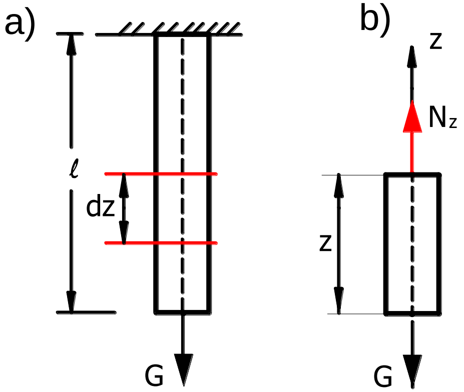
د z قیمت د $0 \le z \le l$ ترمنځ متحول دی،که چېرې : $z = 0$ شي،نو

$\sigma_z = 0$.اوکه $z = l$ شي،نو $\sigma_{\max} = \gamma \times l$ کېږي .

له پورتنۍ افادې څخه لیدل کیږي، چې نارملي تشنج دعرضي مقطعې پورې کومه اړه نه لري او دمیلې دبشپړه اوږدېدنې دلاس ته راوړلو پاره دمیلې څخه یوه ډېره کوچنۍ برخه dz رابېلوو:

$$\Delta l = \frac{N \times l}{E \times A} = \int \frac{N \times dz}{E \times A} = \int \frac{\gamma \times z \times A}{A \times E}\, dz =$$

$$= \frac{\gamma \times A}{A \times E} \int z \times dz = \frac{\gamma \times A}{2E \times A}(l^2 - z^2).$$



2.8 شکل: ځوړنده مېله

پورتنۍ افاده د شکل دبدلون قانون ښکارندوی ده،که چېرې $z = l$ شي،
نو په لاس راوړو چې:

$$\Delta l = \frac{\gamma \times A \times l^2}{2 \times E \times A} = \frac{\gamma \times A \times l \times l}{2E \times A} = \frac{G \times l}{2E \times A} \qquad 2.12$$

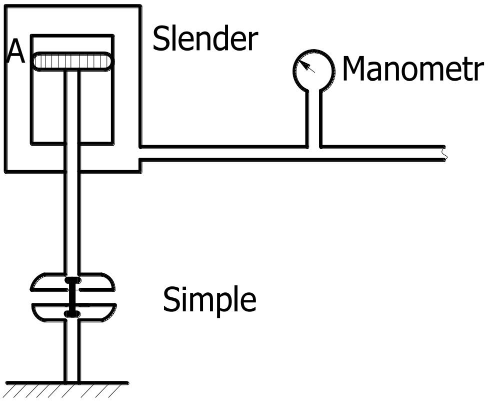
که چېرې پورتنۍ معادله د(2.9)معادلې سره پرتله شي،نوویلی شو چې د
موادو له ذاتي وزن څخه د شکل لاس تـه راغلی بـدلون نسبت هغه بدلون ته چې
له بهرني بار څخه منځ ته راځي دوه ځلې کوچنی دی.

2.5 دکشش دیاګرام (Strain diagram)

دبېلابېلوموادودخېړلولپاره چې دبارونوتراغېزولاندې پراته دي،دهرې یوې
جوړې دنمونو لابراتواري ازمېښت اجراءکېږي.دغه ازمېښت دمیخانیکي

ځانګړتیاوو (مشخصاتو)دعددي قیمتونودټاکنې له پاره،چې دهغوي له مخې بیادمو ادومحکم والی اوپلاسټیکیت ټاکلی شوترسره کېږي،دغه ځانګړتیا وې دمو ادودمیخانیکي ځانګړتیاووپه نوم سره یادوي.دمو ادودازمېښت له پاره چې کوم ماشینونه کارول کیږي(2.9 شکل).هغه په اتوماتیکي الاتوباندې سمبال دي اوپه اتوماتیک ډول سره دکاغذ پرمخ د نمونې اوږدېدنه د بـار د اغـېزې څخه د ګـراف په څېر رسموي.

دغه ماشین (RM-4P)مارک لري،چې ورباندې په میخانیکي یا هایدرو لیکي ډول سره فشارراځي لومړی د A په سلندرکې تیل اچول کېږي، بیا په سلندرکې پیستون دهایدرولیکي فشارپه ذریعه پورته خواحرکت کوي اوپه پایله کې نمونه کشش کېږي دکششي قوې اندازه دمانومترپه ذریعه اندازه کېږي.



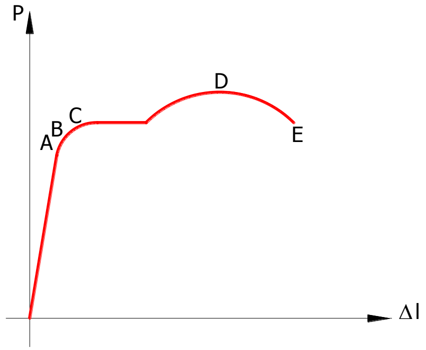
2.9 شکل: دازمېښت اله

دنمونې دمطلقه اوږدېدنې Δl اوکششي قوې ترمنځ درابطې ګراف دکشش دډیاګرام په نوم سره یادیږي،اوپه ماشین کې په اتوماتیک ډول سره رسمیږي.
دموادودمیخانیکي ځانګړتیاوودڅېړلوله پاره دلږکاربن لرونکی فولاد د کشش دیاګرام څخه ګټه اخیستل کیږي.زیاتره په شرطي ډول سره د باراوعرضي مقطعې دلومړني مساحت ترمنځ نسبت د نارملي تشنج قیمت ور کوي :

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

اوهمدارنګه دنمونې دشکل بدلون د نمونې دمطلقه اوږدېدنې Δl او مېلې د لومړني اوږدوالي l_0 ترمنځ نسبت د شکل د نسبي اوږدېدنې په نوم سره یادوي :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

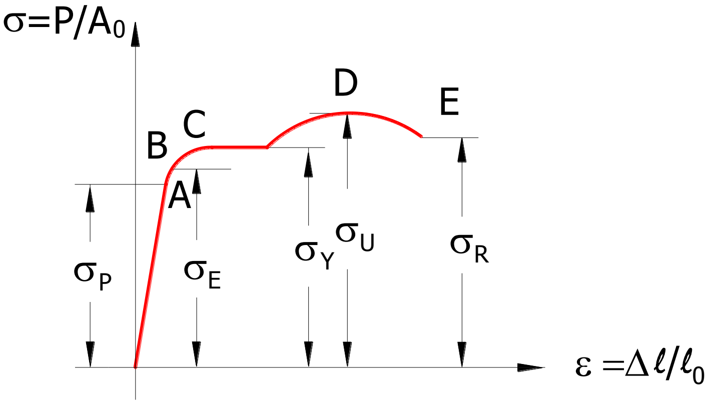


2.11 شکل: دبار او اوږدېدنې دیاګرام

په ســـاختماني چـاروکي دلـــږکاربن لرونکي فـــولاددکشش دياګرام ډېر رواج لـــري،چي په ترتيب سره يې څېړو(2.10 شکل) داسانتيا له پاره په دياګرام کې A،B،C،D او M ځانګړي نقطې په نښه کوو په دياګرام کې د O ساحه ديوې مستقيمې کرښې په څېرشکل خانته غوره کوي،چې ددې کرښې په حدودوکې نارملې تشنج σ مستقيماً د شکل د نسبې بدلون ε سره متناسب دی،يعنې په دې ساحه کې مواد دهوک دقانون نـه دارتجاعي حـد σ_E پورې پيـروي کـوي.

دتناسبي حدنه مخکې دارتجاعيت حـد σ_E (Elastic limit) منځ ته راځي

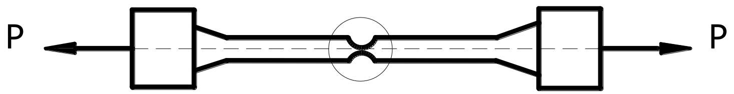
تناسبي حد σ_P (Proportional limit)**:** هغه لوړتشنج دی،چې په دې حد کې دهوک قانون څخه پيروي نه کيږي،لکه د درېم مارک فولاد له پاره ددغه حد قيمت $\sigma_P = 2100\ Kg/cm^2 \approx 210\ MN/m^2$ دی.



2.11b شکل: دتشنج اونسبي اوږدېدنې دياګرام

دافقي برخې میدانچه دسیالیت دمیدانچې په نوم سره یې یادوي. د سیالیت (Yield point) په حد σ_Y کې دنمونې له پاسه دمحورسره د 45^0 درجوپه اندازه سره کرښې- کرښې چې دلودیرس چیرنوف کرښوپه نوم سره یادېږي منځ ته راځي چې دغه کرښې دټولوموادوله پاره حتمي نه دي اوکله،کله دځینوموادوپه دیاګرام کې دغه میدانچه نه رامنځ ته کېږي.دشکل دبدلون دنورزیاتوالي سره دبارزیاتېدنه هم له سره پیل کیږي اوپه دیاګرام(2.11b شکل)کې دD په نقطه کې اعظمي تشنج $\sigma = \dfrac{P}{A_0}$ شرطي قیمت حاصلوي اودغه دمحکمیت حد σ_U (Ultimate limit) دی.

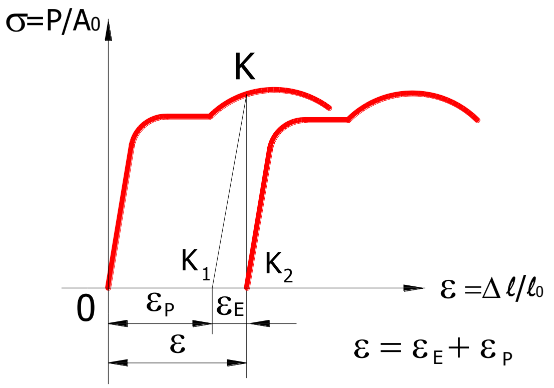
د محکمیت حد هغه تشنج دی،چې داعظمي باراودنمونې دلومړنۍ عرضي مقطعې دمساحت ترمنځ نسبت سره برابردی،اوپه دې حد کې موادتخریبېږي، او د اخرځل له پاره له ځانه مقاومت ښیي،لکه دد‌ربم مارک فولاد له پاره دغه حد $\sigma_U = 4000\ Kg/cm^2 \approx 400\ MN/m^2$ دی.



2.11 شکل: د تخریب په حال کې نمونه

په دې حدکې دموادوتخريب په يوه نقطه کې متمرکزکېږي،چې دکرد نې په نوم سره يې يادوي.کردنه په مقطع کې هغه تنګ ځای دی،چې په هغې کې د نمونې دشکل بدلون نه يوازې دنمونې داوږدوالي بلکې دنمونې د قطرپورې هم اړه لري.دD نقطې نه وروسته بارکمېږي اودکردنې مساحت هم کوچنی کېږي،او په پای کې دنمونې(2.11 شکل)تخريب منځ ته راځي چې په دياګرام کې دM نقطې سره مطابقت لري.که چېرې په دياګرام کې د K ديوې نقطې په پام کې نيولوسره دنمونې څخه بارليرې کړی شي،نود KK_1 په لورې په دياګرام کې يوه کرښه جوړېږي،چې د OA دشکل دپاتې شوي بدلون ε_P او KK_2 ټوټه کرښه

دارتجاعي بدلون ε_E سره چې دK په نـقطه کې(2.12 شکل)مطابقت لري برابر دی.دشکل بشپړبدلون،ددې بدلونونودمجموعې سره برابردی.



2.12 شکل: تکراري دياګرام

په ازمېښت کې دوه نورې میخانیکي ځانګړتیاوې یعنې دشکل نسبي پاتې شوې اوږدېدنه اونسبي پاتې شوې تنګېدنه(انقباص)پېښېږي،چې د لاندنیو فورمولونوپه مرسته یې ټاکلی شو:

$$\delta = \frac{l_R - l_0}{l_0} \qquad 2.13$$

دلته :

l_0 - د نمونې لومړنی اوږدوالی دی .

l_R - د نمونې اخرنی اوږدوالی دی .

اوهمدارنګه :

$$\varphi = \frac{A_0 - A_R}{A_0}$$

دلته:

A_0 - د نمونې لومړی مساحت دی .

A_R - د نمونې اخرنی مساحت دی .

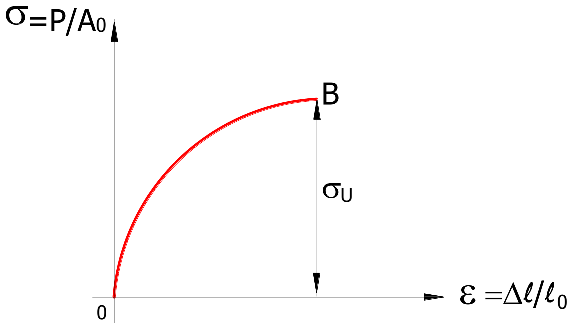
لکه ددریم مارک فولاد له پاره نسبي اوږدېد نه $\%(23 \div 21) \approx \delta$ اونسبي تنګېد نه $\%(70 \div 60) \approx \varphi$ ده .

2.6 دنازکو (ماتیدونکو) موادودکشش دیاګرام

نازکه یاماتېدونکي موادهغه مواددي،چې دشکل په ډېرلږبدلون کې تخریب کېږي، یعنې په $(\sigma - \varepsilon)$ دیاګرام(2.13 شکل)کې دسیالیت میدانچه اودکرډنې د

پيداکېدو ناحيې نشته دی ،او يوازې دميخانيکي ځانګړتياو له جملې څخه د محکموالي يوحد دی.

دمحکموالي اوپلاستيکيت دځانګړتياوله مخې موادپه پلاستيکي (نرمو) اونازکو (ماتېدنکو)باندې وېشل کېږي.پلاستيکي مواددشکل په اعظمي بدلون کې تخريبېږي،لکه لږکاربن لرونکی فولاد ،المونيم،مس اونورماتېدونکي مواد دشکل په لږ پاتې شوي بدلون کې تخريبېږي لکه ښيښه،چدن،ډبره،کانکريټ اونور.

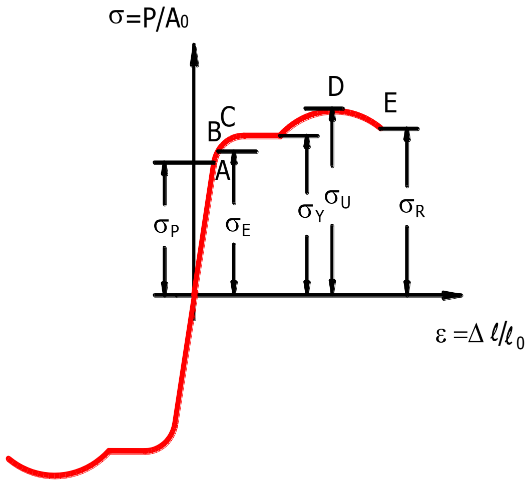


2.13 شکل: دنازکوموادودياګرام

2.7 په فشارکې دموادوازمېښت

په فشارکې دموادوازمېښت داستوانه ډوله نمونوپه مرسته چې لوړوالی يې د قطرسره برابردی ترسره کېږي.زياتره $d = h = 20mm$ اوپه اتوماتېزه ماشين کې $d = h = 6mm$ نمونه اودنوروموادولپاره مکعب ډوله نمونې چې ضلعې

يې $a = 50mm$ سره برابردي.دسيمنتونمونې لپاره $a = 70mm$ اود كانكريټو لپاره$(a = (200 \div 3000mm$ سره برابرې دي.اوس دفولادي او چدني نمونو دياګرامونه ګورو(2.14 شكل).



2.14 شكل: په كشش اوفشاركې دياګرامونه

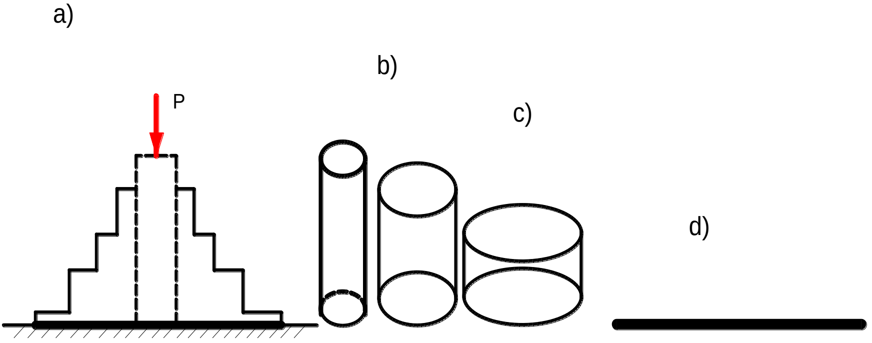
درسم شوي دياګرام په پورتنۍ برخه كې دكشش اولاندينۍ برخه كې د فشار دياګرامونه ليدل كېږي،چې دفشاردياګرام دكشش ددياګرام سره ورته دى،مګر يوازينى توپيريې دادى چې دنمونې تخريب نه دباريه زياتېدوسره،بلكې د فشارپه زياتېدواودنمونې دپلنېدوپه منځ ته راتګ سره راځې لاندنى(2.15 شكل وګورئ.

a – د P قوې تراغېزلاندې مېله.

b – د قوې د اغېزله امله دمېلې شكل بدلون.

c – دقوې د نورې اغېزې له امله دمېلې د شكل پلنېدل.

d – دمېلي پلن حالت.



2.15 شکل: په فشارکې د نمونې ازمېښت

2.8 دموادوپلاستيکيت اوناز کوالی

په پلاستيکي(نرمو)اونازکو(ماتېدونکو)موادوباندې وېش شرطي دی. د ازمېښت په پروسه کې کېدای شي چې په ډېرمهارت سره ماتېدونکي موادپه پلاستيکي موادو واړول شي.لکه دچدن يوه نمونه د ډېر زيات محيطي $(P > 400at)$ فشارلاندې دکردنې په تشکيلېدوسره تخريبېږي اوځيني معدني ډبرې د ځمکې دپورتنيو طبقو ترفشارلاندې يعنې دځمکې دحرکت په پروسه کې دشکل پلاستيکي بدلون زغمي .

دموادوپه دغو ځانګړتياو تودوخه اودبارولوموده هم اغېزلري،يعنې په ډيناميکي بارولوکې دموادوپلاستيکي ځانګړتيا لږې لېدل کيږي،اوپه پلاستيکي بارولوکې ښه څرګندېږي،لکه يوه ماتېدونکي ښيښه په ډېرمهارت

سره دتودوخې اودبارولوپه دوران کې دشکل پلاستیکي بدلون حاصلوي او لږ کاربن لرونکی فولاد په لږ ګوزارسره د ماتېدو ځانګړتیا څرګندوي.

دموادوکلکوالی یاسختي(Rigidity):دنمونې دکشش–فشارازمېښت یوازې دموادودمیخانیکي ځانګړتیاوعیني قیمت ورکوي.مګرپه تولیدي چاروکې د کیفیت دلوړتیا له پاره دپرزودجوړلوپه مهال دسملاسي(فوري) کنترول دغه رنګه طریقه دستونزونه ډکه ده،یعنې دپرزودهرې جوړې له پاره لومړی باید یو څونمونې چې دنورو پرزوسره یوځای یې دتودوخېزې عملې ټولې مرحلې تېرې کړې وي جوړې شي،اوبیادکشش دازمېښت لاندې ونیول شي،چې په پایله کې د هغوی میخانیکي ځانګړتیاوې ترلاسه کېږي.

څرګنده ده،چې دغه رنګه طریقه دموادوچټک تولید مخه نیسي،او سملاسي کنترول لږصورت نیسي،نوځکه په عملي ډول سره زیاتره دموادو د کلکوالي یاسختي په مرسته دځانګړتیاومقایسوي قیمت منل کېږي .

دموادوکلکوالی یاسختي دموادویوه ځانګړتیاده،چې موااددنورو جسمونو دمیخانیکي نفوذپه وړاندې له ځانه مقاومت ښیي.څرګنه ده،دکلکلوالي یا سختۍ دغه رنګه ټاکنه داستوارۍ دځانګړتیاووپه ټاکنې کې تکرارېږي.ددې موخې له پاره دهاردنیس (Hardness methods) یاکلکوالي میتودونه کارول کېږي،چې ډېررواجي یې دبرنیل اوراکویل میتودونه دي .

دبرنیل میتودکې دیوجسم دسطحې له پاسه یوې فولادي ګلولې تېزه څوکه چې قطریې 10mm وي،اودراکویل په میتودکې دالماسیوه مخروطي تېزه څوکه د نمونې له پاسه ترفشارلاندې راولي دواړوځېړونکودجوړوشووچاپوله مخې دموادودکلکوالي یاسختۍ په هکله خپل قضاوت کړی دی.

په لابراتواري ډول سره دځينو تجربوپربنسټ يوجدول ترلاسه شوی دی چې په دې جدول کې دکلکوالي ياسختۍ دنښوله مخې دموادوداستوارۍ حد هم په لاس راځي.

2.9 دموادوزيرمه ايز ضريب اوپه محکموالي کې دهغوې کنترول

دموادودکشش–فشارپه ازمېښت کې مودموادودميخانيکي ځانګړتياوو په هکله لږڅه معلومات ترلاسه کړل.اوس دغه مسله څېړو،چې دانجينري عناصرو په محاسبه کې د دغوځانګړتياووڅخه څرنګه ګټه اخيستل کېږي .

څرګنده ده،چې دموادومقاومت پوهنې کې استواري اومحکموالی د عناصرويوه ځانګړتيا ده،چې موادبايددبهرنيوبارونوپه وړاندې تخريب نه شي ، نوځکه د پلاستيکي بدلون پيدا ايښت دموادودتخريبي مرحلوله جملې څخه ګڼل کېږي.د شمېرنې ډېره رواجي اوعمده طريقه د تشنجاتودشمېرنې طريقه ده.ددې طريقې له مخې دعناصروپه ځينونقطوکې داعظمي پيښ شوي نارملي تشنج $\sigma_{\max}$ له مخې دموادومحکموالی شمېرل کيږي،چې دغه تشنجات د کاري (Allowable) تشنج په نوم سره يادوي :

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_{allo}}{n} \qquad 2.14$$

په دې فورمول کې :

σ_{allow} - د موادو د کاري تشنج حد دی .

n - د موادوزيرمه ايز ضريب دی،چې د يوڅخه يې قيمت لوړدی .

دنوموادو له پاره دکاری نارملی تشنج σ_{allow} پرځای دسیالیت حد $\sigma_{Y.P}$ اودماتېدونکوموادوله پاره د σ_{allow} پرځای دموءقتي مقاومت حد $\sigma_{U.l}$ منل کېږي،اودزیرمه ایزضریب انتخاب دیوڅوتحلیلونوله مخې چې په ډېرو پېښنو کې څېړل کیږي شوي دي، صورت نیسي کوم،چې په لاندې ډول یې څېړو:

1. دماتېدونکوموادوله پاره دزیرمه ایزضریب قیمت بایدنسبت پلاستیکي موادوته لوی وي،یعنې پلاستیکي موادسیالیت حد نه وروسته نورهم دلږې مودې لپاره فعالیت کولی شي،حال داچې ماتېدونکي موادمحکمیت حدنه وروسته سملا سي تخریب کېږي.

2.دموادومقاومت پوهنې په بنسټونوکې دموادودهمجنسوالي،ایزوتروپي اوپرله پسې اتکلونه شته،چې حقیقي موادلږڅه ددې اتکلونومطابقت لري،یعنې هرڅومره چې مواد دغه ځانګړتیا لــږې ولري په همــاغــه اندازه ســره یې زیــرمه ایــزضریب ډېروي لکه د ،فولادوله پاره $n = 1{,}4 \div 1{,}6$ او $n = 2{,}5 \div 3$ دی.اود لرګي له پاره $n = 2{,}4 \div 2{,}6$ او $n = 3 \div 9$

3. دزیرمه ایزضریب انتخاب د تشنجاتود محاسبوي طریقې په مرسته، دهغې دغوریا دقت اوهغوعواملوپه عواقیبوپورې اړه لري،چې دعناصرودتخریب لامل کېږي.

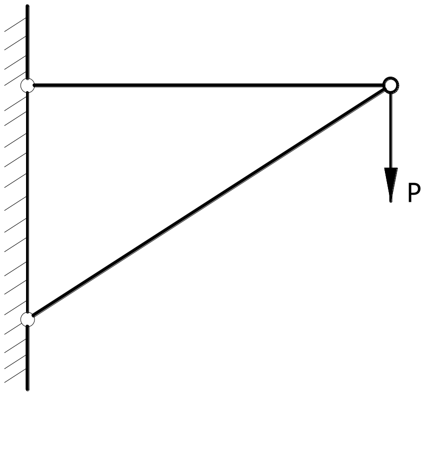
4. څرګنده ده،هغه ساختماني موادچې په ډینامیکي بارکې فعالیت کوي، نسبت ستاتیکي بارته ډېرمنل کېږي.دزیــرمه ایــزضریب ځانــګړي قیمتونه د ځینو عـــواملـــو پورې اړه لري،چې په لاربنود ماخذونو کې شته دی.

2.10 په کشش–فشار کې ټاکلي اوناټاکلي ستاتيکي سيستمونه

ټاکلي ستاتيکي سيستمونه هــغه دي،چې دستاتيک دتعادلي مــعادلوپه مــرسته ټاکل کيږي ستاتيکي سيستمونه هغه دي،چې دستاتيک معادلوپه مرسته يې حل شته دی (2.16 شکل).اوپه دغه سيستم کې دمجهولوقيمتونه د لاس ته راوړلوله پاره د ستاتيک تعادلي معادلې جوړو:

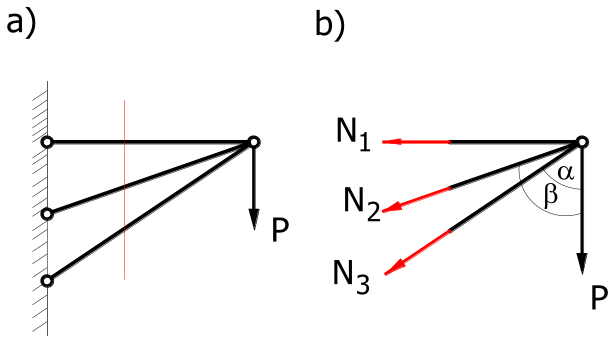
$$\Sigma X = 0$$

$$\Sigma Y = 0$$



2.16 شکل: دوه مېله ايز ساختمان

ناټاکلی ستاتیکي مسئله هغه ده،چې یوازې دستاتیک دتعادلومعادلوپه مرسته نه حل کیږي اوددې سیستم دحلولوله پاره باید د شکل بدلون یوه اضافي معادله جوړه کړی شي، لکه ددرې کنجه ستنې له پاره (2.17 شکل).



2.17 شکل: درې میله ایزه ساختمان

په دغه سیستم کې دمجهولوقیمتونودلاس ته راوړلوله پاره دستاتیک تعادلي معادلې کارو:

$$\sum X = 0; \qquad N_1 + N_2.\sin\propto + N_3.\sin\beta = 0$$

$$\sum Y = 0; \qquad -N_2.\cos\propto - N_3.\cos\beta = 0.$$

دمعادلوڅخه لیدل کیږي،چې دغه سیستم یوځل ناټاکلی ستاتیکي سیستم دی اودیوې بلې معادلې په مرسته حل کیدای شي.لاندیني مثالونه وګورئ.

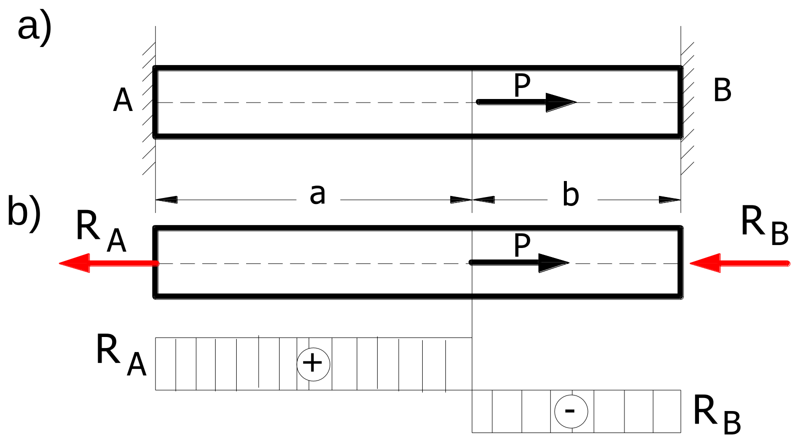
مثال 2.4

دیوي منشوري مېلې(2.18شکل)په عرضي مقطعوکې د بهرني بارد اغېزخخه نارملي تشنج وټاکئ؟

حل

دمېلې یوه نښتې څوکه خلاصوو،اوپرځای یې مجهول عکس العمل R_B عوض کوو.ددې له پاره چې دمجهول قیمت ترلاسه کړو،نودستاتیک تعادلي معادله ترتیبوو:

$$\sum \boldsymbol{Z} = \mathbf{0}; \qquad \boldsymbol{R_A} - \boldsymbol{P} + \boldsymbol{R_B} = \mathbf{0}. \qquad \text{(a)}$$



2.18 شکل: دبهرني بارلاندې مېله اود داخلي قوودیاګرام

په پورتنۍ معادله کې دوه مجهول قیمتونه شته،چې دستاتیک دیوې تعادلي معادلې په مرسته نه ټاکل کیږي،نوځکه دغه مسئله یوځلې ناټاکلې ستاتیکي مسئله ده .

ددې مسئلې دحلولو له پاره باید دشکل دبدلون یوه بله اضافي معادله جوړه کړو.څرنګه چې دمیلې عمومي اوږدېد نه صورت نه نیسي،نوځکه لروچې :

$$\Delta l = 0$$

دمیلې عمومي اوږدېدنه ددوو طریقوپه مرسته ټاکل کیږي،لومړی د P قوې او د R_B عکس العمل څخه مجموعي اوږدېدنه په لاندې ډول لاس ته راوړو:

$$\Delta l = \frac{P \times a}{E \times A} - \frac{R_B \times l}{E \times A} \qquad (b)$$

اویا د a او b برخود اوږدېدنو مجموعه پیدا کوو:

$$\Delta l = \Delta l_a + \Delta l_b = \frac{(P - R_B)a}{E \times A} - \frac{R_B \times B}{E \times A} = 0$$

لېدل کیږي،چې ددواړوطریقوپایلې سره یوشی دي،نوځکه په لاس راوړو چې :

$$R_A + R_B = P \qquad \Longrightarrow \quad R_B = \frac{P \times a}{l}$$

دستاتيک دتعادلي معادلې څخه په لاس راوړوچې :

$$R_A = \frac{P \times b}{l}$$

اوس کولای شوچې لوړتشنج قيمت په لاس راوړو:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} = \frac{R_A}{A} = \frac{P \times b}{A}$$

اوکه چيرې $a = \dfrac{l}{3}$ او $b = \dfrac{2}{3} l$ وي،نولروچې :

$$\sigma_B = \frac{0,33 \times P}{A} \qquad \text{او} \qquad \sigma_A = \frac{0,67 \times P}{A}$$

2.11 په محکميت کې دموادوکنترول

ساختماني عناصرهغه وخت محکم ګڼل کيږي،کله چې دغه لاندينی شرط بشپړ کړي :

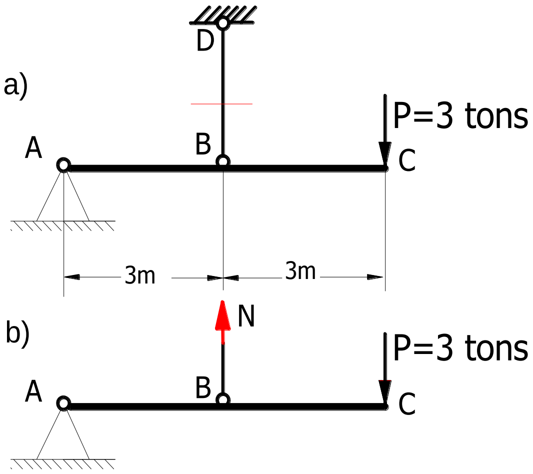
$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$$

اويا:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \leq R$$

دپورتنی معادلې په مرسته لاندې درې مسئلې حل کيداى شي:

الف–په محکموالي کې دموادوکنترول.ددرېم مارک فولادويو ګاډرچې ديوې مېلې (2.19 شکل)سره نښتي اودعرضي مقطعې مساحت يې $A = 3cm^2$ دی د 3 ټنه بارلاندې پروت دی دمېلې محکموالی کنترول کړئ.



2.19 شکل: دباراوډګاډردوزن لاندې مېله

لومړی دپرې کونې د طريقې په مرسته مجهول قيمت په لاس راوړو:

$$\Sigma M_A = 0; \qquad -N \times 3 + P \times 6 = 0$$

له دې ځايه په لاس راوړو چې :

$$N = 6\ tons$$

نوځکه لوړ شنج قیمت پیداکولی شو:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} = \frac{6 \times 10^3}{3} = 2000\ \frac{Kg}{cm^2}$$

دغه قیمت د $1600\ {}^{Kg}\!/_{cm^2}$ څخه زیات دی،نوځکه بارشوې مېله محکمه نه ده،نوبايددګاډرله پاسه بارلږکړی شي اويا دمېلې دعرضي مقطعې مساحت لوی کړی شي.

ب–دمحکموالي د شرط له مخې دمېلې دعرضي مقطعې مساحت انتخاب د محکموالي شرط په لاندې ډول سره ليکو:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} \le [\sigma]$$

له دې ځایه پیداکووچې :

$$A \ge \frac{N}{[\sigma]}$$

څرګنده ده،چې امتدادي قوه $N = 6tons$ ده،نوځکه دعرضي مقطعې مساحت په لاس راوړو:

$$A \ge \frac{N}{[\sigma]} = \frac{6 \times 10^3}{1600} = 3{,}79\,cm^2$$

ج- دمجازي بارټاکنه :دمحکموالي د شرط له مخې پيداکووچې:

$$N \leq A.[\sigma] = 3 \times 1600 = 4800\ Kg$$

دمجازي بار د ټاکنې له پاره د ستاتيک تعادلي معادله کارو:

$$\Sigma M_A = 0; \qquad -N \times 3 + P \times 6 = 0$$

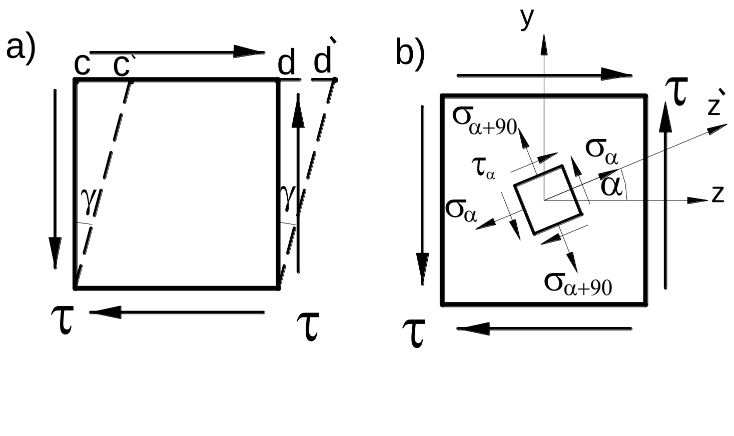
$$P = \frac{N \times 3}{6} = \frac{4800 \times 3}{6} = 2{,}4 Tons$$

دریم څپـــــــــــرکی

بې ځایه کېدنه (Shearing)

3.1.د بېځایه کېد نې په هکله معلومات

په ځینوحالتونوکې دعناصرودبېلا بېلوبرخومحکموالی اوهمدارنګه شخې په مستقیم ډول د بې ځایه کېدونکوموادودمقاومت پورې اړه لري،له دې ځایه د بېځایه کېدنې بدلون اوورسره ورته دبحراني حالت څېړل منځ ته راځي (3.1 شکل).په یوه نقطه کې دبحراني حالت دژورمفهوم دڅېړنې له پاره د سوچه بې ځایه کېد نې مفهوم ترلاسه شوی دی .



3.1 شکل: په بحراني حالت کې دعنصرعرضي مقطع

سوچه بېځایه کېد نه هغه بحراني اوبدلون موندونکي حالت ته وېل کېږي، چې په ددومخامخو عمودي سطحوکې یوازې مماسي تشنجات اغېزه کوي، دغه سطحې دسوچه بې ځایه کېد نې دسطحو په نومونو سره یادېږي :

$$\tau_{zy} = \tau$$

$$\boldsymbol{\sigma_{\alpha} = \tau . sin2\alpha} \qquad (3.1)$$

$$\boldsymbol{\tau_{\alpha} = \tau . cos2\alpha} \qquad (3.2)$$

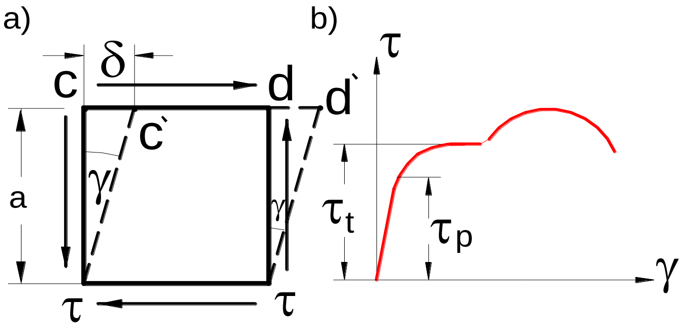
3.2 **په سوچه بې ځایه کید نې کې دهوک قانو ن** (Hook's law)

دیوعنصرد یوې کوچنۍ برخې د شکل بدلون ګورو ،لکه چې په (3.2) شکل کې لیدل کیږي،دمطلقه بېځایه کېدنې δاو د نسبي بې ځایه کېدنې ترمنځ نسبت $\gamma \approx \frac{\sigma}{a}$ د بېځایه کېد نې د زاویې په نوم سره یادیږي :

$$\tan\gamma = \frac{\delta}{a} \Rightarrow \gamma \approx \frac{\delta}{a} \qquad \Rightarrow \qquad \delta = a \times \gamma$$

تجربو ښودلې ده،چې دشکل ارتجاعي بدلون په حدودوکې دمطلقه بېځایه کېدنې قیمت دهوک د قانون له مخې ټاکل کیږي اودارتجاعیت مودول پرځای د بېځایه کېد نې مودول G چې واحد یې یوډول دی راولی:

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \quad \Rightarrow \qquad \tau = G\gamma \qquad (3-3)$$



3.2 شکل: په عرضي مقطع کې دمماسي تشنجاتو څېره

دغه نسبت په بېځايه کېدني کې دهوک دقانون په نوم سره يادېږي،اودهوک د دويم قانون نوم ورکړل شوی دی.له دې قانون څخه څرګندېږي،چې مماسي تشنج مستقيماءدمطلقه بېځايه کېدنې سره متناسب دی.دموادودمحکموالي کنترول دمجازي مماسي تشنج له مخې صورت نيسي :

$$\tau = \frac{Q}{A} \leq [\tau]$$

دمماسي تشنجاتو قيمت دمجازي نارملي تشنج له مخې هم ټاکل کيږي :

د پلاستيکي موادوله پاره: $[\tau] = (0{,}8 \div 1{,}0)$

دماتېدونکوموادوله پاره: $[\tau] = (0{,}5 \div 0{,}6)$

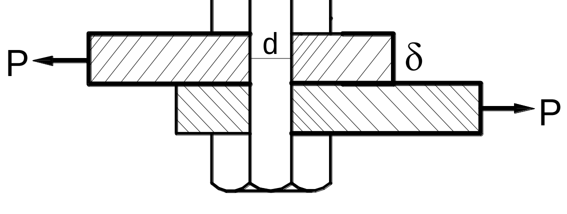
3.1 مثال

ديوبولټ له پاره چې په (3.4) شکل کې ښودل شوی دی،اودوه فولادي مېلې سره نښلوي،او قــوې $P=800Kgf$ تـراغېزلاندې واقع دی،که چېرې د مــيلې پــنډ والی $\delta=8mm$ اومــجازي مماسي تشنج يې $[\tau]=600\ Kgf/cm^2$ اونارملي مجازي تشنج يې $[\sigma_b]=2000\ Kgf/cm^2$ وي،دبولټ قطرپيداکړئ او په هغه کې نارملي تشنج وټاکئ.

حل

دلاندينۍ افادې څخه په لاس راوړو چې:

$$\frac{P}{A}=\frac{P}{\frac{\Pi}{4}d^2}\leq[\tau]$$



3.4 شکل:دبولټ په ذريعه ددووفولادي مېلونښتنه يا اتصال

له دي ځايه پيداکووچې :

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\Pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \times 800}{3.14 \times 600}} = 1{,}3cm$$

اوس د نارملي تشنج پيداکوو:

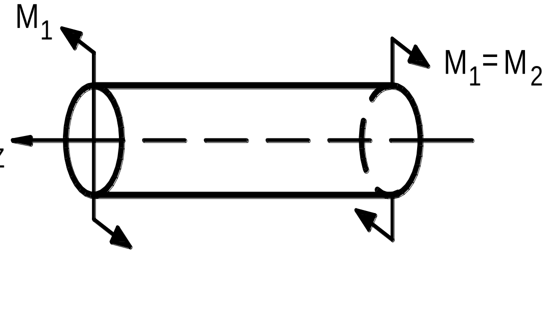
$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{b \times d} = \frac{800}{0{,}8 \times 1{,}3} = 768 \; {}^{Kgf}\!/_{cm^2}$$

څلورم څپرکی

تاوېدنه (Torsion)

4.1 د تاوېدنې اوتاوونکي مومنت په هکله معلومات

تاوېدنه ديوې د شکل هغه بدلون ته وايي،چې دمېلې (4.1 شکل) دمحورپه عمودي سطحوکې دجوړه قوويامتمرکزومومنتونوله اغېزوڅخه منځ ته راځي. تاوېدنه ډېرځلې دماشينونودوالونوپه حالت کې پېښېږي .



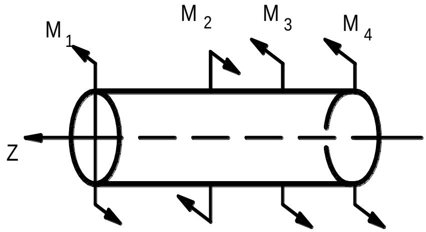
4.1 شکل: ديوعنصر له پاسه دمتمرکزومومنتونوښود نه

جوړه قوومومنتونه کوم چې په مېله باندې اغېزه کوي،بايدلاندينی شرط بشپړکړي :

$$\sum M_z = 0 \qquad 4.1$$

دمثال په ډول دهغه حالت له پاره چې په پورتني شکل کې ښودل کيږي :

$$\sum M_z = M_1 - M_2 = 0 \qquad 4.2$$



4.2 شکل: عنصردڅومتمرکزومومنتونوتراغېزې لاندې

له دې ځايه ليدل کيږي،چې M_1 او M_2 دقيمتونوله مخې سره برابردي اود علاموله مخې يودبل په مقابل کې دي.اودهغه حالت له پاره چې په (4.2) شکل کې ښودل کيږي، ليکوچې :

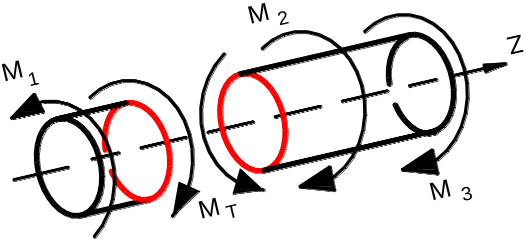
$$\sum M_z = M_1 - M_2 + M_3 + M_4 = 0$$

له پورتنۍ افادې څخه لېدل کېږي،چې ددوېمې جوړې منفي مومنت باید د مطلقه قیمت له مخې دټولومثبتومومنتونو M_1 ، M_2 او M_3 له مجموعې سره برابروي،ددې خارجي جوړه قوومومنتونه دمېلې له پاره بارونه دي اوهغه د خارجي تاوونکویاڅرخي مومنتونـــوپه نومونوسره یادوي.په مېله باندې د تاوونکومومنتونوپه اغېزوسره دهغه په عرضي مقطعو(4.2 شکل) کې داخلي تاوونکي مومنتونه M_{T_1} ، M_{T_2} ،.......منځ ته راځي .

4.2 عنصر دتاوېدنې په حال کې اودهغه د ننه داخلي نیروګانې یاقوې

ددې له پاره چې دمېلې په کومه کیفي عرضي مقطع کې تاوونکی مومنت و شمېرل شي،باید په کیفي ډول په همدې مقطع کې مېله پرې کړی شي یعنې د پرې کونې دطریقې په مرسته یې یوه خوا لیرې غورځوواوپه بله خوایې د غورځېدلې خوا اثرعوض کوو ،چې د تاوونکي مومنت له محصلې سره برابر دی اود تعادلي معادلې څخه یې قیمت لاس ته راوړو.

دمېلې په هره یوه کیفي عرضي مقطع کې تاوونکی مومنت دټولوهغو بهرنیو مومنتونودالجبري مجموعې سره برابردی چې دمقطعې په یوې خواکې واقع شوی وي اومومنت یې دمحصلې په مقابل کې لوری یاجهت ولري.داخلي تاوونکی مومنت چې دمېلې (4.3 شکل) په یوې خوا باندې اثرکوي په مقابل لوري کې دهغه تاوونکي مومنت سره چې په بله خوااثرکوي برابر دی .



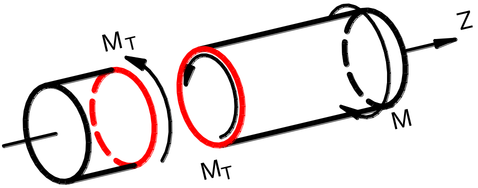
4.3 شکل: عنصر دڅو متمرکزو مومنتونو تراغیزې لاندې

په يو ساده حالت کې(4.4 شکل)،کله چې مېله په څوکوکې يود بل په مقابل کې په دووبرابروتاوونکومومنتونو بارشوي وي،دمېلې په عرضي مقطعوکې تاوونکی مومنت په ټولوعرضي مقطعوکې يوډول کميت لري :

$$M_T = M$$

ددې مومنتونو توپېرد مطلقه قيمت له مخې ددې مومنتونوله تعادلي شرط څخه لاس ته راځي :

$$\sum M_z = M - M_T = 0$$



4.4 شکل: دميلې قطع

4.3 د ګردي عرضي مقطعې لرونکي میلې په تاوېد نې کې دشکل بدلون اومماسي تشنج

دګردې مقطعې لرونکې میلې د تاوېدنې کتنې اوتجربې په ارتجاعې شکل بدلون کې ښیي چې:

الف ـ عرضي مقطع د شکل دبدلون د مخه اووروسته په خپل حال پاتې کیږي اودمحورله پاسه عموده ده.

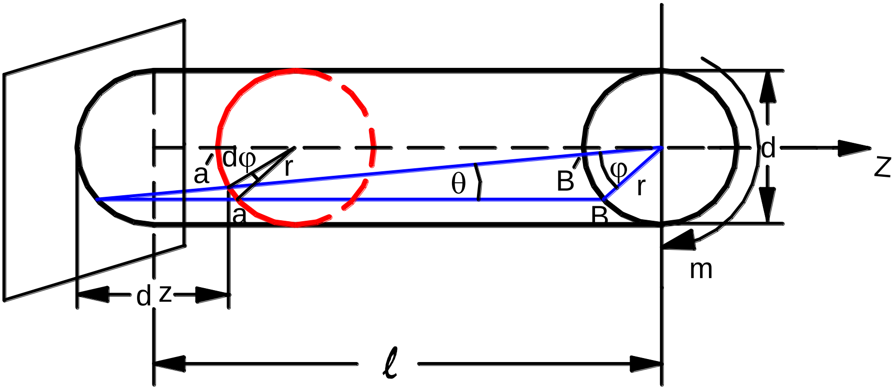
ب- دسلندرقطر اوهمدارنګه دهغې اوږدوالی اود دووعرضي مقطعو ترمنځ فاصله یې بدلون نه مومي .

ج- دمستقیموکرښوسلندر په پیچې ډول سره اوړي .له (4.5) شکل څخه لېدل کیږي،چې دبېځایه کېدنې زاویه γ اودتاوېدنې زاویې $d\varphi$ ترمنځ لاندینۍ رابطه شته دی :

$$\gamma = r\frac{d\varphi}{dz} = r \times \theta$$

دلته :

$\frac{d\varphi}{dz} = \theta$ د تاوېدنې نسبي زاويه ده،چې دتاوېدنې زاويې $d\varphi$ او dz فاصلې له نسبت څخه لاس ته راځي.



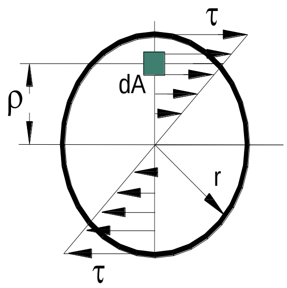
4.5 شکل: مېله دتاوېدنې په حال کې

دهوک دقانون له مخې په ببځایه کېدنې کې دمماسي تشنج $\tau = G\gamma$ د لاس ته راوړلوله پاره لاندینی افاده کاروو:

$$\tau = G\frac{rd\varphi}{dz} = G \times r \times \theta \qquad (4.3)$$

د پورتنۍ افادې څخه لېدل کيږي، چې مماسي تشنج (4.5 شکل) د مستقيم خط د قانون له مخې بدلون مومي، نوځکه د هرې يوې برخې له پاره چې د ρ په فاصله سره له محور څخه واقع کيږي مماسي تشنج شمېرلی شو:

$$\tau_{\rho} = G\frac{\rho.d\varphi}{dz}G.\rho.\theta$$



4.6 شکل: د يو عنصر کيفي عرضي مقطع

د dA ډېرې کوچنۍ سطحې له پاسه ډېره کوچنۍ عرضي قوه dQ_i په لاندې ډول سره لاس ته راوړو:

$$dQ_i = \tau_{\rho} dA = G\frac{\rho.d\varphi.dA}{dz}$$

دلته:

dQ_i - کوچنۍ عرضي قوه .

τ_{ρ} - مماسي تشنج .

dA - دکوچنۍ برخې مساحت .

G - دارتجاعیت دوېم مودول یا دیونګ مودول .

$d\varphi$ - ډېره کوچنۍ زاویه ده.

ρ - انحنایي شعاع.

$d\rho$ - ډېره کوچنۍ انحنایي شعاع.

dz - ډېرکوچنی اوږدوالی دی .

ددې قوې مومنت نسبت دسلندرمحورته لاندینی قیمت ځانته غوره کوي :

$$dM = dQ_i . \rho = G . \rho^2 \frac{d\varphi}{dz} dA$$

دټولې عرضي مقطعې له پاسه دټولوډېروبې نهایته کوچنیومومنتونو مجموعه په لاندې ډول ده :

$$M_z = \int_A G . \rho^2 \frac{d\rho}{dz} \, dA$$

اویا:

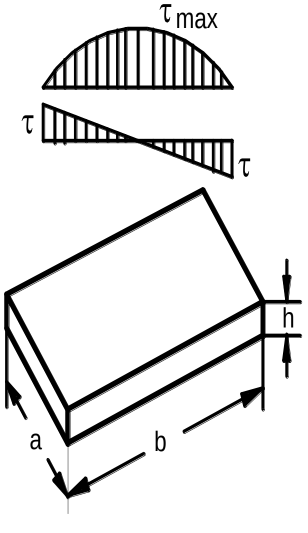
$$M_A = G \frac{d\varphi}{dz} \int_A \rho^2 . \, dA$$

د ټولې عرضي مقطعې له پاسه په انتګرالونې کې $\frac{d\varphi}{dz}$ او G قيمتونه ثابت دي،اود $\int_A \rho^2 dA$ انتګرال يوه هند سي مشخصه ده،اودانرشيايي قطبي مومنت په نوم سره ياديږي،نوځکه :

$$M_z = G\frac{d\varphi}{dz}I_\rho \qquad 4.4$$

د $\frac{d\varphi}{dz}$ قيمت په افاده کې وضع کوو ،اودهرې يوې عرضي مقطعې له پاره په لاس راوړو ،چې:

$$\tau = \frac{M_z}{I_\rho}\rho = \frac{M_T}{I_\rho}\rho$$



4.7 شکل: مستطيلي عرضي مقطع

دعرضي مقطعې په مدارکې مماسي تشنج لوړقيمت لري:

$$\tau_{max} = \frac{M_T}{I_\rho}\rho = \frac{M_T}{W_\rho}$$

دلته:

W_ρ - دمـــقاومت قــطبي مومنت دی،چې دګــردې یادایروی مقطعې له پاره دی،یعنې $W_\rho = 0,2.d^3 cm^3$ اودمقاومت مومنت $I_\rho = 0,1.d^4 cm^4$

$W_\rho = \frac{I_\rho}{\rho}$.

دمستطیلي عرضي مقطعې(4.7 شکل له پاره مماسي تشنج په لاندې ډول پیداکوو:

$$\tau = \frac{M_z}{\alpha \times b \times h^2}$$

چې د α قیمت د b/h قیمت د قیمت له مخې دجدول څخه اخیستل کیږي:

4.1 جدول دبېلابېلوپارامترونوقیمتونه

$\frac{b}{h}$	1	2	4	10	∞
α	0.208	0.246	0.282	0.313	0.333
β	0.141	0.229	0.281	0.313	0.333
$\alpha\ \ \beta$	1.000	0.415	0.186	0.074	0.000

دتاوېدنې زاویه فورمول له (4.2) فورمول څخه په لاس راوړو،چې د dz اوږدوالي له پاره $d\varphi = \frac{M_T dz}{GI_\rho}$ دی،نوځکه دتاوېدنې بشپړه زاویه به لاندینی قیمت واخلي :

$$\varphi = \int_0^l \frac{M_T\, dz}{G.I_\rho} = \frac{M_z.l}{G.I_\rho}$$

دپورتنۍ افادې په مخرج کې GI_ρ په تاوېدنې کې دموادوشخي ده .

4.4 په تاوېدنه کې دشمېرنې معادلې

په تاوېدنه کې دوال دمحکمیت د ټاکنې له پاره دشمېرنې فورمول په لاندې ډول لاس ته راوړو:

$$\tau_{\max} = \frac{M_T}{W_\rho} \le [\tau] \qquad 4.9$$

دلته :

$[\tau]$- مجازي تشنج دی،یاپه بل عبارت سره ددې له پاره چې وال په محکمیت کې کنترول شي،باید لوړتشنج ددې حد نه تیری ونه کړي.دمجازي تشنج دغه قیمت په کشش کې دمجازي تشنج دقیمت څخه د $0{,}5 \div 0{,}6$ پورې منل کیږي،که چېرې دوال ابعاد اودمجازي تشنج قیمت معلوم وي،نوکولای شوچې دتاوېدنې مومنت پیداکړو:

$$M_\rho = \le [\tau]\ .\ W_\rho$$

د وال دمقطعې په انتخاب کې دمقطعې ابعاد په لاندې ډول ټاکل کیږي:

$$W_\rho \geq \frac{M_T}{[\tau]} \qquad (4.10)$$

په پورتني فورمول کې که چیرې $W_\rho = 0{,}2.d^3$ وي،نو قطربه په لاندې ډول $0{,}2.d^3 \geq \frac{M_T}{[\tau]}$ وي اویا په لاس راوړو چې:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_T}{0{,}2[\tau]}} = 1{,}72\sqrt[3]{\frac{M_T}{[\tau]}} \qquad 4.11$$

دوال په تاوولو کې معمولاء دمومنت پرځای طاقت هم کارول کیږي، نو ځکه په لاس راوړو چې:

$$M_T = 716{,}2\frac{N}{n}Kg.m = 71620\frac{N}{n}Kg.cm$$

بیا له دې نه وروسته د وال قطرپیدا کوو:

$$d \geq 1{,}72\sqrt[3]{\frac{71620\times N}{n[\tau]}} = 72\sqrt[3]{\frac{N}{n[\tau]}}$$

دوال دمحکموالي دکنترول نه وروسته دوال شخي کنترولوو،یعنې په یو مترکې دتاوېدنې زاویه پیداکوو:

$$\varphi = \frac{M_T \times 100 \times 180^0}{G.I_\rho \Pi}$$

بیا له دې ځایه انرشیایي مومنت په لاس راوړو:

$$I_\rho \geq \frac{18000 \times M_T}{G\Pi[\varphi]}$$

د پنډ وال له پاره لروچې:

$$\frac{\Pi d^4}{32} \geq \frac{18000 \times M_T}{G\Pi[\varphi]}$$

له دې ځایه په لاس راوړوچې:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{18000 \times M_T \times 32}{G\Pi^2[\varphi]}} = 15,3.\sqrt[3]{\frac{M_T}{G\Pi[\varphi]}}$$

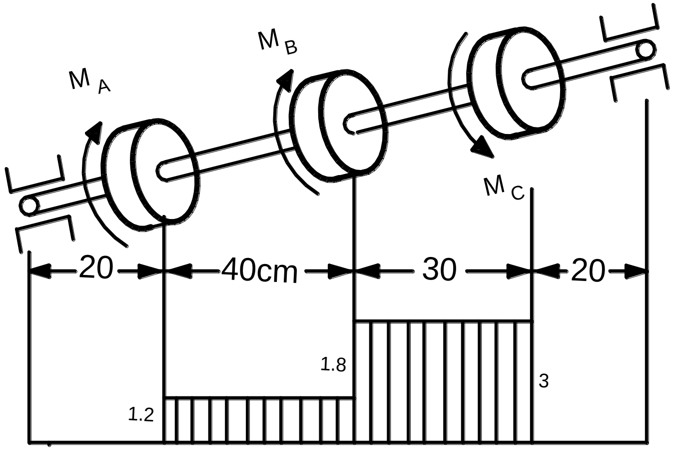
اویا:

$$d \geq 15,3 \times \sqrt[4]{\frac{71620 \times N}{nG[\varphi]}} = 250 \times \sqrt[4]{\frac{N}{\Pi G[\varphi]}}$$

دغه افاده دوال دقطرپیداکولوزمینه برابروي،نوځکه دمحکموالي د کنترول دوه شمېرنې شته دی،یوه یې دمحکموالي د شرط له مخې اوبله د شخي د شرط له مخې.

4.1 مثال

یووال ددریوڅرخونونه جوړشوی دی اودیووال(C) په ذریعه حرکت کوي، دوال قطرپیداکړئ،که چیرې دوال له پاره مجازي مماسي تشنج $[\tau]=80\ {MN}/{m^2}$ قیمت وي.



4.8 شکل: دڅرخونوڅخه جوړشوی وال

حل

لومړی حرکت ورکونکی مومنت پیداکوو:

$$\sum M_Z = 0; \qquad M_A + M_B - M_C = 0$$

$$12 + 1.8 - M_C = 0.$$

$$M_C = 1.21.8 = 3\ KN.m$$

له دې نه وروسته د وال قطر پیداکوو:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_T}{0.2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{3}{0.2 \times 80 \times 10^3}} = 0.0573m = 5.73cm$$

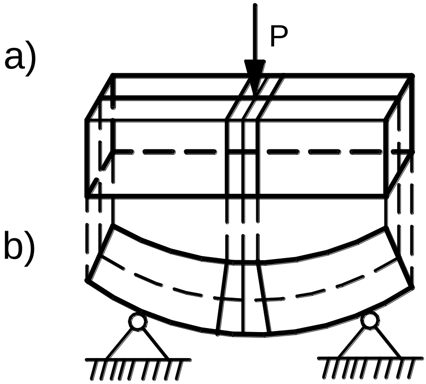
$$d = 5.73cm$$

پنځم څپـــــــــرکی

دمستقيم ډوله مېلې کوږوالی (Bending of a straight rod)

5.1 عمومي معلومات

ديوې مېلې کوږوالی دشکل هغه بدلون ته ويل کېږي،چې دهغې پـه انساجو (تسمو)کې دبهرنيوقوواودمومنتونوله اغېزوڅخه منځ ته راځي،کوم چې دهغې دمحورله پاسه عمودي عمل کوي.دغه بهرنۍ قوې دهغې دمحورله پاسه عمودي مومنتونه دهغې په سطحه کې پراته دي،اودهمدې محورڅخه تېرېږي.هغه مېله چې په کوږوالي کې فعاليت کوي،دګاډر(Beam) په نوم سره يې يادوي.



5.1 شکل: مېله ديوې قوې لاندې

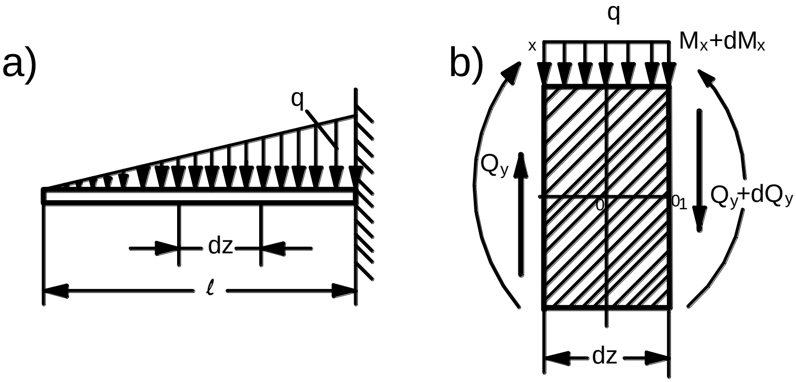
اوس يوګاڼر(5.1 شکل)،چې ددوومومنتونواويا ديوې متمرکزې قوې له اغېزې څخه کږوپ ياکوږشوی دی ګورولېدل کيږي،چې دګاډردمحورنه پاسنۍ تسمۍورو ورو لنډيږي اوبرعکس کښتنۍ تسمې اوږدېږي،مګردمېلې محورپه خپل حال پاتې کېږي،اويوازې کږېږي.

دبارونودواقع کېدواودمېلودڅوکودنښتنې دطرزله مخې په مېله کې څو ډوله کوږوالی پېښېږي يعنې کله چې دمېلې په عرضي مقطعوکې يوازې د کوږوالي مومنت داخلي عامل وي،اونـورعوامل يې صفروي،نودغه رنګه کوږوالي ته سوچه کوږوالی (Pure bending) ويل کېږي.

کله چې مېله لږترلږه يومتناظرمحورولري،اوخارجي قوې اوياتکاءيز عکس العملونه په هغه سطحه کې واقع وي،چې دمتناظرمحورسره منطبق وي، او د کږې ياګروپې شوې مېلې محورهم په همدې سطحه کې پروت وي،نودغه رنګه کوږوالی ته سطحي کوږوالی (plane bending)وايي.اوکه چېرې دمېلې په عرضي مقطعوکې هم مهاله دکوږوالي دوه مومنتونه M_x او M_y پيښې شي،نوپه دې حالت کې دې ډول کوږوالي ته مايل کوږوالی (Oblique bending)ويل کېږي.

5.2 د کوږوالي مومنت M ،عرضي قوې Q اوويشلي بار ترمنځ ديفرينسيالي رابطې:

د دې مطلب د څرګندولوله پاره له ګاډر(5.2 شکل) څخه يوه ډېره کوچنۍ برخه رابېلوواود بهرني بارتراغېزلاندې يې مطالعه کوو.



5.2 شکل: د وېشلي بارلاندې ګاډر

دګاډربنی اوکینه خواغورځوواویوازې دپاتې شوې برخې تعادل یې ګورو ، نود ستاتیک د تعادلي معادلوله مخې لروچې:

$$\sum M_{o_1} = M_x - (M_x + dM_x) + Q_y \times dZ - \frac{1}{2} q dZ^2 = 0$$

څرنګه چې په معادله کې د $q\frac{dz^2}{2}$ ډېرکوچنی قیمت دی،نوېې په پام کې نه نیسو.له پورتنۍ افادې څخه په لاس راوړوچې:

$$\frac{dM_x}{dz} = Q_y \qquad 5.1$$

له پورتنۍ معادلې څخه څرګندېږي،چې عرضي قوه دکوږوالي مومنت د مشتق سره برابره ده اودا د ژورافسکي د قضیې په نوم سره یادیږي.

همدارنګه نسبت y محورته د ټولوقوودمرتسیمونوالجبري مجموعه نیسو:

$$\sum Y = 0; \qquad -qdz + Q_y - (Q_y + dQ_y) = 0$$

اویا:

$$-qdz + Q_y - Q_y - dQ_y = 0$$

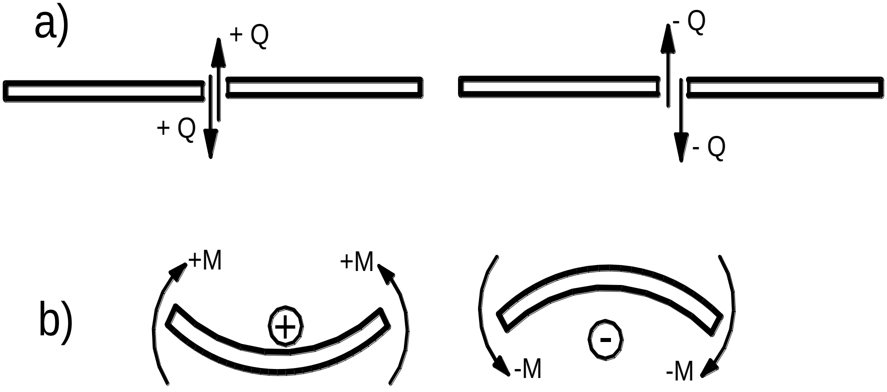
له دې ځایه لروچې:

$$q = -\frac{dQ_y}{dZ} \qquad 5.2$$

دپورتنۍ رابطې څخه څرګندېږي چې دوېشلي منظم بارشدت q د عرضي قوې د مشتق سره برابر دی.

5.3 دعرضي قوې اود کوږوالي مومنت دعلامود پېژندنې قاعده

دیوګاډر (5.3a شکل) دیوې عرضي مقطعې په کینه خواکې دواقع شووقوو له مخې دعرضي قووپه شمېرنه کې عرضي قوه مثبته شمېرلی شوکه چېرې قوې پورته خواته لوری ولري،اوبرعکس عرضي قوه منفي قیمت لري،نوځکه د عرضي قووعلامې دقوودځایونوپورې اړه لري.یاپه بل ډول که چېرې بهرنې قوې دګاډرڅوکي دساعت دستنې دحرکت په مطابق وڅرخوي،نوعرضي قوه مثبته او برعکس منفي ده.اوکه چېرې دګاډردعرضي مقطعې په ښې خواکې دټولو قوو الجبري مجموعه پورته خوا ته لوري ولري،نوعرضي قوه مثبته اوبرعکس منفي ګڼل کیږي.



5.3 شکل: مېلې په پرې شوي حالت کې

که چېرې بهرنۍ قوې دمېلې 5.3b شکل) کښتنۍ تسمې کش او پورتنۍ تسمې لنډې کړي، نودکوږوالي مومنت قیمت مثبت اوبرعکس منفي دی.یاپه بل ډول که چېرې مېله مقعره کړي،نودکوږوالي مومنت مثبت اوکه مېله محدبه کړي نو منفي دی.

5.1 مثال

یوه مېله (5.4 شکل) په پام کې ونیسئ اودهغې په بېلا بېلوعرضي مقطعو کې عرضي قوې اودکوږوالي مومنتونه پیدا اودیاګرامونه یې وکاږئ.

حل

ترهرڅه دمخه لومړی اتکاءیزعکس العملونه په لاس راوړواوبیا په 1–1 مقطع کې عرضي قوې اودکوږوالي مومنتونه شمېرو:

$$R_A = R_B = \frac{ql}{2}$$

$$Q_{1-1} = R_A - q \times z_1$$

د Z_1 قیمت د $0 < z_1 < l$ ترمنځ متحول دی، که چېرې:

$Z_1 = 0; \qquad \Longrightarrow \qquad Q_A = \frac{ql}{2}$

$Z_1 = \frac{l}{2}; \qquad \Longrightarrow \qquad Q_C = \frac{ql}{2} - \frac{ql}{2} = 0;$

$Z_1 = l; \qquad \Longrightarrow \qquad Q_B = \frac{ql}{2} - ql = -\frac{ql}{2}$

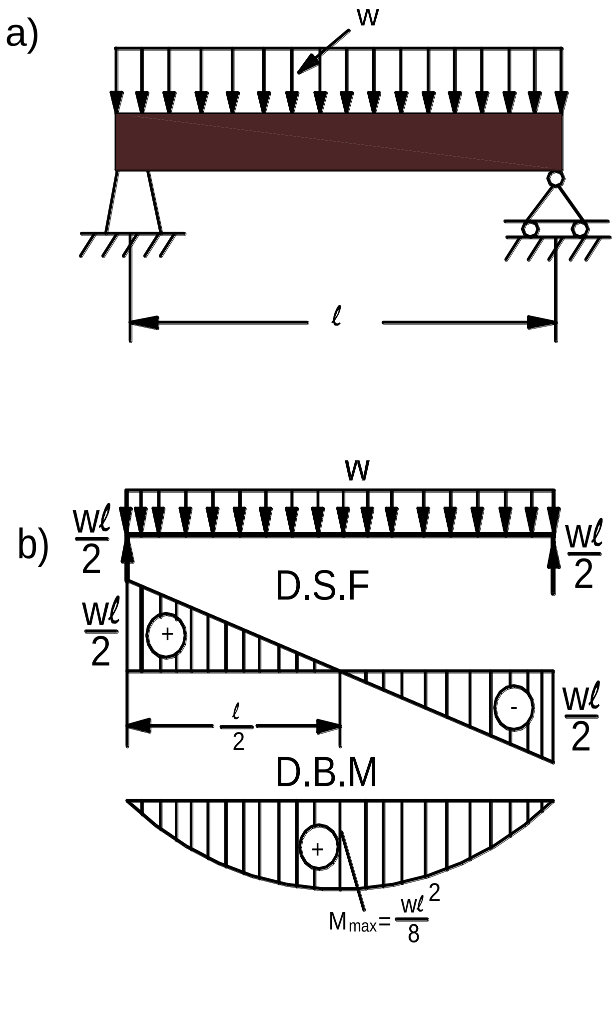
اوس دکوږوالي مومنتونه پیداکوو:

$$M_{1-1} = R_A \times z_1 - q \times z_1 \frac{z_1}{2}$$

$Z_1 = 0; \qquad \Longrightarrow \qquad M_A = 0$

$Z_1 = \frac{l}{2}; \qquad \Longrightarrow \qquad M_B = \frac{ql}{2} l - \frac{ql}{2} l = 0;$

$$Z_1 = l; \qquad \Longrightarrow \qquad M_C = \frac{ql}{2} \times \frac{l}{2} - q\frac{l}{2}\frac{\frac{l}{2}}{2} = \frac{ql^2}{8}$$



شکل 5.4: دوېشلي بارلاندي ګاډر

مثال5.2

دمتمرکزو بارونو $P_1 = 4tons \; P_2 = 3tons$ تراغېزولاندې د $l = 10\,m$ په اوږدوالي یو ساده ګاډر په(5.5) شکل کې ورکړی شوی دی.

حل

لومړی اتکاء یزعکس العملونه ټاکو ،د دې له پاره نسبت A او B اتکاء ګانو ته تعادلي معادلې ترتیبوو:

$$\sum M_A = 0;$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$\sum Y = 0.$$

د غه معادلې بشپړوو:

$$\Sigma M_A = P_1.a + P_2(a+b) - R_B(a+b+c) = 0$$

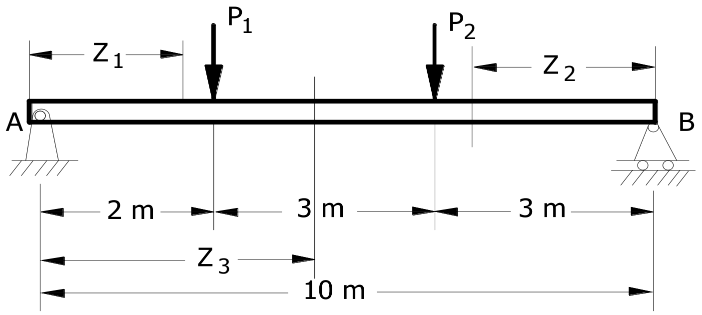
له دې ځایه په لاس راوړو چې:

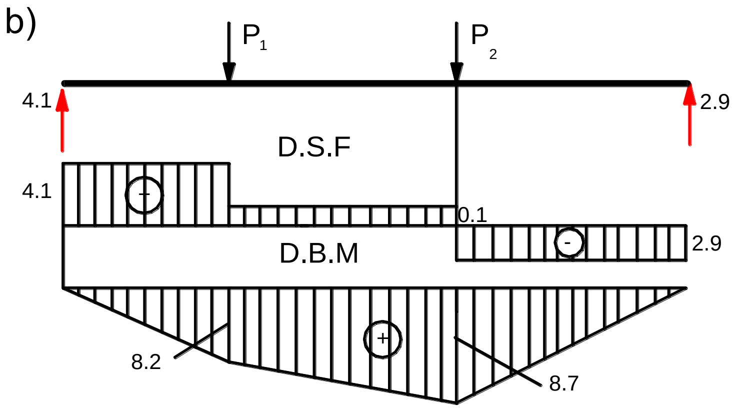
$$R_B = \frac{P_1 \times a_1 + P_2(a_b)}{(a+b+c)} = \frac{4\times2+3\times7}{10} =$$

$$= \frac{8+21}{10} = \frac{29}{10} = 2.9\ tons.$$

او نسبت B نقطې ته:

$$\Sigma M_B = R_A(a+b+c) - P_1(b+c) - P_2 \times c = 0;$$





5.5 شکل: د بهرنيو قوو لاندې ګاډراو د داخلي عواملو دياګرامونه

له دې ځایه په لاس راوړو چې:

$$R_B = \frac{P_1(b+c)\times P_2\times c}{(a+b+c)} = \frac{4\times 8+3\times 3}{10} =$$

$$= \frac{32+9}{10} = \frac{41}{10} = 4.1\ tons.$$

دکنترول له پاره نسبت y محورته دټولوقوودمرتسیمونوالجبري مجموعه نیسو:

$$\sum Y = 0; \qquad R_A - P_1 - P_2 + R_B$$

$$4.1 - 4 - 3 + 2.9 = 7 - 7 = 0 \Leftrightarrow 0.$$

دعرضي قوواودکوږوالي مومنتونود شمېرنې له پاره د1−1مقطع په پام کې نیسو:

$$Q_{1-1} = R_A = 4tons(Cons)$$

$$M_{1-1} = R_A \times z_1$$

د Z_1 قیمت د $0 < z_1 < 2m$ په منځ کې متحول دی ،که چېرې:

$$Z_1 = 0; \qquad \Rightarrow \qquad M_A = 0;$$

$$Z_1 = 2m; \quad \Rightarrow \quad M_C = 4.1\times 2 = 8.2\ T.m\ .$$

اوس د $2-2$ مقطع په پام کې نیسو:

$$Q_{2-2} = R_A - P_1 = 4.1 - 4 = 0.1 tons$$

او:

$$M_{2-2} = R_A \times z_2 - P_2(z_2 - a);$$

د z_2 قیمت د $2m < z_2 < 7m$ په منځ کې متحول دی، که چېرې:

$$Z_2 = 2m \quad \Longrightarrow \quad M_C = 4.1 \times 2 = 8.2\ T.m;$$

$$Z_2 = 7m; \quad \Longrightarrow \quad M_D = 4.1 \times 7 - 4 \times 5 = .$$

$$= 28.7 - 20 = 8.7\ T.m$$

د $3-3$ مقطع په پام کې نیسو:

$$Q_{3-3} = -R_B = -2.9\ Ton(c0ns);$$

$$M_{3-3} = R_B \times Z_3.$$

د z_3 قیمت د $2m < z_3 < 7m$ په منځ کې متحول دی ، که چېرې :

$$Z_3 = 0; \qquad \Longrightarrow \qquad M_B = 0;$$

$$Z_3 = 3m; \;\; \Longrightarrow \;\; M_D = 2.9 \times 3 = 8.7\, T.m;$$

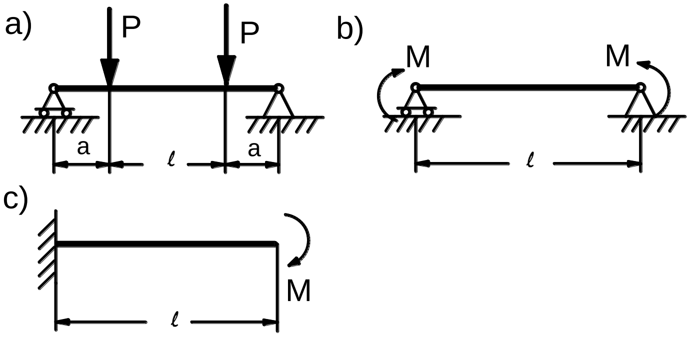
دلاس ته راغلوقیمتونوله مخې دعرضي قوواو د کوږوالي مومنتونو (5.5bشکل) دیاګرامونه وکاږو.

5.4 **سوچه کوږوالی** (pure bending or flexure)

سوچه کوږوالی دشکل دهغه بدلون ته وایي چې دعنصرپه عرضي مقطع کې یوازې دکوږوالي یومومنت پیښ شي اود داخلي عواملونورېې صفروي.

په سوچه کوږوالي کې دنارملي تشنج ټاکنه: ددې هدف له پاره دګاډرونو په کوږوالي کې اټکلووچې:

1. دګاډرمحورچې دهغه دټولوعرضي مقطعونه تېرېږي،دشکل تربدلون پورې بایدمستقیمه کرښه وي.



5.6 شکل: دبېلا بېلوقوولاندې ګاډرونه

2. دکوړ یاکروپ شوي ګاډر له پاسه ټولې بهرنۍ قوې په یوه سطحه کې چې له د هغې د محورڅخه تېرېږي پرتې دي.

3. دګاډرعرضي مقطعې نسبت هغې سطحې ته متناظردي،چې بهرنۍ قوې په کې پرتې دي.

کوم کوږوالی چې دهغې په پابله کې په عرضي مقطع، (5.6) شکل کې عرضي قوه صفرشي،اويوازې دکوږوالي مومنت پيښ شي،ورته سوچه کوږوالی ويل کېږي .

د بېلګې په توګه د سوچه کوږوالي دپېښې د روښانه کولوله پاره يوګاډر چې په دوواتکاءګانوددووبرابروقووتراغېزې لاندې پروت دی ګورو.ددې ګاډر له پاره دکوږوالي مومنت اودعرضي قوو دياګرامونه رسموو،له دياګرامونو څخه لېدل کېږي،چې دګاډرپه هغه برخه کې چې دعرضي قوې قيمت صفروې د کوږوالي مومنت قيمت ثابت دی،چې دغه حالت ته سوچه کوږوالي ويل کېږي.که چېرې يوه ميله ددوومومنتونودتاثيرلاندې وګورو،اوله هغې څخه يوه ډېره کوچنۍ برخه dz بېله کړو،نوددغې برخې د شکل بدلون څېړلی شو.

دمېلې(5.6شکل)دشکل دبدلون په پابله کې دهغې پورتنۍ تسمې لنډېږي او کښتنۍ تسمې يې اوږدېږي،مګردهغې محورپه خپل حال کوږ پاتې کېږي .

که چېرې دمحورڅخه د y په فاصلې سره يوه تسمه په پام کې ونيسو،نو دهغې اوږدېدنه له دوو ټوټوکرښو ab څخه لاس ته راځي:

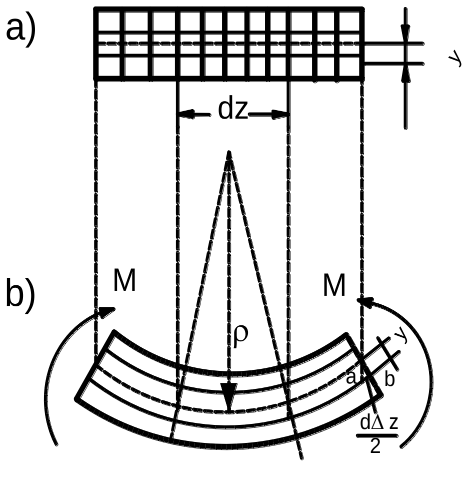
$$ab = y\frac{d\varphi}{2}$$

د يوې کيفي تسمې ټوله اوږدېدنه په لاندې ډول حاصلوو:

$$\Delta dz = y \times d\varphi$$

څرنګه چې $dz = \rho \times d\varphi$ سره برابره ده، نو ځکه نسبي اوږدېدنه لاندېنی قيمت حاصلوي:

$$\varepsilon = \frac{\Delta dz}{dz} = \frac{y \times d\varphi}{\rho \times d\varphi} = \frac{y}{\rho} \qquad 5.4$$



5.7 شکل: د متمرکزو مومنتونو لاندې مېله

د هوک د قانون له مخې $\sigma = \varepsilon \times E$ لرو چې:

$$\sigma = E\frac{y}{\rho} \qquad 5.5$$

مخکې له دې چې د خنثی محور موقعیت چې له هغې څخه د y فاصله لاس ته راځي وټاکو ،باید دعرضي مقطعې له پاسه دټولو کوچنيو نارملي قوومحصله له صفرسره برابره کړو:

$$N = \int_A \sigma \times dA = 0.$$

په دې معادله کې د σ قیمت وضع کوو:

$$N = \int_A \frac{E}{\rho} y \times dA = 0.$$

څرنګه چې $\frac{E}{\rho}$ دصفر خلاف دی،نود پورتنۍ معادلې له انتیګرالولو څخه په لاس راوړو چې:

$$N = \frac{E}{\rho} \int_A y \times dA = 0;$$

دلته $\int_A y \times dA = S_x$ انتیګرال نسبت خنثی محورته دمقطعې ستاتیکي مومنت دی،څنګه چې خنثی محوردمقطعې له ثقل مرکز نه تېرېږي،نوځکه د دغه مومنت قیمت صفردی.اوس نسبت خنثی محورته ددننه قوومومنت پیدا کوو.د دې له پاره دټولود ننه کوچنیوقوومحصله$\sigma \times dA$نسبت دې محورته شمېرواودکوږوالي مومنت دقیمت سره یې برابرو:

$$M_x = \int_A \sigma \times y \times dA$$

په دې فورمول کې د σ پرځای يې قيمت وضع کوو ،نو په لاس راوړو چې:

$$M_x = \int_A \frac{E}{\rho} y^2 \times dA = \frac{E}{\rho} \int_A y^2 \times dA$$

په پورتني فورمول کې انتيګرالي برخه دعرضي مقطعې دانرشيايي مومنت قيمت دی:

$$\int_A y^2 \times dA = I_x$$

نوځکه دکوږوالي مومنت قيمت د $M_x = \frac{E}{\rho} I_x$ سره برابر دی.له دې ځايه د خنثی محور دکږېدنې يا دکږېدنې شعاع پيداکوو:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_x}{EI_x} \qquad 5.6$$

دغه قيمت په (5.4) معادله کې وضع کوواوپه لاس راوړوچې :

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} y \qquad 5.7$$

دغه فورمول دمېلې دعرضي مقطعې دافقي محورله پاسه په ټولو نقطو کې چې د y په فاصله کې پرتې دي د نارملي تشنج د ټاکنې له پاره زمينه برابروي.له دې فورمول څخه لېدل کيږي،چې تشنج د y فاصلې پورې اړه لري.دمقطعې په

لوړوالي کې دتشنجاتو دبدلون قانون دتشنجاتو دیاګرام په نوم سره یې یادوي .
په دغه نقطه تشنج لوړقیمت اخلي،چې له خنثی محورنه د y په فاصله کې
ډېرلوړ قیمت اخلي :

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{I_x} y_{\max} \qquad 5.8$$

د $\frac{I_x}{y_{\max}}$ ترمنځ رابطه دمقطعې دمقاومت مومنت په نوم سره یادوي او واحد
یې سانتي مترمکعب دی :

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} \qquad 5.9$$

په دې ډول لروچې :

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x}{W_x} \qquad 5.10$$

دانجینري په چاروکې پورتنی فورمول د شمېرنې له پاره بنسټېزفورمول
دی.لکه دمستطیلي عرضي مقطعې $(a \times b)$ له پاره دمقاومت مومنت په لاندې
ډول سره لاس ته راوړلی شو: $I_x = \frac{bh^3}{12}$ او $y_{\max} = \frac{h}{2}$ نوځکه لروچې :

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^3}{12} \times \frac{2}{h} = \frac{bh^2}{6}$$

اوهمدارنګه نسبت y محورته :

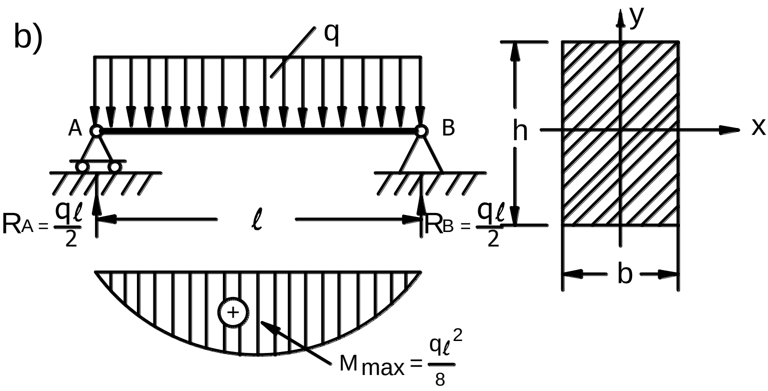
$$W_y = \frac{I_y}{x_{\max}} = \frac{\frac{b^3h}{12}}{\frac{b}{2}} = \frac{b^3h}{12} \times \frac{2}{b} = \frac{b^2h}{6}$$

دګردي مقطعې له پاره $I_x = \frac{\Pi d^4}{64}$ او $y_{\max} = \frac{d}{2}$ نوځکه په لاس راوړو چې:

$$W_x = \frac{\frac{\Pi d^4}{64}}{\frac{d}{2}} = \frac{\Pi d^4}{64} \times \frac{2}{d} = \frac{\Pi d^3}{32} = 0.1d^3$$

مثال 5.3

د لرګي یوګاډر(5.8 شکل)چې ددواتکاء ګانوله پاسه د $q = 8\frac{Kg}{m}$ منظم وېشلي بارتراغېزلاندې پروت دی په پام کې نیسو ،که دګاډراوږدوالی $l = 6m$ او دعرضي مقطعې ابعادیې $b = 24cm$ او $h = 30cm$ وي، اعظمي نارملي تشنج وټاکئ.



5.8 شکل: دووېشلي منظم بارلاندې ګاډر

حل

لومړی اتکاءیزعکس العملونه په لاس راوړواوبیا عرضي قوې اودکوږوالي مومنتونه یې شمېرو ،اودهغوی له مخې یې دیاګرامونه رسمو.له دیاګرام څخه لېدل کیږي،چې دکوږوالي مومنت لوړیا اعظمي قیمت د وایې په منځ کې دی:

$$M_x = \frac{ql^2}{8} = \frac{8 \times 6^2}{8} = 36\,KN.m$$

دګاډردعرضي مقطعې دمقاومت مومنت شمېرو:

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{24 \times 30^2}{6} = 3600\,cm^3 = 0.0036\,m^2$$

اوس دکوږوالي مومنت لوړ قیمت له مخې نارملي تشنج په لاس راوړو:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{36}{0.0036} = 10^4\,\frac{KN}{m^2}$$

مثال 5.4

یوګاډر(5.8 **شکل**) دیو وېشلي بار $q = 8\frac{KN}{m}$ لاندې پروت دی،که چېرې د دې ګاډرله پاره مجازي نارملي تشنج $[\sigma] = 1600\frac{Kg}{cm^2}$وي،دګاډر I ډوله عرضي مقطع انتخاب کړئ.

حل

دګاډرداتکاءیزوعکس العملونودټاکنې نه وروسته په بېلابېلوعرضي مقطعوکې دکوږوالي مومنت قیمتونه پیداکوواودیاګرام یې رسموو،یعنې :

$$M_{max} = 6\ KN.m = 36 \times 10^3\ N.m =$$

$$= 36 \times 10^2 \times 10^2 = 36 \times 10^4 Kg.cm$$

دګاډردعرضي مقطعې دانتخابولوله پاره دمحکموالي دشرط له مخې لروچې :

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} \le [\sigma]$$

له دې ځایه پیداکووچې:

$$W_x = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{36 \times 10^4}{1600} = 225\, cm^3$$

اوس دا I ډوله عرضي مقطعې دستندرد پروفیل دجدول څخه د $W_x = 184\, cm^3$ قیمت له مخې20 لمبر I ډوله عرضي مقطع انتخابوو.

5.5 په عرضي کوږوالي کې دمماسي تشنج ټاکنه

په عرضي کوږوالي کې دمېلې په عرضي مقطع کې نه یوازې دکوږوالي مومنت بلکې عرضي قوه هم پېښېږي،چې دغه قوه دمقطعې له پاسه د بې حده کوچنیوقووومحصله ده،نوځکه په عرضي مقطعوکې نه یوازې نارملي بلکې

مماسي تشنج هم منځ ته راځي،چې دمماسي تشنج په شته والي کې د شکل زاويه ډوله بدلون رامنځ ته کېږي.

په عرضي کوږوالي کې دنارملي تشنج دټاکنې له پاره لومړی دنارملي قوې د پيداکولونه وروسته دکوږوالي مومنت قيمت په لاس راوړو:

$$N = \int_A \sigma \times dA$$

او:

$$M_x = \int_A \sigma \times y \times dA$$

اوهمدارنګه عرضي قوه هم په لاس راوړلی شو:

$$Q_y = \int_A \tau \times dA$$

اوس په عرضي مقطع کې نارملي تشنج دلاندیني فورمول له مخې پيداکوو:

دمتناظرې مقطعې له پاره-

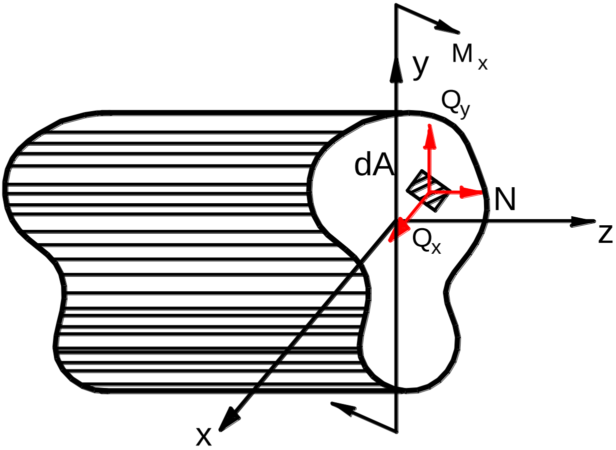
$$\sigma_{maz} = \frac{M_x^{\max}}{W_x}$$

دغيرې متناظرې مقطعې له پاره -

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} y$$

دمماسي تشنج دلاس ته راوړلوله پاره که چېرې دګاډرڅخه یوه ډېره کوچنۍ برخه dz بېله کړو،نوددې برخې تعادل به لاندینی شکل ولري:

$$dN = \int_A d\sigma_1 dA = \int_{A-} \frac{dM_x}{I_x} y_1 dA = \frac{dM_x}{I_x} \int_A y_1 dA \qquad (a)$$



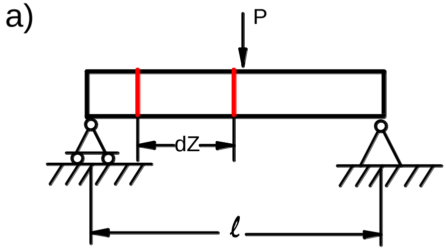
5.9 شکل: دیوساختماني عنصرعرضي مقطع

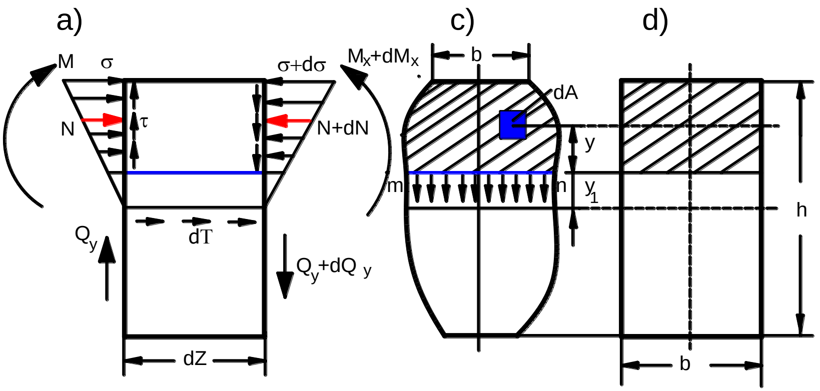
دکوچنۍ برخې dA په بنۍ خواکې تشنج به نظرکینې خواته د $d\sigma_1$ په اندازې سره ډېرېږي،اودکوږوالي مومنت قیمت به هم د dM_1 په اندازې سره زیاتوالی کوي:

$$d\sigma_1 = \frac{dM_1}{I_x} y_1$$

د (a)په افاده کې انتیګرال نسبت خنثی محورته د پرې شوې برخې ستاتیکي مومنت دی :

$$S_x^{cut.} = \int_A y_1 \times dA$$





5.10شکل:د دننه نیروګانو ښودنه

نوله دې سببه :

$$dN = \frac{dM_x}{I_x} S_x^{cut.}$$

ددې له پاره چې پرې شوې برخه(5.10 شکل) په تعادل کې پاتې شي،نوپه هغې باید مماسي تشنج τ اغېزه وکړي.

دغه تشنج دمماسي قوې dT له مخې رامنځ ته کيږي ، چې د $\Sigma Z = 0$ مساوات له مخې يې پيداکوو:

$$\Sigma Z = 0 \qquad dT + N - (N + dN) = 0;$$

له دې ځايه :

$$dT = dN$$

له بلې خوانه:

$$dT = \tau \times dz \times b_y$$

دکوچنۍ برخې dA په بنۍ خواکې تشنج به نظرکينې خواته د $d\sigma_1$ په اندازې سره ډېرېږي،اودکوږوالي مومنت قيمت به هم د dM_1 په اندازې سره زياتوالی کوي:

$$d\sigma_1 = \frac{dM_1}{I_x} y_1$$

نوځکه :

$$dT = dN = \frac{dM_x}{I_x} S_x^{cut.} \qquad (b)$$

دمماسي تشنج دټاکنې له پاره باید دګاډرپه سورکې دتشنجاتودوېش قانون معلوم وي.نودډېروعرضي مقطعوله پاره دااټکل کارول کیږي،چې مماسي تشنج دمقطعې په سورکې برابروېشل کیږي،نوځکه:

$$\tau \times dz \times b_y = \frac{dM_x}{I_x} S_x^{cut.}$$

له دې ځایه :

$$\tau_x = \frac{dM_x}{I_x} \frac{S_x^{cut.}}{b_y \times dz}$$

څرنګه چې $\frac{dM_x}{dz} = Q_y$ رابطه دعرضي قوې سره برابر ه ده،نوځکه :

$$\tau_x = \frac{Q_y S_x^{cut.}}{I_x b_y} \qquad 5.11$$

5.6 دمستطیلي مقطعې $(b \times h)$ له پاره دمماسي تشنج ټاکنه

دخنثی محورڅخه دy په فاصلې سره د K یوه کیفي نقطه په پام کې نیسو ، بیا له دې نقطې څخه دox محورسره موازي یوه مقطع بېلوو،چې سورېې

$b_y = b$ دی. د پرې شوې برخې دستا تیکي مومنت د پیدا کولو له پاره لومړی په لاس راوړو چې:

$$A_x^{cut.} = b(\frac{h}{2} - y)$$

د پرې شوي برخې د ثقل مرکز څخه ترخنثی پورې فاصله پیدا کوو:

$$y = \left(\frac{h}{2} - y\right)\frac{1}{2} + y = \frac{h}{4} - \frac{y}{2} + y = \frac{h}{4} - \frac{y + 2y}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{h}{2} + y\right)$$

اوس پیدا کوو چې:

$$S_x^{cut.} = \frac{b}{2}\left(\frac{h}{2} + y\right)\left(\frac{h}{2} - y\right) = \frac{b}{2}\left(\frac{h^2}{4} - y^2\right);$$

څرنګه چې انرشیایي مومنت: $I_x = \frac{bh^3}{12}$ دی، نوځکه مماسي تشنج په لاندې ډول لاس ته راوړو:

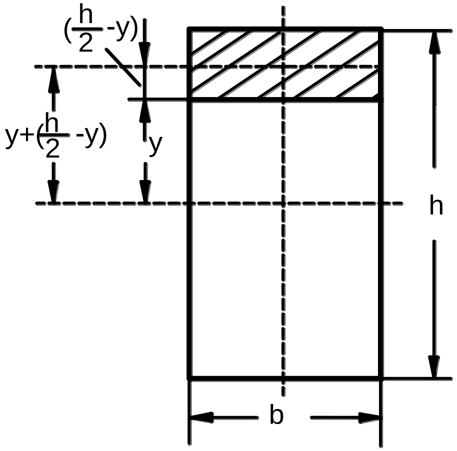
$$\tau = \frac{Q_y \times S_x^{cut}}{I_x \times b_y} = \frac{Q_y \frac{b}{2}\left(\frac{b^2}{4} - y^2\right)}{\frac{bh^3}{12} b_y} = \frac{6 \times Q_y\left(\frac{b^2}{4} - y^2\right)}{bh^3}$$

د پورتني فورمول څخه لېدل کيږي، چې مماسي تشنج دمقطعې په لوړوالي کې دپارابولي قانون له مخې بدلون مومي، په $y = \pm\frac{h}{2}$ کې $\tau = 0$ اوپه $y = 0$ کې په لاس راوړوچې:

$$\tau_{\max} = \frac{6Q_y}{4bh} = \frac{3Q_y}{2bh}$$

نو:

$$\tau_{\max} = \frac{3Q_y}{2A}$$



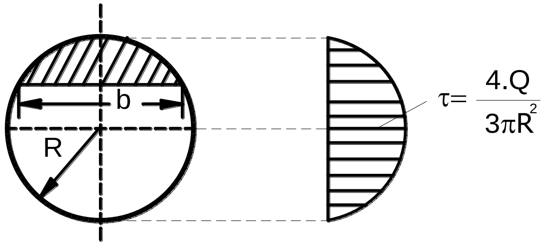
5.11 شکل: مستطيلي عرضي مقطع

دګردې مقطعې له پاره $\tau_{max}=\frac{4Q_y}{3A}$ دی لاندیني شکل ته وګورئ .

د I ډوله عـرضي مـقطې د K يـوه کيفي نقطه په پام کې نيسو(5.13 شکل،له دې نقطې څخه د ox محورسره يوه موازي کرښه تېروو اود پاتې شوې پورتنۍ برخې ستاتيکي مومنت يې د مجموعې په څېرحاصلوو:

$$S_x^{cut.}=y_1\times A_1+y_2\times A_2$$

دغه پورتنۍ فورمول هغه مهال عادلانه دی،چې د K نقطه دعمودي ديوال له پاسه په $0\le y\le\frac{h_1}{2}$ انتروال کې واقع وي.



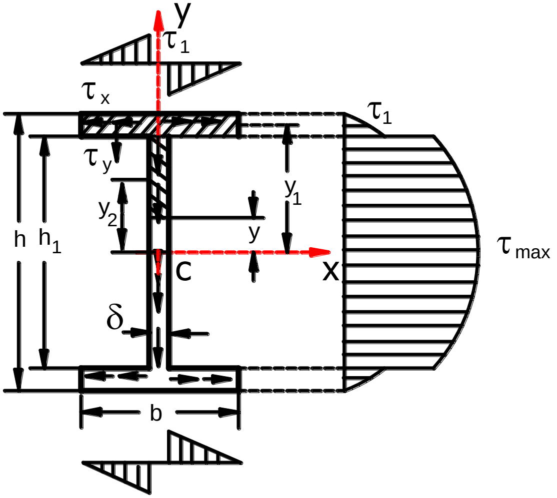
5.12 شکل: کرده عرضي مقطع اودمماسي تشنجاتوډياګرام

په طاقچه کې دمماسي تشنج د ټاکنې له پاره دهغې په هره نقطه کې دوه τ_x او τ_y مماسي تشنجات منځ ته راځي،که چېرې د τ_y د ټاکنې له پاره که (5.11) فورمول وکارول شي،نوپه دياګرام کې به دمقطعې دسوردکموالي له امله

ټوپ (جهش) رامنځ ته شي،نوځکه د τ_y دټاکنې له پاره یاد شوی فورمول کارول غوره نه دی.په دې ډول دطاقچې په افقي سطحوکې دمماسي تشنجاتود ټاکنې مسئله اوو ښش ناحله پاتې کېږي،ځنګه چې په دې مقطعوکې دمماسي تشنجاتو τ_y اندازې ډېرې لږې دي اودګاډرپه محکموالي کې کومه اغېزه نه لري،نود هغې څخه تېرېږو.

ډېرمهم د τ_x مماسي تشنج دی،که چېرې اټکل وکړو،چې دطاقچې په پنډوالي کې دغه تشنج منظم وېشل شوی دی،نوددې دټاکنې له پاره په لاس راوړوچې:

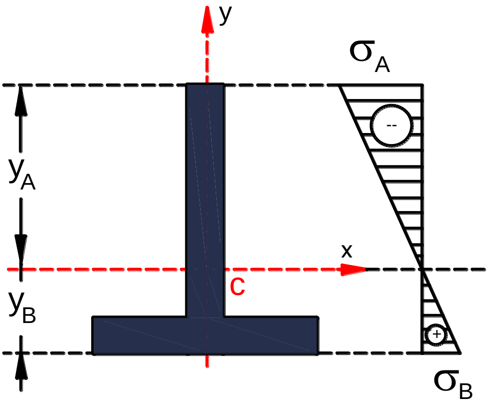
$$S_x^{cut.} = y_1 \times A_1$$



5.13 شکل: دمماسي تشنجاتودیاګرام

دمخه مودګاډرونوپه کوږوالي کې د نارملي تشنج د ټاکنې له پاره لاندينی فورمول په لاس راوړو:

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} y \qquad \text{(a)}$$



5.14 شکل: مثلثي عرضي مقطع او دمماسي تشنج دياګرام

5.7 په کوږوالي کې دګاډرونودمحکموالي کنترول

که چېرې په پورتنۍ معادله کې علامه په پام کې ونه نيول شي،نودمطلقه قيمت له مخې لوړمماسي تشنج ټاکلی ش:

$$[\sigma_{\max}] = \frac{M_x}{I_x} y_{\max}$$

يا په بل ډول سره :

$$[\sigma_{\max}] = \frac{M_x}{\frac{I_x}{y_{\max}}}$$

دمقطعې دمحوري انرشيايي مومنت I_x اودمقطعې له خنثی محورڅخه تر اخرنۍ تسمې پورې دفاصلې $y_{\max}$ په منځ کې نسبت دمقطعې دمقاومت مومنت W_x په نوم سره يادوي :

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} \qquad 5.12$$

دمقطعې دمقاومت مومنت دمېلې په کوږوالي کې دهغه دمقاومت قابليت څرګندوي اوپه متر مکعب اويا په سا نتي مترمکعب سره اندازه کيږي.دمقطعې دمقاومت مومنت دمقطعې دشکلونواودهند سي ابعادو پورې اړه لري،په دې ډول سره لوړ نارملي تشنج لاندينی شکل لري :

$$[\sigma_{\max}] = \frac{M_x}{W_x} \qquad 5.13$$

که دمقطعې ابعاداود کوږوالي مومنت قيمتونه معلوم وي،نوکولای شوچې د ګاډرمحکموالی کنترول کړو:

1. په کومه شمېرنه کې،چې دحدي حالت له مخې کېږي،دمحکموالي شرط بايد لاندينی شکل ولري:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x^{culco.}}{W_x} \leq R^{culcol.} \qquad 5.14$$

په دې فورمول کې :

$M^{culcol.}$ - دګاډرپه عرضي مقطع کې دکوږوالي مومنت محاسبوي قيمت دی .

W_x - دکومومواد وله پاره چې ګاډرترې جوړشوی ،مقاومت مومنت دی.

دمحاسبوي مقاومت مومنت قيمت دساختماني نورم له مخې ورکول کيږي.

اودکوږوالي مومنت محاسبوي قيمت دمحاسبوي باراونورماتيفي باراويا د معياري بارله مخې ټاکل کيږي،چې دباردزياتوالي ضريب له ضربولوڅخه لاس ته راځي:

$$P^{culco.} = P_{Norm.}^{perme.} \times n_1^{perme.} + P_{Norm.}^{tempa} \times n_2^{tempa.}$$

په دې فورمول کې :

$P_{Norm.}^{perm.}$ -نورماتيفي ثابت باردی لکه دعناصروذاتي وزن،دساختمانونوله پاسه داپښودل شوو عناصرو وزنونه اونور.

$P_{Norm.}^{tempa.}$ - نورماتيفي موقتي باردی لکه د بام په سر د واورو وزن اونور.

$n_1^{perm.}$ - د ثابت بار د زياتوالي ضريب دی او1.1 منل کيږي.او اوس 1.4 .

$n_2^{tempa.}$ - دموقتي بارد زياتوالي ضريب دی او 1.4 منل کيږي.اوس 1.6 .

2. دمقطعې انتخاب دډياګرام څخه دکوږوالي مومنت اعظمي قيمت له مخې صورت نيسي:

$$W_x \geq \frac{M^{Culcol.}_{Max(x)}}{R_{Culcol.}} \qquad 5.15$$

دمقطعې دمقاومت مومنت له حاصلو څخه وروسته دمقطعې ضروري ابعاد ټاکو.

3 . په ځينو حالتونوکې دګاډردمحکموالي کنترول دمماسي تشنج له مخې هم ضروري وي اولوړ مماسي تشنج دخنثی محورله پاسه واقع کيږي:

$$\tau_{\max} = \frac{Q^{Culcol.}_{\max(y)} \times S^{Cut..}_{x}}{I_x \times b_y} \leq [\tau] \quad Or \quad R_{shear.} \qquad 5.16$$

دلته:

$Q^{Culcol.}_{\max(y)}$ - دعرضي قوود دياګرام له مخې اعظمي محاسبوي عرضي قوه ده.

$S^{Cut.}_{x}$ - نسبت دګاډرعرضي مقطعې محورته دپرې شوې برخې ستاتيکي مومنت دی.

I_x - نسبت خنثی محورته د ټولې مقطعې انرشيايي مومنت د ی.

b - د خنثی محورپه سطحه کې دمقطعې سوردی .

R_{Shear} -اويا $[\tau]$-په پرې کېدنې کې مجازي مماسي تشنج اويامحاسبوي مقاومت دی، که د(5.14) فورمول له مخې انتخاب شوي مقطع په لوړ تشنج کې د

محکموالي شرط پوره نه کړي،نوبايددمقطعې ابعادلوي کړی شي،ترڅودغه شرط بشپړکړي.

په ځينو حالتونوکې کله چې دجوړشوي ګاډر(5.15 شکل) موادپه کشش يا فشارکې بېلابېل محکموالي ولري لکه چدن اولرګی،نودمحکموالي کنترول په کششي اوهم په فشاري تشنجاتوکې ترسره کيږي:

$$\sigma_A = \frac{M_x}{I_x} y_A \leq R_{Comp.}^{Culcol.}$$

او:

$$\sigma_B = \frac{M_x}{I_x} y_B \leq R_{Tens.}^{Culcol.}$$

دلته:

$R_{Comp.}^{Culcol.}$ - په فشارکې دګاډردموادومحاسبوي مقاومت دی .

$R_{Tens.}^{Culcol.}$ - په کشش کې دګاډرد موادومحاسبوي مقاومت دی .

دموادوداقتصاديتوب په پام کې نيولوسره ډېره مناسبه عرضي مقطع هغه ده،چې په معلومه سطحه کې دمقاومت مومنت لوړقيمت واخلي.دبېلکې په ډول نسبت دګاډرمحورته لانديني متناظرې مقطعې ګورو:

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{I_x}{\frac{h}{2}}$$

د پورتني فورمول څخه ليدل کيږي،چې دمقطعې په يوډول لوړوالي کې مواد بايد داسې موقعيت ولري ، ترڅو د انرشيايي مومنت قيمت يې ډېروي:

$$I_x = \int_A y^2 \times dA \qquad \text{(b)}$$

له پورتنۍ افادې څخه دا نتيجه اخيستل کيږي،چې که هرڅومره دمقطعې اساسي کتله دخنثی محورنه ليري واقع وي په هماغه اندازه يې دانرشيايي مومنت قيمت لوړوي.ددې قيمت له مخې يې دمقاومت مومنت هم لوړيږي

د پورتنيوخلوروم‌قطعوله ډلې څخه ډېره غوره مقطع I ډوله مقطع ده،ګرده يا دايروي اوخلورکنجه مقطعې غوره نه دي،نوځکه لږې کارول کيږي.

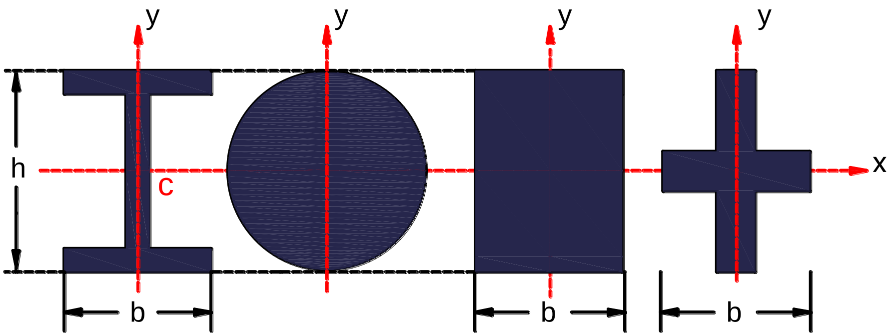
مستطيلي مقطع هغه وخت کې کارول کيږي،کله چې دتکنالوژي له پلوه د باوروړوي لکه دلرګيواواوسپنيزوګاډرونوله پاره کارول کيږي.

دګردويا دايروي اومستطيلي مقطعوله پاره دمقاومت مومنت په لاندې ډول لاس ته راځي:

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{\frac{\Pi d^4}{64}}{\frac{d}{2}} = \frac{\Pi d^3}{32} \approx 0.1 d^3$$

اودمستطيلي عرضي مقطعې له پاره نسبت x محورته :

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{12} \times \frac{2}{h} = \frac{bh^2}{6}$$



5.15 شکل: دعرضي مقطعوډولونه

اونسبت y محورته :

$$W_y = \frac{I_y}{x_{\max}} = \frac{\dfrac{b^3 h}{12}}{\dfrac{b}{2}} = \frac{b^2 h}{12} \times \frac{2}{b} = \frac{b^2 h}{6}$$

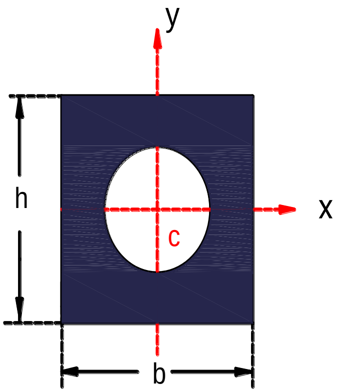
دمتناظري مقطعي (5.16 شکل) له پاره د مقاومت مومنت په لاندي ډول سره شمېرو:

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\max}}$$

د پيچلي عرضي مقطعي له پاره دمقاومت مومنت تيارفورمول نشته . لومړی نظر مرکزي محورونو ته انرشيايي مومنتونه شمېرواوبيا دفورمول له مخي يې دمقاومت مومنت پيداکوو.

دهغومقطعوله پاره چي نسبت x محورته غيرمتناظرپ دي (5.17) شكل،
لومړی دمقطعي دثقل مركز ټاكو،اوبيانسبت x محورته انرشيايي مومنت
شمېرواوبيا دمقطعي دمقاومت مومنت حسابوو:

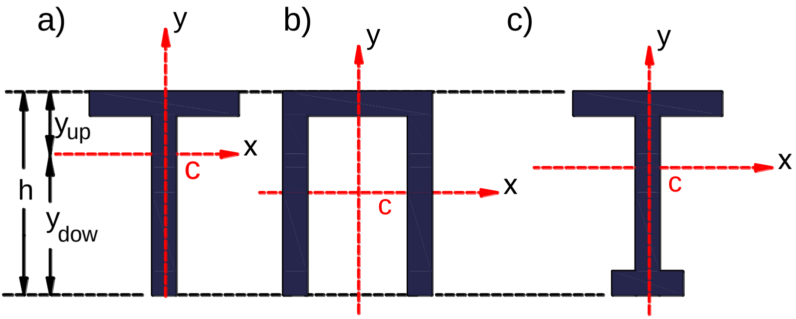
$$W_x^{Dwon.} = \frac{I_x}{y_{Dwon.}} \quad \text{او} \quad W_x^{Up.} = \frac{I_x}{y_{Up.}}$$



5.16 شكل: متناظره عرضي مقطع

كه چېرې دګاډرپه كومه عرضي مقطع كې يوه كيفي نقطه په پام كې ونيسو ،
نو په دې مقطع كې دمحكموالي كنترول د نارملي اومماسي تشنج له مخې په
لاندېنې ډول اجراء كيږي:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{\sigma}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq R$$



5.17 شکل: دغیرومتناظرومقطعو ډولونه

5.5 مثال

په(5.18)شکل کې د ترسیم شوي د3 مارک فولادي ګاډر I ډوله عرضي مقطع انتخاب کړئ،اونارملي اومماسي تشنجاتوله مخې یې کنترول کړئ.

حل

دعرضي قوواودکوږوالي مومنت دیاګرامونه وکاږو،اوشمېرنه یې په لاندي ډول ترسره کوو:

$$Q_{max} = 40 KN;$$

او :

$$M_{max} = 60 KN.m$$

دعرضي مقطعې دمقاومت مومنت پیدا کوو:

$$W_x = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{60}{160 \times 10^3} = 375\,cm^3$$

دسورت بندۍ له مخې $N^0 = 27$ نمبر I ډوله مقطع انتخابوو، چې د مقاومت مومنت يې $W_x = 371 cm^3$ دی انتخابــو(5.18شکل)، اولوړنــارملي تشنج يې پيداکوو او دنارملي تشنج له مخې يې دياګــرام وکاږو:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{60}{371 \times 10^{-6}} = 161.7 \times 10^3 \frac{KN}{m^2} = 161.7 \frac{MN}{m^2}$$

څرګنده ده، چې لوړمماسي تشنج دګاډ رپه کنسولي برخه کې چېرته چې $Q = Q_{\max}$ وي شته، نوڅکه دخنثی محورله پاسه مماسي تشنج شمېرو دمقطعې دنيمايي برخې نه پورته ستاتيکي مومنت نسبت خنثی محورته شمېرو، چې د سورت بندۍ له مخې يې ستاتيکي مومنت $S_1 = 210\,cm^3$ دی، نوڅکه مماسي تشنج نسبت خنثی محورته لاندينی قيمت حاصلوي:

$$\tau = \frac{Q \times S_1}{I \times d} = \frac{40 \times 210 \times 10^{-6}}{5010 \times 10^{-8} \times 6 \times 10^{-2}} = 28 \times 10^3 \frac{KN}{m^2} = 28 \frac{MN}{m^2}$$

دمقطعې په طاقچه کې اوديوال کې مماسي تشنجات شمېرلی شو، څرنګه

چې:

$$S_2 = 12.5 \times 0.98 \times 13.01 = 162\,cm^3$$

نوځکه په لاس راوړو چې:

$$\tau = \frac{Q_y \times S_2}{I \times b} = \frac{40 \times 162 \times 10^{-6}}{5010 \times 10^{2} \times 10^{2}} =$$

$$= 104 \times 10^{3}\,\frac{KN}{m^2} = 1.04\,\frac{KN}{m^2}.$$

اوهمدارنګه

$$\tau'' = \frac{Q_y \times S_2}{I \times d} = \frac{40 \times 162 \times 10^{-6}}{5010 \times 10^{-8} \times 6 \times 10^{-2}} =$$

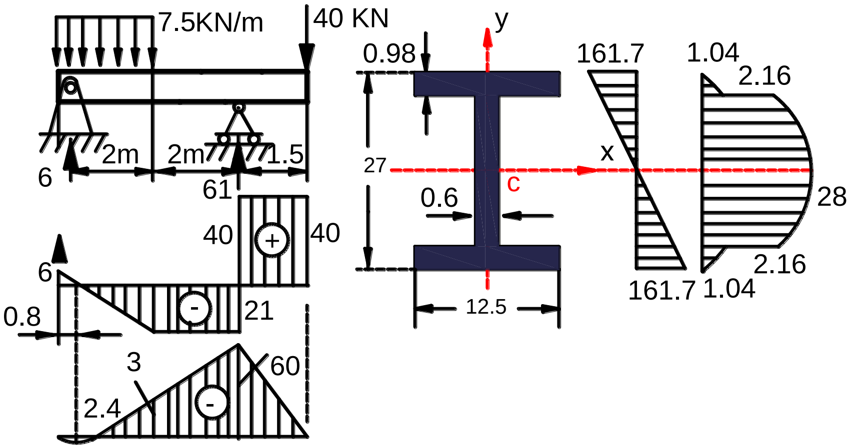
$$= 21.6 \times 10^{3}\,\frac{KN}{m^2} = 21.6\,\frac{KN}{m^2}.$$

لوړ مماسي تشنج په لاندې ډول پیداکوو:

$$\tau_{\max} = \frac{40(27-0{,}98)(12{,}5-0{,}6)^{-6}}{5010 \times 10^{-8} \times 4} = 6.2 \times 10^{3}\,\frac{KN}{m^2} = 6{,}2\,\frac{MN}{m^2}$$

دلاس ته راغلومماسي تشنجاتو د قیمتونوله مخې په یوټاکلي مقیاس کې

ددې تشنجاتو دیاګرام رسموو(5.18c شکل).



5.18 شكل: دنارملي اومماسي تشنجاتوديا گرامونه

شپږم څپرکی

دګاډرونوپه کوږوالي کې دځای دبدلون ټاکنه

6.1 عمومي معلومات

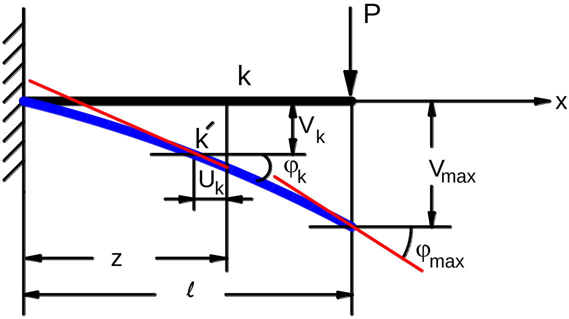
دکوږیاکږوپ شووګاډرونوپه سنجولوکې یوازې دهغو تشنجاتو پېژند نه کافي نه ده،چې دګاډر په بېلا بېلوعرضي مقعطوکې له پام کې نیول شوي بارڅخه پېښېږي. په محکمیت کې سنجول شوي تشنج دګاډر د ازمېښت له پاره زمینه برابروي،مګرډېرمحکم ګاډرونه کېدای شي چې دشخۍ دنیمګړتیاله امله دګټې اخیستنې وړنه وي.که چېرې یوګاډردبارولونه وروسته ډېرکوږیاکږوپ شي،نوله دغه رنګه عنصرڅخه غوره ګټه اخیستنه نا شونې ده.دګاډردشخۍ دازمېښت له پاره بایددهغه د کوږیاکږوپ شوي محورله پاسه په بېلا بېلونقطوکې دځای بدلونونه وټاکل شي.

په دې هکله یوازې هغه ګاډرونه څېړو،چې دهغوې عرضي مقطعې متناظر محورولري اوټولې هغه قوې چې دده له پاسه اغېزه کوي،باید په هغه سطحه کې واقع شي،چې له دې په متناظره مستوي کې منطبق شي.

دمثال په ډول یوکنسولي ګاډر(6.1 شکل)ګورو،دقوې دعمل په پایله کې د ګاډرمحوردمنحني کرښې په څېرڅشکل بدلون حاصلوي.که دګاډرله پاسه د z په فاصله سره د k یوه کیفي نقطه په نښه کړو،نودغه نقطه د $K^{'}$ نقطې ته د ځای

بدلون کوي،چې د دې نقطې د ځای بدلون د y محور په امتدادکې دv اوداففقي محور په استقامت کې د u له مخې په نښه کوو.

که چیرې دکوږ یاکږوپ شوي محورله پا سه د $K^{'}$ په نقطه کې یوه مماسه کرښه رسم کړو،نودغه کرښه د φ زاويې په دوران سره بېرته خپل پخواني حالت ته راستنېږي.



6.1 شکل: دګاډرد ځای بدلون

دګاډردکيفي مقطعې دځای بدلون درې برخې د V،U، φ قيمتونه لري.چې دګاډرونودشخۍ ازمېښت دغه غوښتنه بشپړوي،کومه چې په هغې کې اعظمي کږېدنه یا کږوپېدنه دګاډرله ټاکلي وايې څخه تيرى ونه کړي:

$$V_{\max} \leq \frac{l}{m}$$

د m عددیوساختماني نورم دی لکه $300 \le m \le 1000$ ،نوڅکه په کوږوالي کې کږېدنه یاکږوپېدنه دګاډردوايې په پرتله لږه وي،چې دغه د ځینو اسانتیاوو زمینه برابروي:

لومړی داچې په ډېره کوچنۍ کږېدنه یاکږوپېدنه کې دګاډردکږوپ شوي محورله پاسه دمماس اودګاډردمحورترمنځ زاویه دلاندینۍ افادې له مخې ټاکل کیدای شي:

$$\varphi \approx \tan\varphi = \frac{dv}{dz} \qquad 6.1$$

دوهم داچې افقي ځای بدلون U په پام کې نه نیسو ،ځکه چې دهغه اندازه د ځای دعمودي بدلون V په پرتله دکوچنیوالي دوهم ترتیب قیمت دی:

$$U \approx V$$

نوځکه :

$$U \le V$$

په (6.1 شکل) کې دځای دبدلون شرطي شیما ښودل شوې ده.نوداسې ا ټکل کېږي،چې دګاډرهره نقطه یوازې عمودي بدلون حاصلوي.دګاډردمحوردهرې نقطې دځای بدلون دټاکلوله پاره بایددکږوپ شوي محور معادله په لاس راوړو:

$$V = V(z) \qquad 6.2$$

که چېرې د V(z) تابع معلومه وي،نوپه يوشمېرنقطوکې دکږوپېدنې ټاکل اودکږوپېدنې دمنحني کرښې رسمول ممکن دي اوهمدارنګه ددوراني زاويې پيدا کول په ټولوپوښتنوکې غوښتل کيږي.

6.2 دګاډرد کږوپ شوي محوردیفرینسیالي معادله

دګاډر(6.2 شکل)په کوږوالي کې دنارملي تشنج σ دفورمول په کارولوسره د کږېدنې شعاع $\frac{1}{\rho}$ اودکوږوالي مومنت M ترمنځ رابطه په لاندې ډول ترلاسه شوې ده :

$$\frac{1}{\rho}=\frac{M}{EI} \qquad 6.3$$

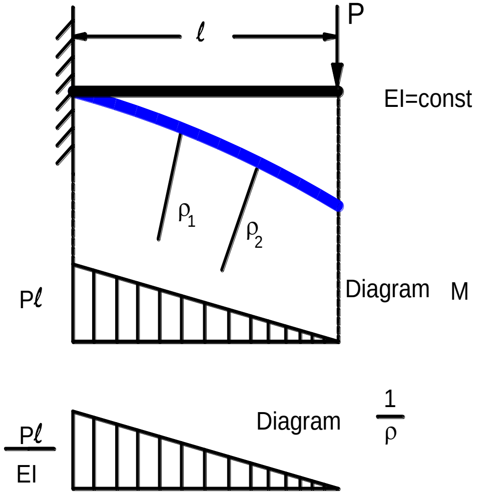
دغه فورمول ښيیء چې دکږېدنې شعاع دګاډرپه امتدادکې دهغه قانون له مخې بدلون مومي لکه د $\frac{M}{EI}$ په څېر. په همدې ډول دګاډر(6.2 شکل)له پاره چې ثابته عرضي مقطع (EI=const) لري.په لاندې ډول يې قيمتونه په لاس راوړلی شو.

له شکل نه لېدل کېږي،چې دکږېدنې شعاع $\frac{1}{\rho}$ دياګرام دکوږوالي مومنت M ددياګرام په څېردی.دمسلې ديوډول حل له پاره دعالي رياضياتوله مخې د کږېدنې شعاع له معلومې افادې څخه ليکوچې :

$$\frac{1}{\rho} = \pm \frac{\dfrac{d^2V}{dz^2}}{\left[1+\left(\dfrac{dV}{dz}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$$

دکږېدنې شعاع قيمت په دريمه رابطه کې وضع کوو په لاس راوړو چې:

$$\pm \frac{\dfrac{d^2V}{dz^2}}{\left[1+\left(\dfrac{dV}{dz}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{M}{EI} \qquad 6.4$$



6.2 شکل: دکوږوالي مومنت اودکږېدنې شعاع دياګرامونه

ددغه خطي ديفرينسيالي معادلې انتګرالونه دستونزوسره ترلې ده. اټکلوو چې په ساختماني چاروکې دګاډرونوپه کوږوالي کې کږوېږدنه دارتجاعيت په حدونوکې ډېره کمه اودګاډردافقي محوراومماس ترمنځ د زاويې تانجنت $\frac{dV}{dz}$ اندازه هم لږه ده.نود(4) معادلې په مخرج کې د 1 عد د په پرتله د $\left(\frac{dV}{dz}\right)^2$ قيمت ډېرلږ$\left(\frac{1}{300}l-\frac{1}{1000}l\right)$اوپه پام کې يې نه نيسو،نوځکه دګاډردکږوپ شوي محورتقريبي ديفرينسيالي معادله په لاندې ډول لاس ته راځي:

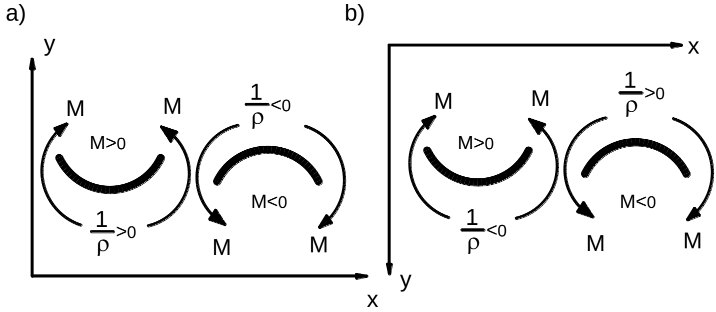
$$\frac{d^2V}{dz^2}=\pm\frac{M}{EI} \qquad 6.5$$

دغه معادله دګاډردارتجاعي کرښې ديفرينسيالي معادله ده،څرنګه چې د (5.8)فورمول دکږوېږدنې په لږه اندازه،يعنې په ارتجاعي حدونوکې عادلانه دی،نوځکه دغه افاده دګاډردارتجاعي کرښې ديفرينسيالي معادلې په نوم سره هم يادوي.

په افاد ه کې مثبته اومنفي علامې داسې افاده کيږي چې دګرېدنې شعاع علامه ممکن دکوږوالي مومنت M له علامې سره منطبقه نه شي.

څرګنده ده چې دګرېدنې شعاع علامه دمحورونودجهتونواودکوږوالي مومنت علامه دعلامود پېژندنې له طريقې پورې هم اړه لري،يا په بل عبارت سره دمقطعې له تسموپورې اړه لري.که چېرې دoy محورپورته خوا لوری و لري،نودواړه علامې سره جوختې کيږي،اوپه معادله کې يوازې مثبته علامه

ليکل کېږي اوبرعکس که محوربښکته خوا لوری ولري،نودواړه علامې سره نه جوختې کېږي،اوپه معادله کې يوازې منفي علامه ليکل کېږي .



$$\frac{d^2V}{dz^2} = +\frac{M}{EI} \qquad \frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{M}{EI}$$

6.3 شکل: دګروپ شوي ګاډر حالتونه

په ساختماني چاروکې ټول بارونه له پورته څخه ښکته خوااغېزه کوي، نوددې لپاره چې مثبته کړوپېدنه V د بارد لوري يا جهت سره منطبقه شي، نـوبايــ دoy محورلوری ښکته خواته ونيول شي اودکړوپ شوي محور ديفرينسيالي معادله ورسره يوځای لاندنی شکل غوره کوي:

$$\frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{M}{EI}$$

اويا

$$EI\frac{d^2V}{dz^2}=-M \qquad 6.5$$

دلته: دګاډرشخي EI=cons ثابت قیمت لري اودګاډردشخۍ (rigidity) د قابلیت په نوم سره یادېږي، چې دګاډردکږېدنې یا کږوپېدنې اوددوران زاویې د زیا تېدوپه مقابل کې دهغه مقاومت ښیي .

6.3 په دیفرینسیالي معادله کې دثابتوانتګرالي قیمتونوټاکنه

ددې له پاره چې دکږوپېدنې اودوران زاویې ورته افادې په لاس راوړو، نو بایدد(6.5)دیفرینسیالي معادلې حل پیداکړی شي.څرنګه چې ددغې افادې د ښې خوا برخه د z پورې اړه لري،یعنې $M=f(z)$ ،نوځکه یوه ساده دیفرینسیالي معادله لرو ،ددې معادلې دیوځل انتګرلولوڅخه په لاس راوړوچې:

$$\varphi=\frac{dV}{dz}=-\int\frac{M}{EI}dz+C \qquad (a)$$

دغه معادله دګاډردمحوراوممالسي کرښو ترمنځ دوران زاویې د بدلون قانون ټاکي.د(a)افادې له یوځل انتګرالونې څخه دګروپېدنې V قیمت په لاس راوړو:

$$V=-\iint\frac{M}{EI}dzdz+Cz+D \qquad (b)$$

ددواړو انتګرالي معادلودشمېرلوله پاره لومړی ثابت انتګرالي قیمتونه C اوD دسرحدي شرایطو له مخې پیداکوو ،چې دګاډرونودنښتنې دډول پورې اړه لري.د پورتنیو معلوماتو دروښانه کولوله پاره لاندني مثالونه ګورو:

مثال 6.1

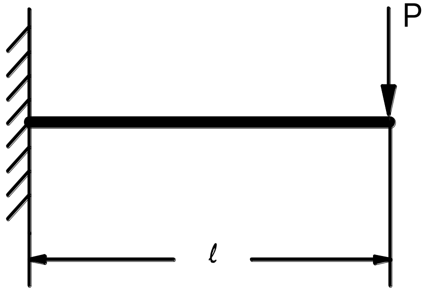
دیوکنسولي ګاډرله پاسه یوه متمرکزه قوه P وارده شوې ده،ددې قوې له اغېزې څخه دګاډرپه کیفي عرضي مقطع کې چې شخې یې ثابته ده،اعظمي کړوپېدنه $V_{\max}$اوددوران لويه زاويه$\varphi_{\max}$ پیداکړئ.

حل

دګاډردارتجاعي کرښې ديفرينسيالي معادله لاندنی شکل لري:

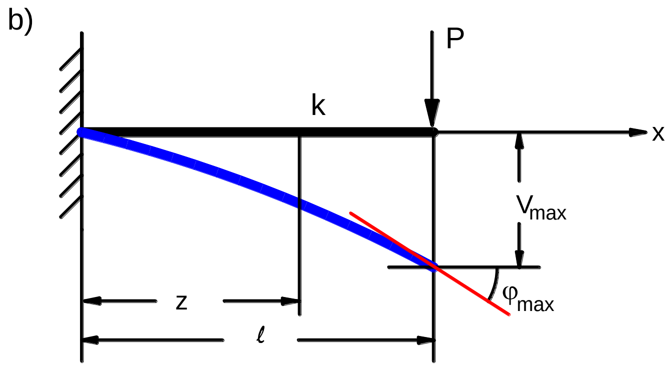
$$\frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{M}{EI} \quad \text{(a)}$$

a)



6.4a شکل: دمتمرکزې قوې لاندې ګاډر

$$M = -P(l - z) \qquad \text{(b)}$$



6.4b شکل: دمتمرکزي قوي لاندې ګاډر

په پورتنۍ معادله کې منفي علامه نیول شوې ده،چې دګاډرلاندني تسمې فشــاري دي.د(b) افادې قیمت په (a) افــاده کې وضع کووپه لاس راوړوچې:

$$\frac{dV^2}{dz^2} = \frac{P(l-z)}{EI} = \frac{Pl}{EI} - \frac{Pz}{EI} \qquad \text{(c)}$$

دغه معادله دوه ځلې انتګرالوو:

$$\varphi = \frac{dV}{dz} = \frac{Pl}{EI}z - \frac{Pz}{2EI}z + C \qquad \text{(d)}$$

$$V = \frac{Pl}{2EI}z^2 - \frac{P}{6EI}z^3 + Cz + D \qquad \text{(e)}$$

ثابت انتګرالي قيمتونه C او D دګاډرد سرحدي شرايطو له مخې پيداکوو ، څرنګه چې دګاډرپه سخته اتکاء کې دکړوپېدنې اوددوران زاويې قيمتونه صفر دي،نولاندېني شرطونه کارو:

که چېرې : $z = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{dV}{dz} = \varphi \quad \text{and} \quad V = 0$

اوکه چېرې : $z = l \quad \Rightarrow \quad \varphi \neq 0 \quad \text{and} \quad V \neq 0$

لېدل کېږي چې له (d) معادلې څخه د C ثابت قيمت c=0 په لاس راځي. همدارنګه له (c)،افادې څخه لېدل کېږي چې که z=0 شي،نود c=0 له وضع کولوڅخه په لاس راوړوچې D=0 ،نوځکه لروچې:

$$V = \frac{Plz^2}{2EI} - \frac{Pz^3}{6EI} \qquad 1$$

$$\varphi = \frac{Plz}{EI} - \frac{Pz^2}{2EI} \qquad 2$$

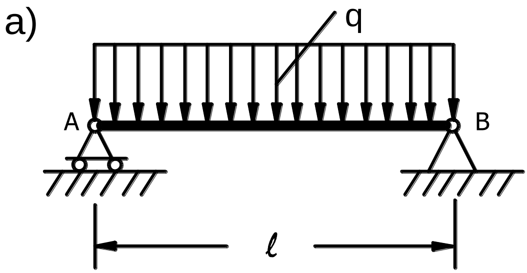
لېدل کېږي چې په ګاډرکې اعظمي کړوپېدنه V_{max} اوددوران اعظمي زاويه φ_{max} د P قوې لاندې حاصلېږي.که $z = l$ شي نود (1)او(2) رابطو څخه په لاس راوړوچې:

$$V_{max} = \frac{Pl^3}{3EI} \qquad 3$$

$$\varphi_{max} = \frac{Pl^2}{2EI} \qquad 4$$

مثال 6.2

دیوګاډرله پاسه وېشلی منظم بارواردشوی دی (6.5 شکل)،که دګاډرشخي ثابته وي،نواعظمي کږوپېدنه اوددوران لويه زاويه وټاکئ.



6.5a شکل: دوېشلې بارلاندې مېله

حل

لومړی دګاډردکږوپ شوي محوردیفرینسیالي معادله جوړو:

$$\frac{dV^2}{dz^2} = -\frac{M}{EI}$$

بياله A اتكاءڅخه د z په فاصلې سره په کيفي عرضي مقطع کې دکوږوالي مومنت قيمت پيداکوو:

$$M = R_A \times z - qz\frac{z}{2} = \frac{ql}{2}z - \frac{qz^2}{2}$$

دغه قيمت په ديفرينسيالي معادله کې وضع کووپه لاس راوړوچې:

$$EI\frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{1}{2}qlz + \frac{1}{2}qz^2$$

دپورتنۍ افادې له يوځل انتګرالونې څخه په لاس راوړوچې :

$$EI\frac{dV}{dz} = EI\varphi = -\frac{qlz^2}{4} + \frac{qz^3}{6} + C$$

دغه افاده بيايوځل انتګرالوو:

$$EIV = -\frac{qlz^3}{2} + \frac{qz^4}{2} + Cz + D \qquad \text{(b)}$$

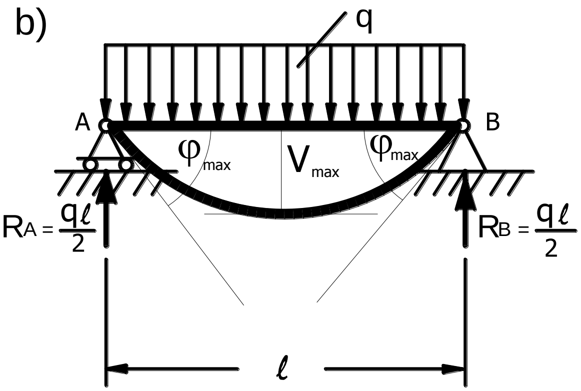
دثابتوانتګرالي قيمتونو C، D د پيداکولوله پاره سرحدي شرطونه کارو:

که چېرې: $z = 0 \qquad \Rightarrow \qquad V = 0$

اوکه چېرې: $z = \frac{l}{2} \qquad \Rightarrow \qquad \varphi = 0$

دګاډردمتناظرتوب دشرط له مخې دکږوپېدنې قیمت اعظمي حدته رسېږي که په (a) افاده کې $z=\frac{l}{2}$ وضع کړو ،نولروچې:

$$0=-\frac{ql^3}{16}+\frac{ql^3}{48}+C$$



6.5a شکل: دوېشلې بارلاندې میله

نوپه لاس راوړوچې :

$$C=\frac{ql^3}{24}$$

د(b) په معادله کې z=0 وضع کوواودD=0 په لاس راوړو ،که په (a) او(b) معادلوکې دC اوD قیمتونه وضع کړو ،نواعظمي کږوپېدنې اوددوران اعظمي زاویې قیمتونه ترې نه په لاس راوړو:

$$EI\varphi = EI\frac{dV}{dz} = \frac{ql^3}{24} - \frac{ql}{4}z^2 + \frac{ql^3}{6}$$

$$EIV = \frac{ql^3}{24}z - \frac{ql}{12}z^3 + \frac{ql^4}{24}$$

اعظمي کړوپېدنه دګاډردوایې په منځ کې ده :

$$V_{\max} = \frac{5}{384}\frac{ql^4}{EI}$$

اود دوران اعظمي زاویه په z=0 اویا $z = l$ کې ده :

$$\varphi_{\max} = \frac{ql^3}{24EI}$$

مثال 6.3

دیوګاډر(6.4 شکل)له پاره چې شخي يې ثابته ده اعظمي کړوپېدنه اود دوران لویه زاویه وټاکئ.

حل

دګاډرد کړوپ شوي محوردیفرینسیالي معادله لیکو:

$$\frac{dV^2}{dz^2} = -\frac{M}{EI}$$

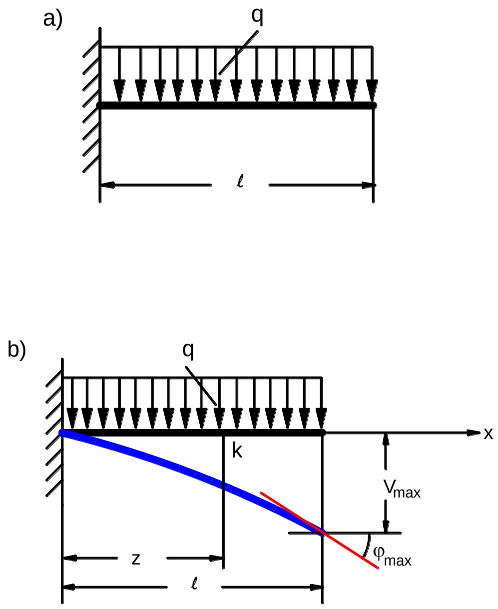
بياله سختې اتکاءځخه د z په فاصله سره په يوه کيفي عرضي مقطع کې د کوږوالي مومنت قيمت په لاس راوړو:

$$M = \frac{q(l-z)^2}{2}$$

دغه قيمت په پورتنی معادله وضع کوو:

$$EI\frac{d^2V}{dz^2} = q\frac{(l-z)^2}{2} = q\frac{l^2}{2} - qlz + q\frac{z^2}{2}$$

$$M = -q\frac{(l-z)^2}{2}$$



6.4 شکل: د وېشلي بارلاندې يوه کنسولي مېله

دغه معادله دوه ځلې انتګرالوو:

$$EI\varphi = EI\,\frac{dV}{dz} = q\frac{l^2}{2}z - \frac{ql}{2}z^2 + q\frac{z^3}{6} + C \qquad \text{(a)}$$

$$EIV = ql^2\,\frac{z^2}{4} - \frac{ql}{6}z^3 + q\frac{l^3}{24} + Cz + D \qquad \text{(b)}$$

ددې له پاره سرحدي شرطونه کاروو:

که چېرې:

$$\varphi = 0; \qquad \Rightarrow \qquad z = 0$$

$$V = 0; \qquad \Rightarrow \qquad z = l;$$

په (a) او (b) معادلوکې دسرحدي شرطونود وضع کولونه وروسته C=0 او D=0 په لاس راوړو،اوبیا اعظمي کږوپېدنه اوددوران لویه زاویه پیدا کوو:

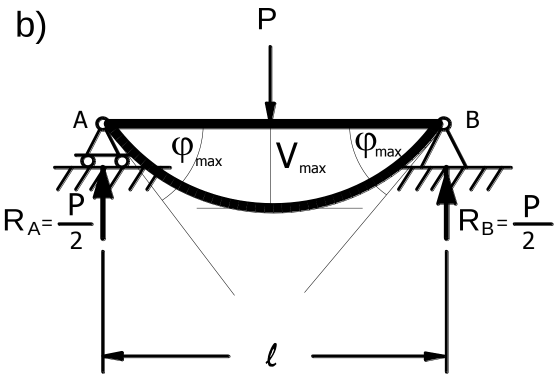
$$V_{\max} = \frac{3}{24}\,\frac{ql^4}{EI} = \frac{ql^4}{8EI}$$

او:

$$\varphi_{\max} = \frac{ql^3}{6EI}$$

6.4 مثال

دګاډر(6.7 شکل) په دواړواتکاء ګانوکې اعظمي کږوېدنه اوددوران لویه زاویه پیداکړئ که چېرې دګاډرشخي ثابته وي.



6.4شکل: دمتمرکزبارلاندې مېله

حل

لکه چې له پورتني شکل نه لېدل کېږي، چې دګاډردوایې په منځ کې متمرکزه قوه وارده شوې ده، نوځکه دکوږوالي مومنت دوه قیمت اخلي:

$$M_{\mathrm{I}} = R_A \times z_1 = \frac{P}{2} z_1;$$

$$M_{\mathrm{II}} = R_A \times z_2 = P\left(z_2 - \frac{l}{2} \right).$$

نوځکه دهرې يوې برخې له پاره دوه ديفرينسيالي معادلې ليکو ،څرنګه چې C_1 ، D_1 او C_2 ، D_2 ثابت انتګرالي قيمتونه لاس ته راځي،نو د سرحدي شرطونو له مخې يې قيمتونه ټاکل کيږي ،که چيرې :

$$z_1 = 0 \quad \text{And} \quad z = l \quad \Longrightarrow \quad \varphi_1 = \varphi_{max}$$

اوکه چيرې :

$$z_1 = \frac{l}{2} \quad \Longrightarrow \quad V_1 = V_{max}$$

دګاډرپه لومړۍ برخه کې :

$$EI\,\frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{P}{2}\,z_1$$

که دغه معادله دوه ځلې انتګرال کړو ،نوپه لاس راوړوچې :

$$EI\varphi = EI\,\frac{dV}{dz} = -\frac{P\times z_1}{2\times 2\times EI}\,z_1 + C_1 = -\frac{Pz_1^2}{4EI} + C_1$$

$$EIV = -\frac{P\times z_!^2}{3\times 4\times EI}\,z_1 + C_1 z_1 + D_1 = -\frac{Pz_1^3}{12EI} + Cz_1 + D_1$$

په دغودواړوپورتنيوافادوکې دسرحدي شرطونوله مخې د C_1 او D_1 قيمتونه پيداکوو ،که چيرې:

$$z_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad \varphi = 0 \quad \text{And} \quad D = 0$$

نوځکه په لاس راوړوچې :

$$C_1 = \frac{Pl^3}{16EI}$$

ددې دواړو قيمتونوله مخې که چېرې :

$$z_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{\max} = \frac{Pl^2}{16EI}$$

او :

$$z_1 = \frac{l}{2} \quad \Rightarrow \quad V_{\max} = \frac{Pl^3}{48EI}$$

اوم څپـــــــرکی

پیچلی مقاومت(Complex resistance)

7.1 عمومي معلومات

په تیروبحثونوکې مویوازې هغه مسئلې وڅېړلې چې یوازې په محوري کشش یا فشار،تاوېدنې اوپه کوږوالي کې دازمېښت لاندې نیول کېدې.

په عملي چاروکې ډېرځلې داسې حالتونه مخې ته راځي،چې دمېلې په عرضي مقطعوکې دبارونوداغېزوپرمهال دداخلي عواملویوځوډوله منځ ته راځي.په دې حالت کې وېل کېږي چې مېله په پیچلي مقاومت کې واقع ده.

اوس یوه مېله (7.1 شکل)چې یوڅوکه یې دسختې اتکاء سره نښتی ده اوپه بله څوکه یې په یوې قوې باندې بارشوی ده ګورو.

دګاډرپه یوه عرضي مقطع کې د P قوې له اغېزې څخه دداخلي عواملوشپږ قوې منځ ته راځي:

نارملي قوه :

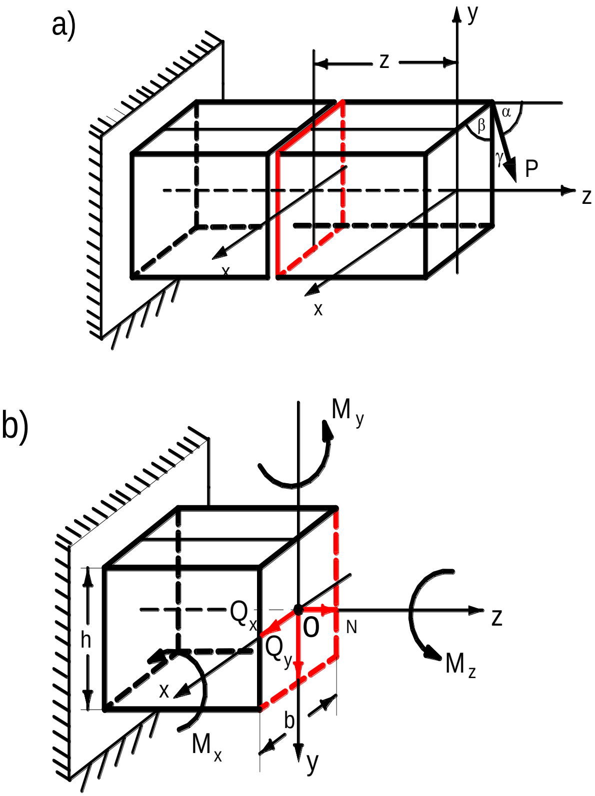
$$N = P \times \cos\alpha$$

نسبت x اوy محورونو ته عرضي قوې :

$$Q_x = P\cos\beta$$

او:

$$Q_y = P \times \cos\alpha$$



7.1 شکل: نښتي یاکنسولي مېله

همدارنګه نسبت x او y محورونوته دکوږوالي مومنتونه :

$$M_x = P\cos\alpha \frac{h}{2} - P\cos\gamma . z$$

او:

$$M_y = P\cos\alpha\frac{b}{2} - P\cos\beta . z$$

اونسبت z محورته دوراني یاتاوونکی مومنت:

$$M_z = P\cos\alpha\frac{b}{2} - P\cos\beta\frac{h}{2}$$

نارملي قوه N اودکوږوالي مومنتونه M_x او M_y دعرضي مقطعې په بېلا بېلونقطوکې نارملي تشنجات پېښوي اوله عرضي قوو Q_x او Q_y اوله دوراني مومنت M_z څخه مماسي تشنجات منځ ته راځي.

ددې له پاره چې دتشنجاتو بشپړه مجموعه په لاس راشي،نوبايدقووود مستقلې اغېزې له پرنسيپ څخه ګټه واخيستل شي.یعنې ددې پرنیسپ له مخې په بېلا بېل ډول له داخلي قووڅخه تشنجات پيداکوواوبيا يې يوله بله سره الجبري جمع کوو:

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_{M_x} + \sigma_{M_y} = \frac{P}{A} + \frac{M_x}{I_x}y + \frac{M_y}{I_y}x$$

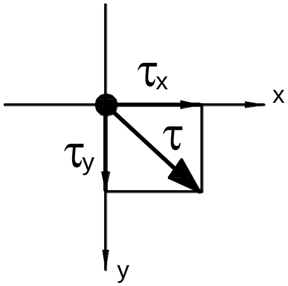
اوهمدارنګه ممـــاسي تشنج په هند سي ښېرسره جمع کيږي لکه دمـــــېلې (7.2 شکل)په کوږوالي کې دعرضي مقطعې په کومه نقطه کې بشپړه مماسي تشنج دمیلې په دووسطحوکې باید په بېلا بېل ډول سره دهریوحالت له پاره وټاکل شي اوبيا په هند سي ښېرسره جمع شي:

$$\tau_x = \frac{Q_x . S_y^{cuting}}{I_y . b_x}$$

او :

$$\tau_y = \frac{Q_y . S_x^{cuting}}{I_x . b_y}$$

دميلود پيچلي مقاومت له بېلا بېلو حالتونو څخه يو مايل کوږوالی، له مرکز څخه بهر کشش يا فشاراود تاوېدنې سره دکوږوالي هم مهاله حالتونه مخې ته راځي .



7.2 شکل: دمماسي تشنجاتوښودنه

بشپړه مماسي تشنج په لاندې توګه په لاس راوړو:

$$\tau = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$$

7.2مایل کوږوالی (Oblique bending)

په مایل کوږوالي کې دتشنجاتوټاکنه:مایل کوږوالی دمیلې دکوږوالي هغه حالت ته ویل کیږي کله چې په عرضي مقطعې کې دکوږوالي مومنتونوداغیزې ټوله سطحه دانرشیایي عمدومحورونودیومحورسره هم منطبقه نه شي،یاپه بل عبارت سره په عرضي مقطع کې دکوږوالي دوه مومنتونه M_x او M_y منځ ته راشي.

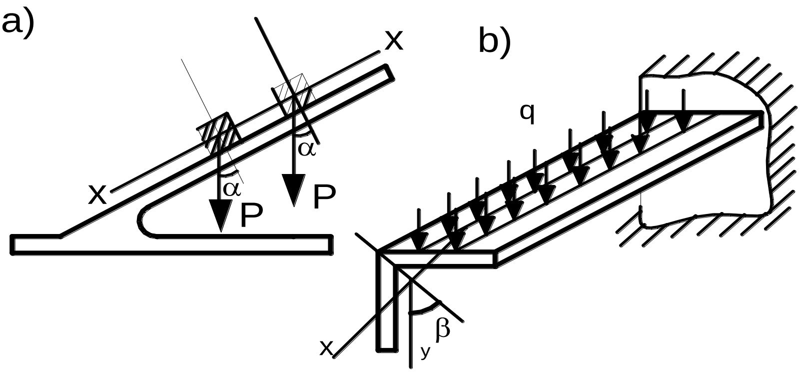
دمایل کوږوالي په شرایطوکې دلرګیوچارتراش فعالیت کوي(7.3) شکل.په دې حالت کې دپوښښ اودلرګیو(چارتراشو)له ذاتي وزن څخه عمودي بارنسبت دمقطعې عمده محورته د α زاویې په اندازه سره مایل واقع کیږي.

په مایل کوږوالي کې دتشنجاتودفورمولونودلاس ته راوړلوله پاره یوګاډر (7.4 شکل)چې یوه څوکه یې دسختې اتکاءسره نښتی ده،اوبله څوکه یې د y د محورسره د α زاویې په پام کې نیولوسره دیوې قوې P تر اغیز لاندې واقع دی ګورو.د P قوه د ox او oy محورونوله پاسه په دوو مرکبو سره وېشوو:

$$P_y = P.\cos\alpha \quad \text{او} \quad P_X = P.\sin\alpha \qquad \text{(a)}$$

دمیلې په $m-n$ عرضي مقطع کې دکوږوالي مومنتونه نسبت عمده محورونو ته په لاندې ډول سره لاس ته راوړو:

$$M_y = P_x. = P.\sin\alpha.z \quad \text{او} \quad M_x = P_y.z = P.con\alpha.z \qquad \text{(b)}$$

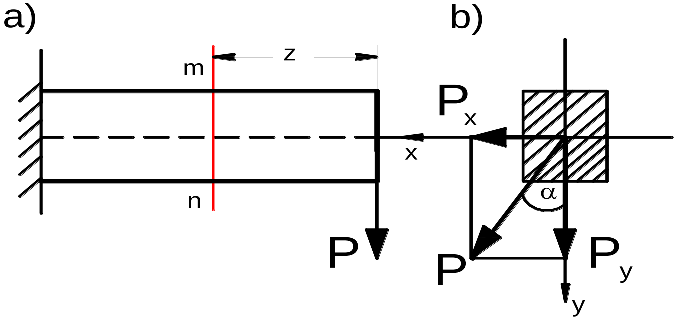


7.3 شکل: دوبشلي بارلاندې انګلارن

په همدې ډول دميلې په هره کيفي مقطع کې دکوږوالي مومنتونه،چې د مقطعې په عمدوسطحوکې کوږوالی منځ ته راوړي هم مهاله اغېزه کوي،د کوږوالي مومنت له يوازنۍ اغېزې څخه دنارملي تشنج د ټاکنې له پاره دسوچه کوږوالي فورمول کارولی شو:

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x \qquad 7.1$$

دپورتني فورمول په مرسته دمقطعې په هره يوه کيفي نقطه کې نارملي تشنج که چېرې دکوږوالي مومنتونوقيمتونه دنقطې دکورديناتودعلامو په پام کې نيولوسره وضع کړو،نو پيداکولی شو.



7.4 شکل: کنسولي يا نبښتی ګاډر د بارلاندې

دهغې مقطعې (7.5 شکل) له پاره د 1، 2، 3 او4 اړخي نقطوکې د x او y کوردیناتومطلقه قیمتونه اعظمي قیمتونه ځانته غوره کوي،نوځکه په پورتني فورمول کې يې دوضع کولوځخه په لاس راوړوچې:

$$\sigma = \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} \qquad 7.2$$

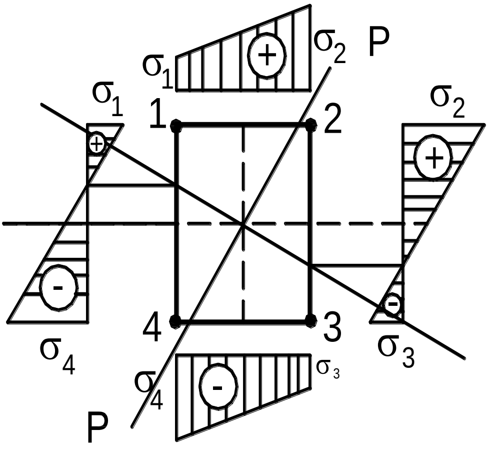
دلته :

W_x او W_y نسبت دمقطعې عمدومحورونوته دمقاومت مومنتونه دي،د مقطعې 1، 2،3 او4 نقطوله پاره دهغوې دعلاموپه پام کې نیولوسره لیکلی شوچې:

$$\sigma_2 = \frac{P_y \times z}{W_x} + \frac{P_x \times z}{W_y} \quad ، \quad \sigma_1 = \frac{P_y \times z}{W_x} - \frac{P_x \times z}{W_y} \qquad 7.3$$

$$\sigma_4 = -\frac{P_y \times z}{W_x} - \frac{P_x \times z}{W_y} \quad \text{او} \quad \sigma_3 = -\frac{P_y \times z}{W_x} + \frac{P_x \times z}{W_y} \qquad 7.4$$

له پورتنیوفورمولونوڅخه لېدل کېږي،چې اعظمي کششي تشنج د 2 په نقطه کې او ا ضغري فشاري تشنج د4 په نقطه کې دی.په دې څلورواړو نقطوکې دنارملي تشنجاتودټاکنې څخه وروسته کولای شو ،چې دمقطعې په اړخونوکې د نارملي تشنجاتودیاګرام جوړکړو(7.5 شکل).

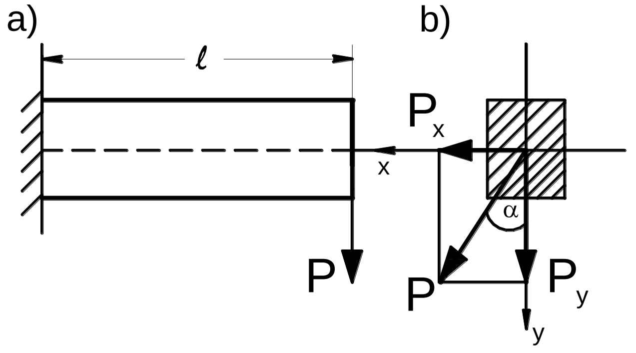


7.5 شکل: دګادر مستطیلي عرضي مقطع

دمقطعې پراړخونوباندې د نقطود رانقلولوڅخه د $N - N$ خنثی محور چې دهغه له پاسه په ټولونقطو کې نارملي تشنج صفردی کارووکوم چې د قوې مستوي $P - P$ دصفري کرښې سره دیوې زاویې په اندازه سره پرې کوي.

7.1مثال

يوكنسولي ګاډر(7.9 شكل) ديوې متمركزې $P = 1200Kg$ قوې تراغېز لاندې واقع دی،كه چېرې دقوې اود y محورترمنځ زاويه 30^0 اوعرضي مقطعې ابعادېې $b = 0,6\,h$ اواوږوالی يې $l = 1m$ اودنارملي مجازي تشنج قيمت $[\sigma] = 1200\ Kg/cm^2$ وي،نودمقطعې بشپړابعاد وټاكئ .



7.9شكل: كنسولي يا نبنتی ګاډر

حل

لومړی دكوږوالي اعظمي مومنت پيداكوو:

$$M_{\max} = P.l = 1200 \times 1 = 1200\ kg.m = 120000\ \ kg.cm$$

بيا نسبت x او y محورونوته دكوږوالي مومنتونه په لاس راوړو:

$$M_x = P_y \times l$$

$$M_y = P_x \times l$$

ددې له پاره لومړی نسبت x او y محورنوته د P قوه په دوومرکبوویشو:

$$P_y = P \times cos \propto \implies M_x = P \times cos \propto \times l$$

$$P_x = P \times sin \propto \implies M_y = P \times sin \propto \times l$$

که چېرې قیمتونه یې وضع کړو ،نوپه لاس راوړوچې:

$$M_x = 1200 \times 0.866 \times 100 = 104000\ Kg$$

$$M_y = 1200 \times 0.5 \times 100 = 60000\ kg$$

څرنګه چې د تشنجاتولږ قیمتونه د B او C په نقطوکې دي،نوځکه لرو چې:

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x = \frac{104000 \times \frac{h}{2}}{\frac{bh^3}{12}} + \frac{60000 \times \frac{b}{2}}{\frac{b^3 h}{12}}$$

له دې ځایه په لاس راوړوچې:

$$\frac{104 \times 6}{bh^2} + \frac{60 \times 6}{b^2 h} = 1200$$

اويا:

$$1 = \frac{520}{0,6.h^3} + \frac{300}{0,36.h^3}$$

له دې ځايه په لاس راوړوچې:

$$h = \sqrt[3]{\frac{620}{0,6} + \frac{300}{0,36}} = \sqrt[3]{1700} = 11,9.cm$$

پورتني لاس ته راغلي قيمت په پام کې نيولوسره له لاربنود جدول څخه $h = 12\,cm$ قبلوواوبيا د b قيمت پيداکوو: $b = 0,6\,h = 7,2\,cm$ دغه قيمت په معادله کې وضع کوواوپيداکووچې:

$$\sigma = \frac{104}{\frac{7,2 \times 12^2}{6}} + \frac{60}{\frac{7,2^2 \times 12}{6}} = 600 + 580 = 1180 \leq 1200$$

دپورتني قيمت له مخې وېلی شوچې ګاډرمحکم دی.

7.3 په مايل کوږوالي کې دمحکموالي شرط

په کوږوالي کې دګاډرونومحکموالی داعظمي نارملي تشنج له مخې د 2 فورمول په مرسته سنجول کېږي.دهغوګاډرونوله پاره چې مواد يې په کشش کې په ښه مقاومت سره فعاليت کوي دلانديني شرط له مخې سنجول کېږي:

$$\left|\sigma_{\max}\right| = \frac{M_x^{culcol.}}{W_x} + \frac{M_y^{culcol.}}{W_y} \le R^{culcol.} \times m \qquad 7.8$$

همدارنګه دهغوګاډرونوله پاره چې موادیې په کشش اوفشارکې یوډول محکموالی نه لري دمحکموالي ازمېښت یې په کشش اوفشارکې مختلف دی:

$$\left|\sigma_{\max}\right| = \frac{M_x^{culcol.}}{W_x} + \frac{M_y^{culcol.}}{W_y} \le R_{ten}^{culcol.} \times m \qquad 7.9$$

$$\left|\sigma_{\min}\right| = -\frac{M_x^{culcol.}}{W_x} - \frac{M_y^{culcol.}}{W_y} \le R_{comp}^{culcol.} \times m \qquad 7.10$$

په پورتنیوفورمولونوکې:

$M_x^{culcol.}$ او $M_y^{culcol.}$ - د بېلا بېلوقیمتونوله اغېزوڅخه دکوږوالي مومنتونو قیمتونه دي.

$R_{ten}^{culcol.}$ او $R_{comp}^{culcol.}$ - په کشش اوفشارکې دموادومحاسبوي مقاومت دی.

m - دعناصرود فعالیت د شرایطو ضریب دی $(m \le 1)$ اوله لاندې جدول څخه یې قیمت اخیستل کیږي.

7.1 جدول: د عناصرود فعالیت د شرایطو دضریب قیمتونه

د m ضریب	دعناصرونومونه
0.75	له یوځوزاویه ډوله پروفیلونوڅخه فشاري فولادي عناصرو عناصرچې دبولټونواویادیوپرپه مرسته دیوې طاقچې سره نښتي دي.
0.90	له یوځوزاویه ډوله پروفیلونوڅخه فشاري فولادي عناصر چې دولډنکي نښتنې ددوویا ډېروپرچې ګانوپه ذریعه دیوې طاقچې سره نښتې دي .
1.00	له یوځوزاویه ډوله پروفیلونوڅخه فشاري فولادي عناصر چې دپرچې ګانوپه ذریعه دمثلثي جالیواوکششي عناصرو سره نښتي دي .
1.10	دډېروباره چې دفشاري بارونولاندې دیوې اوږدې مودې وروسته سخته واقع ده .
1.20	دلنډې مودې بارونې لاندې لرګین عناصر.

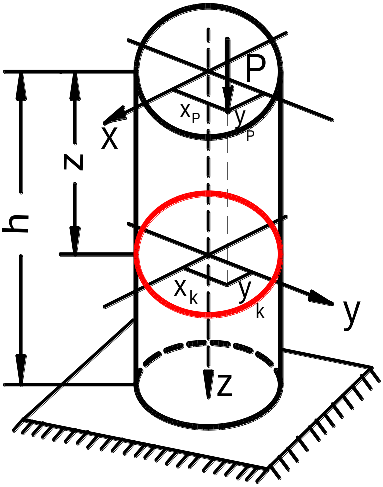
اتم څپرکی

دمرکزنه بهر (غیر ې محوري) کشش یافشار

(Ecceentric tension and compression)

8.1عمومي معلومات

ددې مطلب دروښانه کولوله پاره د يوې ستنې (Pillar) (8.1 شکل)، کومه يوه، چې دسختې اتکاء سره نښتې ده دمرکزنه بهرفشار پېښېږي. دغه مسئله دپلونودجوړونې په ساختماني چاروکې دپلونوداتکاءګانـــواودمد نې–صنعتي ودانیودستنو یا پایوپه سنجولوکې ډېره ترسترګوکېږي.



8.1 شکل: عمودي فشاري پايه

اټکلوو ،چې دستنې له پاسه یوه فشاري امتدادي قــوه چې کوردینات یې
$P(x_k, y_k)$ دي په یوه نقطه کې نظـرعمده مرکزي محورونو ته واقع ده.ددې
قــوې لـه اغېزې څخــه دستنې په یوه کیفي عــرضي مقطع کې امتدادي قـــوه
$N = -P$ اونسبت عمــدومحورونوته دکوږوالي دوه مومنتونه منځ ته راځي،
چې دلانــدنیوفــورمـــولونوپه مرسته یې د P قـوې دخروجي (مرکزنه بهر) فاصلو
x_p او y_p له مخې پیداکوو:

$$M_x = -P \times y_P$$

$$M_y = -P \times x_P$$

په پورتنیو معادلو کې منفي علامه دهغومومنتونو له پاره قبلوو،که چېرې
هغوې په هغونقطوکې چې دکوردیناتو په څلورمه برخه کې واقع وي فشارمنځ
ته راوړي.

8.2 دمرکزنه بهر (غیرې محوري) کشش یافشارکې دتشنجاتو ټاکنه

دنارملي تشنج دلاس ته راوړلوله پاره د K په کیفي نقطه کې د قوود مستقل
اثرد پرنسیپ له مخې په لاندې ډول سره پیداکووچې :

$$\sigma_{ن} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} y_k + \frac{M_y}{I_y} x_k \qquad 8.1$$

د پورتني فورمول له مخې دستنې په هره نقطه کې د فشاري نارملي تشنجاتو ټاکنه ممکنه ده،په دې حالت کې باید دکوږوالي مومنتونو اوله امتدادي قوې له اثر څخه دتشنج علامه $(\sigma = -\frac{P}{A})$ په پام کې ونیول شي.

8.3 په غیرې محوري فشارکې سطحې پېښه

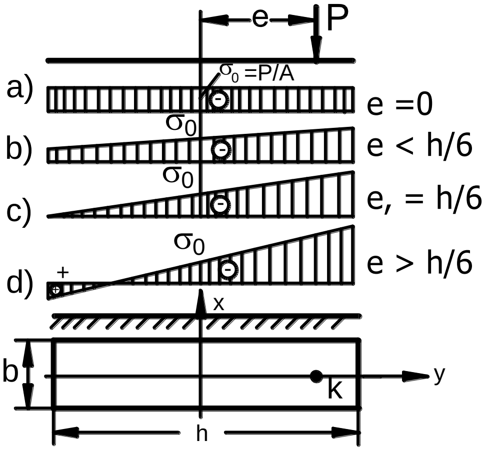
ډېرځلې،کله چې له مرکزنه دبهرفاصلوڅخه یوه $X_p = 0$ اویا $y_p = 0$ صفر شي،نوغیرې محوري فشارته سطحي غیرې محوري فشار ویل کېږي. اوس د یوې ستنې یاپایې (8.2 شکل) چې عرضي مقطع یې مستطیلي ده دغیرې محوري فشار پېښه گورو.

اټکلووچې د P قوه د oy محورله پاسه $(x_p = 0; y_p = e)$ واقع شوې ده،ددې حالت له پاره لیکوچې:

$$N = -P \quad ، \quad M_x = P \times e \quad \text{او} \quad M_y = 0$$

دنارملي تشنج دلاس ته راوړلوله پاره پورتني قیمتونه په (8.2) فورمـول کې وضع کـــوواودوروستنۍ تسمې فاصله $y = y_{\max} = \frac{h}{2}$ په پام کې نیسواوپه لاس راوړوچې:

$$\sigma = -\frac{P}{A} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} = -\frac{P}{A} \pm \frac{P \times e}{\left(\frac{bh^2}{6}\right)} = -\frac{P}{A}\left(1 \pm \frac{6 \times e}{h}\right) \qquad 8.2$$



8.2 شکل: دنارملي تشنجاتو دیاګرامونه

ددې فورمول څخه لېدل کېږي، چې که $e=0$ شي، نو په ټوله مقطع کې تشنج یـورنګه $\sigma = -\frac{P}{A}$ تشنج دی د پورتني شکل a جز وګورئ ، اوکه چېرې $e \le \frac{h}{6}$ شي، نو په ټوله مقطع کې تشنج بیا هم یـوعلامه یزدی د پورتني شکل C جزوګورئ. که چېرې $e > \frac{h}{6}$ شي، نوخنثی محور دمقطعې لـه منځه تېرېږي اومقطع په دووبرخو یعنې کششي اوفشاري ساحو باندې وېشي د پورتني شکل d جز وګورئ .

په دې ډول سره، ددې له پاره چې دستنې په عرضي مقطع کې کششي تشنج پېښ شي، بایـد دمرکـزنه بهـرفاصله د 1/6 حدنه تیرى ونه کړي یعنې $x_p = e; y_p = 0$ او یا $e \le \frac{h}{6}$ وي. دغه حالت دهغو ستنو لـه پاره، چې په

فشار کې ښه فعالیت کوي اوپه کشش کې یې مزه نشته دی ډېر مهم دی لکه دډبرین موادو ، کانکریټ اودخښتې له پاره.

8.4 دصفري کرښې دموقعیت ټاکنه

دصفري کرښې د ټاکنې له پاره د(8.2) فورمول ساده کوو ،په دې فورمول کې دمومنتونو قیمتونه وضع کوو ، نوپه لاس راوړو چې:

$$\sigma = -\frac{P}{A} - \frac{P \times y_p \times y}{I_x} - \frac{P \times x_p \times x}{I_y} = -\frac{P}{A}\left[1 + \frac{y_p \times y}{\frac{I_x}{A}} + \frac{x_p \times x}{\frac{I_y}{A}}\right]$$

دپورتنۍ معادله کې په مخرجونوکې واقع شوي قیمتونه دمقطعې د انرشیایي شعاعګانو مربع ایز قیمتونه دي،یعنې :

$$\frac{I_x}{A} = i_x^2 \qquad \text{او} \qquad \frac{I_y}{A} = i_y^2 \qquad 8.3$$

نوځکه نارملي تشنج لاندینی قیمت حاصلوي :

$$\sigma = -\frac{P}{A}\left(1 + \frac{y_p \times y}{i_x^2} + \frac{x_p \times x}{i_y^2}\right) \qquad 8.4$$

دغه فورمول هم د(8.2) فورمول په څېر دستنې دعــرضي مقطعې په هره نقطه کې دنارملي تشنجاتودټاکنې له پاره استعماليدای شي،په دې صورت کې د قوې دتاثيرنــقطې کوردينات $P(x_p, y_p)$ اوپه مقطع کې د نــقطې(8.3 شکل) کوردينات (x,y) بايد دعلامو سره يوځای واخيستل شي.

د صفري کرښې دهرې نقطې له پاره کــوردينات د x_N او y_N له مخې په نښه کوو، دغه کوردينا ت په (8.4) فورمول کې وضع کوو، څرنگه چې د صفــري کرښې له پاسه په هــره کيفي نقطه کې نــارملي تشنج صفــر دی:

$$\sigma = -\frac{P}{A}\left(1 + \frac{y_p \times y}{i_x^2} + \frac{x_p \times x}{i_y^2}\right) = 0$$

څرنگه چې $\sigma = 0$ ،نوځکه صفري کرښه په لاندې ډول سره لاس راځي:

$$\left(1 + \frac{y_p \times y}{i_x^2} + \frac{x_p \times x}{i_y^2}\right) = 0$$

دصفري کرښې دمعادلې له مخې هغـه ټوټه کرښه چې صفري کرښه يې د محورونوسره پرې کوي ټاکل کيدای شي،دغه ټوټه کرښــه پــه شکل کې د a_x, a_y لـه مخې په نـښه کوواوپه (8.2)معادله کې د 1 او 2 نــقطــو کــوردينات وضع کوو،اود $x_N = 0; y_N = a_y$ کورديناتو له پاره لروچې:

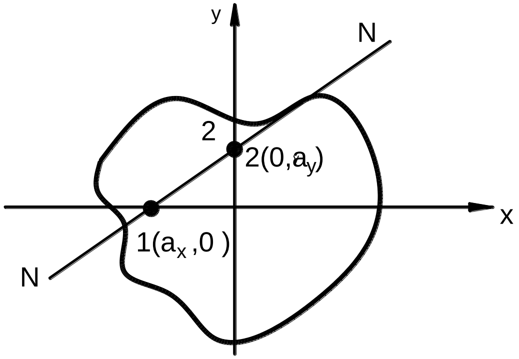
$$1 + \frac{y_p \times a_y}{I_x^2} = 0 \qquad \text{(a)}$$

د2 نقطې دکوردیناتو $x_N = a_x ; y_N = 0$ له پاره لروچې :

$$1 + \frac{x_p \times a_x}{I_y^2} = 0 \qquad \text{(b)}$$

د(a) او(b) معادلو له حلولوڅخه هغه ټوټه کرښه چې په محورونوکې د صفــري کرښې سره پــرې کــوي په لاس راځي :

$$a_y = -\frac{i_x^2}{y_p} \quad \text{او} \quad a_x = -\frac{i_y^2}{x_p} \qquad 8.5$$



8.3 شکل: د یوعنصر عرضي مقطع

کیدای شي،چې معکوسه مسئله حل شي،یعنې که چېرې دصفري کرښې موقعیت معلوم وي،نودقوې د تاثیر نقطې کوردینات $P(x_p , y_p)$ پیداکولی شو:

$$y_p = -\frac{i_x^2}{a_y} \quad \text{او} \quad x_p = -\frac{i_y^2}{a_x} \qquad 8.6$$

په (8.5) او(8.6) افادوکې منفي علامې ښييئ چې صفري کــرښه د a_x او a_y کرښې د کوردیناتو x_p او y_p پر خلاف علامې لري.

مثال7.5

د یوې مېلې (8.4 شکل)عرضي مـقـطع (h=20cm , b=14cm) مستطیلي ده.ددې مقطعې د C په نقطه کې فشاري قوه د $x_p = -5cm$ او $y_p = 5cm$ په کوردیناتوکې واقع شوې ده دصفـري کـرښې مـوقعیت پیداکړئ .

حل

دهغه ټوټه کرښې کوردينات چې دمحورونوسره پرې کوي،دلاندنيو فور مولونو په مرسته لاس ته راځي:

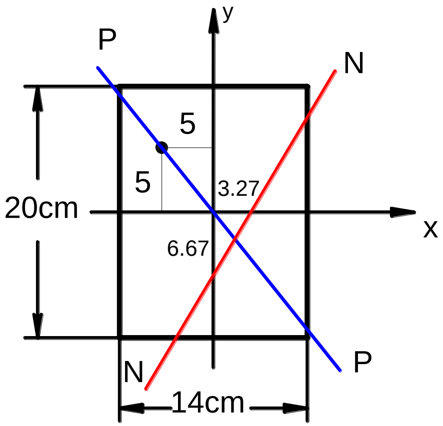
$$x_p = -\frac{i_y^2}{a_x} \quad \text{او} \quad y_p = -\frac{i_x^2}{a_y}$$

لومړی دمقطعې دانرشيايي شعاعگانو مربع ايز قيمتونه لاس ته راوړو :

$$i_x^2 = \frac{I_x}{A} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{bh} = \frac{h^2}{12} = \frac{20^2}{12} = \frac{400}{12} = 33.3cm^2$$

او :

$$i_y^2 = \frac{I_y}{A} = \frac{\frac{b^3h}{12}}{bh} = \frac{b^2}{12} = \frac{14^2}{12} = 16.3cm^2$$



8.4 شکل: دعنصر مستطیلي عرضي مقطع

نوځکه په لاس راوړوچي :

$$a_x = -\frac{i_y^2}{x_p} = -\frac{16.3}{-5} = 3.27cm$$

او:

$$a_y = -\frac{i_x^2}{5} = -6.67\,cm$$

د x محورله پاسه 3.27cm اود y محورله پاسه 6.67cm- ښېلوو، چې په پاڼله کې دصفري کرښې N-N موقعيت په لاس راځي .

8.5 دمقطعې هسته(Core of section)

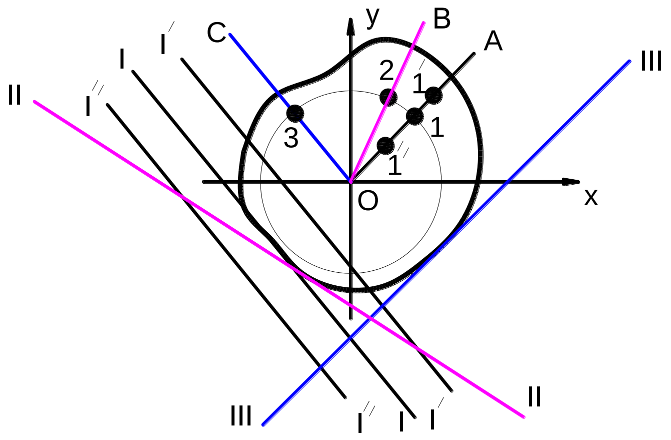
ديوې عرضي مقطعې لرونکې ستنې (پايې) (8.5 شکل) دغيرې محوري فشارپېښنه گورو. اټکلوو چې د P قوه د OA يوې مستقيمې کرښې له پاسه خپل ځای ته بدلون ورکوي.له دې سره سم صفري کرښه هم دلايتناهي څخه دمقطعې د ثقل مرکز ته ورنژدې کيږي اودخپل پخواني حالت سره موازي پاتې کيږي يعنې هم مهاله د $II // II$ صفري کرښه د مقطعې په يوه نقطه کې مماس کېږي اود II حالت ځانته غوره کوي .

دصفري کرښې ددې موقعيت سره د OA کرښې له پاسه د P قوه واقع کېږي.که د P قوې تر شا د 1 نقطې ته بدلون ورکړو،نو د '1 حالت نيسي او ورسره سمه صفري کرښه هم دمقطعې منځ ته ورداخلېږي اود $I'I'$ حالت ځانته غوره کوي. داکرښه مقطع په دوو فشاري اوکششي ساحوباندې وېشي.په دې ډول سره د 1 نقطه يوه سرحدي نقطه ده چې دهغې په حدودوکې د P قوې بدلون مجاز نه دی که چېرې په دې مقطع کې دکششي تشنجاتومنځ ته راتگ ونه غوښتل شي.

په دې ډول د 1 نقطې په څېر د OB اوOC کرښو له پاسه د 2 او 3 نقطو ځانګړتيا يوډول ده او ټاکل يې ممکن دي .

د II-II اوIII-III مماسونه دهغوصفري کرښو حالتونه دي کوم،چې د P قوه د 2 او3 په نقطوکې واقع شوې وي،که چېرې يولړنورې نقطې ديوڅوکرښوله پاسه چې د O نقطې څخه تېرېږي په پام کې ونيول شي اودهغوې له مخې

سرحدي كرښې پيداكړی شي،نودغه نقطې دمقطې د ثقل مركزپه شاوخواكې يوه منحني ترسيموي چې دمــقطعې دهستې په نوم سره ياديږي



8.5 شكل: د يوعنصركيفي مقطع

كه تړولې فشاري قوې ددې هستې په حدودوكې واقع وي،نـوپه تړوله مقطع كې يوازې فشاري تشنج اوكه كششي قوې وي نويوازې كششي تشنج منځ ته راوړي.

په دې ډول سـره دمـقطعې هسته دهغې تـرسيم شوي ساحې څخـــه عبارت ده،چې دمقطعې دثقل مركزپـرشاوخوا رسمېږي.ددې ساحې ځانګړتياوې په دې كې دي ،چې هغه امتدادي قــوې چې ددې ساحې د ننه اويا دهغې په سرحد كې واقع وي په تړوله عرضي مقطع كې د يوې علامې تشنج منځ ته راوړي.

د مستطيلي عرضي مقطعې له پاره :

$$x=-\frac{i_y^2}{a_x}=-\frac{b^2\times 2}{12\times b}=-\frac{b}{6}$$

او:

$$y=-\frac{i_x^2}{a_y}=-\frac{h^2\times 2}{12\times b}=-\frac{h}{6}$$

ددايروي عرضي مقطعې له پاره:

$$r=\frac{i_x^2}{R}=\frac{R^2}{4R}=\frac{R}{4}$$

8.6 په غيرې محوري فشار (کشش) کې دموادودمحکموالي شرط

په غيرې محوري فشار(کشش) کې دموادودمحکموالي کنترول د نارملي تشنجاتو له مخې چې د (۸-۵) يا (۸-۶) فورمولونو په مرسته ټاکل کيږي ترسره کيږي.

که چيرې له مرکزنه بهرفاصلې (Eccentric) x_p او y_p ،يعنې دقوې دتاثيرد نقطې کوردينات داسې وي،چې صفري کرښه دمقطعې سره پرې کړي اوهغه په دووکششي اوفشاري ساحوباندې ووېشي،نــو محکموالي کنترول به په فشار اوکشش کې ترسره شي.

په مقطع کې دډېروبحراني نقطعود ټاکلوله پاره لومړی د(8.5) فورمول په مرسته دصفري کرښې موقعيت ټاکو:

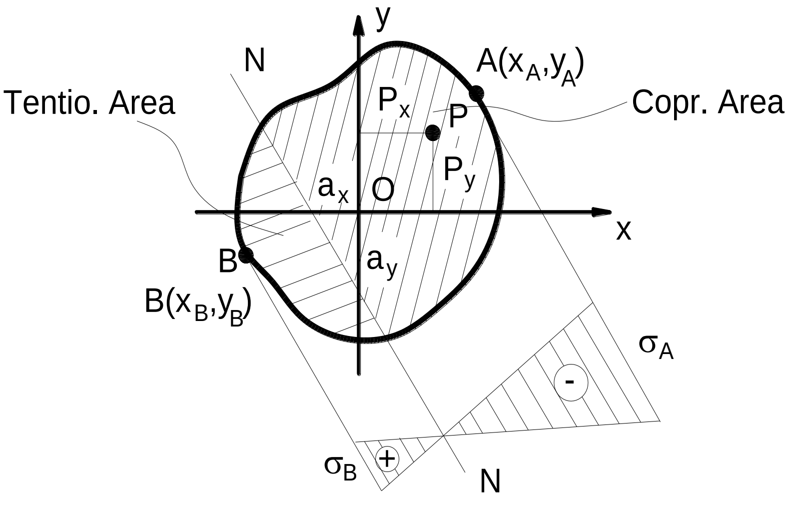
$$a_y=-\frac{i_x^2}{y_p} \qquad \text{او} \qquad a_x=-\frac{i_y^2}{x_p}$$

له دې نه وروسته دصفري كرښې N-N (8.6 شكل) سره دمدار له پاسه موازي مماسي كرښې تېرروو.په دې ډول سره دصفري محورڅخه ليرې دمقطعې په مدار كې د A او B نقطې پيداكوو،بيا په همدې نقطعوكې نارملي تشنج شمېرو اود ستنې د موادود شمېرنې د مقاومت سره يې پرتله كوو:

$$\sigma_A = \sigma_{mim} = -\frac{P^{culco.}}{A} - \frac{M_x^{culco.}}{I_x} y_A - \frac{M_y^{culco.}}{I_y} x_A \leq R^{culco.}$$

$$\sigma_B = \sigma_{max} = -\frac{P}{A} + \frac{M_x^{Cul.}}{I_x} y_B + \frac{M_y^{Cul.}}{I_y} x_B \leq R^{Culco.}$$

په دغوفومولونوكې: $M_x = P \times y_p$ او $M_y = P \times x_p$ سره برابر دي.



8.6 شكل: په كششي اوفشاري ساحوكې دتشنجاتو دياگرامونه

اویا د (8.4) فورمول له مخې د محکموالي شرط لاندنی شکل ځانته غوره کوي:

$$\sigma_{max}^{B} = -\frac{P}{A}\left(1 - \frac{M_x^{Cul.}}{I_x}y_B - \frac{M_y^{Cul.}}{I_y}x_B\right) \leq R_{tens.}^{Cul.}$$

$$\sigma_{min}^{A} = -\frac{P}{A}\left(1 + \frac{M_x^{Cul.}}{I_x}y_B + \frac{M_y^{Cul.}}{I_y}x_B\right) \leq R_{comp.}^{Cul.}$$

نهم څپرکی

دفشاري مېلو استواري (Buckling of compression columns)

9.1 عمومي معلومات

په ډېروحالتونـوکې دانجينري ساختمانونو دعناصرود شمېرنوطرحه کول يوازې په محکموالي کې کفايت نه کوي،کـه څه هم په عرضي مقطع کې تشنجات دمجازي حـداوياد مـوادودشمېرنې(محاسبوي) مقاومت څخـه تيری نـه کوي،مگربيا هم عناصروته دبې خطره فعاليت حق نه ورکوي.دانجينرۍ په ساختمانونوکې دهغه دعناصرو دمحکموالي مسئلوپـه لـړکې دساختمانونو دعناصرودااستوارۍ ستونزه هم شته دی.

انجينري ساختمانونه برسيره پرمحاسبوي بارونوځينې نورې اضافي لږې (ناچېزه)اغېزې چې خطرناکه دي اوساختمان دتعادل دمحاسبوي حالت څخه وباسي زغمي (تحميلوي).

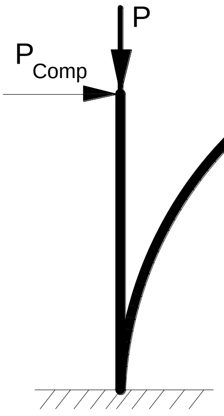
استواري دساختمانونواويا دهغوي دبېلابېلوعناصرويـوقابليت دی،چې عناصردلږواړخي اغېزوڅخه دتعادل محاسبوي حالت په خپل حال وساتي.د تعادل حالت دوه ډوله دی:داستوارۍ اوغيرې استوارۍ حالت .

داستوارۍ حالت،دتعادل هغه حالت دی چې پـه هغې کې ډېرې لـږې اغېزې دسيستم تعادل دمحاسبوي حالــت څخه لږ انحراف منځ ته راوړي .

غیرېِ استوارۍ حالـت دتـعادل هـغه حالـت دی،چې په هغې کې لړې اغېزې دسیستم تعادل دمحاسبوي حالت څخه لوي انحراف رامنځ ته کوي.په لړې فشاري قوې سره چې دبحراني قوې څخه لږه ده $P < P_c$ ،فشاري مېلـه د لـړې اغېزې نه کوم احساس نـه کوي،مګردلړې اضافي اړخي اغېزې نه مېله خپل لومړنی حالت له لاسه ورکوي اولږ څه کږېږي.

په $P < P_c$ حالت کې دفشاري مېلې مستقیم ډوله حالت استواره نـه دی نو له همدې کبلـه ناڅاپي لـږه اغېزه ډېرانحرافونه پېښوي اوبیاوروسته دغه اغېزې دامتدادي قوې تر تاثیر لاندې په کوږ حالت کې پاتې کیږي .

دفـشاري امتدادي قـوې له تاثیرلانـدې مېلې(9.1 شکل)دکوږوالي د حالـت پېـښه د امتدادي (طولي) کوږوالي په نـوم سره یادېږي.



9.1 شکل: دفشاري بارلاندې پایه

دامتدادي کوږوالي پېښنه ځکه ډېره خطـري ده،چې په مېله کې دفشاري قوې په بې حـده لږزياتوالي سره ډېرکوږوالی رامنځ ته کيږي.دکـوږوالي چابـکه زياتوالی په مېله کې دچابکه تشنج دزياتوالي څخه پېښېږي،چې زياتره يې دمېلودخرابېدولامل کيږي .

د نرمو ميلو له پاره د استواری بايلنه (ضايعات) چې دمېلې دکوږوالی په بې حده لږ مقايسوي فشاري تشنج $\sigma = \frac{P}{A}$ کې منځ ته راځي،دمېلې دموادود محکموالي له مخې خطرناکه نه ده.په همـدې ډول امتدادي کوږوالی يوه ډېره خطري پېښنه ده اودهغې پرېښودل مجازنه دي .

دبحراني قوې ټاکنه،داستواری دبايللوډولونه اودعــرضي مقطعې انتخاب پورې اړونده طــريقــوڅخــه ګټه اخيستنه دساختمانونوداستواری پوهنې بنسټيزه مسئله جوړوي.

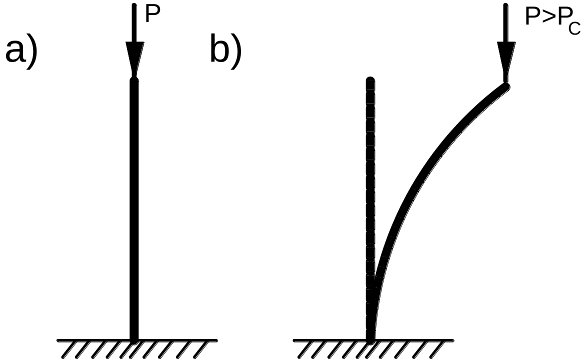
داستواری مسئلې يوځانګړې پــوهنــه ده،چې دساختمانونوداستواری په نــوم سره يادېږي څېړي.ډېــرځلې دموادومقاومت پوهنه کې يــوازې يوه ډېره ساده مسئله يعنې دمستقيمې مېلې (فشاري مېلې)داستواری مسئله څېړل کيږي.

9.2 دبحراني قوې دټاکنې له پاره دايئلر طريقه اودايئلر دفورمول څخه ګټه اخيستنه

دارتجاعي سيستمونودتعادل په موخه داستواری حالت دڅېړلو له پاره يوڅو طريقې شته دی،چې دموادودمقاومت په مضمون کې ددې طريقو څخه يـوه ډېره ساده طريقه دايئلر طريقه ده.ددې طريقې په مرسته سر ه دانجينرۍ چارو ډېرې مسئلې حل کيږي.

دايئلرطريقه دارتجاعي سيستمونو د تعادل د بېلا بېلو ډولونو په تحليل ولاړه ده،چې دمستقيمې کيفي فشاري مېلې دمرکزي فـــشار په مثال کې يې کتلی شو،څرګنده ده،چې په لـــږوفشاري قـــووکې دمېلې مستقيم شکل استواره دی(9.2 شکل)،اودقـــوې دزياتېدوپه پايله کې چې قوه د بحراني قوې نه تيرى کوي،دميلې مستقيم شکل استواره نه دی اواستواري به يې منحني ډوله شکل وي.لکه په شکل کې دتعادل دوه ډوله شته،يعنې دشکل وېش منځ ته راځي.

دفشاري قوې ډېره لږه اندازه چې په هغې کې دتعادل دډولونوبېلوالی واقـــع کېږي دبحـــراني قوې په نـــوم سره يادېږي .



9.2 شکل: فشاري پايه

له ايئلر فورمول اوله بحراني قـــوې څخه د پايلې اخيستنې له پـــاره يوه فشاري مفصلي مېله(9.3 شکل)چې ثابته عـــرضي مقطع ولري اودمرکزي فشارلاندې واقع ده ګورو.په $P = P_c$ قوه کې مېله لږڅه دکږوېدوپه حال کې

معلومېږي.که دمېلې يوه کيفي مقطع په پام کې ونيسو ،نوپه همدې مقطع کې به دکوږوالي مومنت M دلاندني فورمول څخه لاس ته راشي:

$$M = P_c \times V \qquad \text{(a)}$$

اټکلوو چې داستواری بايلنه دمېلې دموادوپه ارتجاعي حـدونوکې پېښېږي نوځکه دمېلې د کوږوالي ديفرينسيالي معادله په لاندې ډول سره ليکل کېږي :

$$\frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{M}{EI} = -\frac{P_c \times V}{EI} \qquad \text{(b)}$$

په دغه معادله کې په نښه کووچې :

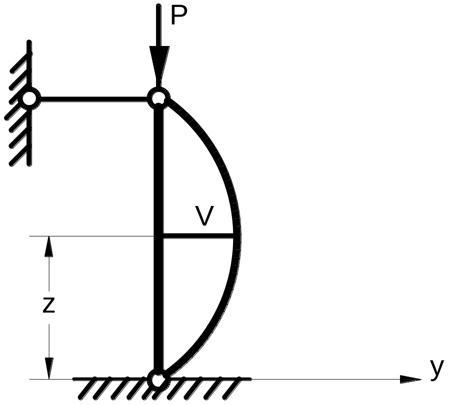
$$K^2 = \frac{P_c}{EI} \qquad 9.1$$

نوځکه د(b) معادله لاندنی شکل ځانته غوره کوي :

$$\frac{d^2V}{dz^2} = -K^2 \times V$$

اويا :

$$\frac{d^2V}{dz^2} + K^2 \times V = 0 \qquad \text{(b)}$$



9.3 شکل: د فشاري قوې لاندې مفصلي نښتې پايه

که د (c) معادله انتګرال شي، نو په لاس راځي چې:

$$V = A\cos Kz + B\sin Kz \qquad \text{(d)}$$

د A او B د ثابتو انتګرالي قيمتونو د پيداکولو له پاره سرحدي شرطونه کاروو:

1- که چېرې $z = 0$ شي،نو $V = 0$ شي،د(d) معادلې څخه په لاس راوړو ، چې $A = 0$ ،نــوځکه د کږېږ ياګروپې شوي مــېلې دمــحوردیفرینسیالي معادله لاندنی شکل ځانته غوره کوي:

$$V = B\sin Kz \qquad \text{(e)}$$

نوځکه میله د سینوسایئډ له مخې کږېږي یاګروپېږي .

2- که چیرې $z = l$ شي ، نو $V = 0$ ،نود (e) معادلې څخه په لاس راوړو چې:

$$B\sin Kl = 0$$

دغه معادله په دووحالتونو کې ترسره کیدای شي :

$$B = 0 \qquad \text{(a)}$$

$$\sin Kl = 0$$

لومړی حالت ډېر ضروري نه دی،ځکه چې که $B = 0$ شي نو دمېلې په ټولو نقطو کې کږوپېدنه صفروي اومیله مستقیم ډوله پاتې کېږي .

په دوېم حالت کې که $\sin Kl = 0$ شي،نو:

$$Kl = \Pi \ ، \ Kl = 2\Pi \ ، \ Kl = 3\Pi \ ..... \ Kl = n\Pi$$

د K^2 له پاره د (1) معادلې په شمیرلو سره لاس ته راوړو چې :

$$P_C = \frac{\Pi^2 EI}{l^2} \ ، \ P_C = \frac{(2\Pi)^2 EI}{l^2} \ ، \ P_C = \frac{(3\Pi)^2 EI}{l^2} \ ... \ P_C = \frac{(n\Pi)^2 EI}{l}$$

په همدې ډول سره دبحراني قوې یولړ قیمتونه لاس ته راځي، چې دانجینرۍ شمېرنې له پاره دبحراني قوې لـړه اندازه عملي ګڼه نه لري:

$$P_C = \frac{\Pi^2 EI}{l^2} \qquad 9.2$$

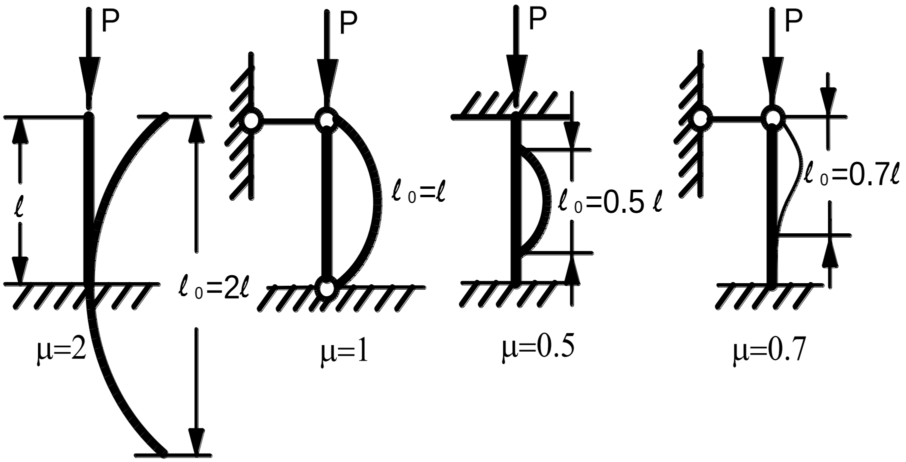
دغه فورمول دنن نه 271 کاله دمخه په کال 1744میلادي کې روسي پوهان اکاډیمیک لیونیدایئلر(Eller)لاس ته راوړی دی،نوځکه نن دهمدې پوهان په نوم سره یادېږي اوډېرځلې بحراني قوه هم دایئلرپه نوم سره یادوي له ایئلر فورمول څخه څرګندېږي،چې بحراني قوه مستقیماًدمېلې دشخې سره متناسبه ده.

9.3 دمیلودڅوکویا سرونود نښتنې په بیلا بیلوشرایطوکې د ایئلر فورمول

په (9.4) شکل کې دفشاري مېلودڅوکویا سرونود نښتنې بېلا بېل ډولـونه ښودل شوي دي،ددې هریـوحالت دبحراني قوودټاکنې له پاره لازمه ده،چې د مسئلې حل دپخوا په څېر دمفصلي مېلې له پاره ترسره شي .

نظري حل اوتجربوي څېړنې څرګندوي چې ددې ټولوحالتونو له پاره بحراني قـوه دایئلـــردعمومي فـــورمول په مرسته ټاکل کیدای شي:

$$P_C = \frac{\Pi^2 EI}{(\mu l)^2} \qquad 9.3$$



9.4 شکل: فشاري پايه په بېلا بېلو حالتونو کې

دلته :

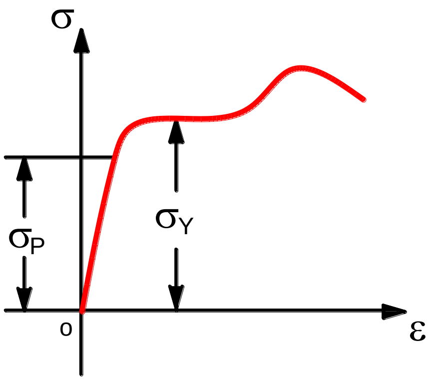
μ - دمېلې دتعويضي ياعوض شوي اوږدوالي ضريب دی،اوپه لاندې ډول سره لاس ته راځي :

$$\mu l = l_0$$

l_0 - دمېلې عوض شوی اوږدوالی يادمفصلي مېلې شرطي اوږدوالی دی اوداسې بحراني قوه لري لکه چې معلومه مېله يې لري.عوض شوي اوږدوالی دهند سې له مخې ممکن دهغه اوږدوالي په څېر تعبيرکېږي،لکه چې دهغې له پاسه د سينوسايئد يوه نيمايي برخه اېښودل کېږي.

9.4 له ایئلر فورمول څخه د ګټې اخیستنې حدونه اود یاسینسکي فورمول

دایئلر فورمول په هغه اتکل کې څرګندیږي،کله چې میله داستواری تر بایلنې پورې دهوک دقانون په پیروی سره یعنې $\sigma = E\varepsilon$ په ارتجاعي حدونو کې فعالیت وکړي،نوطبیعي ده چې له هغې څخه ګټه اخیستنه په هغو حالتونــوکې مجازه ده،کله چې بحراني تشنج σ_C له تناسبي حد σ_P نه ډیرنه وي (9.5 شکل).



9.5 شکل: دنمونې دکشش دیاګرام

ددې له پاره چې دایئلر له فورمول څخه د ګټې اخیستنې حدونه وټاکل شي، نو باید بحراني تشنج وشمیرل شي:

$$\sigma_C = \frac{P_C}{A} = \frac{\Pi^2 EI}{A(\mu \times l)^2} = \frac{\Pi^2 E}{\left(\dfrac{\mu \times l}{i}\right)^2}$$

دلته :

$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ - دميلې انرشيايي شعاع ده ،په فورمول کې يې په نښه کووچې:

$$\frac{\mu \times l}{i} = \lambda \qquad 9.4$$

λ - دميلې دګروپېدنې (لمش) قابليت په نوم سره يې يادوي.په دې ترتيب سره :

$$\sigma_C = \frac{\Pi^2 E}{\lambda^2} \qquad 9.5$$

دبحراني تشنجاتوتعويضي قيمت بايد له تناسبي حد σ_P څخه تيرى ونه کړي :

$$\sigma_C = \frac{\Pi^2 E}{\lambda^2} \leq \sigma_P$$

له دې افادې څخه دګروپېدنې قابليت تعويضي قيمت λ لاس ته راوړو :

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{\Pi^2 E}{\sigma_P}} \qquad 9.6$$

که چېرې $\lambda > \lambda_0$ وې،نوله ايئلر له فورمول څخه ګټه اخيستلاى شو.

که چېرې $\lambda < \lambda_0$ وي،نو له ایئلرله فـورمول څخه ګټه اخیستنه مجـازه نــه ده،لکــه د 3 مارک ساختماني فولادوله پاره چې $\sigma_P = 2000\frac{Kg}{cm^2}$ او $E = 2.1\times10^6\ \frac{Kg}{cm^2}$ دي،دایئلرفورمول نه کارول کیږي:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{10\times2.1\times10^6}{2000}} \approx 100$$

که چېرې دفولادو دمیلې دګروپېدنې قابلیت $\lambda = \frac{\mu.l}{i}$ د 100 نه ډېر وي،نودایئلر فورمول کارول کیدای شي.اوکه چېرې $\lambda = \frac{\mu.l}{i}$ له 100 څخه لږ وي،نـوکارول یې مجـازنه دي.همدارنــګـه دفــولادو د 5 مارک له پاره $\lambda_0 = 90$ دی.

دهغوحالتونوله پاره،کله چې مېله له ارتجاعي حدنه بهرفعالیت وکړي، نظري پابلې ډېرې پیچلې دي،نوځکه یولړ ډېرې تجربې په دې ساحه (برخه)کې ترسره شوي دي.

ددې تجربوي معلوماتولــه مخې روسي پـــوهان فیلکس یاسینسکي یو تجربوي فورمول دتشنجاتو دبحراني قیمت د ټاکنې له پاره وړاندې کړ:

$$\sigma_C = a - b\lambda \qquad 9.7$$

دلته:

a اوb د بېلا بېلوموادو له پاره ثابت ټاکل شوي قیمتونه دي ،څرنګه چې λ یو بې واحده قیمت دی،نوځکه د a اوb قیمتونه دتشنجاتوواحدونه اخلي،نوپه همدې ترتیب سره دبحراني تشنج قیمت دبېلا بېلو موادوله پاره ټاکلی شو لکه د3 مارک فولادوله پاره:

$$\sigma_C = 3100 - 11.4\lambda \qquad 9.8$$

اود لرګي له پاره :

$$\sigma_C = 294 - 1.94\lambda \qquad 9.9$$

دبحراني تشنجاتو له ټاکنې نه وروسته د یاسینسکي فورمول په مرسته بحراني قوه ټاکل کیږي:

$$\sigma_C = \sigma_C \times A \qquad 9.10$$

دلته :

A – دمېلې دعرضي مقطعې مساحت دی .

په دې ډول سره دبحراني قوې په ټاکنې کې لومړی باید کنترول وشي ،چې مېله په کومو تشنجاتوکې استواري له لاسه ورکوي،یعنې په ارتجاعي حدکې اویا له ارتجاعي حد نه وروسته.

بحراني قوه کله چې مېله استواري په ارتجاعي حد کې له لاسه ورکوي دایئلر فورمول په مرسته اوله ارتجاعي حد نه وروسته دیاسینسکي فورمول په مرسته شمېرل کیږي،چې د شمېرنې ترتیب یې په لاندې ډول سره دی :

داتکاء يي مېلې شيما ،ابعاد (اوږدوالی اوعرضي مقطع) اومواد σ_P او E يې باید معلوم وي.

حل

1. د دې له پاره د ګروپېدنې قابلیت تعویضي قیمت پیدا کوو:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{\Pi^2 E}{\sigma_P}}$$

2. د میلې دګروپېد نې قابلیت ټاکو:

$$\lambda = \frac{\mu \times l}{i_{\min}}$$

دلته:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\max}}{A}}$$

3. د λ او λ_0 قیمتونه یوله بله سره پرتله کوو، که چېرې $\lambda > \lambda_0$ وي ،نود ایئلر فورمول کارو:

$$P_C = \frac{\Pi^2 E I_{\min}}{(\mu . l)^2}$$

د a اوb قیمتونه له (9.1) جدول څخه دموادو دنوعیت په پام کې نیولو سره لاس ته راوړو.

A	B	مواد	ګڼه
3210	**11.6**	نرم فولاد	**1**
4640	**36.2**	5 مارک فولاد	**2**
293	**1.94**	لرګی	**3**

9.5 په استوارۍ کې د فشاري میلو عملي شمېرنه

دفشاري میلودعرضي مقطعودابعادوپه ټاکنه کې بایدپاملرنه وشي،څو پورې چې میله دګټې اخیستنې په بهیر کې دفشاري قوې لاندې خپله استواري له لاسه ورنه کړي،نوځکه په فشاري میله کې نارملي تشنج بایدله بحراني حد نه تیری نه کړي:

$$\sigma = \frac{N}{A_b} < \frac{P_C}{A_b} \leq \sigma_C \qquad \text{(a)}$$

دلته :

N – امتدادي فشاري قوه ده،چې دهغې په مرسته مېله سنجول کیږي.

P_C - دمېلې له پاره بحراني قوه ده .

A_b - دمېلې دغیرې خالصې عرضي مقطعې مساحت دی،یعنې پرته د تشوالي نــه لکه سوري ، قــطــع اوداسې نور.

تجربوي څېړنې څرګندوي چې دمېلې دځای تشوالی لکه پرچې ،سوري د بولټونو لاندې سوري،د لرګیو په عناصروکې سوري، قطع اوداسې نوروي.

دغه مطلب داسې روښـــانه کېږي،کله چې په (a) فــورمـول کې دمقطعې مساحت ناخالص نیول کېږي.په هغوحالتــونــوکې چې تشوالی ډېروي،نــوپه خالص فشارکې کنترول په تشې عرضي مقطعې کې ترسره کیږي:

$$\sigma = \frac{N}{A_N} \le R_{comp.} \qquad 9.11$$

دلته :

A_N – دعرضي مقطعې خالص مساحت دی،یعنې دټولې عرضي مقطعې مساحت د تشې مقطعې دمساحت په توپیردی.

دفشاري میلودډاډ ورفعالیت له پاره بایدداستوارۍ ذخیرې ضریب په پام کې ونیول شي.له دې امله په عرضي مقطع کې نارملي تشنج بایددمحاسبوي مقاومت R څخه چې دبحراني تشنج یوه برخه جوړوي لږوي.دغـه مطلب د محکموالي دکنترول په فـورمــول کې د بنستیزمحاسبــوي مقاومت دکموالي د ضــریب φ دتعمیم له لارې سرته رسېږي:

$$\sigma = \frac{N}{A_b} \le \varphi \times R \qquad 9.12$$

اویا :

$$\sigma = \frac{N}{\varphi . A_b} \le R \qquad 9.13$$

دلته :

φ - په امتدادي کوږوالي کې دبنستېز محاسبوي مقاومـت دکمـوالي ضريب دی او يا ورتـه دامتدادي کـوږوالي ضريب وايي.

دامتدادي کوږوالي ضريب φ دمېلې دموادو اودکوږوالي د قابليت λ پورې اړه لري:

$$\varphi = f(Materials; \lambda)$$

$$\varphi \leq 1(\varphi = 1; \lambda = 0)$$

دامتدادي کوږوالي قيمتونه φ د نورمي يامعياري ارقامـوپه څېرټاکل کېږي،اودجدول په څېردمـوادودګروپېدنې λ له مخې دګراف څخه ورکول کېږي.

دفشاري مېلودعرضي مـقطعـوانتخاب نسبت کششي حالت ته يوه ډېره پېچلې مسئله ده.دغـه مطلب داسې روښانه کېږي،چې په پورتنيو فورمولونو کې د φ قيمت دعرضي مقطعې دابعادواوفـورم پورې اړه لري نوله دې امله تر هرڅه دمخه ټاکل کيږي.

له (9.14) فـورمول څخه دمـيلې دعرضي مقطعې مساحت په لاندې ډول لاس ته راځي:

$$A_b = \frac{N}{\varphi \times R} \qquad 9.14$$

په دې ترتيب سره په پورتني فورمـول کې دوه مجهـول قيمتـونه φ او A_b چې دميلې دعرضي مـقطعې له ابعادو پورې اړه لري شته دی.

دفشاري مېلودعرضي مقطعوددې انتخاب په پاېله کې د پلټنې طريقه اجراء کېږي:

لومړی د φ قيمت ورکول کېږي لکه $\varphi = 0.5$ ،بياد(9.14) فـورمـول په مــرسته عرضي مقطع A_b انتخابېږي،ددې قيمت له مخې له لاربښودجدول څخه دمقطعې ډېرکوچنی انرشيايي مومنت $I_{\min}$ اوډېـــره کوچنۍ انرشيايي شعاع $i_{\min}$ اوبيا دکوږوالي قابليت λ دلاندنيوفومولونو په مرسته ټاکل کيږي:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A_b}} \qquad \text{او} \qquad \lambda = \frac{\mu \times l}{i_{\min}}$$

د λ دلاس ته راغلي قيمت له مخې په جـدول کې دمــقاومـــت دکموالي ضريب φ_1 قيمت پيداکـــوواوبيادمېلې محکموالی له (9.13) فورمول په مرسته کنترولـــوو.حقيقت دادی،چې په لومړنۍ پلټنې کې ممکن نارملي تشنج د $\sigma = \dfrac{N}{A_b}$ د $\varphi \times R$ له قيمت څخه ډېرتوپېرولري، نوځکه دوېمه پلټنه (دوېمــه تقريبي عمليه) اجــراءکـــوو:

د $\varphi_2 = \dfrac{0.5 + \varphi_1}{2}$ قيمت په منلو سره دلومړۍ پلټنې په څېرورته ټول قيمتـونه کنترولـوو،يعنې عرضي مقطع انتخابوو،بيادحقيقي ګړوپېدنې قيمت پيدا کوواودې پروسې ته يادپلټنو دغــه بهيرتــرهغې پورې جاري ساتو،ترڅوچې د σ_P او $\varphi \times R$ ترمنځ توپير د $3 \div 5\%$ نه تيرى ونه کړي.

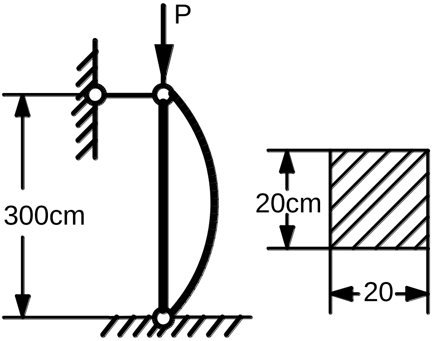
(9.2) جدول: دمحکموالي دکموالي φ ضریب قیمتونه

ګروپېدنه (لمش) $\lambda = \frac{\mu . l}{i}$	د φ قیمتونه				
	دفولادو مارکونه 1،2،3،4	5 مارک فولاد	لږ کاربوني فولاد $\sigma_Y = 3200\ Kg/cm^2$	چدن	لرګي
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	0.99	0.98	0.96	0.96	0.99
20	0.96	0.95	0.95	0.91	0.97
30	0.94	0.92	0.91	0.81	0.93
40	0.92	0.89	0.87	0.69	0.87
50	0.89	0.86	0.83	0.57	0.80
60	0.86	0.82	0.79	0.44	0.71
70	0.8	0.76	0.72	0.34	0.60
80	0.75	0.70	0.65	0.26	0.48
90	0.69	0.62	0.55	0.20	0.38
100	0.60	0.51	0.43	0.16	0.31
110	0.52	0.43	0.35		0.25
120	0.45	0.37	0.30		0.22
130	0.40	0.33	0.26		0.18
140	0.36	0.29	0.23		0.16
150	0.32	0.26	0.21		0.14
160	0.29	0.24	0.19		0.12

0.11		0.17	0.21	0.26	170
0.10		0.15	0.19	0.23	180
0.09		0.14	0.17	0.21	190

مثال 9.1

یوه ستنه (pillar)(9.6 **شکل**) چې له نښـترڅخه جوړه شوې ده اوږدوالی یې 3 متره اودعرضي مقطعې ابعادیې $(a \times a)$ دي،په دواړوڅوکوکې مفصلي نښتې ده،که a=20cm وي،نـوهغه مجازي بارکوم چې دمېلې له پاسه واقع کېږي وټاکئ .



9.6 شکل: فشاري پایه

حل

داستواری دتشنج ټاکلوله پاره دغه فورمول کارول کیږي :

$$\sigma_{Buck} = \frac{[P]}{A}$$

له دې ځایه په لاس راوړو چې:

$$[P] = \sigma_{Buck} \times A$$

دلته مجازي تشنج قیمت په لاس راوړو:

$$\sigma_{Buckling} = [\sigma] \times \varphi$$

نوځکه لومړی دعرضي مقطعې قیمت پیدا کوو:

$$A = a \times a = 20 \times 20 = 400cm^2$$

ددې عرضي مقطعې انرشیایي مـومــنت نسبت هریومـحــورته چې د مقطعې له ثقل مـرکز نه تېرېږي پیدا کوو:

$$I_x = I_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{a \times a^3}{12} = \frac{20 \times 20^3}{12} = 13333\ cm^3$$

اوس انرشیایي شعاع پیدا کوو:

$$i=\sqrt{\frac{I}{A}}=\sqrt{\frac{\frac{bh^3}{12}}{a\times a}}=\sqrt{\frac{a^4}{12a^2}}=\sqrt{\frac{20^4}{12\times 20^2}}=5.79\ cm$$

د پورتنيو قيمتونو له مخې د ګروپېد نې قيمت پيدا کولی شو :

$$\lambda=\frac{\mu\times l}{i}=\frac{1\times 300}{5.79}=51.9$$

د (9.2) جدول څخه :

که چېرې $\lambda=50$ شي، نو $\varphi=0.80$ کېږي .

که چېرې $\lambda=60$ شي، نو $\varphi=0.71$ کېږي .

د $\lambda=51.9$ له پاره د خطي انترپليشن څخه د φ قيمت لاس ته راوړو:

$$\varphi=0.80-\frac{0.80-0.71}{10}\times 1.9=0.783$$

د ستنې له پاره مجازي تشنج د امتدادي کوږوالي په پام کې نيولو سره په لاندې ډول دي :

$$[\sigma]_{Buckling}=\varphi\times[\sigma]_{comp.}=0.783\times 10=7.83\frac{MN}{m^2}$$

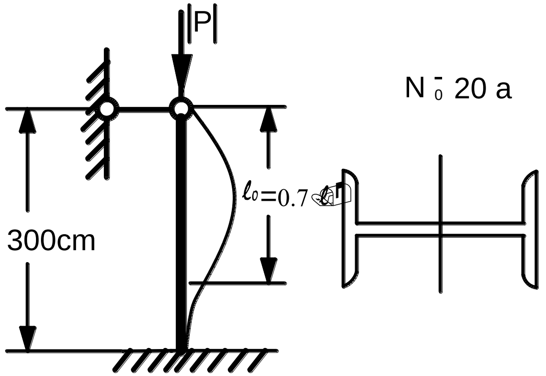
مجازي قوه دمجازي تشنج اودعرضي مقطعې دمساحت دحاصل ضرب څخه لاس ته راځي :

$$[P] = [\sigma]_{Buckling} \times A = 7.83 \times 400 \times 10^{-4} =$$

$$= 0.3132\, MN = 3132\ \ KN$$

مثال 9.2

د3 مارک فولادودستنې اوږدوالی 3 متره دی(9.7 **شکل**)،ستنه پـه لانـدنې څوکه کې دسختې اتکاء سره اوپه پورتني څوکه کې مفصلي نښتې ده.دستنې عرضي مقطع د **20** نمبر I ډولـه مـقطع ده،چې مجازي تشنج يې $[\sigma] = 160\frac{MN}{m^2}$ دی. هغه بار پيداکړئ چې دستنې له پاسه واقع شوی دی .



9.7 **شکل**: فشاري مفصلي پايه

حل

د**20** نمبر I ډوله عـرضي مقطعې له پـاره لـه سورت بنـدی جدول څخه $A = 28.9cm^2$ او $I_{\min} = 155\,cm^4$ رااخـلو.څرنـګه چې د φ جـدول د هغـوستنو له پاره ترتيب شوی دی،چې مفصلي سره نښتې وي،نو په دې حالت کې دستنو تعويضي اوږدوالی l_0 پيداکوو:

$$l_0 = \mu \times l = 0.7 \times 300 = 210\ cm$$

اوهمدارنګه $i_{\min}$ قيمت د فورمول څخه لاس ته راوړو:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{155}{28.9}} = 2.32\ cm$$

اوس ګروپېدنه پيداکوو:

$$\lambda = \frac{\mu \times l}{i_{\min}} = \frac{210}{2.32} = 90.5$$

له جدول څخه د λ له مخې د φ قيمت رااخلو:

که چېرې $\lambda = 90$ وي ،نو $\varphi = 0.63$ کېږي ،

که چېرې $\lambda = 100$ وي ،نو $\varphi = 0.57$ کېږي.

اوس د $\lambda = 90.5$ له پاره د خطي انترپليشن په مرسته د φ قيمت په لاس راوړو :

$$\varphi = 0.63 - \frac{0.63 - 0.57}{10} \times 0.5 = 0.63 - 0.002 = 0.268$$

دامتدادي کوږوالي په پام کې نيولوسره مجازي تشنج شمېرو :

$$[\sigma]_{Buckling} = \varphi \times [\sigma]_{comp.} = 0.628 \times 160 = 100.48 \frac{MN}{m^2}$$

د پورتني قيمت له مخې مجازي قوه په لاس راوړو:

$$[P] = \sigma_{Buckling} \times A = 100 \times 28.9 \times 10^{-4} =$$

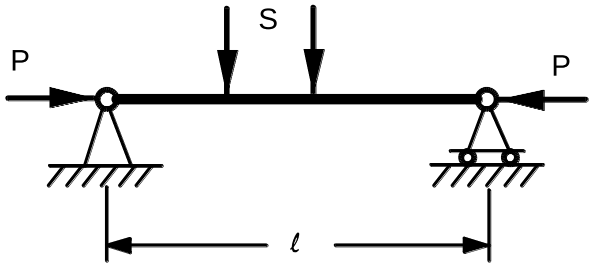
$$= 0.2904\ \mathrm{MN} = 290\ \mathrm{KN}$$

لسم ځـــــــــپرکی

امتدادي–عرضي کوږوالی(Lateral and cross bending)

10.1 دامتدادي–عرضي کوږوالي دپدېدې مفهوم

که چېرې دیوې مېلې(10.1شکل)له پاسه فشاري قوه اوعرضي بارهم مهـالـه واقــع شي،نوپه هــغې کې کــوږوالی منځ ته راځي،چې دغه رنګه کوږوالي ته امتدادي - عرضي کوږوالی ویل کېږي.



10.1 شکل: دعرضي اوامتدادي بارونو لاندې ګاډر

دستروا وپنډوعناصرولکه دپلونوداتکاءګانو،دکانکریټي اوډبرینولنډو ستنـوپه سنجولـوکې دقــووله مستقل عمل پرنسیپ څخه کاراخیستلای شو یــعنې دکوږوالي اوفــشارڅخـه تشنجات اودشکل بــدلون په بېلا بېلوډولونو

سره سنجول کېږي اوبيا هغه دغيرمحوري فشارپه څېر په الجبري ډول سره جمع کېږي :

$$\sigma_{\substack{\max \\ \min}} = -\frac{N}{A} \pm \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y}$$

په نـرمومېلوکې ددغسې طريقې رواجـول مجـازنه دي،دنـرمـومېلـود سنجولوله پاره چې په کوږوالي اوفشارکې فعاليت سرته رسوي،بايددبدلون موندونکي شيما له مخې شمېرنه وشي.دمېلې دکوږوالي له اثره امتدادي فشاري قوه دکوږوالي يواضافي مومنت،چې بايــددمحکموالي په سنجش کې په پام کې ونيول شي منځ ته راځي.

دهـغه حالــت لــه پــاره چــې پــه پورتني شکل کې ښــودل شوي دی په يوه کيفي عـرضي مقطـع کې دکوږوالي ددوومومنتونو دمجموعې په څېر لاس ته راځي :

$$M = M_0 + PV$$

دلته :

M_0 - يوازې دعرضي بارله تاثېر څخه دکوږوالي مومنت دی.

V- دعرضي اوامتدادي بارونوپه حسابولوسره بشپړه کړوپېدنه ده.

دپورتني فورمول څخه لېدل کېږي،چې دمېلې په عرضي مقطع کې دکوږوالي مجموعي مومنت M يـوازې هـغــه مهال ټاکل کيدای شي،کلــه چــې بشپــړه کړوپېدنــه معلومــه وي،هغه هم که چېرې په مقطع کې دکـــوږوالي مــومنت قيمت معلـــوم وي ټاکل کيــدای شي.پـــه دې ترتيــب ســره دمېلې دعــرضي–

امتدادي کوږوالي مسئله يوه نا ټاکلې ستاتيکي مسئله ده.

10.2 په عرضي – امتدادي کوږوالي کې کړوپيدنه

دعرضي- امتدادي کوږوالي دمسئلې د ژورحل په خاطر بايدمیلې دکړوپ شوي محوردیــفرینسیالي معادله ترتیب کړی شي اوبیا دې حل کړی شي:

$$\frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{M_0 + PV_0}{EI} \qquad (a)$$

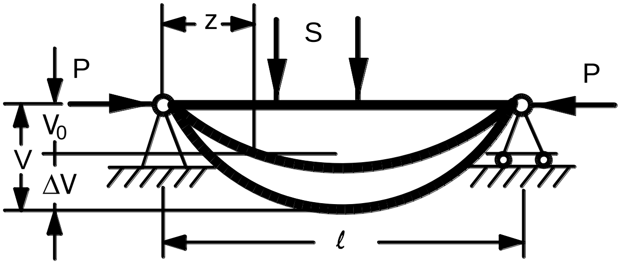
اويا:

$$\frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{M_0}{EI} - \frac{PV_0}{EI}$$

له دې ځايه په لاس راوړوچې:

$$\frac{d^2V}{dz^2} + \frac{PV_0}{EI} = -\frac{M_0}{EI} \qquad (b)$$

(a)او (b) دواړه غيرهمجنسه معادلې دي.ددې معادلوحل ډېر پيچلی دی ساده کول اوپايله اخيستنه غـواړي.دغه مسئله خاصتاء هـغه مهال سختېږي کله چې عرضي بارد ګاډر له پاسه په ځوبرخوکې راشي،نودهرې يوې برخې له پاره بايد خپله ،خپله معادله ترتيب اوانتګرال کړی شي.



10.2 شکل: دعرضي او امتدادي بارونو لاندې ګاډر

په (10.2) شکل کې ددوه مفصلي اتکاءګانو ګاډر، چــې دعرضي بار S اود فشاري بار P تراغېزو لاندې پروت دی ښودل شوی دی.ددې ګاډرپه يوه عرضي مــقطع کې بشپړه ګروپېدنه V ددووکړوپېدنــودالجبري مجموعې په څېرڅاکل کېږي:

$$V = V_0 + \Delta V \qquad \text{(c)}$$

دلته:

V_0 - يوازې دعرضي بار S له اغېزې څخه ګروپېدنه ده .

ΔV - دفشاري قوې P له اغېزې څخه اضافي ګروپېدنه ده.

په (a) فورمول کې د(c) افادې قيمت وضع کوواوپه لاس راوړوچې:

$$\frac{d^2V}{dz^2} + \frac{d^2\Delta V}{dz^2} = -\frac{PV}{EI} - \frac{M_0}{EI}$$

مګر يوازې په عرضي بارکې دګاډر دکړوپ شوي محورمعادله لاندنی شکل ځانته غوره کوي :

$$\frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{M_0}{EI}$$

او:

$$\frac{d^2\Delta V}{dz^2} = -\frac{PV}{EI} \qquad 11.1$$

اټکلوو ،چې اضافي کړوپېدنه دکرښې،کرښې په څپــرپه شکل کې ښودل شوې ده اود سينوسايئد د قانون پر اساس بدلون مومي:

$$\Delta V = f \sin\frac{\Pi Z}{l}$$

دپورتنۍ افادې مشتق نيسو:

$$\frac{d^2\Delta V}{dz^2} = -\frac{\Pi^2}{l^2}\left(f\sin\frac{\Pi Z}{l}\right) = -\frac{\Pi^2}{l^2}\Delta V$$

پورتنی لاس ته راغلی قيمت په (11.1) فورمول کې ځای (وضع) کووپه لاس راوړوچې:

$$\frac{\Pi^2}{l^2}\Delta V = \frac{PV}{EI}$$

ځرنګه چې $\Delta V = V - V_0$ سره برابر دی،نودغه قیمت په پورتنۍ افاده کې ځای کوواو په لاس راوړوچې :

$$\frac{\Pi^2}{l^2}(V - V_0) = \frac{PV}{EI}$$

له دې ځایه په لاس راوړوچې :

$$V = \frac{V_0}{1 - \frac{Pl^2}{\Pi^2 EI}} \qquad 11.2$$

په پورتنۍ افاده کې د $\frac{\Pi^2 EI}{l^2}$ قیمت دایئلر بحراني قوې معلوم قیمت دی:

$$P_C = \frac{\Pi^2 EI}{l^2}$$

نوځکه بشپړه کړوپېدنه لاندنی قیمت حاصلوي:

$$V = \frac{V_0}{1 - \frac{P}{P_E}}$$

دا ییلر فورمول دمیلودسرونو د نښتنې دطرزپه پام کې نیولو سره په لاندې ډول سره لیکو چې :

$$P_C = \frac{\Pi^2 EI}{(\mu . l)^2}$$

دعــرضي بارله اغېزې څخـه کـړوپېدنه V_0 د بېلا بېلـوطـريقولکــه د ابتدايي پارامتري طـريقې،دمـوئراوويرشاکين اوداننگرالي طريقو په مرسته ټاکل کيدای شي،يعنې داسې شکل ولري چې د (10.2) فـورمول په هغه حالت کې کله چې فشاري قوه P د ايئلر له قوې سره نژدې وي ونه کارول شي،کله چې ګروپېدنه لايتناهي ته نژدې شي.

له (10.2) فورمول څخه هغه مها ل کاراخيستل کيږي،کله چې فشاري قوه په لاندني انټروال کې را شي:

$$0 \le P \le 0.8P_E \qquad 10.3$$

دانجينری په عملي مسئلوکې فشاري قوه معمولاً د $0.5 \div 0.6P$ څخه بايد تيری ونه کړي،نــوله دې امله دعملي پابلودلاس ته راوړنې له پاره د(10.2) فورمول له مخې تقريبي حل بشپړه پابله ورکوي.

10.3 په عرضي–امتدادي کوږوالي کې دتشنج ټاکنه اودميلود عرض مقطعو انتخاب

ديوګاډر(10.3شکل) له پاره چې په منځ کې يې متمرکـــزه قـــوه S او په اوپه څوکوکې يې امتدادي قــوه P واقع شوې وي ګورو.ددې حالت له پاره دګاډر د وايې په مــنځ کې اعظمي کړوپېــدنه،دکـوږوالي مــومنت اودمجموعي مــومنت قيمتونه په لاندې ډول سره لاس ته راوړلی شو:

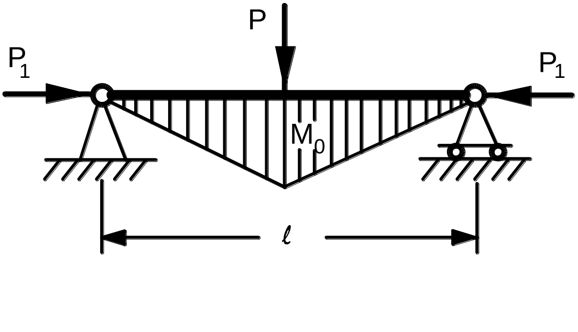
$$M = M_0 + PV \quad \text{او} \quad M_0 = \frac{S.l}{4} \text{ ، } \quad V_0 = \frac{Sl^3}{48EI}$$

ځرنګه چې ګروپېدنه $V = \frac{V_0}{1-\frac{P}{P_E}}$ ده او دا يئلرقوه :

$$P_E = \frac{\Pi^2 EI}{l^2}$$

نوځکه اعظمي تشنج به په لاندې ډول سره لاس ته راشي :

$$\sigma_{\max} = -\frac{P}{A} + \frac{M_0 + PV}{W} \qquad 10.4$$



10.3 شکل: دعرضي او امتدادي بارونولاندې ګاډر

پورتنی فورمول دهغومموادوله پاره کارول کيږي،کله چې موادپه کشش اوفشارکې يوډول فعاليت وکړی اوبرعکس لکه دکانکريتو،ډبرو،خښتواو لرګيود فشاري تسمو يا انساجو له پـاره دمحکموالي کنترول بايـد وشي:

$$\sigma_{\min} = -\frac{P}{A} - \frac{M_0 + PV}{W} \leq R_{comp.}$$

$$\sigma_{\max} = -\frac{P}{A} + \frac{M_0 + PV}{W} \leq R_{tent.}$$

په پـــورتنيوفـــورمولونوکې W او P دوه مجهول قيمتونــه دي او همدارنګه د ګروپېدنې په افاده کې دمقطعې انرشيايي مومنت هم شامل دی، نوځکه لروچې :

$$V = \frac{V_0}{1 - \frac{P}{P_E}}$$

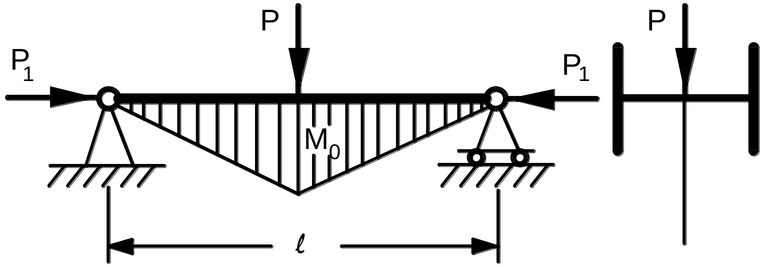
په دغه افاده کې :

$$P_E = \frac{\Pi^2 EI}{l^2}$$

له دې ځايه ويلی شوچې دمقطعې ابعادبايددمسلسلې طــريقې له لارې و ټاکل شي.پــه دې طـريقه کې شمېرنه بايددفشاري قوې لاندې مقطعې دانتخاب څخه پيل شي اودفورمول په مرسته بايدپه محکموالي کې کنترول وشي.په لومړۍ مرحله کې عرضي مقطع يــوازې دعــرضي بار M_0 لــه تاثېر څخه اوبيا يې محکموالي کنترول شي.دمقطعې دهستې لويوالی په دې ډول سره لاس ته راځي،چې د تشنج قيمت دشمېرنې د مقاومت څخه له 5% څخه لږوي.

مثال 10.1

دیوګاډر(10.4 شکل) له پاره چې اوږدوالي یې $l = 4m$ دی،اودوایې په مـنځ کې $P = 10KN$ عمودي قوه اود $P_1 = 150\,KN$ فشاري قوه پرته ده،که چېـرې دګاډرعـرضي مقطع له 3 مـارک فولادوڅخه وي،نودګاډ عرضي مقطع انتخاب کړئ.



10.4 شکل: دبارلاندې I ډوله عرضي مقطعې ګاډر

حل

لومړی په کوږوالي کې دمحکموالي له شرط څخه مقطع انتخابوو ،څرګنده ده چې دکوږوالي ډېرقیمت دوایې په منځ کې دی:

$$M_0 = \frac{P.l}{4} = \frac{10.4}{4} = 10KN.m$$

دغوښتل شوي مقاومت مومنت پيداکوو:

$$W = \frac{M_0}{[\sigma]} = \frac{10}{160 \times 10^3} = 62.5 \times 10^{-6} m^3$$

دسورت بندۍ له مخې 36 نمبر I ډوله عرضي مقطع انتخابوو،مګرد فشاري قوې د نامساعدې پېښې په پام کې نيولوسره دلړ څه زيرمې سره د 40 نمبر I ډوله عرضي مقطع انتخابوو:

$A = 71.4cm^2$ ، $I_y = 666cm^4$ ، $W_y = 85.9cm^3$ او

$$i_y = 3.05cm$$

مقطع د لړې شخۍ له مخې په استوارۍ کې کنترولوو:

$$\lambda = \frac{l}{i_y} = \frac{400}{3.05} = 131.1$$

د λ قيمتونو له مخې د φ قيمتونه په لاس راوړو :

که چېرې $\lambda = 130$ شي ، نو $\varphi = 0.40$ دی ،

که چېرې شي $\lambda = 140$ ، نو $\varphi = 0.35$ دی .

که چېرې $\lambda = 131.1$ شي،نو:

$$\varphi = 0.40 \frac{0.40 - 0.31}{10} \times 1.1 = 0.395$$

اوس مجازي فشاري قوه لاس ته راوړو:

$$[P] = 0.395 \times 160 \times 10^{-4} =$$

$$= 0.451 \ \text{MN} = 45 \ \text{KN}$$

څرنګه چې فشاري قوه P=150KN ده،نو دمڵې استواري دډاډ وړ ده.

دخطري مقطعې په اړخي تسموکې حقيقي تشنجات کنترولوو.له عرضي بارڅخه د وايې په منځ کې اعظمي ګروپډنه V_0او f_0 ده پيدا کوو:

$$V_0 = \frac{Pl^3}{48EI} = \frac{10(4)^3}{48 \times 2.1 \times 10^8 \times 10^{-8}} =$$

$$= 0.0095 \, m = 0.95 \, cm$$

ددې له پاره چې بشپړه کږوپډنه پيداکړو،لومړی د بحراني قوې قيمت لاس ته راوړو:

$$P_C = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = \frac{(3.14)^2 \times 2.1 \times 666 \times 10^{-8}}{4^2} =$$

$$= 0.862 \, MN = 862 \, KN$$

دميلې په منځ کې بشپړه کږوپډنه پيداکوو:

$$V=\frac{V_0}{1-\frac{P}{P_E}}=\frac{0.953}{1-\frac{150}{882}}=1.154\,cm$$

د فشاري قوې له اغېزې څخه دکوږوالي مومنت اضافي قيمت شمېرو:

$$M_1=P_1.V=150\times 1.154\times 10^{-2}=1.73KN.m$$

اوس دمېلې په منځ کې دکوږوالي اعظمي مومنت شمېرو:

$$M=M_0+M_1=10+1.73=11.73KN.m$$

همدارنګه اعظمي فشاري تشنجات شمېرلی شو اودمقطعې دمحکموالي شرط ګورو:

$$\sigma=-\frac{P}{A}+\frac{M_0+M_1}{W}=\frac{150}{71.4\times10^{-4}}+\frac{11.73}{85.9\times10^{-6}}=$$

$$=115.6\,\frac{MN}{m^2}<160\,\frac{MN}{m^2}$$

يولســـــــم څـــــــپركى

ډيناميكي بارونه(Dynamic loads)

11.1 دډيناميكي بار تعريف

ډيناميكي بــارهغــه بارتــه ويل كيږي،چې په لنډه مــوده (لږ وخت)كې يې مــقــدا ،لــوري ياجهت اودځاى بـدلون وموميږ.څرګنده ده،چې ديوساختمان له پاسه دډيناميكي بارونوله اغېزوڅخه په هغه كې انرشيايي قوې رامنځ ته كېږي نوځكه بايد دډيناميكي بارونوپه هكله څه ناڅه معلومات حاصل كړو.

11.2 ډيناميكي بارونه ډولونه

1. پرله پسې (متواتر) بار

دغه ډول باردماشينونودبېلابېلوبرخودحركت په پايله كې منځ تــه راځي، لكــه دبرقي جنراتورپرزې اونورددې باراغېزه دپــرزو په خــواصو پورې كــومه اړه نه لــري،بلكې يوازې دهــغــوي داهتزاز لامل كېږي.

2. امپولسي بار

دغه ډول بــارځينې ډولــه ماشين تــوليدوي اوداوږدې مودې داغېزې خصلت څرګندوي اودعناصروپه ارتجاعي اوانرشيايي خواصو پورې، كوم چې ګوزار زغمي اړه لري.

3.خوځنده بار

دغه ډول بـاردیـوې مـودې په بهیرکې دعناصرو په مستوي کې خپل ځـای بدلـوي لکه له موټراوله ریل څخه منځ ته راغلی باراوداسې نور.

هـمدارنګه دباداودواورې څپې (موجونه)هم ډینامیکي بارونه دي.په عمومي ډول سره ټول هـغه ډیـنـامیکي بارونه چې دعناصــروله پاسه اغېزې کـــوي په هغوې کې اهتزازونه پېښیږي .

دډیـــنامیــکي بارونـــو شمېـــرنـــه دساختماني عنــاصرودټینګېدو(محکم والي)دکنترولولـوپه خاطـرصورت نیسي،چې دغه ډول شمېـرنه دځای د ډینامیکي بدلون اودتعجیل دقیمتونو له مخې،کوم چې دغه دوه لاندنی طریقې په کارول کیږي.

11.3 دډینامیکي بارونودشمېرنې طریقې

الف – ستاتیکي طــریقه

دغه ډول طریقه په ځانګړې توګه دډینامیکي تعادلي معادلې له پاره کارول کیږي.ددې معادلې اودستاتیکي معادلې په منــځ کې تــوپېرپــه دې کــې دی، چې پـــه دې معـــادله کې دمـــشهور پـــوهان دـــیلامبیر(Delamber) له پـــر نسیپ څخـــه کاراخیستل کیږي،یعنې انـــرشیایي قـــوې دکتلواوانـرشیایي مومنتونه د تعجیل په څېر په پام کې نیول کیږي .

ب– انـــــرژيکي طريقه

انـرژيکي طـريقه دانرژۍ دتحفظ پرقانون باندې ولاړه ده،ددې قانون پربنسټ ديوې مودې په بهيرکې دارتجاعي سيستمونودحـرکي او پوتنسيالي انـرژيـو الجبري مجموعه يوثابت قيمت لري.

د انرشيايي قووټاکنه

د يوخوځنده جسم (10.1شکل)يوکوچني حجم رااخلواود نيوټن د دوېم قانون له مخې دانرشيايي قوې بې نهايته کوچنی مقدارپه لاندې ډول سره لاس ته راوړو:

$$dP_i = dm \times a \qquad 11.1$$

په دې فورمول کې dm د بې نهايته کوچنۍ کتلې تعجيل دی :

$$dm = \frac{\gamma}{g} dV \times a$$

نوځکه :

$$dP_i = \frac{\gamma}{g} . dV . a$$

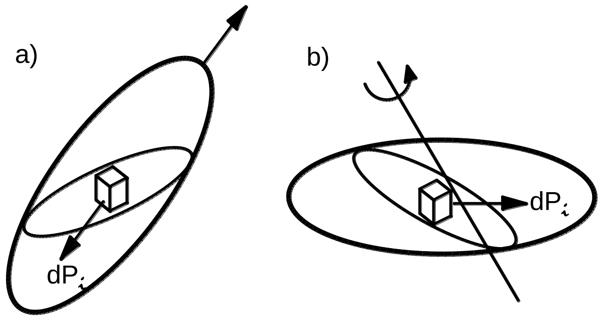
دلته :

γ - دموادوحجمي وزن .

g - دمځکې جاذبوي تعجيل دی.

که چېرې دیوخوځنده جسم تعجیل دانرشیایي قووله اغېزو په پاېله کې د ځمکې دجـــاذبوي تعجیل سره ورته په پـــــام کې ونیول شي،نودخوځنده جسم ډ ینامیکي ضریب په لاندې ډول سره لاس ته راځي:

$$K_d = 1 + \frac{a}{g} \qquad 10.2$$



10.1 شکل: دیوخوځنده جسم شیما

دډینامیکي ضریب په پام کې نیولوسره دډ ینامیکي بار فورمول په لاس راوړو:

$$P_d = K_d \times P \qquad 10.3$$

همدارنګه دډینامیکي ضریب په پام کې نیـولـوسره ددوونـوروپارا متــرونــولکه دډینامیکي تشنج σ_d اودډ ینامیکي ځای بدلون δ_d فورمولونه ټاکلی شو:

$$\sigma_d = K_d \times \sigma$$

$$\delta_d = K_d \times \delta \qquad 10.4$$

دلته :

σ - نارملي تشنج دی.

δ - دځای بدلون دی .

Abstract

The purpose of writing this book is to lean more and understand the Principl and concepts of Strength of Materials.The Solid Mechanic's(The strength of Materials), subject is very necessary for all field of Engineering.

I tried my best to conduct those topics of Solid Mechanics which will help with civil Engineering and engineering students in tne dsing of differernt tupe of Structures,Such as Indrodection of Solied Mechanic ,Tensin and Compresion ,Srian and Stesses , Srian and stresses diagrams,Shear,Torsion, Shear forses and Bending monents,Obluqh bending,Ecentric comresion cone of Sections of Elements materials, Bucking, Formula Eeara, Bending,Denamical Loades and for Ech subject of differnts prablems Solve those prablems.

ماخذونه

1- پوهنوال محمد اسحق رازقي دموادومقاومت دلوړوزده کړومطبعه کابل 1387 کال .

2- ترجمه حسن غیاثوند همت ویسي مقاومت مصالح جلد دوم تهران سال 1382.

3- ترجمه محمدرضا افضلي ومجید ملکان مقاومت مصالح تهران سال 1992 .

4-Andrew P.F. and Singer Strength of materials New York 1887.

5- Александров А.В.Сопротивление Материалов, Москва 2012 г.

6- Basu A.B.Strength of materials New Dehli 2005.

7-Сиренко Р.Н. Сопротивление Материалов,Москва ,2014 г.

8-Евтушенко С.И Идроги, Сопротивление материалов, Сборник задач срешениямии,учебное пособе Моска 2014г.

9-Hibbeler R.C. Mechanics of materials sixth edition 2004.

10-Горшков А.Г.и дрогие, Сопротивление Материалов, Москва ,2008 г.

11-Кривошапка С.Н. Сопротивление Материалов Лекции, Семинары,Расчетное-графические работы,Москва ,2013 г.

12- Kinnososhvili R. Strength of materials Mir publishers Moscow 1972.

13-Khumri Strength of materials (Mecanics of Solids) New Delhi 2000.

14-Кононова В.Н. Сопротивление Материалов Примеры решения задач учебное пособе , Москва ,2013 г

15-Логвинов В.Б.Сопротивление Материалов Практические занятия,Росов-на-Дону(Феникс),2012 г.

16-Маркова Б.Н. Сопративление материалов ,Москва,2006г.

17-Тимофеев С.И. Сопративление материалов,Краткий курс,Роств-на Дону(Феникс)2014г.
18-Sadhu Singh Strength of materials New Delhi 1998.
19-Wiliam A.N. Strength of materials New York 1994.
20-Warnock F.V.Mechanics of solids and Strength of materias London 1970.
21-Шинкаренко,А.И.Киреева, Сопративление материалов,учебное нособе,Роств-на Дону(Феникс)2009г.
22-Ю .В.Щербакова ,Сопративление материалов,Роств-на Дону(Феникс)2014г.
23- Internet.

دمئولف لنډه پیژندنه

نوم مې محمداسحق، کورني نوم مې رازقي اوتخلص مې سوله دوست، د مرحوم ملک عبدالرازق خان ځوي یم . دکونړونوولایت دنرنګ ولسوالۍ دبرنرنګ په کلي کې، په ۱۳۳۱ لمریز کال کې زیږېدلی یم. اصلي ټاټوبی مې دکونړنوولایت دی اواوس دننګرهارولایت د ننګرهار پوهنتون داستاذانود فامیلیو اوسیدونکی یم.

لومړنۍ اومنځنۍ زده کړې مې دنرنګ په لومړني، منځني ښوونځیو کې اولیسه مې د کابل په رحمان بابا کې په ۱۳۹۹ لمریزکال کې بشپړه کړې ده.

په ۱۳۸۰ لمریزکال کې مې دکابل پوهنتون انجینري پوهنځي دپرې انجینري دري میاشتنی کورس په بریالیتوب سره ولوست، بیا دکورنیوستونزوله امله مې و نشو کړای، چې خپل تحصیل ته ادامه ورکړم. دمجبورۍ نه په ۱۳۵۰لمریزکال کې د کانونو او صنایعو وزارت دشبرغان د نفت اوګازداستخراج په ریاست کې دکیمادلابراتوردامرپه توګه مقرر شوم. په کال۱۳۵۱کې په بیلابیلوازموینو کې دبریایتوب په پایله کې پخواني شوروي اتحاد ته دلوړوزده کړوپه موخه واستول شوم، دامادہ ګۍ فاکولته اودلیسانس دوره مې د پخواني شوروي اتحاددازربایجان سوسیالستي جمهوریت دباکودنفت اوکیما په انستیتوت اوماستري مې دازبکستان دسوسیالستي جمهوریت دتاشکند په پولي تخنیک انستیتوت کې ترلاسه کړې ده.

په کال ۱۳۵۹ کې کې هیوادته دراستنیدوسره سم دکانونواوصنایعوپه وزارت کې مقرراو دعسکرۍ مقدسې دندې دسرته رسولونه وروسته بیا په همدې وزارت کې دشبرغان په هماغه پخواني ریاست کې مقرراوخدمتي په کابل کې پاتې شوم.

د هغې علاقې له مخې چې مې د ستاذۍ دمقدسې دندې سره لرله، په ۱۳۶۱المریزکال کې دننګرهارپوهنتون دانجینري پوهنځي په علمي کادرکې دپوهنیار د نامزدپه توګه مقرراودعمومي تخنیکي مضامینودڅانګې دامرپه توګه مې دنده ترسره کړه،بیا په کال ۱۳۶۷ کې د پوهنځي مرستیال اوپه کال ۱۳۶۸ کې دانتخاباتوله لارې دپوهنځي لومړنی انتخابی رئیس وټاکل شوم. بیاپاکستان ته مهاجرشوم ا وهلته مې لومړی دهستم خان په یوه پاکستاني کمپنۍ کې، بیا دافغان سیدجمال الدین افغان پوهنتون دانجینري پوهنځي درئیس په توګه بیا داتحاد په نوم په یوه بله پاکستاني کمپنۍ کې دانجینرپه توګه اوپه پای کې دافغان پوهنتون دانجینري پوهنځي کې داستاذۍ دندې ترسره کړي دي.

کله چې په کال ۱۳۸۱کې دمهاجرت نه بیرته ګران هیوادته راستون شوم، بیا د ننګرهار پوهنتون دانجینري پوهنځي په علمي کادرکې بیرته مقررشوم، په کال ۱۳۸۵ کې دپوهنتون د اداري مرستیال په توګه مقررشوم، دپنځه کالنواداري دندې نه وروسته اواوس دانجینري پوهنځي دعلمي کادرغړی یم.

په دې پوهنځي کې دستاتیک، ډینامیک، دموادومقاومت، دبهداشتي تجهیزاتو،اوبه رسونه اوکانالیزیشن ، تخنیکي ترمودینامیک مضامین تدریس کړي اوتدریس کوم. پنځه چاپ شوي اثاراوډیرې علمي مقالې لرم، چې چاپ شوي دي.

دپخواني شوروي اتحاددپنځلس جمهوریتونونه برسیره دایران، پاکستان ، هندوستان اودامریکې متحده ایالتو څلورو جمهوریتو: ویرژینا ، جورجیا ، اریزونا ، الباني ته مې رسمې ا وغیررسمي مسافرتونه کړي دي.

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 176 different medical textbooks (95 books funded by DAAD, 80 books funded by kinderhilfe-Afghanistan) from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh and Kapisa medical colleges and Kabul Medical University. It should be mentioned that all these books have been distributed among the medical colleges of the country free of cost. Currently we are working to publish 20 more non-medical textbooks for Nangarhar University. All published medical & non-medical textbooks can be downloaded from www.ecampus-afghanistan.org

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-1014) states:
"Funds will be made available to encourage the writing and publication of textbooks in Dari and Pashtu. 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."

The book you are holding in your hands is a sample of a printed textbook. 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.

As requested by the Ministry of Higher Education, the Afghan universities, lecturers and students, we extended this project to the non-medical subjects e.g. Science, Engineering, Agriculture and Economics.

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 the 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 80 other medical textbooks in the past three years which are being used by the students of Nangarhar and other medical colleges of the country. Dr Eroes has made funds available for 20 additional books which are being printed now.

I am especially grateful to **GIZ** (German Society for International Cooperation) and **CIM** (Centre for International Migration & Development) for providing working opportunities for me during the past five years in Afghanistan.

In our ministry, I would like to cordially thank Minister of Higher Education Prof Dr Farida Momand, Academic Deputy Minister, Prof M Osman Babury and Deputy Minister for Administrative & Financial Affairs Prof Dr Gul Hassan Walizai, Acting Chancellor of Nangarhar University Prof Dr M Taher Enayat and lectures for their continuous cooperation and support for this project.

I am also thankful to all those lecturers that 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, Ahmad Fahim Habibi and Fazal Rahim in the office for publishing books.

Dr Yahya Wardak
CIM-Expert & Advisor at the Ministry of Higher Education
Kabul/Afghanistan, June, 2015
Office: 0756014640
Email: textbooks@afghanic.org

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 the chief of German Committee for Afghan Children, Dr. Eroes, and our colleague Dr. Yahya Wardak who 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. Dr. Farida Momand

Minister of Higher Education

Kabul, 2015

Book Name Solid Mechanics
Author Prof Muhamad Ishaq Raziqi
Publisher Nangarhar Engeneering Faculty
Website www.nu.edu.af
No of Copies 1000
Published 2015, First Edition
Download www.ecampus-afghanistan.org
Printed at Afghanistan Times Printing Press

This Publication was financed by German Aid for Afghan Children, 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, Kabul
Office 0756014640
Email textbooks@afghanic.org

All rights reserved with the author.

Printed in Afghanistan 2015

ISBN 0 – 9553010 – 0 – 9