انجنیری پوهنځی

د جوړښتونو تحلیل

(درېیم ټوک)

پروفیسور حفیظ الله وردک
پروفیسور دکتور زرجان بها

پلورل منع دی
۱۴۰۰

د جوړښتونو تحلیل (درېیم ټوک)
پروفیسور حفیظ الله وردک
پروفیسور دکتور زرجان بها

Shaikh Zayed University, Khost, Engineering Faculty

Afghanic

Hafizullah Wardak & Dr. Zarjon Baha

Structural Analysis Vol III

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

ISBN 978-9936-620-77-3

Not for Sale

2021

د جوړښتونو تحلیل

(درېیم ټوک)

پروفیسور حفیظ الله وردک
پروفیسور دکتور زرجان بها

انجنیري پوهنځی

Shaikh Zayed Unversity, Khost, Engineering Faculty

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

Pashto PDF
2021

افغانیک
Afghanic

Structural Analysis Vol III

Hafizullah Wardak & Dr. Zarjon Baha

Download:
www.kitabona.org
www.ecampus-afghanistan.org

بسم الله الرحمن الرحيم

د جوړښتونو تحليل

ستړکچرل اناليسيز

(Structural Analysis)

پروفيسور حفيظ الله وردک

پروفيسور زرجان بها

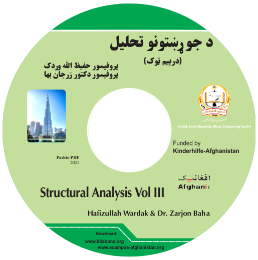
دريم ټوک

لمړي چاپ

2021 م (۱۴۰۰ هش)

د چاپ ټول حقوق له مؤلفينو سره خوندی دی

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



د کتاب نوم	د جوړښتونو تحلیل (درېیم ټوک)

لیکوالان	پروفیسور حفیظ الله وردک او پروفیسور دکتور زرجان بهاء

خپرندوی	شیخ زاید پوهنتون، خوست، انجنیری پوهنځی

وېب پاڼه	www.szu.edu.af

د چاپ کال	۱۴۰۰ (۲۰۲۱ م)، لومړی چاپ

چاپ شمېر	۱۰۰۰

مسلسل نمبر	۳۴۳

ډاونلوډ	www.ecampus-afghanistan.org

www.kitabona.com

دا کتاب د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمېټې، په جرمني کې د Eroes کورنۍ یوې خیریه ټولنې لخوا تمویل شوی دی.

اداري او تخنیکي چارې یې په آلمان کې د افغانیک لخوا ترسره شوي دي.

د کتاب د محتوا او لیکنې مسئولیت د کتاب په لیکوال او اړونده پوهنځي پورې اړه لري. مرسته کوونکي او تطبیق کوونکي ټولنې په دې اړه مسؤلیت نه لري.

د تدریسي کتابونو د چاپولو لپاره له موږ سره اړیکه ونیسئ:

ډاکتر یحیی وردک، د لوړو زده کړو وزارت، کارته ۴، کابل

موبایل	۰۷۰۶۳۲۰۸۴۴، ۰۷۸۰۲۳۲۳۱۰

ایمېل	textbooks@afghanic.org

د چاپ ټول حقوق له مؤلف سره خوندي دي.

ای اس بي ان ۹۷۸-۹۹۳۶-۶۲۰-۷۷-۳

د لوړو زده‌کړو وزارت پیغام

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

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

د لوړو زده‌کړو وزارت خپله دنده بولي چې د ګرانو محصلینو د علمي کچې د لوړولو لپاره د علومو په مختلفو څانګو کې معیاري او نوي درسي مواد برابر او چاپ کړي.

په پای کې د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټې او زموږ همکار ډاکتر یحیی وردګ څخه مننه کوم چې د دې کتاب د خپرولو لپاره یې زمینه برابره کړې ده.

هیله‌من یم چې نوموړې ګټوره پروسه دوام وکړي او پراختیا ومومي چې په نژدې راتلونکي کې د هر درسي مضمون لپاره لږ تر لږه یو معیاري درسي کتاب ولرو.

په درنښت

پوهنمل دیپلوم انجنیر عبدالتواب بالاکرزي

د لوړو زده‌کړو وزارت علمي معین

کابل، ۱۴۰۰ ل

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 شمېر استادان او محصلین نویو معلوماتو ته لاسرسی 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.

موږ تر اوسه پورې د ننګرهار، خوست، کندهار، هرات، بلخ، البیروني، کابل پوهنتون، د کابل طبي پوهنتون او د کابل پولي تخنیک پوهنتون لپاره ۳۴۲ عنوانه مختلف درسي کتابونه د طب، ساینس، انجنیري، اقتصاد، ژورنالېزم او کرهنې پوهنځیو لپاره چاپ کړي دي. ۹۶ طبي کتابونه د آلمان د علمي همکاریو ټولنې DAAD، ۲۱۰ طبي او غیر طبي کتابونه د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمېټې (Kinderhilfe-Afghanistan)، ۷ کتابونه د آلماني او افغاني پوهنتونونو ټولنې DAUG، ۲ کتابونه په مزار شریف کې د آلمان فدرال جمهوري جنرال کنسولګرۍ، ۴ کتابونه د Afghanistan-Schulen، ۲ کتابونه د سلواک اېډ، ۸ کتابونه د کنراد ادناور شټیفټونګ بنسټ (KAS) په مالي مرسته چاپ کړي دي.

د یادونې وړ ده، چې نوموړي چاپ شوي کتابونه د هېواد ټولو اړوندو پوهنتونونو او یو زیات شمېر ادارو او موسساتو ته په وړیا توګه وېشل شوي دي. ټول چاپ شوي کتابونه له www.kitabona.com او www.afghanistan-ecampus.org ویب پاڼې څخه ډاونلوډولی شئ.

دا کړنې په داسې حال کې ترسره 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 دغو امکاناتو پرته د پوهنتونونو محصلین او استادان عصري، نویو، تازه او کره معلوماتو ته لاسرسی نه شي پیدا کولای."

موږ غواړو چې د درسي کتابونو په برابرولو سره د هېواد له پوهنتونونو سره مرسته وکړو او د چپټر او لکچرنوټ دوران ته د پای ټکی کېږدو. د دې لپاره اړینه ده چې د افغانستان پوهنتونونو لپاره هر کال لږ تر لږه ۱۰۰ عنوانه درسي کتابونه چاپ شي.

له ټولو درنو استادانو څخه هيله كوو، چې په خپلو مسلكي برخو كې نوي كتابونه وليكي، ويې ژباړي او يا هم خپل پخواني ليكل شوي كتابونه، لكچرنوټونه او چپټرونه ايډېټ او د چاپ لپاره تيار كړي، زموږ په واک كې يې راكړي چې په ښه كيفيت چاپ او وروسته يې د اړوند پوهنځيو، استادانو او محصلينو ته په واک كې وركړو. همدارنګه د يادو ټكو په اړه خپل وړانديزونه او نظريات له موږ سره شريک كړي، چې په ګډه په دې برخه كې اغېزمن ګامونه پورته كړو.

د ليكوالانو او خپرونكو له خوا پوره زيار ايستل شوى دى، چې د كتابونو محتويات د نړيوالو علمي معيارونو پر اساس برابر شي، خو بيا هم كېداى شي د كتاب په محتوا كې ځينې تېروتنې او ستونزې وليدل شي، نو له درنو لوستونكو څخه هيله لرو چې خپل نظريات او نيوكې ليكوال او يا موږ ته په ليكلي بڼه راولېږي، چې په راتلونكي چاپ كې اصلاح شي.

د افغان ماشومانو لپاره د جرمني كمېټې او د هغې له مشر ډاكتر ايروس څخه ډېره مننه كوو چې د دغه كتاب د چاپ لګښت يې وركړى دى، دوى تر دې مهاله د ننګرهار پوهنتون د ۲۱۰ عنوانه طبي او غير طبي كتابونو د چاپ لګښت پر غاړه اخيستى دى.

د جي آی زيټ (GIZ) له دفتر او CIM (Center for International Migration & Development) څخه، چې زما لپاره يې له ۲۰۱۰ نه تر ۲۰۱٦ زېږديز كاله پورې په افغانستان كې د كار امكانات برابر كړي وو، هم د زړه له كومې مننه كوم.

د لوړو زده كړو له علمي معين پوهنمل ډيپلوم انجنير عبدالتواب بالاكرزي، د مالي او اداري معين ښاغلي نور احمد درويش، د لوړو زده كړو وزارت سلاكار ډاكتر ګل رحيم صافي، د پوهنتونونو رييسانو، د پوهنځيو رييسانو او استادانو څخه مننه كوم چې د كتابونو د چاپ لړۍ يې هڅولې او مرسته يې ورسره كړې ده. د دغه كتاب له ليكوال څخه ډېر منندوى يم او ستاينه يې كوم، چې خپل د كلونو - كلونو زيار يې په وړيا توګه ګرانو محصلينو ته وړاندې كړ.

همدارنګه د دفتر له همكارانو هر يو؛ ښاغلي حكمت الله عزيز او ښاغلي فهيم حبيبي څخه هم مننه كوم چې د كتابونو د چاپ په برخه كې يې نه ستړې كېدونكې هلې ځلې كړې دي.

ډاكتر يحيى وردک، د لوړو زده كړو وزارت سلاكار

كابل، مې ۲۰۲۱

د دفتر ټيليفون: ۰۷۸۰۲۳۲۳۱۰، ۰۷۰٦۳۲۰۸۴۴

ايميل: textbooks@afghanic.org

ډالۍ

دا کتاب چې د جوړښتونو تحليل (Structural Analysis) تر عنوان لاندې په پښتو ليکلی شوی اول او دوهم ټوک يي د می (May) د مياشتې په ۲۹ کال ۲۰۲۰ او دريم ټوک د اکتوبر ۲۰۲۱ (ع) کال کی تکميل شول. دا کتاب د انجينری زدکړيالانو ، انجينرانو، د ساينس او تکنالوجی مينه والو، اوهغو ټولو ته چی غواړی په دی ساحه کی خپله پوهه لا زياته او د بشريت د ژوند ښه کولو، هوسايني، د لوړ کيفيت زدکړي، په ټولنه کی د مثبت پرمختګ، سولی، او ثبات راوستلو لپاره تری کار واخلی ډالۍ يي کوو.

اړینه یادونه

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

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

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

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

بسم الله الرحمن الرحیم

تقریظ

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

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

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

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

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

دکتور سید شریف حسینی

Said Sharif Hossainy, Eng. Arch. PhD.
Former deputy minister,
Ministry of Urban Development (MoUD)
Senior advisor to the Minister (MoUDH)

Canadian Architectural Registration No: 2280
Member of The Society of Afghan
Architects &Engineers (SAAE) ID No: 0018
Member in the Roster of CANADEM No: 2808 - CANADEM is an Ottawa based non-profit, government related organization, originally designed as Canada's national roster of civilian experts.

د لوی څښتن په نامه

تقریظ:

خوشحاله یم چی د خپلو دوو نیژدی درنو ملگرو ډاکتر زرجان بها او انجینر حفیظ الله وردگ د افغانستاند انجینری پوهنځی شاگردانواو انجینرانوته په پښتو ملی ژبه د سیول انجینری لیکلی کتاب په هکله خپل نظر څرگندوم.

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

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

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

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

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

الحاج پوهاند ډاکتر محمد ناصر شینواری

د افغانستان د ننگرهار د پوهنتون بخوانی استاد

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

منن لیک (دحفیظ الله وردګ له خوا)

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

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

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

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

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

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

په درناوي حفیظ الله وردګ

منن لیک (زرجان بها)

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

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

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

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

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

ددی کتاب به لیکلو کی زما خواخوږی ملګری چی د کابل د انجینری پوهنځی په استادانو کی یی خا ص او ډ یر پیاوړی ځای در لود، حفیظ الله وردګ، ددی کتاب په لیکلو کی بی ساریه زیاریستلی او زه تری

مننه کوم چې ماته يې ددې کتاب په ليکلو کې برخه راکړه. هيله لرو چې په راتلونکيې وخت کې موږ په ګډه سره وکړی شو د افغانستان د پاره د نوروعلمی پروژو په تکميلولو کې بريالی شو.

سر ليک

سټرکچرل اناليسيز(Structural Analysis) د سيول انجينری ديپارتمنت د کيوريکولم يو ارزښتناک مضمون دي. دا کتاب چې دولس (12) فصلونه او يو اپينديکس لري داسی جوړ شوي چې په يوه يا دوو سمسترو کې د زدکړې لپاره ورځيني ګټه واخيستل شي. په ټولو فصلونو کې ګڼ شمير مثالونه وروسته لدی چې په موضوع عمومی بحث شوی حل شوي او د تمرين لپاره يو شميرسوالونه راغلی دی.

اول فصل کې د جوړښت په ريکشنونو ، قواوو اود ستاتيکلی معلومو جوړښتونو شننه شوی او بيا د ريکشنو د پيدا کولو لاری لټول شوی دی.

په دوهم فصل کې د شير او مومنټ ډياګرامو جوړه ول او ګڼ شميرمثالونو او تمرينوته ځای ورکړل شوي.

په دريم فصل کې د ټرس جوړښت د سيکشن (برخی) يا جاينټ(ګنډی) په طريقوسره د ټرس د غړيو د معلومولومثالونه وړاندی شوي. په پای کی يو شميرد تمرين سوالوته ځای ورکړ شوی.

څلورم فصل کې د جوړښت بيځايه کيدل او څنګه د جوړښت بيځايه کيدنه پيدا کولا ی شو تر بحث لاندی نيول شوي. د جوړښت د بی ځايه کيدو معلومولو لپاره د خيالی کار (virtual work) طريقه چې د اينتيګريشن په طريقه هم يا ديږی، د مومنت ايريا طريقه (moment area method) ، د کاستيګلايان دوهمه فرضيه(Castilian’s second theorem) په تفصيل بحث شوی او هره طريقه د مثالونوسره پدی فصل کی وړاندی شوي. د کانجوګيت بيم طريقه چې د بيځايکيدلو د تحليل او معلومولود پاره يوه بله ارزښتناکه طريقه ده او ددی طريقی اصول او بنسټ په ستاتيک (static) او هند سه(Geometry) تکيه لری چې په دی فصل کی ځاي ورکړل شوي.

په پنځم فصل کې د نفوذ کرښه يا انفلوينس لاين (Influence Line) ته ځای ورکړل شوی. د تحليل په اساساتو او د مثالونو په راوړلو سره په تفصيل سره پری شننه شوی. همدارنګه د خوځيد ونکيو لوډونو، او انفلوينس لاين د بيم، ټرس ، ګردر او غولی سيستم په حالت کی د تيوري او مثالونو سره وړاندی شوي.

په شپږم فصل کی د سلوپ ډيفلکشن طريقه چی د تحليل يوه پخوانی طريقه ده او د بيمونو او فريمونود تحليل لپاره تری کار اخيستل کيږی وړاندی شويی. دا طريقه د ستاتيکلي نا معلومو جوړښتونو(Statically indeterminate structures) تحليل لپاره زياته استعماليږی . هغه جوړښتونه چی خوځيدل هم لری په دی فصل کی ځای ورکړل شوي.

په اوم فصل کی مومنټ ډیسټربیوشن (Moment Distribution) ته ځای ورکړل شوي. مومنټ ډیسټربیوشن د جوړښتونو د تحلیل لپاره یو ستایلی پخوانی طریقه ده. دا طریقه د سلوپ ډیفلکشن طریقی په شان د ستاتیکلی نا معلومو جوړښتونو د تحلیل لپاره یو ښه پخوانی طریقه ده. بیمونه او فریمونه چی خوځیدل هم ولری په تفصیل او مثالونو سره وړاندی شوي.

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

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

لسم فصل د الوتکی جوړښت او هغه بارونه یا قواوي چي ورباندی عمل کړي بیان وي.

په یولسم فصل کی د جوړښت د موادو ستړیا (فتیګ) او د ژوبلي تحمل موضوعات ځای په ځای شوي. مثالونه هم په دی فصل کی د موادو ستړیا او ژوبلي به باره کی شتون لري.

دولسم فصل د تحلیل پایلي راپور لیکني یو لړ مهم معلومات لري.

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

لیک لړ

اول ټوک

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

1.9 چوکاټونه یا فریمونه (Frames) 13
1.10 گنبدی او کیبلونه (Arch and Cables) 14
1.11 سطحی جوړښتونه (Plates and Shells) 17
1.12 د جوړښت وزنونه او بارونه (Loads) 18
1.13 ثابت لوډونه (Dead Loads) 21
1.14 د موادو کثافت (Density) 22
1.15 ګرځندی او ژوندی بارونه یا وزنونه (Live Loads) 23
1.16 د لویو لارو د پلونو وزنونه او لوډونه 23
1.17 د ټکر لوډ په پله باندی 24
1.18 د باد لوډ (Wind Loads) 24
1.19 د خاوری فشار په جوړښت 25
1.20 د زلزلی تاثیر او قواوی په جوړښت 26
1.21 تحلیلی لاری چاري 30
1.22 محدودیتونه 31
1.23 د موادو د مقاومت طریقه (کلاسیکه طریقه) 31
1.24 د ایلستیسټی طریقه 32
1.25 د نومریکل اټکل لاری چاري 32

اول فصل

(ریکشن یا دغبرګون قوی)

(Reactions)

1.0 ریکشنونه یا غبرګونو قواوی (Reactions) 33
1. 1 د کوپلنرقواوو ډولونه 33

1.2 د ریکشنو او اتکا ډولونه او استعمال یی 36
1.2.1 پن اتکا (Pin Support) 37
1.2.2 ثابت یا فیکسډ اتکا (Fixed Support) 37
1.2.3 ساده اتکا (Simple Support) 39
1.2.4 رولر اتکا (Roller Support) 40
1.3 د جوړښت ایدیلایزیشن (Idealization of a Structure) 40
1.4 د قواوو یا لوډونو ډولونه 42
1.4.1 بهرني قواوي یا لوډونه 42
1.4.2 داخلی قواوي یا لوډونه 43
1.5 د جوړښت تعادل یا توزن حالت (Equilibrium) 44
1.6 د جوړښت ستاتیک ثبات 46
1.7 د جوړښت ازاد ګرافیک دایګرام (Freebody Diagram) 50
1.8 د ریکشنو پیداکولو مثالونه 51
1.9 اول مثال 51
1.10 دوهم مثال 53
1.11 دریم مثال 56
1.12 خلورم مثال 58
1.13 پرکتس سوالونه 61

دوهم فصل

(شیر او مومنټ)

(Shear and Bending Moment)

2.0 شیر او کړیدونکی مومنټ (Shear and Bending Moment) 64

2.1 داخلي لوډونه او قواوي 64
2.2 د داخلي لوډونو د جهت انتخابولو لار (sign convention) 68
2.3 اکسیل یا نارمل لوډ 68
2.4 شیر یا مماسي لوډ 68
2.5 مومنټ لوډ 68
2.6 تورژن یا تاویدنه (Torsion) 69
2.7 د لوډ شیر او مومنټ اړیکي 72
2.8 لوډ ، شیر، او مومنټ دایګرام 78
2.9 د شیر او مؤنت دایګرام مثالونه 78
2.9.1 اول مثال 78
2.10 دوهم مثال 84
2.11 دریم مثال 87
2.12 څلورم مثال 93
2.13 پنځم مثال 98
2.14 شپږم مثال 102
2.15 اوم مثال 105
2.16 آتم مثال 109
2.17 نهم مثال 112
2.18 پرکتس سوالونه 118

دریم فصل

(ټرس)

(Truss)

3.0 ټرس جوړښت 122

3.1 ټرس جوړه ول 123

3.2 ټرس د غړيو ټرون او نومولو کانونشن 124

3.3 ټرس ثبات او ستاتيک معلومول 124

3.4 ټرس تحليل لارې 126

3.5 جوينټ طريقه 126

3.6 اول مثال 126

3.7 دوهم مثال 132

3.8 تمرين سوالونه 137

3.9 د ټرس د غوځيدو طريقه (Method of Section) 142

3.10 مثال 142

3.11 پرکتس سوالونه 146

څلورم فصل

بيځايه کيدل

(Deflection)

4.0 تعريف دجوړښت بيځايه کيدل 148

4.1 مومنټ او منحني کرښې اړيکې 151

4.2 اول مثال 152

4.3 د جوړښت بيځايه کيدو معلومول 155

4.4 خيالي کار کړنلاره (Virtual Work) 156

4.5 خيالي کار کړنلارې تفصيل 156

4.6 خيالي کار فرضيې لنډيز 158

4.7 داخلی او بهرنی لوډ خيالي کار معادلې 159

4.8 بیم او ټرس بیځایه کیدلو معلومول 160

4.9 ټرس خیالي کار 160

4.10 ټرس غړي خیالي کار 161

4.11 ټرس غړي خیالي سترین انرژي 162

4.12 مثال 164

4.13 د ټرس تحلیل تګلاره 167

4.14 مثالونه 167

4.14.1 اول مثال 168

4.14.2 دوهم مثال 175

4.14.3 دریم مثال 180

4.14.4 څلورم مثال 185

4.15 پرکټس سوالونه 192

4.16 بیم بیځایه کیدلو پیداکول او تګلاره د انټیګریشن په طریقه 197

4.17 د اینټیګریشن تګلاره 200

4.17.1 پنځم مثال 200

4.17.2 شپږم مثال 203

4.17.3 اوم مثال 206

4.17.4 اتم مثال 209

4.17.5 نهم مثال 212

4.17.6 لسم مثال 213

4.18 مومنټ ایریا طریقه (Moment Area Method) 215

4.18.1 یولسم مثال 217

4.18.2 دولسم مثال 219

4.18.3 دیارلسم مثال 221

4.19 مومنټ ایریا تفصیل 226

4.20 عمودی فاصلي او زاويي مثبت او منفي غوا کانوانسيون 228
4.21 مومنټ ايريا اول مثال 230
4.22 مومنټ ايريا دوهم مثال 237
4.23 تمرين سوالونه 239
4.24 کانجوګيت بيم طريقه (Conjugate Beam method) 244
4.25 د تحليل تګلاره 246
4.26 د کانجوګيت بيم د اتکا جوړول 246
4.27 اول مثال 248
4.28 کانجوګيت بيم او M/EI لوډ 249
4.29 دوهم مثال 252
4.30 دريم مثال 255
4.31 پرکتس سوالونه 261
4.32 د کاستيګليانو طريقه د بيځايه کيدلو معلومولو لپاره (Castigliano) 263
4.33 اول مثال 264
4.34 دوهم مثال 264
4.35 دريم مثال 268
4.36 څلورم مثال 269
4.37 پنځم مثال 270
4.38 شپږم مثال 271

پنځم فصل

د نفوذ کرښه

(Influence Line)

5.0 د نفوذ کرښه يا انفلوينس لاين 278

5.1 د تحلیل اساسات 279
5.2 اول مثال 279
5.3 انفلوینس لاین جوړه ول 280
5.4 د مومنټ انفلوینس لاین جوړه ول 281
5.5 دوهم مثال 287
5.6 انفلوینس لاین ځانګړتیاوی او د استعمال اهداف يي 291
5.7 دریم مثال 293
5.8 څلورم مثال 295
5.9 پنځم مثال 298
5.10 ګردر او فرش سیستم (Girder and Floor System) 302
5.11 شپږم مثال د ګردر او فرش انفلوینس لاین 303
5.12 اوم مثال 307
5.13 آتم مثال 309
5.14 نهم مثال 310
5.15 لسم مثال 315
5.16 یولسم مثال 320
5.17 دولسم مثال 325
5.18 دیارلسم مثال 329
5.19 څوارلسم مثال 333
5.20 پرکتس سوالونه 336
اپنډیکس 339
د مؤلف (حفیظ الله وردک) لنډه پیژندنه 380
د مؤلف (زرجان بها) لنډه پیژندنه 383
د کتاب معرفي په انګلیسی (Brief Introduction to the book) 388

دوهم ټوک

Volume II

شپږم فصل

د سلوپ ډيفلکشن طريقه

(Slope Deflection Method)

6.0 ميلان ډيفلکشن طريقه	389
6.1 بيم آخري مومنټونه	390
6.2 ټرلشويو اتکاو مانع کيدلو مومنټونه	395
6.3 آزادی دزجه	396
6.4 حد يا درجه د دازادی	397
6.5 د غړي سختی (ستيفنيس)	399
6.6 د ميټريکس جوړه ول	399
6.7 اول مثال	400
6.8 توازن حالت او معادلي په هر جاينټ کي	402
6.9 دوهم مثال	405
6.10 د تعادل او توازن پيژندل	409
6.11 دريم مثال	409
6.12 څلورم مثال	418
6.13 ټرلشويو اتکاوو (فيکسډ ايند) مومنټونه	423
6.14 پنځم مثال	425
6.15 بنيږم مثال	427
6.16 اوم مثال	432

6.17 آتم مثال 435
6.18 نهم مثال 440
6.19 لسم مثال 447
6.20 مثال 11 456
6.21 مثال 12 دوه پوړیزه وداني 467
6.22 مثال 13 بیم چی خوځیدل لري 475
6.23 پرکتس سوالونه 483

اوم فصل

مؤمنټ ډیستزیبیوشن طریقه

(Moment Distribution)

7.0 د مؤمنټوویشل 494
7.1 د مومنټ ډیستریبیوشن طریقه لنډیز 494
7.2 د طریقه تفصیل 494
7.3 د لور یا جهت ټرون 497
7.4 فیکسد اینډ مومنټ 497
7.5 د غړیو سختوالي 497
7.6 تاویدونکي سختوالي 498
7.7 سختوالي فکتور 498
7.8 بل لور ته د وړلو فکتور 498
7.9 د ویش فکتور 499
7.10 د مومنټ ډیستریبیوشن مثالونه -اول مثال 502
7.11 دوهم مثال 507

7.12 دريم مثال 510
7.13 څلورم مثال 511
7.14 پنځم مثال 513
7.15 شپږم مثال 517
7.16 اوم مثال 522
7.17 آتم مثال فريم 528
7.18 نهم مثال فريم 531
7.19 لسم مثال فريم 535
7.20 فريم چې خوځيدل لري 541
7.21 مثال 11 543
7.22 مثال 12 554
7.23 مثال 13 562
7.24 پرکتس سوالونه 572

آتم فصل

ميټريکس استعمال د جوړښتونو د تحليل لپاره

(Matrix Method)

8.0 تعريف 583
8.1 ړد ميټريکس ښودل 583
8.2 ميټريکس نومول 584
8.2.1 ميټريکس عناصرو نښه 584

8.3 میټریکس ډولونه 585
8.3.1 کلم میټریکس 585
8.3.2 قطار میټریکس 585
8.3.3 مربع میټریکس 585
8.3.4 مشابه میټریکس 586
8.3.5 دایګنل میټریکس 586
8.3.6 پورتني اړخ دایګنل میټریکس 587
8.4 د میټریکس عملیات 587
8.4.1 جمع کول 587
8.4.2 منفي عملیه 588
8.4.3 د تفریق عملیه 588
8.4.4 ضرب عملیه په ثابت عدد 589
8.4.5 ضرب عملیه د یو میټریکس په بل میټریکس 589
8.4.6 واحد میټریکس 591
8.4.7 میټریکس تقسیم عملیه 591
8.4.8 میټریکس ټرسپوز عملیه 592
8.5 میټریکس ډیترمینت 592
8.6 میټریکس معکوسولو عملیه 597
8.6.1 معکوسولو مثال 598
8.6.2 د حذ فولو طریقه 600
8.7 د خطی معادلاتو ښودنه 602
8.7.1 مثال 604
8.8 ټرس تحلیل د میټریکس طریقه 612
8.8.1 اول مثال 615
8.8.2 دوهم مثال 620

8.9 ټرس تحليل د ميټريکس طريقه 624
8.9.1 ټرس جاينټونو ګرافيک دايګرام 625
8.10 څلورم مثال 631
8.11 مثال 637
8.12 د مترکس د بيځايه کيدو طريقه 643
8.12.1 ستاتيک ميټريکس جوړ ه ول 643
8.13 مثال 644
8.14 غړيو سختوالي ميټريکس 647
8.15 جوړښت عمومی سختوالي 648
8.16 مثال 649
8.17 مثال 653
8.18 بيم تحليل ميټريکس طريقه 655
8.18.1 ستاتيک ميټريکس جوړ ه ول 656
8.18.2 بيځايه کيدو ميټريکس جوړ ه ول 659
8.18.3 د بي ميټريکس جوړ ه ول 660
8.19 ګلوبل شخي ميټريکس 662
8.20 د بيم برخي ځانګړي شخی ميټريکس 666
8.21 مثال 670
8.21.1 جاينټونو توازن معادلي 671
8.21.2 بهرنی لود پی او بيځايه ميټريکس ايکس 672
8.21.3 فيکسډ ايند مومنټونه 672
8.21.4 ځانګړي برخی شخي ميټريکس 673
8.21.5 جاينټونو ټول مومنټونه 677
8.22 لسم مثال 677
8.22.1 فيکسډ ايند مؤمومنټ 678

8.22.2 بیم ځانګړی برخي	679
8.22.3 بهرنی او داخلي لوډونه په جاینټونو	679
8.22.4 توازن په جاینټونو کی	680
8.22.5 بیم ځانګړي برخی شخي میټریکس	681
8.22.6 بیم ګلوبل میټریکس	682
8.22.7 بیم بیځایه کیدنه	682
8.22.8 بیم برخي مومنټونه	683
8.22.9 جاینټونو پایلي مومنټونه	678
8.23 مثال 11	684
8.24 مثال 12	691
8.25 مثال 13	700
8.26 پرکټس سوالونه	712

نـهم فصل

(دجوړښتونو ډینامیک انالیسیز)

(Dynamic Analysis of Structures)

9.0 ډینامیک انالیسیز	721
9.1 نیوټن حرکت معادله	723
9.2 اول مثال	727
9.3 دوهم مثال	729
9.3.1 نومریکل انټیګریشن	730

9.3.2 دریم مثال 732
9.4 دوهم درجه ایلستیک سیستمونه 742
9.4.1 دوهمی درجه ایلستیک سیستمونو معادلي 743
9.5 ډمپینګ 749
9.5.1 مثال 750
9.6 د زلزلي د اندازه کولو وسیله 758
9.7 د بهرني دیناميکي لوډونو ډولونه 759
9.8 ډینامیک لوډ فکتور 761
9.8.1 مستطیلي شکل بهرني لوډ 762
9.8.1a مثال 764
9.8.2 مثلثي شکل بهرني ډینامیک لوډ 768
9.8.3 مثلثي شکل دري مساوی ضلعي 771
9.8.4 ډینامیک لوډ فکتور وروسته ثابت کیږي 773
9.8.5 شیر دیوالونه 774
9.8.6 مثال 776
9.8.7 ذلزلي تاثیرات په ودانیو 778
9.8.8 د ودانیو تحلیل او دیزاین په ذلزله لرونکیو ساحو کي 782
9.8.9 د افقي لوډونو ویش 785
9.8.10 څرخیدونکي مومنټ 787
9.8.11 مثال 787
9.8.12 د اوړیدو مومنټ (Overturning Moment) 796
9.9 پرکتس سوالونه 797
اپنډیکس (Appendix) 802
ببیلیوګرافي 840
د مؤلف (حفیظ الله وردک) لنډه پیژندنه 841

د مؤلف (زرجان بها) لنډه پیژندنه 844

معرفي د کتاب په انګلیسي (Brief Introduction to the book) 849

دریيم توک

Volume III

لسم فصل

(د الوتکی جوړښت او قواوي)

(Airplane Structure and Forces)

10.0 د الوتکی د جوښت پیژند نه 849

10.1 الوتکه څنګه الوزي 850

10.2 وزرونه 851

10.3 فیو زلاج 852

10.4 امپیناج 854

10.5 د تیلو ټانکونه 854

10.6 رادیو او رادار 854

10.6 د الوتکو کنترول سطحی 854

10.7.1 راډرر 855

10.7.2 ا لیویټر 856

10.7.3 آیلران 856

10.7.4 سپایلرونه 856

10.7.2 فلپونه او سلټونه 856

10.8 لنډینګ ګیر 857

10.9 ا ینجن 857

10.10 د الوتنى مرحلي 857
10.10.1 پوشبک او ټکسي 857
10.10.2 له ځمکې څخه د هوا په لور پورته کیدل 858
10.10.3 کروز 860
10.10.4 د الوتکې را ټیټیدل او لنډینګ 861
10.11 هغه قواوې چې په الوتکه عمل کړي 863
10.12 ایرو ډینامیک قواوي 864
10.13 وزن (تول) 864
10.14 لفت 865
10.15 زور 865
10.16 ډراګ 866
10.17 ځمکنی بارونه 867
10.18 د الوتکې عمومی مؤمنت او شیر ډایګرام 867
10.19 د اوتکې محوري سیستم پیرندنه او خوځښت په هر محور 868
10.20 د الوتکې داخلی فشار 868
10.21 د فیوز لاج حلقوي (هوپ) فشار 870
10.22 د الوتکي د فرش د بیم شیر او مؤمنت ډایګرامونه 872

یو لسم فصل

د جوړښت د موادو ستړیا (فتیګ) او د ژوبلی تحمل

(Fatigue and Damage Tolerance)

11.0 پیژندنه 875
11.1 د جوړښتونو د شنني برخې ته کتنه 879

11.2 د فتيګ د شننی ساحه 880
11.3 د پر له پسی بار ډولونه او نموني 880
11.4 د پر له پسی بار خاصيتونه او تعريفونه 882
11.5 د سترس سالمی مودی تګ لاره 883
11.6 د اس-ان شميره يي دايګرام 884
11.7 د جوړښت د موادو د ستړيا موده 885
11.8 د ماتي شوي سطحی فزيکي ليدنه 886
11.9 د جوړښت د موادو د زغملو فشار حد 887
11.10 مثال 891
11.12 دوهم مثال 892
11.11 د اوسط فشار اغيزي 893
11.13 د فشار تمرکز 897
11.14 د سترين اړيکی 898
11.15 د غلظت فکتور محاسبه 899
11.16 سطحي فشار 900
11.17 سطحي سترين 900
11.18 د جوړښت د طرحي تګ لاري 901
11.19 سترين او د ستړيا د مودي تړون 901
11.20 د موادو دسترين او د سترين اړيکی 902
11.21 د پر له پسي سترس او سترين اړيکي 905
11.22 د پلستيکي سترين او سترس اړيکی 906
11.23 مثال 907
11.24 د مثال حل 908
11.25 سترين لايف کرښه 909
11.26 مثال 911

11.27 مثال 913
11.28 مثال 913
11.29 د ماتیدو میخانیک 915
11.30 اول مود د چاکیدو مود 919
11.31 دوهم مود ښکیدنه مود 919
11.32 دریم مود د څیرلو حالت 920
11.33 د جوړښت د ماتیدو عوامل 925
11.34 د درز د څنډې فشار شدت 926
11.35 درز د جوړښت په سطح 928
11.36 د جوړښت په یوه اړخ کی درز 929
11.37 درز د جوړښت له یو دایروی سوري 931
11.38 درز د لا محدوده جوړښت په مرکز کی له یوه دایروی سوري 932
11.39 مثال 933
11.40 دوهم مثال 937
11.41 دریم مثال 938
11.42 سترین انرژي 939
11.43 احتمالي انرژي 940
11.44 سطحی انرژي 942
11.45 د گریفت تیوري 942
11.46 مثال 946
11.47 د درز خوځیدل 946
11.48 اوله سیمه 949
11.49 دوهمه سیمه 950
11.50 دریمه سیمه 950
11.51 مثال 951

11.52	مثال	952
11.53	د لوړو او ټیټو بارونو اثر او د درز د پر مختګ وروکول	960
11.54	د بار متقابل عمل لوی بار او وړوکی بار	963
11.55	د جوړښتونو کتنه یا تفتیش	967
11.56	د سترګو لید کتنه	968
11.57	د ایدی جریان	968
11.58	الترا ساوند کتنّه	969
11.59	رادیوګرافی کتنه	969
11.60	فلورسنت کتنه	969

دو لسم فصل

د جوړښت د تحلیل پایلی راپور لیکنه

(Final Report of Structural Analysis)

12.0	راپور لیکنه	970
12.1	د راپور هدف	970
12.2	راپور مینځپانګه	970
12.3	د تحلیل حد او اندازه	970
12.4	د شنني تفصیل	971
12.5	تکراري محاسبات	971
12.6	د ملا تړ تحلیل نوتونه	972
12.7	راپور فارمت	972
12.8	د جوړښتونو د راپور لیکني ترتیب	972

12.8.1	سرليک پاڼه	973
12.8.2	خلاصه	974
12.8.3	ليک لړ يا فهرست	974
12.8.4	د نښانو يا سمبولونو جدول	975
12.8.5	د خونديتوب حد	975
12.8.6	ماخذونه	975
12.8.7	سريزه	976
12.8.8	د بار شرايطو لنډيز	976
12.8.9	د موادو خاصيتونه او مجازه ارزښتونو لنډيز	976
12.8.10	د آزموينې پايلو لنډيز	977
12.8.11	تفصيلي تحليلونه	977
12.8.12	ضميمې	978
12.9	عنوان او سر ليکونه	978
12.10	د پاڼې او برخې نمبرونه	979
12.11	ليکنه	979
12.12	د کمپيوتر تحليل	980
12.13	سکيچونه	980
12.14	د ماخذونو کارول	980
12.15	سمبولونه	981
12.16	بيا کتنه يا چک کول	981
12.17	مسول پرسونل	981
12.18	راپور ته بيا کتنه	982
12.19	د پاڼې شميره	982

Structural Analysis

Hafizullah Wardak
Zarjon Baha

Volume III

First Edition

2021 م (۱۴۰۰ هش)

All rights reserved with authors

لسم فصل

د الوتکی جوړښت او قواوی

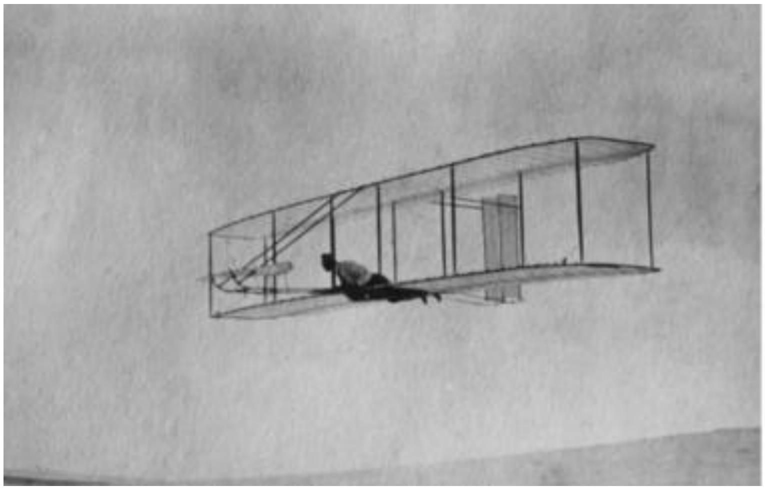
Airplane Structure and Forces

10.0 د الوتکی د جوړښت پیژندنه

یوه پیړی مخ کی یوه حیرانونکیی پیښه د رایټ ورونو (Wright Brothers) د ځیرنوپه ترڅ کی رامینځته شوه. د دوی د تجربو او ځیړنو بریالي پایلي د الوتکی د جوړیدوسبب شوه چې د نړی د اوسیدونکیو په ژوندانه، تګ راتګ ،او سفر کولو کی یی په زړه پوری أسانتیاوی مینځ ته راوستلي. نن ورځ ددوی هغه ځیرنی او اختراع د ټولی نړی دپاره ډیر ارزښتناک اود قدر وړ بلل کیږي .

الوتکه د انجینری ، ساینس او تکنالوجی د هر وخت یوه لویه او حیرانونکی اختراع او تخنیکی معجزه پیژندل شویی. نن ورځ زموږ لپاره یوه عادی خبره ده چې په څو ساعتونو کی د نړی له یو ګوټ څخه بل ګوټ ته تګ راتګ وکړو . مګر یوه پیړی مخ کی د نړی د اوسیدونکیو لپاره د هوا له لارې تګ راتګ شتون ندرلود. یوازی تربیه شویی کوتری وی چی د یوه ځای نه یی بل ځایته لنډ پیغامونه وړی شوی.

انځور 10.1 د رایټ ورونو د تجربی الوتکه (ویب پاڼه)



انځور 10.2 د رایت وروڼو د ښېرنی الوتنه (ویب پاڼه)

10.1 الوتکه څنګه الوزی

په عامه توګه الوتکه له یو شمیر تړل شویو یا یو ځای شویو برخو(غړیو) څخه داسی جوړیږي ترڅو د مشخص قواوویا لوډونو زغملو توان او قوت ولري ، او مسافرین او بارونه د نړی له یوه ګوټ څخه بل ګوټ ته په مناسب وخت کی د هوا له لاری خوندی او په ډاډ ورسوي.
مخ کی لدی چی یوه الوتکه د مسافرینواو بارونو په وړلوپیل وکړی باید له دولتی مسؤلوچارواکو اجازه تر لاسه کړي اوهم دالوتکی جوړښت د یو شمیر تخنیکی تحلیلونو (analysis) او آزموینو (Testing) مرحلی چی ځو کلونه وخت نیسی په بریالیتوب بشپړ کړی.
د الوتکو بارونه (قواوی)، مشخصات، د ډیزاین ، تحلیل او آزموینو د پروسی لپاره په عمومی توګه د حکومتی چارواکوله خوا (په امریکا کی د ملی هوايي اداره Federal Aviation Authority (FAA) اوپه اروپا کی European Aviation Safety Agency (EASA)) په ګوته کیږی. سر بیره په دولتی قوانینو، هغه کمپنی چی الوتکی جوړه وی یو لړ ځانګړی مشخصات لري چی د ډیزاین او آزموینو په مرحله کی په نظر کی نیول کیږی.
د هوا له لاری سفرونو ډیر بدلون لیدلی دی. د امریکا متحده ایالاتو له نیویارک تر لاس انجلس پوری په 1934م کال کی د الوتکی سفر شل ساعت وخت نیوه او الوتکی لس چوکی درلودی او د تیلو اخستلو لپاره باید په اوو ځایو کی دریدلیی وی. د الوتکی سرعت 240 km/hr او د ټکټ ارزښت یي دری زره (3000) دالره و. که دا سفر نن ورځ وګورو ټول وخت له شپږ(6) ساعت لږ نیسی او هیڅ توقف د تیلو اخیستلو لپاره اړوند ندی ، د الوتکی سرعت 840 km/hr او د مسافر وړلو چوکیو شمیر 200 او یا ډیری دي . د تکت ارزښت 500 دالره یا لږ پیدا کیږي .

دا چی الوتکه څنګه له ځمکی هوا ته پورته کیږی او الوتنه کوی د یو لړ برخو پیږندنه یي باید وشی او ځان وربآندی وپوهوو. د الوتکی اړینی برخی پدی لاندی ډول دی.

10.2 وزرونه

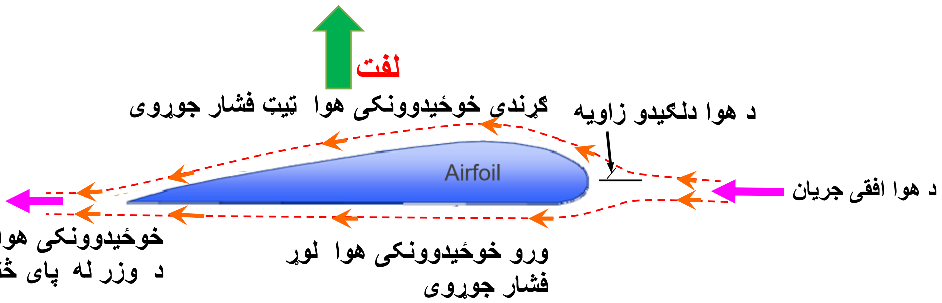
وزرونه د الوتکی یوه مهمه برخه ده . وزر د هوا ایرفویل (airfoil) دي چې الوتکي ته اړینه د پورته کولو قوه یا لفټ (Lift) تولیدوي تر څو الوتکه له ځمکي څخه هوا ته پورته او په هوا کی یي د مخ په وړاندی حرکت کی به تعادل کی وساتی. وزرونه د الوتکی د ثقل مرکز په حصه کی له فیوزلاج (Fuselage) سره تړلي دی. وزرې اکثرا په منځ کي د تیلو دساتلو لپاره هم برخي لري، او هم د ما شینو (Engines) بار وړی کوم چي د وزرونو لاندې ځړول شوي او په پایلا نونو (Pylons) پورې تړلي دي.
الوتکي هغه مهال له ځمکی هوا ته پورته کیږی کله چي د وزرونو په اوږدو کي د هوا حرکت د وزرونو په لور داسی دپورته کولو قوه یا اړین لفټ قوه جوړه کړي چې د ځمکی د جاذبې قوې څخه لوړه وی او وپدی حالت کی الوتکه هوا ته له ځمکی پورته کیږی.
د ۱۸ پیړی سویسی ریاضي او ساینس پوه دانیل برنولي (Daniel Bernoulli) وموندل: هغه فشار چی د خوځیدونکي مایع پواسطه مینځ ته راځی د مایع د سرعت سره متقابل (سرچپه)تناسب لری. په دی معنی کله چی د مایع فشار کی کموالی راشی د مایع سرعت ډیریږي ، او برعکس یی که د مایع سرعت کی کموالی راشی د مایع په فشار کی ډیروالي راځي. د الوتکو وزرونه داسی ډیزاین شوي ترڅو د دې حقیقت څخه ګټه پورته کړي د برنولی (Bernoulli) اصولو په اساس هر څومره چه هوا په سطحه باندې ګړندی جریان ولري فشار یی په سطحه ټیټ دی .دلته هوا هم د مایع په توګه معامله کیږی او د برنولی قانون پری پلی کیږی.
کله چی ګړندی هوا په فضا کی حرکت کوي د هوا فشار ټیټ وی، هرڅومره چي ورو حرکت کوي ، فشار یي لوړ دی. کله چي الوتکه په مستقیمه کربښه په الوتنه کي وي د لفټ او دثقل جاذبی قوه مخالفی او قوتونه یی متوازن وي. د ټیټدو یا ښکته کیدو په جریان کي ، د جاذبي قوی له پورته کیدوقوی (لیفت) څخه لوړیږي .

که چیری د یو عادي الوتکي د وزر مقطع وګورو پورتنی سطحه د لاندې سطحی څخه کږه ده. دا مقطع د ('ایروفیل') (airfoil) په نوم یادیږي.

انځور 10.3 د هوا تیریدل له وزر

د الوتني په جریان کي ایر فویل راتلوونکي هوا جلا کوی او هوا د وزر په پورته خوا او لاندې خوا کی تیریږي. د وزرونو لاندې برخه اواره (flat) ده ، پداسي حال کي چي پورتنی برخه کوږ (curve) شکل لری. سربیره پردې ، وزرې د مخکیني برخی څخه ترشاه څوکی یو څه ښکته میلان یا سلوپ لري.
کله چي هوا په وزر تیریږی د پورتنی برخي تیریدو لپاره اوږده لاره لري نظر هغه هوا ته چي د وزرله لاندی سطحی تیریږي. څنګه چي هوا د کږې شوې پورتنی سطحي څخه تیریږي ، د هوا طبیعي تمایل (inclination) دا دی چه په مستقیم کربښه کي حرکت وکړی، مګر د وزر منحنی سطحه دا شاوخوا ته را اړوي. د دې دلیل په اساس هوا په لوی ساحه غځیږی. د پورتنی برخي تیریدونکي هوا د لاندې تیریدونکی هوا څخه ګړندی حرکت کوي او پدی اساس د هوا فشار د وزر پورته برخه کی ټیټ

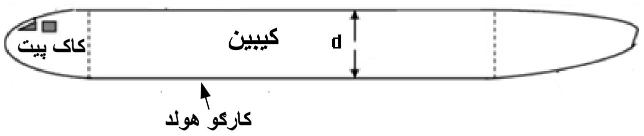
دی او په لاندی برخه کی چی د هوا حرکت ورو دي فشار پری لوړیږی. د پورتنی او ټیټي سطحو ترمینځ د هوا فشار کي توپیر چی د هوا د سرعت سره سرچبه اړیکی لری ددی لامل کیږی چی لفټ منځته راشی. پدی توګه کله چی یو ایر فویل وزر د هوا له لاري تیریږي د وزر مخکښ څنډه هوا انحراف (deflect) کوي او د هوا فشار په پورته او ښکته سطحه د وزر بدلون مومی.
لاندي انځور وګورئ چي د هوا ایرفویل هوایی پارسل په دوو برخو ویشلی دي او د دي پارسل دواړه برخي یوځل بیا په ورته شیبه کي ، کله چي د وزر د تیریدونکي څنډي څخه تیریږی ، سره یو ځای کیږي. د برنولي د اصول او د ایروډا ینامکس د اصولو له مخي ، ګړندی هوا د ورو خوځی د هوا په پرتله لږ فشار جوړه وی، له همدې امله د وزر په پورته مخ فشار د لاندې مخ تر فشار څخه ټیټ دی ، د فشار دا توپیر د دواړو سطحو په منځکی هغه لیفټ رامینځته کوي چي الوتکي پورته خوا ته خوځوی.
دوه هوایی مالیکولونه چی د وزر په مخني حصه سر کي جلا شي ، نو هغه مالیکولونه چي پورته لور ته ځي د وزر په بره خوا تیریږی نسبت کوزی خواته ډیر ګړندی دی. او دا د لفت جوړیدو کي مرسته کوي.
او هر څومره چی وزر ګړندی په هوا کی حرکت کوي لفټ هم ورسره لوړیږی.
پورته وا قعیت په لاندی انځورونو کی په ښه توګه ښودل شوی دی.



انځور 10.4 د هوا تیریدل له وزرڅخه

10.3 فیوزلاج (Fuselage)

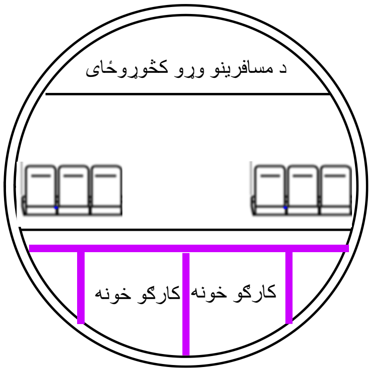
فیوزلاج دا د الوتکي اصلي بدن او د مسافرینو او بارونو ورلو ځای دی. فیوز لاج د اوږده سلنډر شکل لری او د المونیم یا نورو کمپازیتی (composite) موادو څخه چی سپک او کلک وی جوړیږي .
فیوسولاج له نازک پوستکی ، اوږده ستیفینرونو (stiffeners) چي په نامه د سترینګر (stringer) یادیږی او محیطي ستیفنرونو چی دی فریم (frame) په نامه یا دیږی جوړیږي. د چوکیو او کارګو څخه ټول بارونه او وزنونه د فیوسلاج پوستکی او فریم ته توزیع کیږي.
فیوسولاج دننه دري لومړني برخي لری لکه کاک پیټ ، کیبین او د کارګو ځای (کارګو هولډ).



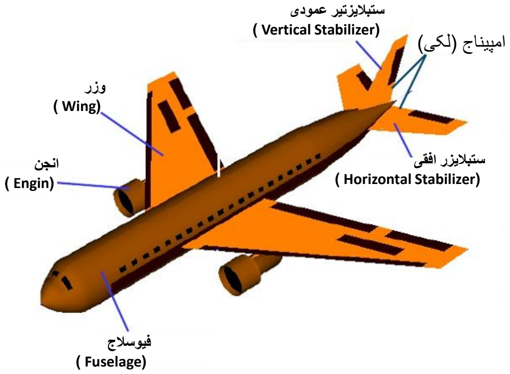
انځور 10.5 د الوتکی فیوزلاج

کبین او کارګو هولډ د کاکپیټ شاته برخه ده ، چیرې چې هوای مسافرین ، بار ونه یا دواړه لیږدوي. د مسافرینو یو ځانګړی برخه د خوړلو چمتو کولو لپاره ګالري لري؛ تشنابونه ، الماری ، د سامان کڅوړې او نورو شیانو لپاره چې په الوتکه کې د مسافرینو د پاره وړ ښکاری ساتل کیږی. همدارنګه په فیو سلاج کی بهرته د تلو راتلو دروازی جو ړیږی. کوچنی مسافر وړونکی جیټ الوتکې شاوخوا ٦٠ مسافر لري ، لویی الوتکي لکه بوینګ ٧٤٧ کولی شي له ٤٠٠ او د ایرو بس A380 له پنځه سوو ډیر مسافرین لري. د چوکیو په منځ کی فاصله او شکل یی د هوای شرکتونو له طرفه تنظیم کیږی.

د هوا فشار د ځمکې له سطحې څخه پورته کمیږی او جیټ الوتکې په عادی ډول په لوړه سطحه کې الوتنه کوي چی له همدې امله د مسافر وړونکیوالوتکی تر فشار لاندې کبینونه لري: ګرمه او یا یخه هوا په ثابت ډول پمپ کیږي تر څو خلک وکړی شی په سمه او آرامه توګه ساه وکاږی.
کارګو هولډ د مسافرو د فرش لاندې د فیوسلاج ساحه ده چیرې چې کارګو او سامان وړل کیږي. دا اصلا د فیوسلاج سلنډر ښکته نیم برخه ده. د کارګو د اینبولو او ایستلو لپاره د الوتکې په ټیټه خوا کې دروازی او لارې لري. د کیبین د سیمې څخه د کارګو حصی ته لاره نشته.

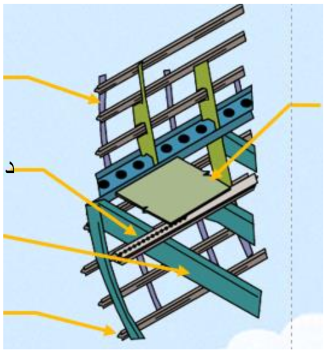


فیوسولاج مقطع



د الوتکی برخی

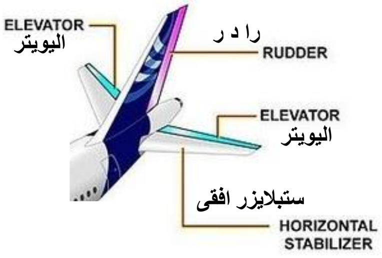
انځور 10.6 د الوتکی فیوزلاج



انځور 10.7 د الوتکی د فیوزلاج ډیتیل

10.4 امپيناج (Empennage)

د الوتکي د لکی خوا ته امپيناج ويل کيږي ، چې لوي تختی (panels) ورباندی تړلي دی يوه يي له شاه څخه عمودي (Vertical Stabilizer) او بله يی افقي (Horizontal Stabilizer) غزيدلی. دوی د الوتکې په ثبات کې مرسته کوي. سربيره پردې ، دوی د کنټرول سطحی هم لري چې د پيلوټانو سره د الوتکی پرمخ وړلوکی مرسته کوي .



انځور 10.8 د الوتکی امپناج

10.5 د تيلو ټانکونه:

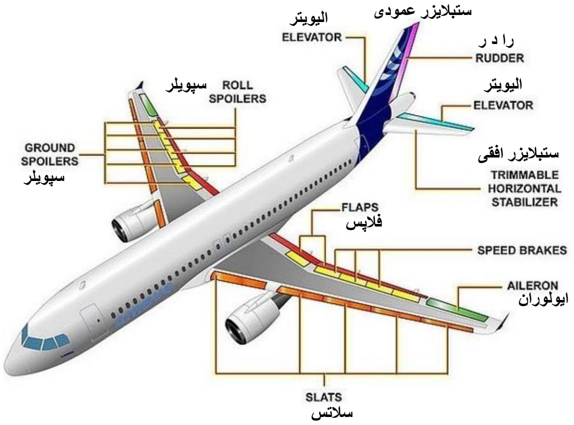
الوتکې د الوتو لپاره د سون تيلو(fuel to power) ته اړتيا لرئ او تيل په خوندي ډول د الوتکې په وزرو کې دننه ساتل کيږی.

10.6 راډيو او رادار:

پدې ورځو کې اسمان د الوتکو څخه ډک دی چې د ورځې ، د شپې او په هر ډول هوا کې الوتنه کوي. راډيو ، رادار ، او سيټلايټ سيستمونه د نو يګيشن (تګ) لپاره اړين دي چې په کاک پيټ کی د پيلوټانو لپاره ځای په ځای شوي.
پيلوټان د الوتکې په وزرونو او لکی کې د پنلونو د کنټرول په مرسته په الوتنه کې د الوتکې کنټرول او تنظيم پلاس کی لری. ددی کنټرول سطحی پدې لاندی لنډ ډول سره تشريح کيږي .

10.7 د الوتکو کنټرول سطحي

د الوتکې د کنټرول کيدو لپاره د کنټرول سطحيی اړينی دي. څلوراصلي سطحي عبارت دی له ايلوران (Aileron) ، اليويتر (Elevator) ، رډر (Rudder) او فليپونو(Flaps) څخه دي لکه څنګه چې لاندې بنودل شوي



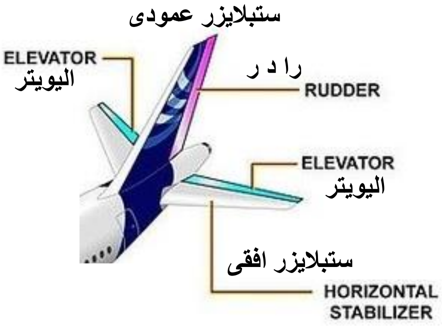
WWW: Free images of airplane

انځور 10.9 د الوتکې د کنټرول سطحې (ویب پاڼه)

د کنټرول سطحې د الوتکې د وزرونو او لکۍ سره وصل شوي تر څو الوتکه مستقیم او د تعادل انډول یې وساتی او هم د الوتنې انډول بدلوي کله چې پورته ، ښکته ، کیڼ او یا ښيي لور ته وغوارې حرکت وکړي. ددې بدلولو د پاره پیلوټ په کاک پیټ کې له دې کنټرولونو څخه کار اخلي. په ځینو الوتکو کې ددې مختلفوخارجي پنلونو سطحې د هیدرولیک لاینونو پواسطه د کاکپیټ د کنټرولونو سیستم سره وصل وي. په نورو الوتکو کې دا پیوستون یې د بریښنایی لاینوله لاریدی.

10.7.1ردېر (Rudder)

یو لوی پنل دی چې د الوتکې په شاه کې د الوتکې دعمودي ثبات کونکي جوړښت سره تړل شوی. دا د یا (yaw) کنټرول لپاره کارول کیږي ، کوم چې د الوتکی پوزه کیڼ یا ښيي لور خوځښت کنټرولوی. ردېر تر ډیره حده د پورته الوتنې او ځمکې لورته ټیټه کولو پر مهال کارول کیږي ترڅو د الوتکې پوزه د ځغاستې په یوه کربښه کې وساتي. دا په کاکپیټ کې د پښو(فوټ) پیډلونو له لارې او یا په اتومات ډول اجرا کیږي، ترڅو د سفر آرام حالت وساتی.



انځور 10.10 د الوتکی د لکلی کنټرول سطحې (ویب پاڼه)

10.7.2 اليويټر (elevator)

هغه پنلونه دي چي د الوتکي دوه افقي ثبات کونکيي برخی (horizontal stabilizers) سره نښلول شوي . اليويټر د الوتکي پيچ (pitch) کنټرولوي ، کوم چي د الوتکی د پوزی پورته يا ښکته حرکت دی. دا د الوتني په جريان کي کارول کيږي او له کاک پيټه کنټرول کيږي.

10.7.3 آيلران (Aileron)

هغه تختې دي چي د وزرونو شا څنده کی نږل شوي دي. دوی د الوتکي پرمخ وړلو لپاره د الوتني په جريان کي کارول کيږي او په کاک پيټ کي د څرخ پواسط کنټرول کيږی. د څرخ حرکتونه ايلرا نونه پورته يا ښکته کوي ، کوم چي په پايله کي د وزرونو نسبي لفټ باندی اغيزه کوي. ايلران که لاندي راټيټ شی د وزر لفټ ډيروي، پداسي حال کي چي ايلران له کښته پورته لور حرکت وکړی د هغي سره د وزرو لفټ کموي. په دې توګه ، که چيرې پيلوټ د الوتکي کيڼ اړخ آيلران ښکته کړي ، او په ښي وزر کي ايلران پورته لور حرکت وکړی، الوتکه به ښيې لور ته تاو کړي شی او په سرچپه حالت کی به الوتکه کيڼی خواته تاو کړل شی.

10.7.4 سپايلرونه (Spoilers)

هغه تختې دي چي د وزرونو پورتنی سطحو کي نږل شوي او ډيری يې د ځمکی ته راتګ پرمهال کارول کيږي او په دې توګه الوتکه ښکته کيږی او د مځکی مخ ته کوزيږی، په ځمکه کښينولی شي. همدارنګه د الوتني پرمهال د سرعت کمولو لپاره هم تری کار اخستل کيږی.

10.7.5 فلپونه او سلټونه (Flaps and Slats)

فلپونه او سليټونه لويي سطحي دي ، دواړه داسی ډيزاين شوي ترڅو د وزرونو لوړوالی په ورو سرعت کي د الوتکی پورته کيدو او د ځمکی په لورد کوزيدو پرمهال کاروړځينی اخستل کيږی. فلپونه د وزرونو به منځنی څنده کي نصب شوي ، د مخ په څنده کي سلټونه دی. کله چي غځول کيږي ، دوی لفټ ډيروي ځکه چي دا د وزرونو سطحی ساحه لويوي. فلپونه هم عموما کيناستلو ته نيږدی وخت کی د لفټ ډيروالي لپاره ګمارل کيږي ، کوم چي په سست سرعت کي د الوتکی کنټرول او ثبات ساتي. فلپونه او سلټونه د پيلوټانو لخوا په کاکپيټ کی کنټرول کيږي.

10.8لنډینګ ګیر (Landing Gear)

د لنډینګ ګیر پواسطه الوتکه د قوي څرخونو او ټایرونو سره په ځمکه کښینا ستل او هوا ته پورته کیدل کوی. دا ټایرونه کله چي الوتکه والوزی په چټکی سره د هایدرولیک رامونو(Hydraulic Rams) په واسطه د الوتکې لاندی برخه کی خوندی کیږي ترڅو د ډرګ (هوا مقاومت) کمولو لپاره کله چې الوتکه په هوا کې وي باعث نه نشی.
لنډ ینګ ګیر د الوتکې لاندی اسمبلی ده چې د الوتکی لپاره کله چې په ځمکه کې وي ملاتړ کوي او د ویلونو ، ټایرونو ، بریکونو ، شاکونو ، او نورو ملاتړ جوړښتونو څخه جوړ وي. ټولې جیټ الوتکې یو د پوزی ویل چې دوه ټیرونه لری او دوه یا ډیر اصلي لنډینګ چې تر ګیرونه ١٦ ټیرونو پوری وی شتون لري . لنډینګ ګیر عموما د هایدرولیک پواسطه لوړ او ټیټ کیږي. د الوتکو ټایرونه د هوا پرځای د نایټروجن څخه ډک شوي دي ځکه چې نایټروجن د تودوخې د تغیر په جریان کې د هوا په څیر د حجم پراختیا نلري .

10.9 اینجن (Engine)

د جټ انجن لومړي هوا اخلي ، د کمپریسر(compressor) بلیډونو په واسطه یې په کوچني او کوچني ځایونو کې اچوي. بیا تیل دی تودی او فشار شوی هوا ته اضافه کیږي او د سوځلو په خونه کې ګډ سوځوي. دا د انجن شاته بهر د خورا ګرمو ګازونو چاودنه رامینځته کوي او یو قوت رامینځته کیږی چې د زور په نوم (Thrust) پیژندل شوي . په دی ډول انجن (او پدې توګه الوتکه) مخ په وړاندې ځي. کله چې تاوده ګازونه د جیټ شاته بهر وځي ، دوی یو توربین تاوه وی. توربین د انجن په مخ کې د کمپریسرو تیغونو سره د مرکزی شافټ پواسطه نښلول شوی او پدې توګه کله چې انجن په حرکت کې وی کمپریسور (compressor) د تاویدو په حالت کی ساتي. دا لوی انجنونه کولی شي په لوی سرعت کې الوتکه له خورا ډیر وزن سره له ځمکې هوا ته پورته او په ډیر سرعت کی مخ په وړاندی وساتي.

10.10 د الوتنې مرحلې

10.10.1پوشبک او ټکسی (Pushback and Taxi)

د الوتنې دا لومړی مرحله ده. وروسته له هغې چې ټولې دروازې وتړل شی، د الوتکې خوځیدل د ترمینل له جیټ وی او د ټکسی له لارې چې رنوی ته ولاړه شی یوه ټګ (tug) ته اړتیا لري. د ټګ په نوم یو موټر کله ناکله د الوتکې د شا کولو لپاره کارول کیږي. الوتکه بیا د ټکسی په اوږدو کې د خپلې قوی پواسطه حرکت کوي. ځنګه چې الوتکې په عمده ډول د الوتنې لپاره ډیزاین شوي ، او ځمکني وسیله ندي ، لدی کبله په خورا ټیټ سرعت سره ټکسی کیږي.
پوشبک یوازې هغه وخت پیښیږي کله چې پیلوټ د هوایی ترافیک کنټرول څخه د دې عملیې لپاره اجازه ولري . هوایي ترافیک کنټرول د ټکسي په جریان کې د الوتکې ټول حرکتونه څاري.

10.10.2 له ځمکی څخه د هوا په لور پورته کيدل (Take off and climb)

کله چې الوتکه دالوتنی لپاره چمتو وي ، او د هوايی ترافیک کنټرول لخوا ورته اجازه ورکړل شوی وي ، نو د الوتکې پیلوټ بریکونه خوشي کوي او انجن ته وده ورکوي ترڅو د انجن قوت ډیرشی او الوتکه په ګړندی حرکت په رنوی سرعت پيل کوی تر څو لفت واخلی او له ځمکی څخه د فضا په لور والوزی.

انځور 10.11 د الوتکی دروازي د الوتکی د دریدو په ځای کی تړل شوی او حرکت ته انتظار باسی. (ویب پاڼه)

انځور 10.11A الوتکه د تګ پواسط له ګیت (د دریدلو دروازی)څخه رنوی ته وړل کیږي (ویب پاڼه)

څنګه چې الوتکه سرعت ترلاسه کوي ، هوا يی د وزرونو پرمخو ګړندي او ګړندي کیږی او لفټ رامینځته کوی. کله چې الوتکه یوه ټاکلې سرعت ته ورسیږي پیلوټ د الوتکې په لکی کی پنلونه برابره وی ترڅو د الوتکې پوزه پورته خوا ته وګرځي. دا حرکت قوي لفټ رامینځته کوي او الوتکه ځمکه پریږدي او د فضا په خوا حرکت وکا.

انځور 10.12 الوتکه په رنوی کی د بورته کیدو(ټیک اف) په حالت کی-پوزه یي له ځمکی پورته شوي (ویب پاڼه)

انځور 10.13 الوتکه له ځمکی هوا ته جګه شوي (ویب پاڼه)

درنه الوتکه ، ډیر لفټ ، او په دې توګه ډیر سرعت ته اړتیا لری ترڅو دا له ځمکې څخه پورته شی. الوتکه هم اړتیا لري چې به توده ورځ د سړی ورځې په پرتله د الوتلو لپاره ګړندي لاړه شي.
توده هوا د سړی هوا په پرتله لږ تراکم (dense) لری. لږ کثافت د ورته سرعت لپاره لږ لفټ تولیدوي. په ورته ډول هر څومره چې الوتکه لوړیږی د هوا غلزت کمیږی. الوتکې د نیویارک په څیر ځای کې د ډینور په څیر ځای ته چې لوړ دی د ځمکې نه د پورته کیدو لپاره ډیر سرعت ته اړتیا لري ، کله چې نور ټول فکترونه (حالتونه) لکه دروند والي سره مساوي وی.
ډیری لویی جیټ الوتکې په ساعت کې شاوخوا ۱٦۰ مایلو حرکت ته ضرورت لری چی له مځکی پورته کیږی او د حرکت د میلان زاویه یی په پیل کی تر15 درجو زیاته وی. هوا ته د الوتکې د وزرونو او د شاوخوا هوا د حرکت زاویې (angle of attack) د لفټ ساتلو لپاره خورا مهم دي.
که چیرې د اټک زاویه یوه خطرناک حد (پنځه لس تر شل درجو پوری) کی وی په هغه حالت کی د وزر په شاوخوا د هوا جریان ګډوډیږي او الوتکه لفټ له لاسه ورکوي.
د الوتکې د لا ډیرو ایروډینامیکه موثره کولو لپاره ، هغه ویلونه چې په کوم کې الوتکه په ځمکه کې حرکت کوی د الوتکې په پټ ځای کې بیرته هوا ته وړل کیږي وروسته له هغه چې په هوا کی ځوړند وی چی پدی حالت کی به لږ ډرګ (د باد مقاومت) ولري او الوتکه کولی شي ګړندۍ الوتنه وکړي.

انځور 10.14 د الوتکی لنډینګ ویلونه د څوړند نه پټ ځای ته داخلیږي (ویب پاڼه)

10.10.3کروز

یوځل چې الوتکه په هوا کې خپل کروزینګ لوړوالي ته ورسیږي نو ټاکل شوی سرعت دوام لري کوم چې د پیلوټ لخوا ټاکل شوی او د هوایی ترافیک کنټرول لخوا تصویب شي. پدې حالت کې ، د انجین قوت له هغه ترتیب څخه چې جټ کولو ته اړتیا وه کموی ، او الوتکه یو منظم سرعت او د مځکی څخه معین لوړوالی ساتي. پدی حالت کی د الوتکې وزن او د وزرونو لخوا رامینځته شوي لفټ قواوی په دقیقه توګه مساوي دي. د کروز کولو لپاره هیڅ یومعیاري لوړوالی نشته. په عمومی توګه دا لوړ والی ۳۵،۰۰۰ فوټو په شا او خواکی دی . پدی لوړوالی کی د الوتني اوږدوالي ، د هوا شرایط ، د تنفس هوا او په اسمان کې د نورو الوتکو د موقعیت سره تړاو لری. د تګ راتګ سرعت (کروزینګ سرعت) یو ثابت ماک (Mach) نمبر چی د غږ د سرعت شاوخوا ۸۲ سلنه کیږی. دا په ساعت کې د ۵۵۰ میلو په یوه ساعت په شا او خواکی د ځمکې په سر سرعت دی.

انځور 10.15 الوتکه د کروز په حالت کی (ویب پاڼه)

انځور 10.16   الوتکه د کروز په حالت کی (ویب پاڼه)

د الوتنې په جریان کې ، پیلوټان معمولا په اسمان کې ټاکل شوي هوایی لارې ، یا لویې لارې تعقیبوي ، چې د الوتنې په نقشو کې په نښه شوي. ځینې جټ الوتکې په الوتکه کې د نیویګیشن سیسټمونه هم لري ترڅو له پیلوټانو سره مرسته وکړي چې خپله لاره ومومي. ځینې الوتکې د دې وړتیا هم لري چې د فضایی سپوږمکیو د سیګنلونو په مرسته خپل موقعیت په ګوته کړي. اوس دا د نړیوال موقعیت سیسټم په توګه پیژندل شوی. تجارتي الوتکې په ډیری توګه د GPS نه ګټه اخلی. د هوایی ترافیک کنټرول په لار ښونه او اجازه سره الوتکو ته ټاکل شوي هوایی لارې تعینیږی او دوی په خوندي ډول ګټه تری اخلی.

10.10.4 د الوتکی راټیټیدل او لنډینګ

 پدې مرحله کې ، پیلوټ په تدریج سره الوتکه بیرته د ځمکې په لور راوړي . نهایی یا وروستی لاره له هوایی ډګر څخه په څو مایلوکی چې الوتکی په لوړوالی پوری تړاو لری پیل کیږي. پدې توګه د هوایی ترافیک کنټرول الوتکه د ځمکې ته د ښکته کیدو په ترتیب کې ځای ورکوی. په احتیاط سره یې د نورو ټولو الوتکو څخه چې نوموړی هوایی ډګر ته ځي جلا کوی. د کبنیناستو له پاره ګیر ټیټیږی او الوتکه نوره ورو کوي. سربیره پردې ، د الوتکې د وزرونو پورتنی څنډو پنلونه چې د فلپونو (Flaps) په نوم پیژندل کیږي ، د هوا جریان تیریدو زیاتوالي لپاره لاس په کار کیږي او پدې توګه سرعت او لوړوالی کموي. نور پنلونه ، چې دالیویټر او رډډر (elevator and rudder)   په نوم پیژندل شوي ، هم په کار اچول کیږی. او هم د وزرونو په مخ برخه کی پنلونه چی د سپویلرپه نامه دی شتون لری او دا راپورته کیږی او د هوا جریان مخه نیسی او د الوتکی سرعت راکموی. د وزرونو په پورتنی برخه کې د پنلونو بل سیټ پورته کوي ، چې سپویلرز نومیږي ، چې د هوا جریان ګډوډوي او د باد مقاومت زیاتوي ، د انجنونو زور بیرته راټیټوي. البته د بریکونو پلي کول، په ټکسي کې او پارکینګ د الوتنې وروستی مرحله د لومړي پړاو څخه برعکس ده. الوتکه د خپل قوت لاندې په سست رفتار کې د ټکسي په لاره او له هغه ځایه یوې معینی دروازې ته وړل کیږي. څنګه چې ډیری دروازې پوښ شوي رمپونو سره مجهز دي ، الوتکې عموما د دوی په نیږدی کی د خپل قوت لاندې پارک کیږي.

انځور 10.17 الوتکه د ټیټیدو په مرحله کی (ویب پاڼه)

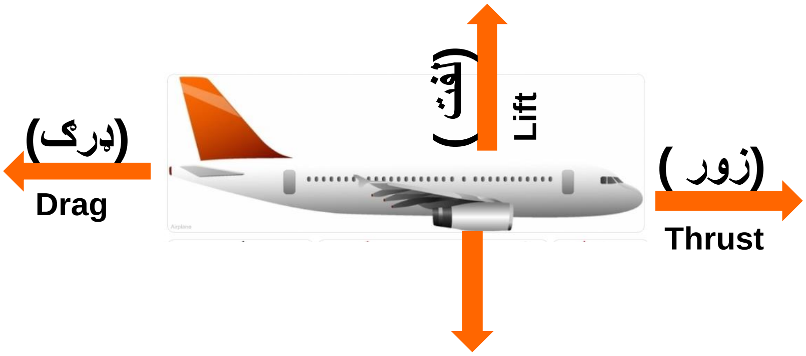
انځور 10.18 الوتکه د ټیټیدو په مرحله کی (ویب پاڼه)

انځور 10.19 د الوتکی د شا یا عمده (Main Landing Gear) ټایرونه پر ځمکه لګیدلی او وروسته له هغه د پوزی ویل په خمکه لګیږي. *(ویب پاڼه)*

انځور 20 .10د الوتکی تول ټایرونه پر ځمکه لګیدلی *(ویب پاڼه)*

10.11 هغه قواوی چی په الوتکه عمل کوي

هغه قواوی چی په الوتکه عمل کوي په دی لاندی ډول دی:



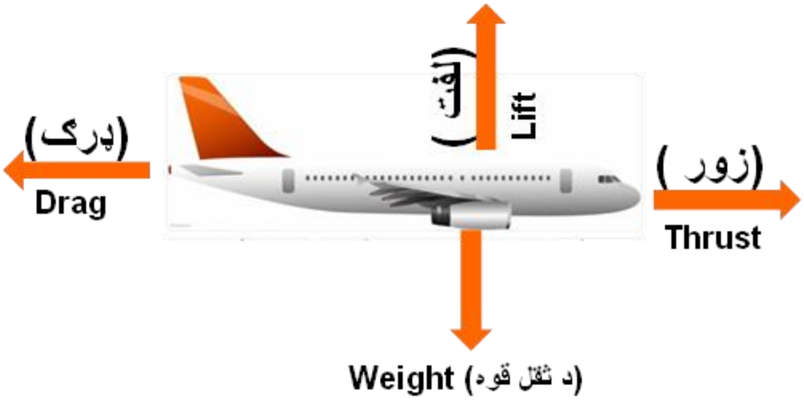
انځور 10.21 هغه قواوی چی په الوتکه عمل کوی

د لوډونو ډولونه: په عمومی توګه دوه ډوله لوډونه شته چی په تحلیل او ټیستونو(ازموینو) کی باید په نظر کی ونیول شي.
ستاټیک لوډونه (Static Loads) چی ثابت حالت لری
فټیګ لوډونه (Fatigue Loads) چی د حرکتومحصول دی
ددی لوډونو د هر یوه اغیزی په الوتکه باندی باید و څیرل شی.

10.12 ایروډینامیک قواوی

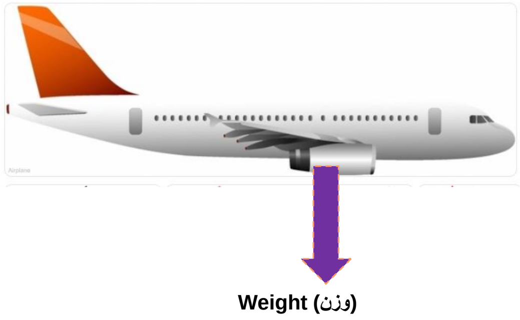
په اساسي ډول په الوتکه څلور قواوی عمل او فعالیت کوي لکه لفټ (lift)، ډرګ (drag) ، زور(thrust) او ثقل (gravity) (یا وزن).

په ساده اصطلاحاتو کې ، ډرګ د هوا مقاومت دی (شاته قوه) ، زور (ترست) د الوتکې د انجن قوه ده (مخ په وړاندې قوه) ، لفټ د پورته لور قوه ده او ثقل د ښکته لوري قوه ده.
نو د هوایی الوتکو د الوتلو لپاره ، زور باید د ډرګ څخه لوی وي او د لفټ قوه باید د ثقل قوی څخه لوړه وي. دا په حقیقت کې د حل یوه قضیه ده کله چې الوتکه الوتنه کوي یا پورته ځي. کله چې الوتکه په مستقیم او یوه سطحه کی الوتنه کې وي د لفټ او ثقل مخالفی قوی متوازنی (انډول) دي. د ښکته کیدو په حالت کی، د جاذبې قوه له پورته کیدو (lift) څخه لوړیږي او د الوتکې ډرګ باید د زور مخه ونیسي. لاندې انځور ښیي چې دا څلور قواوی څنګه په الوتکه عمل کوي



انځور 10.22 هغه قواوی چې په الوتکه عمل کړي

10.13 وزن(تول) (Weight)



انځور 10.23 انر شیایي قوه چې په الوتکه عمل کړي

د الوتکی وزن چی انر شیايي قوه (Inertia and gravity) جوړه وی عبارت دی لدی لاندی شیانو:
د مسافرینو، د الوتکی د چلولوعمله، د مسافرینو د وړلو شیان اود *کڅوړو وزن* (baggage) ، کارګو او داسی نور بار ونه وړونکی شیان، د الوتکی وزن، خوراکه او نوری زخیره شوی بارونه او د الوتکی د تیلو وزن د داخلی ټرل شوی سیستمونو او ټول هغه نور شیان چی په الوتکی کی د ننه ټرل شوی.

10.14 لفټ (Lift)

لفټ دهوا فشار دی چی الوتکه له ځمکی پورته لور ته خیژوی او د الوتکی وزن سره تعادل جوړوی

انځور 10.24 د لفټ قوه   چی په الوتکه عمل کړي

10.15زور (Thrust)

زور (Thrust) یا په قوت سره مخ په وړاندی عمل

ټرسټ (Thrust) یا زور او مخ په وړاندی قوه ده چی انجن يي جوړه وی. د انجن جوړ شوی قواوی عبارت دی له مخ په وړاندی زور (Thrust) ، او په شاه تګ زور (Reverse Thrust)

د انجن کمپرسور ر اتلونکی هوا تر فشار لاندی راولی او شاه لور ته يي لیګی. کله چی تر فشار لاندی هوا د سوځیدونکی خونی څخه تیریری د تیلو سوځولو څخه انرژی تر لاسه کوی.

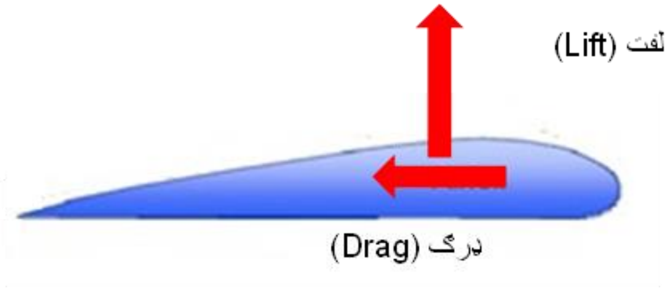
ګرمه پراخه شوی هوا توربین په څرخولو راولی. هغه هوا چی له توربین څخه بهر ته وځی سرعت یی له راتلونکی هوا په پرتله ډیر لوړ دی او دا زور یا مخ په واندی قوه مینځ ته راولی.

انځور 10.25 د زور قوه چې په الوتکه عمل کوی

زور د الوتکي انجن (پروپیلر یا جیټ) لخوا رامینځته ته کیږی ، د جاذبې قوه طبیعي قوه ده چې په الوتکه عمل کوي او ډرګ د هوا له استحکاک نه پیدا کیږی، کله چې الوتکه د هوا مالیکیولونو څخه په حرکت تیریږی. ډرګ د پورته کولو لپاره عکس العمل هم دی ، او دا لفټ باید په الوتني کې د الوتکي لخوا تولید شي. دا لفټ د الوتکي د وزرو لخوا چې په حرکت کې وی ترسره کیږي.

انځور 10.26 د ډرګ قوه چې په الوتکه عمل کوی

10.16ډرا ګ (Drag)



انځور 10.27 د ډرګ او لفټ قوی چې په الوتکه عمل کوی

د پورته کیدو (Lift) مستقیم عکس العمل ډرګ (drag) مینځ ته راتلل دی او دا هم د هوا له سرعت سره تړاو لري. د هوا پوټوکي (airfoil) اړتیا لري چې باید داسي ډیزاین شي تر څو پورته کیدل یا لفټ اعظمي او ډرګ لږ کړي .
د لفټ د را مینځ کیدو یو مهم فکتور د برید زاویه (angle of attack) ده - دا هغه زاویه ده چې وزر یي د افقي هوا د جریان په لور جوړه وي . څومره چې د برید زاویه ډیریږي ، لفټ هم

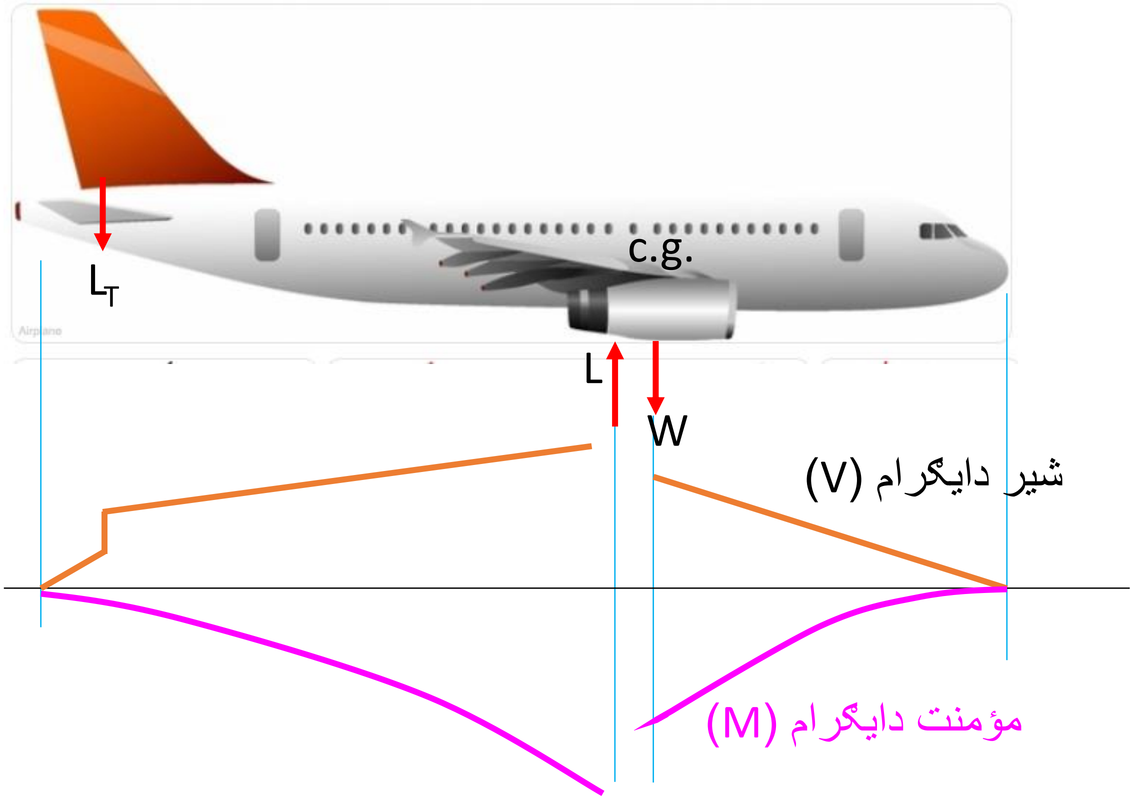
زياتوالي پيداکوي. مگر دا تر يو حد پوري که چيري د هوا جريان د وزر له پاسه مات شي د لفت دوام له مينځ ځی او بیاهوا د الوتکی وزن ساتلي نشی او د ستال (stall) حالت مينځ ته راځي.

10.17ځمکني بارونه (Ground Loads)

ځمکنی بارونه (ground loads) عبارت دی له: هغو لوډو نو څخه چې د الوتکی توینګ (Towing)، په رنوی تکسی روانیدل تر څو چې له ځمکی هوا ته پورته شی (Taxi and takeoff)، او د لنډینګ (Landing) په و خت کی چې الوتکه مځکی ته کوزیږی.

10.18د الوتکی عمومي مو منټ او شير ډايګرام

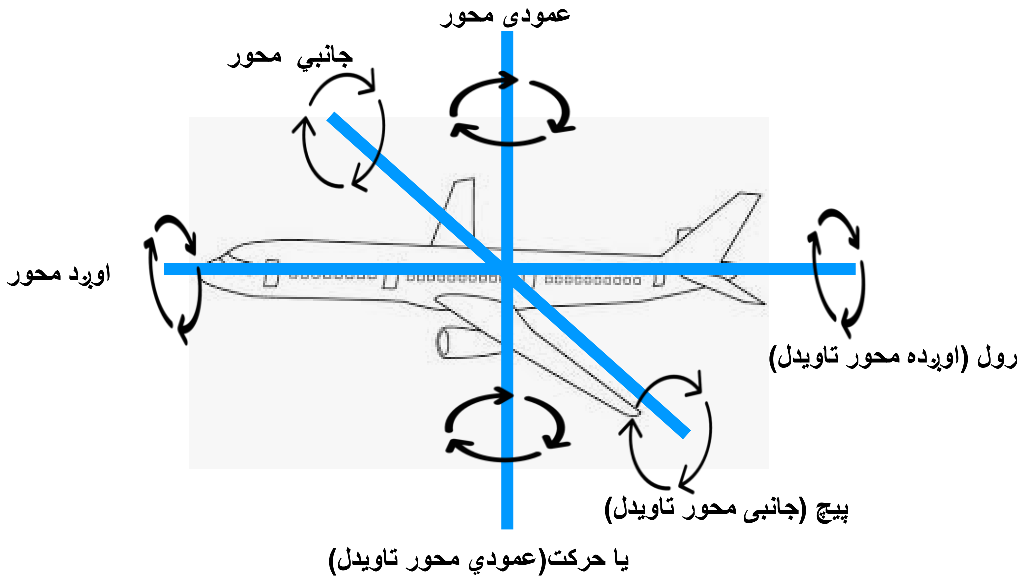
د الوتکی مومنټ او شير دايگرامونه په لاندی ډول دی:



انځور 10.28 د الوتکی مومنټ او شير دايګرامونه

10.19د الوتکی محوری سيستم پيرندنه او خوځښت يی په هر محور

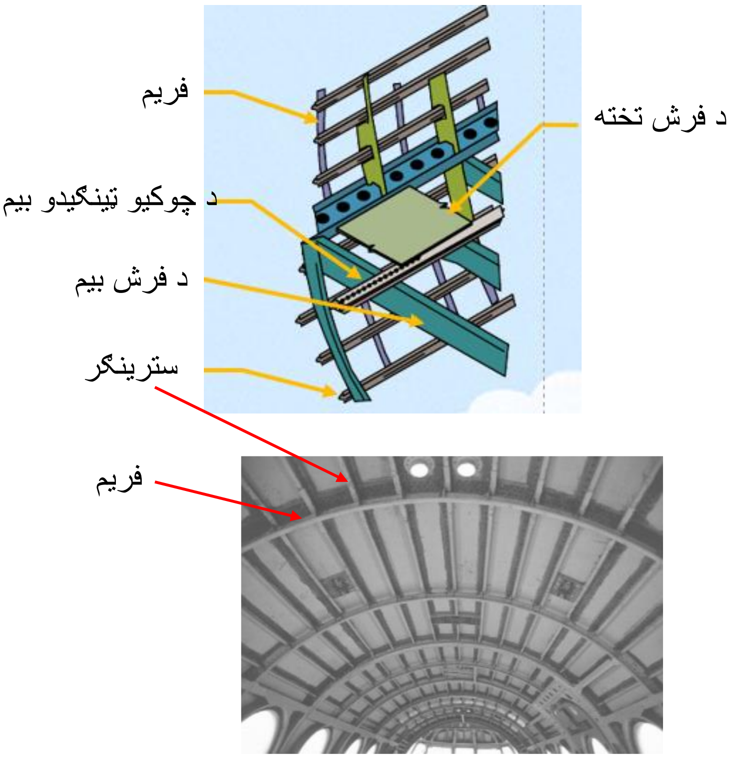
د الوتکی لپاره دا لاندی محوري سیستم کارول کیږي. خوځښت یی په هر محور هم بنودل شوي.



انځور10.29 د الوتکی محوری سیستم او تاویدل یا حرکت په هرمحور

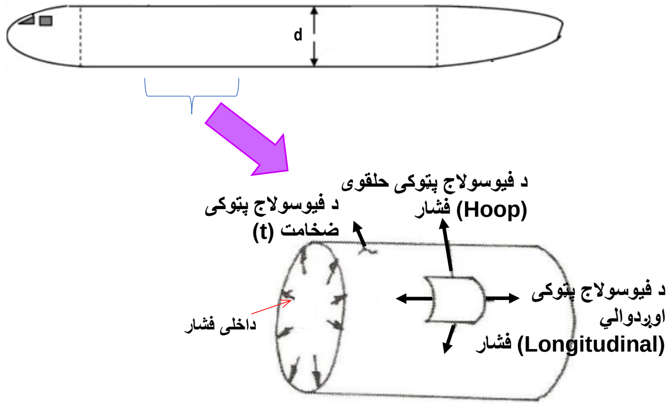
10.20د الوتکی د منځنی فشار (Body internal pressure)

د کبین داخلی فشار (Internal Pressure) د الوتکي په پوټوکی ، سترینګرونو (تارونو) (stringers)، او فریم (Frame) باندی اغیزمنی دی اوپه دوی کی عکسالعملی داخلی قواوی جوړه وی.

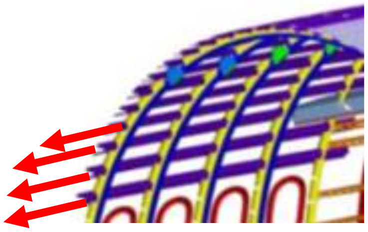


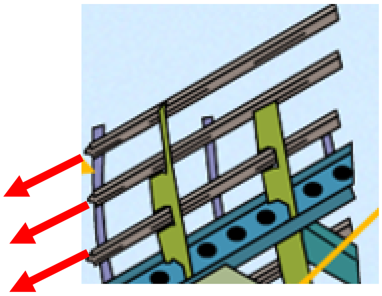
انځور 10.30 د الوتکی د جوړښت داخلی غړی

داخلی قواوی او سترسونه د فیوسلاج په پوستکی نارمل فشارونه دی چی په دی لاندی انځور کی ښودل شوي



انځور 10.31 د داخلی فشار څخه جوړ شوي قواوی د فیوزلاج په پتوکی کي





انځور 10.32 د داخلی فشار او بهرنی لوډونو جوړ شوي قواوي د فیوزلاج په تارونو (stringers) کی

د جوړښت انجنیران د الوتکو خوندي الوتنی، د بدنی هر برخی د لړ وزن لاسته راوړلو لپاره ډیری اړتیاو ته توازن ورکوي، د الوتکی د غړیو لړ وزن د الوتکی اختستونکی ته اعظمي ارزښت لری. هر څومره چی د الوتکی د برخو مړ یا ثابت وزن لړ وی الوتکه کولای شی چی ډیر بار او مسافرین د یوه ځاي نه بل ځاي ته یوسی.

د الوتکی پوستکی فشارونه یا سترسونه د الوتکی د فیوسلاج په داخل کی د هوا له امله عبارت دی :

10.21د فیوسلاج حلقوي (هوپ) فشار

د فیوسلاج حلقوي (هوپ) فشار

$$\sigma = \frac{PR}{t}$$

په دی معادله کی (P) د فیوسالاج د هوا فشار ، (R) د فیوسلاج شعاع او (t) د فیوزلاج د پوستکی ضخامت دي.

د مثال په توګه، که چیری دا لاندی ارزښتونه ولرو:

فیوزلاج د پتوکی ضخامت t = 0.130 cm

د فریم مساحت= $1.62\ cm^2$

= فیوزلاج شعاع 200 cm

فشار د فیوزلاج په پتوکی فرض کوو
چی په سلوکی پنځه اتیا (85%) د سلیندرد فشار دی، او په فریم کی به (65%) فرض کړو.

که چیری د فیوزلاج مابین فشار ($0.774\ kg/cm^2$) وی موږ د یو سلندر پتوکی داخلی فشار په اساس داسی لیکلی شو

$$\sigma = \frac{PR}{t}$$

$$\sigma = \frac{(0.85)(0.774)(200cm)}{.130}$$

$$\sigma = 1{,}012\ \ kg/cm^2$$

داخلی فشار په فریم کی:

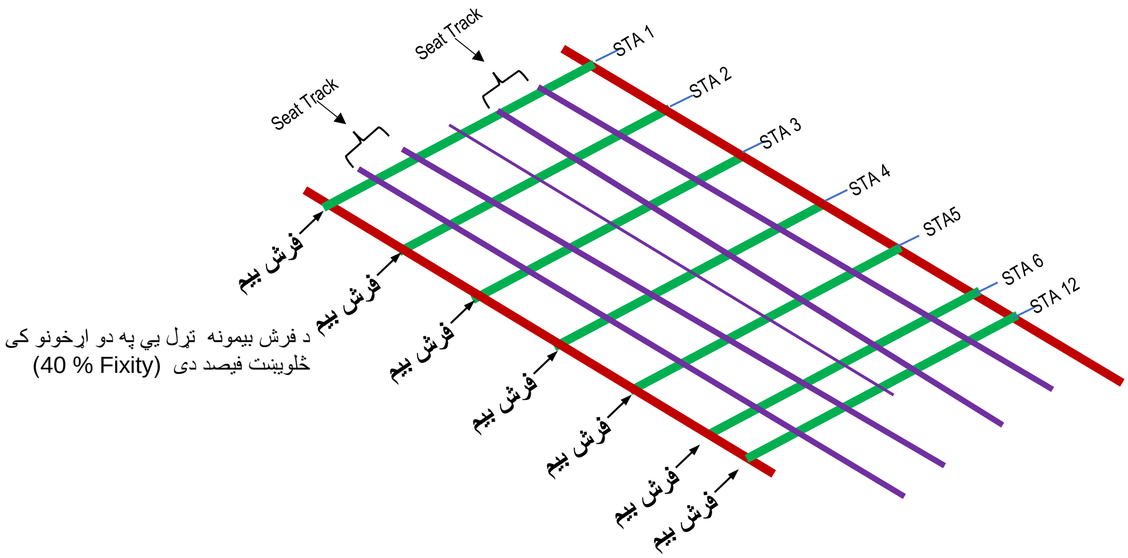
$$\sigma = \frac{(0.65)(0.774)(200cm)}{.130}$$

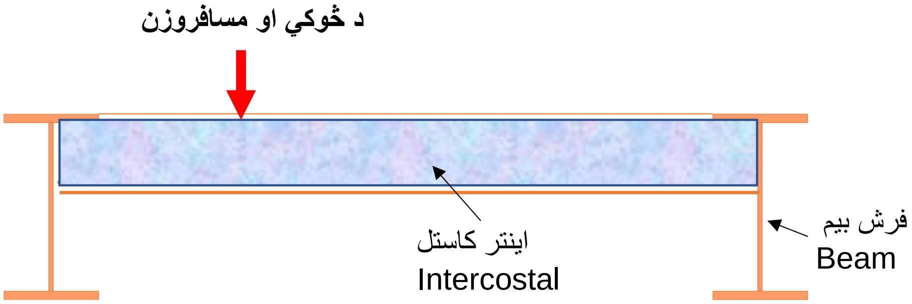
$$\sigma = 774\ \ kg/cm^2$$

قوه په فریم کی یا د فریم لوډعبارت دي: فشار ضرب د مساحت د فریم

د فریم لود = σ (area) = 774 x (1.62) = 1,254 kg

10.22د الوتکی د فرش د بیم شیر او مومنت ډایگرام:



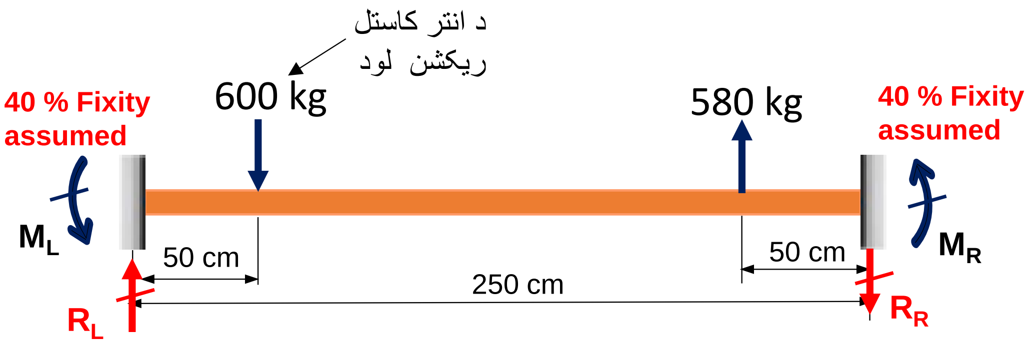


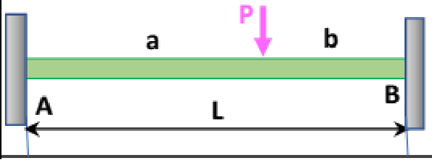
انځور 10.33 د الوتکی د فرش بیمونه چی د مسافرینو څوکی وربانديی اینودل شوی

د مسافر وزن د څوکی په واسط سیټ ترک (Seat Track) او له هغه انتر کاستل او بیا بیم ته لیږدول کیږی

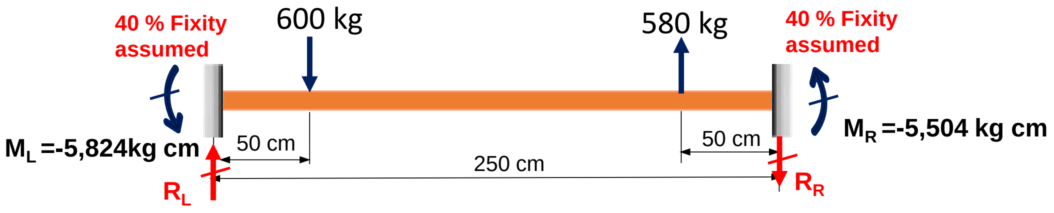
د مسافرینو څوکی لوډ په اینتر کاستل اینودل شوی.

د فرش د بیم شیر او مؤمنت دایگرام

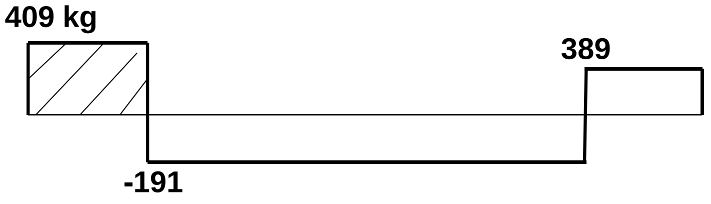


د فیکسد ایند مؤمنت ارز بنتونه	فیکسد ایند بیم
$FEM_{AB} = -\frac{Pab^2}{L^2}$ $FEM_{BA} = +\frac{Pa^2b}{L^2}$	

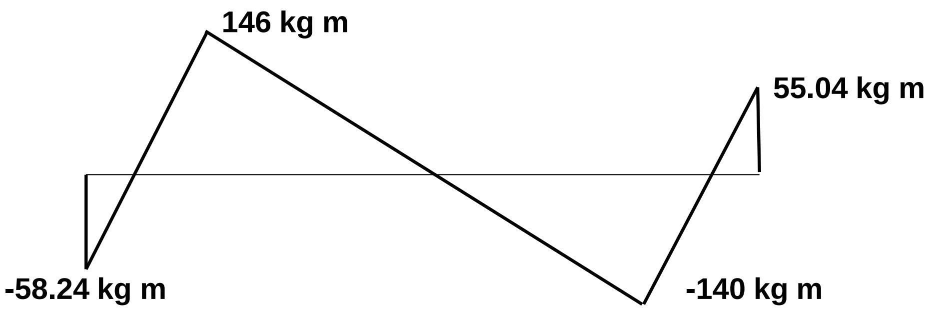
Example Numbers					
	P_1	P_2	a	b	L
	600	-580	50	200	250
M_L1	-19,200				
M_L2	4,640				
M_L	-14,560				
M_L	**-5,824**				
M_{R1}	4,800				
M_R2	-18,560				
M_R	-13,760				
M_R	**-5,504**				



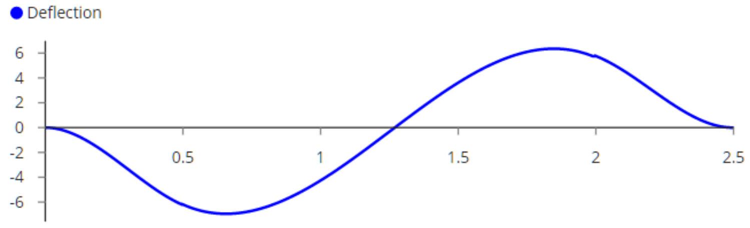
40 % Fixity assumed
600 kg
580 kg
40 % Fixity assumed
M_L =-5,824kg cm
M_R =-5,504 kg cm
50 cm
50 cm
250 cm
R_L
R_R



409 kg
389
-191



146 kg m
55.04 kg m
-58.24 kg m
-140 kg m



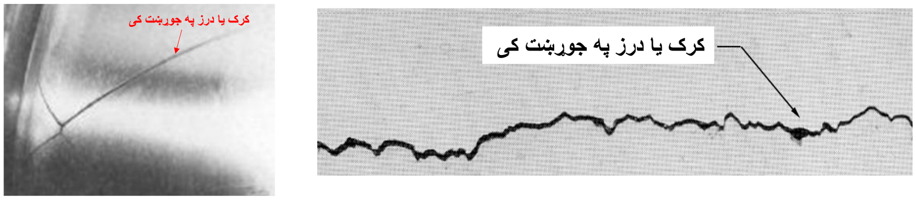
Deflection
6
4
2
0
-2
-4
-6
0.5
1
1.5
2
2.5

يولسم فصل

د جوړښت د موادو ستړيا (فتيګ) او د ژوبلی تحمل
(Fatigue and Damage Tolerance)

11.0 پيژندنه

دجوړښت د موادو ستړيا، يا فتيګ (Fatigue) د بهرنی پرله پسي بارونو د پلي کيدو اغيزه ده، چې په جوړښت کی ژوبله را مينځ ته کوي. په دی پروسه د جوړښت موادو کی د پر له پسی بار له امله راټول شوي ژوبله مخ په زياديدو وده کوی، اوکه چيری دا راټول شوی ژوبله يو جدي حد **(ماتيدو حد)** ته ورسيږی په موادو کی درزونه پيل کيږی او وروړو ډيريږی، په پايله کی د جوړښت ماتيدل مينځ ته راولي.

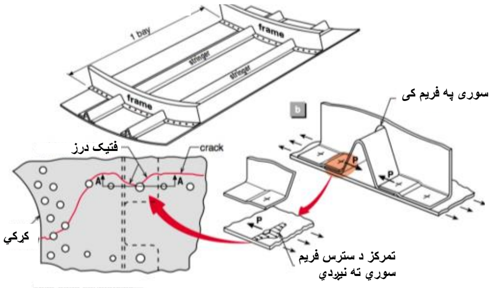


انځور 11-1 د درز د بريده او وده په يوه فلزی عضو کی. منبع: د نړي ويب پانه

پر له پسي بار په جوړښت کی داخلي فشار يا سترس (stress) او سترين (strain) جوړه وی . که چيری يو بار چی اندازه يي د موادو له ايلستيک حد لږ وي ، او په جوړښت يو ځل عمل وکړي خطرناک ندی د درز جوړيدل او د جوړښت د ژوبليدو او ماتيدو سبب نګرځي. اما که چيری په پر له پسی توګه، ځنګه چي په دی لاندی انځورونو کی ښودل شوی، دا بارعمل وکړی د جوړښت په موادوکی ژوبله راټوليږی او داخلی فشار چی پر له پسي (متواتر) تغير مومی ايجاد کيږي. او دا د وخت په تيريدو سره جوړښت درز پيدا کوي او وروسته ماتيږي.

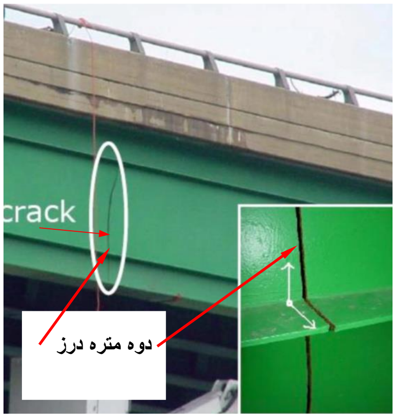
انځور 11-2 د پله يوه برخه چی د فتيګ بار له مله ماته شوي. *د نړي ويب پانه*

انځور 11-3 دی هولند کامت (De Havilland Comets) الوتکی د موادو ستړیا درز او ماتیدل : د نړي ویب پاڼه



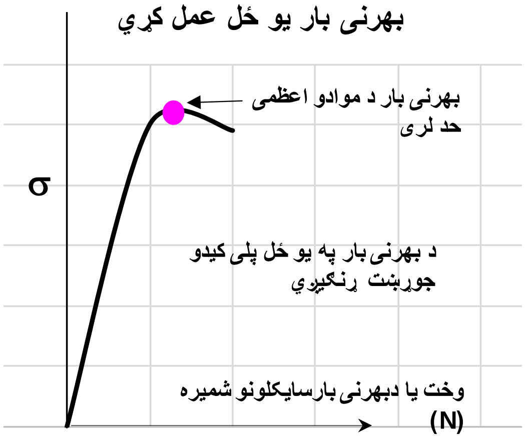
انځور 11-4 دی هولند کامت (De Havilland Comets) الوتکی د فتیګ (موادو ستړیا)درز په فریم: د نړي ویب پاڼه

انځور 11-5 دی هولند کامت (De Havilland Comets) الوتکی ماتیدل د فتیګ درز له امله: د نړي ویب پاڼه



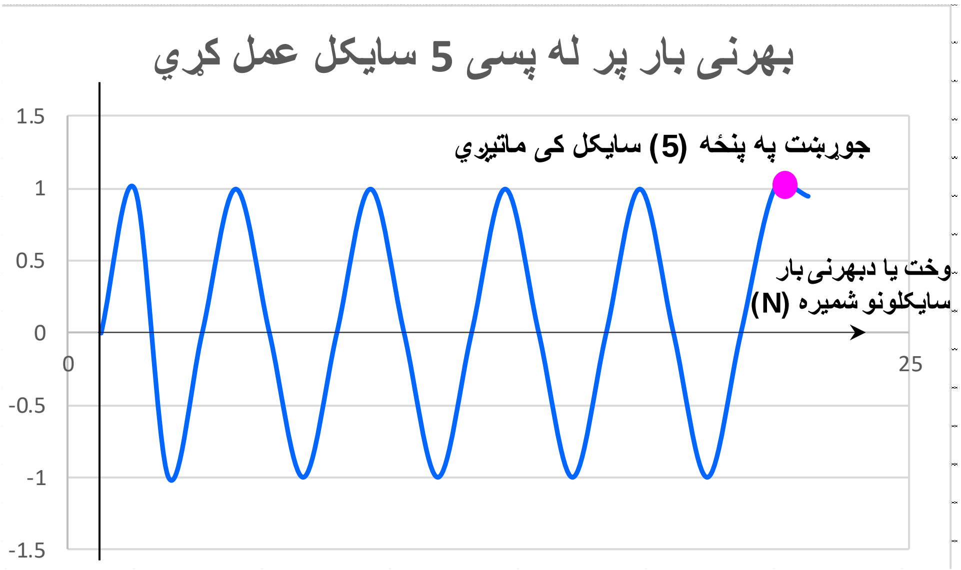
انځور 11-6 دوه متره اوږد فتیګ درز د یوه پله په ګادر کی : د نړي ویب پاڼه

کله یو بهرنی بار چې اندازه يي د موادو له اعظمی توان (F_{tu}) سره برابره وی او په جوړښت عمل وکړی د اعظمی حد په رسیدو جوړښت ماتیږي.



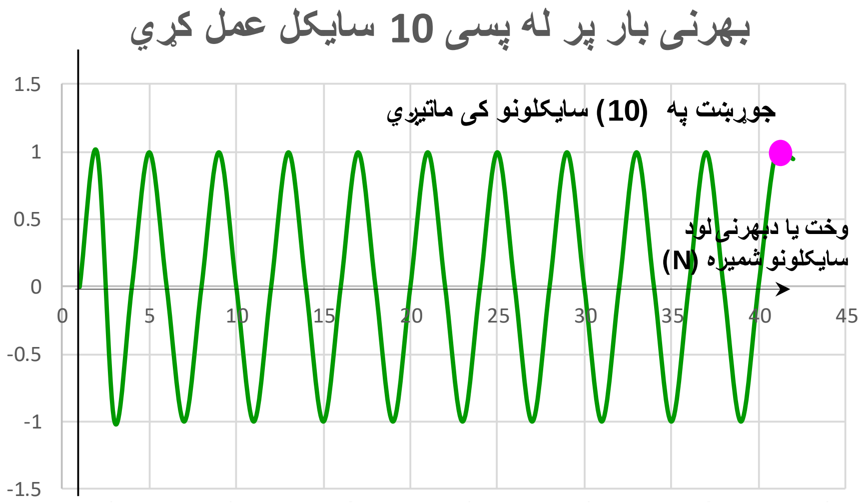
انځور 7-11 بهرنی بار یو ځل عمل کړي

په دی لاندی انځور (8-11) کی بهرنی بار د موادو له ایلستیک حد لړ دی، اما د پر له پسی عمل له کبله فشار راټول شوي ژوبله په جوړښت کی وروسته له پنځه (5 cycles) سایکله **ماتیدو حد** ته رسیږی او په جوړښت کی درزونه پیدا او وروسته جوړښت ماتیږي.



انځور 8-11 بهرنی لود د موادو له ایلستیک حد لړ دی جوړښت سالم او په پنځه سایکله کی خطر ناک حد ته ورسیده.

پدی بل انځور کی (9-11) د بهرنی بار لوړحد د موادو له ایلستیک حد څخه لږ اما د پر له پسی عمل له کبله راتول شوی ژوبله په جوړښت کی وروسته له لس (10 cycles) سایکله **ماتیدو حد** ته ورسیده او په جوړښت کی درزونه پیدا او وروسته مات شو.



انځور 9-11 بهرنی لود د موادو له ایلستیک حد لږ دی جړلښت سالم او په لس سایکله کی خطر ناک حد ته ورسیده.

د فلزی جوړښتونو ژوبله او ماتیدل د موادو د ستړیا (فتیګ) له امله را مینځه ته کیږي، او ددی حقیقت په اساس د فتیګ د اغیزي پوهیدنه د ستاتیک او دینامیک تحلیل سره اړینه ده او باید وشي.

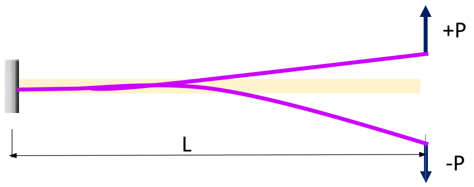
د ستاتیک تحلیل کړنلارې په پرتله د موادو د ستړیا تیوري نسبتاً نوې د تحلیل لاربنونه ده. د موادو د ستړیا پوهیدو اړتیاوی وروسته له هغه راپورته شوی کله چی صنعتی انقلاب فولاد په جوړښتونو کی معرفی کړل، خاصتاً د اورګاډی پټلي، پلونه او د کانونو تجهیزات.

په کال 1837 کی ویلیم البرټ (Wilhelm Albert) د فتیګ په اړه لومړی مقاله خپره کړه او یوه ازموینه یي د کانونو تجهیزاتود ماتیدو په اړه تر سره کړه. په کال ۱۸۷۰کی واهلر (Wohler) د ریل پټلی په اکسلونو کي د خپل کار لنډیز وړاندې کړ، هغه دې پایلې ته ورسید چی د پر له پسی فشار پلی کیدو سایکلونو د حد له اعظمی فشار په پرتله ډیر د اهمیت وړ دی اود ذغملو فشار اندازه (endurance limit) یي معرفي کړه. په کال ۱۹۱۰کی باسکوین (O.H. Baswquin) د S-Nګراف جوړه ولو لپاره د لاګ - لاګ (Log-Log) محورونه او اړیکو وړاندیز وکړ او د واهلر د ازمویني ارقام یي پدی طرحه سره وښودل. په ۱۹٤٥کی اي ام ماینر (A.M. Miner) او پالمګرین (Palmgreen) خطی یوځای کیدل او د ژوبلی راټولول (damage) د عملي ډیزاین فرضیي په توګه معرفی کړه . په ۱۹٥٤کی ایل ایف کوفن (L.F.Coffin) او اس اس مانسن (S.S. Manson) د هغه درز چی پلاستیک حد یي د فتیګ له امله وده کوی یوه لیکنه په نشر وسپارله.

د فتیګ نظریه په ازموینه او د ازمینو په احصاییوی پایلو باندی استواره ده. د فتیګ ټولی معادلی د ازمینوله نتیجو حاصل شوي. هر جوړښت چی د وخت تابع بهرنی بارورباندی عمل کړي باید د فتیګ

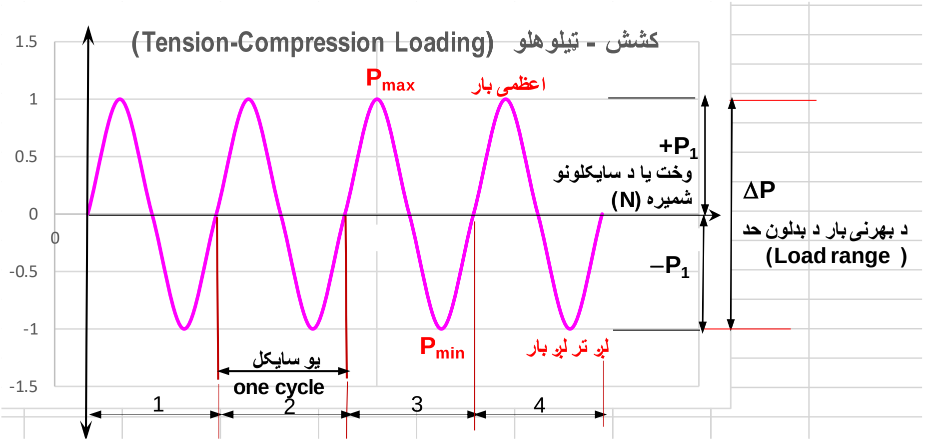
لپاره تحلیل شي. د مثال په توګه د څرخید وماشینونه ، پمپونه، توربینونه، پکي، شافتونه، د فشارکځوری (pressure vessel) د ځمکی پر سر موټرونه، د اوبو ګاډي، الوتکی، پلونه، کرینونه، او داسی نور جوړښتونه چی دینامیک پر له پسی بار وربانذی عمل کړي.

یو ساده او آسانه د فتیګ ازمویني مثال پدی لاندی انځور کی ښودل شوي.



انځور 11-10 د پر له پسی بار د ازمویني یوه نمونه

په انځور (11-10) ښودل شوی بیم د ازمویني لپاره لدی لاندی پر له پسی بار، د مثال په توګه، کار اخیستل کیدی شي.



انځور 11-11 پر له پسی بار کشش- او تیل وهل

11.1 د جوړښتونو د شنني ساحی ته کتنه:

کله چی یو جوړښت ددیزاین په مرحله کی وی باید یو لړپوښتنو ته ځواب وویل شي: د مثال په توګه د جوړښت په ژوند کی څومره سایکله پر له پسی بار عمل کړي. آیا غوارړی چی لا یتنهایي سایکلونه په ژوند کی په نظر کی ونیول شي. او د جوړښت د ژوند موده ، څه ډول وقفي راځی چی د هغو له مخه جوړښت وکتل شی.

11.2 فتيک د شنني ساحه

د تحليل لپاره بايد دالا ندی موضوعات په نظر کی ونيول شي:

١ د فتيک د تحليل طريقه

٢ د بارونو ډول

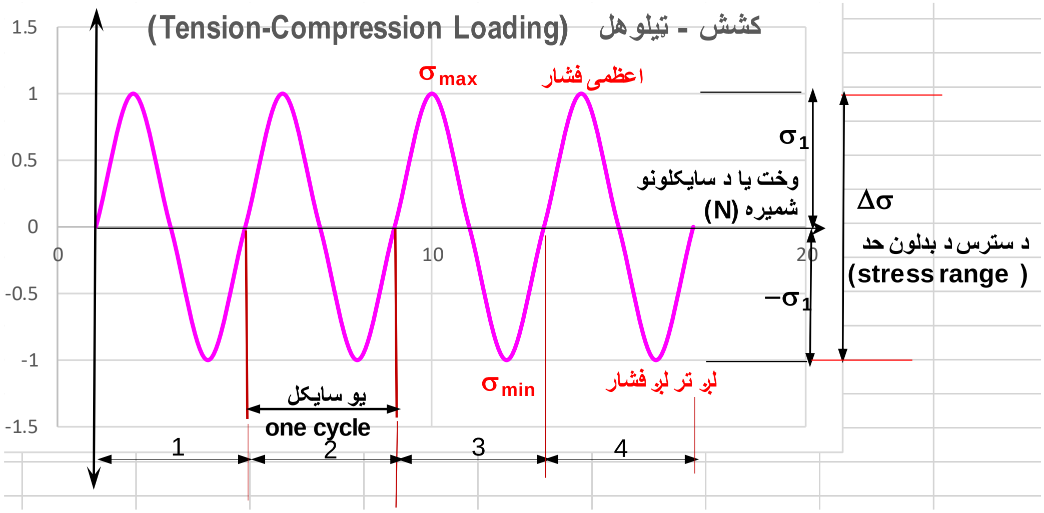
٣ د فتيک فکتورونه

۴ د اوسط سترس په نظر کی نيول

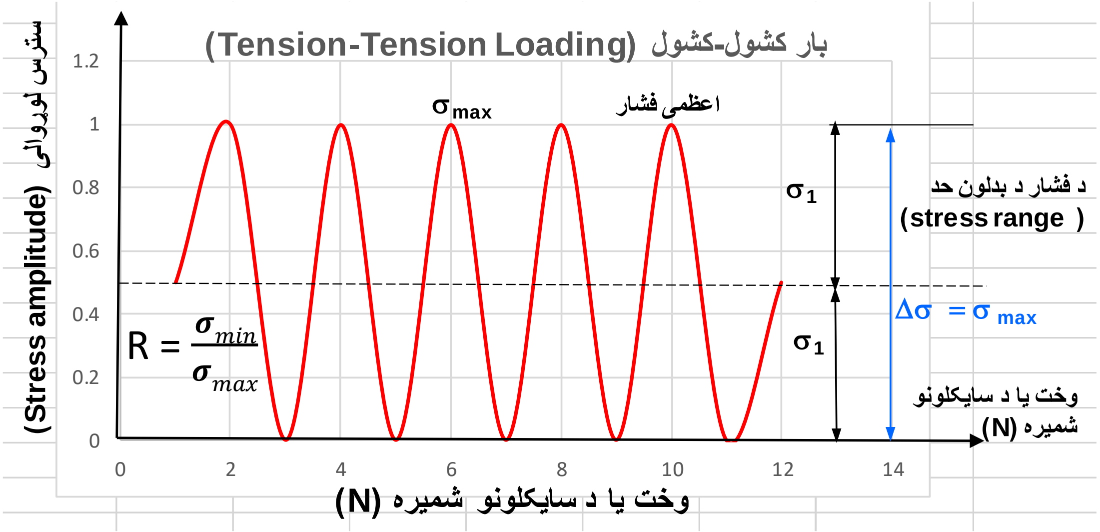
۵ د فتيک بارونه

11.3 د پر له پسی بار ډولونه او نموني

کله چی د اعظمی او اصغری پر له پسی بارونو حد مساوی وی دا په نامه د ثابت لوړوالی (Constant amplitude) بار پيژندل کيږی. انځور (12-11) . او که چيری توپير ولري په هغه صورت کی متغير لوړوالي يا تغيريدونکي امپليتيود (variable amplitude) بار په نامه ياديږی



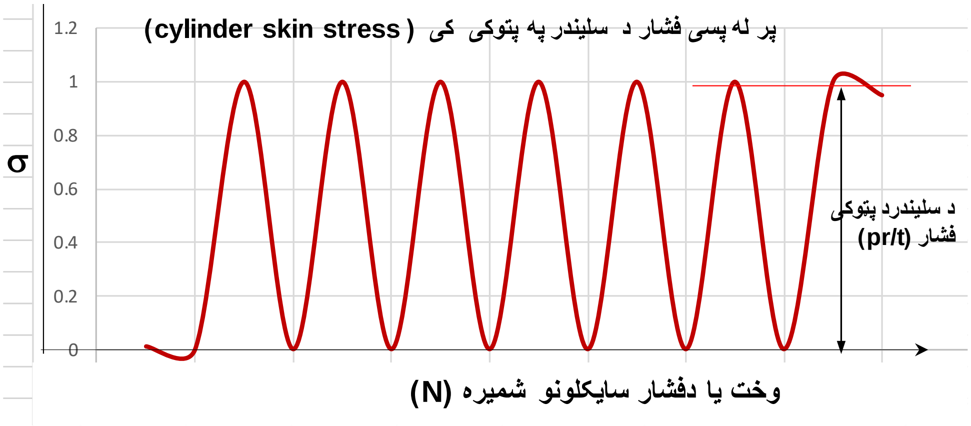
انځور 12-11 د پر له پسی بار ثابت امپليتيود او بشپړ ډول بيرته را ګرځيدونکي



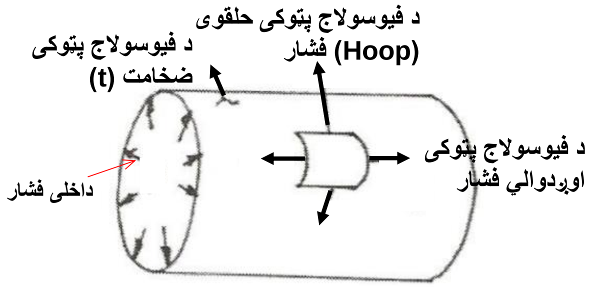
انځور 11-13 د پر له پسی بار اصغري بار صفر او اعظمی مثبت

انځور -11-14 متغیر امپلیتیود بار او د پلی کیدو د وخت تاریخچه یی

په دی لاندی انځور کی پرله پسی بار (Cyclic Load) اغیزه د سلندر به پتوکی کی د داخلی فشار خرنګوال بنودل شوي.



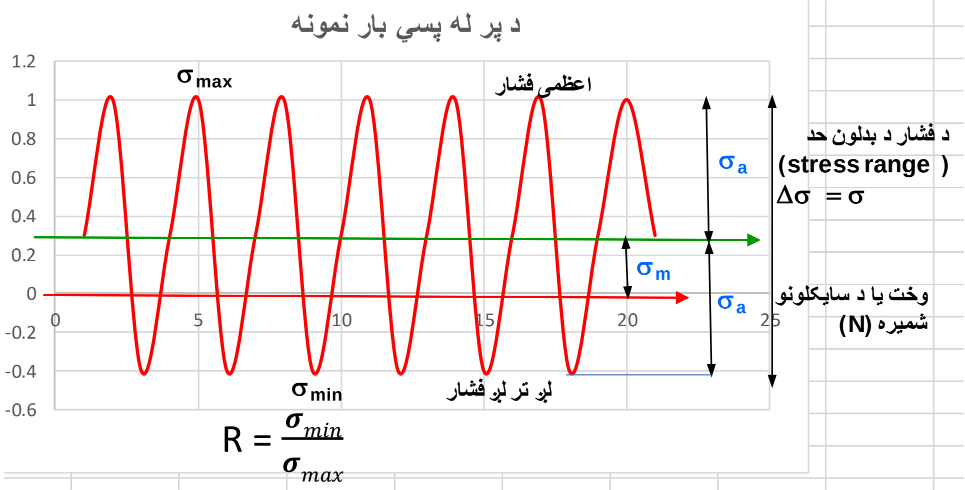
انځور 11-15 پر له پسی بار د یوه سلندر په پتوکی کی



انځور 11-16 پر له پسی بار د یوه سلندر په پتوکی کی

11.4 د پر له پسی بار (Cyclic Load) خاصیتونه او تعریفونه

په دی لاندی انځور کی د پر له پسی بارچی اوسط سترس صفر ندی بنودل شوي:



$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

انځور 11-17 پر له پسی بار او د اوسط فشار بنودل

د فشار اندازه(Stress Range) $\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$ (11-1)

د فشار د لوړوالي حد اندازه (**Stress amplitude**) $\sigma_a = ½(\sigma_{max} - \sigma_{min})$ (11-2)

د فشار اوسط حد اندازه (Mean Stress) $\sigma_m = ½(\sigma_{max} + \sigma_{min})$ (11-3)

د بار د کچی تناسب (Load ratio) $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ (11-4)

11.5 د سترس- سالمی مودي تګ لاره (Stress Life Theory)

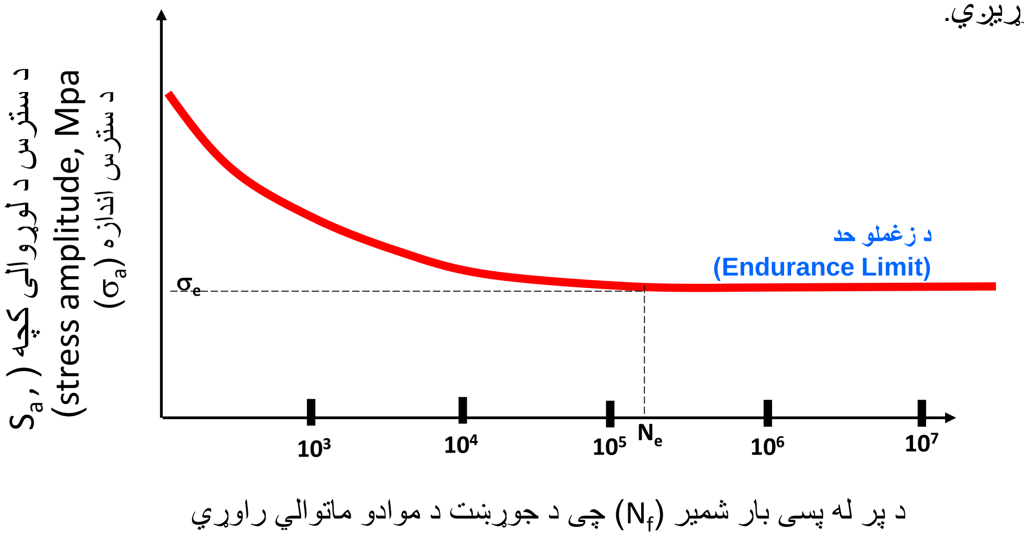
د سترس – ژوند مودي تګلاره (Stress Life Theory) د سترس په ستاتیک خطی اړیکو استواره ده، او ستاتیک خطی ارزښتونو ته اړتیا لري. که چیری بار د پلستیستي حد په عضو کی را مینځ ته کړی په هغه حالت کی د سترین سالمی مودي (Strain Life Theory) له طریقی کار اخیستل کیدي شي.

د سترس- سالمی مودي (stress-life) کړنلاری بنسټ ، د ولر (Wohler) اس-ان (S-N) دیاګرام دی. دا ډیاګرام د پر له پسی سترس (□) اندازه او د سایکلو شمیر چی په موادو کی درز جوړه وی بنه یی او هغه موده اټکل کوی چی تولله شوی ژوبله یوه **ماتیدو حد** ته رسیږی او برخه درز پیدا او وده کوی چی په پایله کی جوړښت ماتیږي . د جوړښت د موادو ماتیدو سایکلونه د اس- ان (S-N) له دایګرامه پیدا کیدی شي.

د دی کړنلاري یوه لویه نیمګړتیا داده چی ټول سترین (strain) ایلستیک فرضیږی او هغه ریښتني اړیکی د سترس او سترین (true stress strain relation) په حساب کی نه نیول کیږی. دا فرضیه په هغه حالت کی د اعتباروړ ده کله چی د پلاستیکی برخه په ټول سترین کی وړه وی. په عامه توګه د فولادی (steels) موادو د ستړیا موده اوږده وی او وړه برخه یی پلاستیکی سترین جوړه وی، پدی اساس د فولادی جوړښتونو لپاره له دی کړنلاري کار اخیستل کیدی شي.

11.6 د اس- ان شمیره یی ډایګرام (S-N curve)

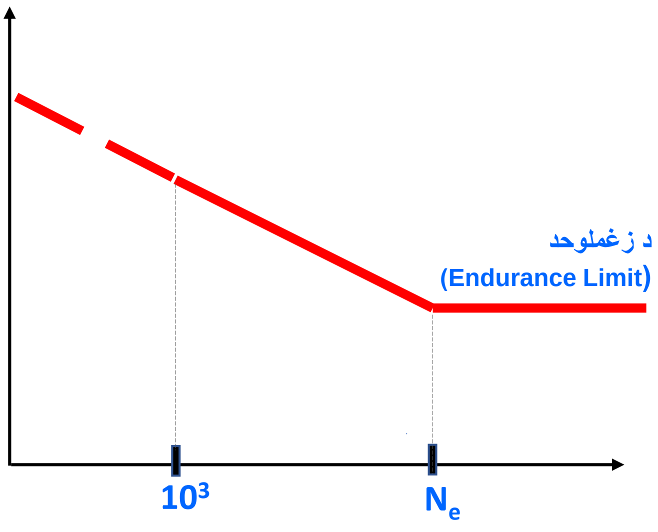
د موادو د پر له پسی سټریا (فتیګ) اس- ان دایګرام (S-N curve) د یو لړ ازموینو د پایلو له معلوماتو په لاس راځي. که چیری د پلی شوی سټرس اندازه او د پر له پسی بارونو شمیر چی په موادو کی درز رامینځ ته کوی په یو دایګرام ښکاره کړو، دا لاندی انځور چی اس- ان دایګرام نومیږي ورځینی جوړیږي.



انځور 11-18 د پر له پسی بار د زغملو حد

د ازموینی اوسط ارقام په لاګ-لاګ (Log-Log) محوررونو ښودل کیږي. فلزونه عموماً کله چی د فشار اندازه پکښي له یوه حده ټیټه وی لا محدوده سالمه موده (Infinite life) لری او دا په یوه افقی کرښه په اس ان (S-N) ګراف کی ښودل کیږي. د دی حد ارزښت د ازموینې په واسطه پیدا کیږي اودا حد (N_e) په نامه د زغملو حد یا ایندورنس لیمت (Endurance Limit) پیژندل شوي.

یو لړ مواد شته چی د زغملو حد (Endurance limit) نلري . د زغملو حد هغه سټرس دی چی تر هغه حد لږ د جوړښت مواد د پر له پسی بار لا یتناهی شمیرو د تحمل توانایي لری او درزونه پکی مینځ ته نه راځي. پام کی باید وی که چیری ډیر لوړ بار (Over Load) پری عمل وکړی بیا دا د تحمل توان حد له مینځه ځي.



انځور 11-19 د پر له پسی بار د زغملو حد

د فولادی موادو اس-ان ډایګرام لپاره د دی لاندی اړیکیو څخه کار اخستل کیدی شي:

$S = 10^C N^b$ (for $10^3 < N < 10^6$) (11-5)

د b او C ارزښتونه لدی لاندی اړیکو پیدا کیدی شي::

$$b = -\frac{1}{3} \text{Log}_{10} \frac{S_{1000}}{S_e} \quad (11\text{-}6)$$

S_e = endurance Limit د زغملو حد

$$C = \text{Log}_{10} \frac{(S_{1000})^2}{S_e} \quad (11\text{-}7)$$

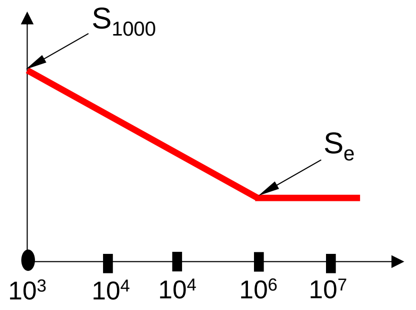
په پورتنی معادله کی S_{1000} سترس ارزښت په 10^3سایکلو کی دی.

د غړی د موادو سالمه موده لدی لاندی اړکي ، له اړوښتونکی سترس سره پیدا کیدی شي

$$N = 10^{(-C/b)} S^{(1/b)} \quad (11\text{-}8)$$

د اس-ان ډایګرام د معادلی په جوړه ولو کی له دی لاندی اټکل کار اخیستل شوی:

$$S_{1000} = 0.90 S_u, \text{ and } S_e = 0.50 S_u \quad (11\text{-}9)$$



انځور 20-11 د پر له پسی بار د زغملو حد

11.7 د جوړښت د موادو د ستړیا سالمه موده (Fatigue Life)

د هغه سترس شدت او پر له پسی بار سایکلونو شمیري چی د جوړښت مواد له سالمه حد څخه وباسي، د موادو د ستړیا سالمه مودی په نومه یادیږي. د جوړښت د موادو سترس او ستړیا موده کله چی دی حد ته ورسیږي درز پیدا کیږي او بلاآخره درز وده کوي او د جوړښت مواد ماتیږي.

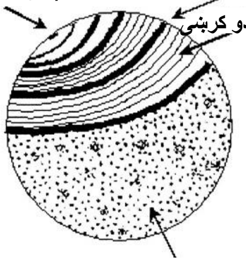
د درز وده او لوییدل یي یو څه وخت نیسي او تر څو چی یوه خطر ناک حالت ته ورسیږي او جوړښت مات کړي. ټول جوړښتونه چی پر له پسی بارونو ورباندی عمل کړی د موادو د ستړیا له امله ماتیدي شي.

11.8 ماتی شوي سطحی فزیکی لیدنه:

کله چی ماته سطح تر میکروسکوپ لاندی ولیدل شي دوه بیلي سیمی پیژندل کیدی شی

لومړی یوه اواره سیمه لیدل کیږی، چی کرک یا درز د پر له پسي بار له امله وربانذی وده کړي او د ساحلی نښي (Fatigue Beach Mark) په نامه یادیږي. او دا ممکن د کرک د شروع ځای هم څرګند کړي.

دوهم سیمه یوه زیږه سیمه (Rough region) ده چی درز په آخره مرحله کی پوښلي او جوړښت ماتیږی (Fracture) او مقطع د نور بار اخستلو توان نلري.



انځور 11-21 ماته شوی سطحه

11.9 د جوړښت د موادو د زغملو فشار حد (Endurance Limit)

دا هغه اندازه (σ_e) د سترس (stress) ده که چیری د بهرنی بار پلی شوی فشار په جوړښت کی لدی لږ وی جوړښت لا محدوده (infinite) سالمه موده لري. که چیری د موادو د زغملو فشار تعریف شوی نه وی کیدی شی چی د (10^7) شمیری ځخه ګټه واخلو.

اکثراً فلزات یو داسی د ستړیا حد لری که چیری بهرنی بار چی ارزښت یي لدی حده کم وی په جوړښت کی ژوبله نه جوړه وی او پدی حالت کی د اس-ان کربنه د سایکل (N) په لور افقی کیږي. دا حد په نامه د موادو د زغملو حد (Endurance Limit) پیژندل شوي. د زغملو حد هغه فشار دی چی د هغونه به ټیټ ارزښت کی مهمه نده چی د سایکلونو شمیر څومره زیات وی.

د پر له پسی بارولو مجموعی قاعده د ماینر کرړنلاره (Minor Rule) په نامه هم پیيژندل شوي .

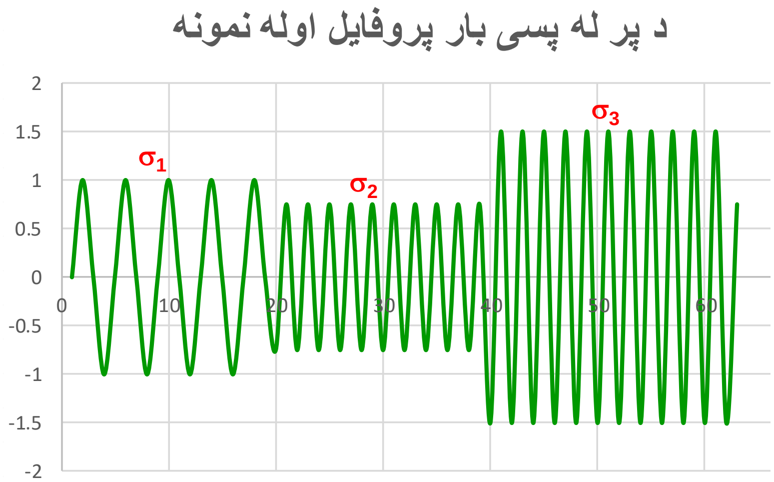
د ماینر قاعدی په اساس که چیري د جوړښت ټوله ژوبله پدی لاندی معادله کی یو واحد اندازه شي

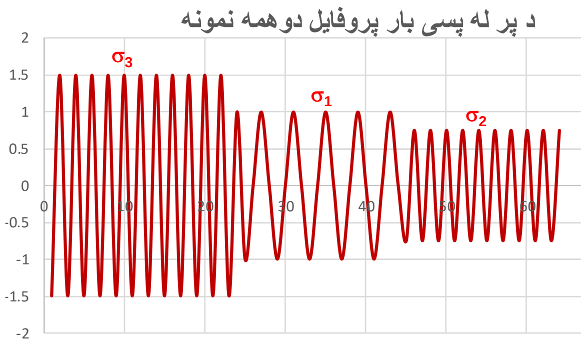
د جوړښت سالمه موده پای ته رسیری په موادو کی درزونه پیل کیږی او جوړښت ماتیږي

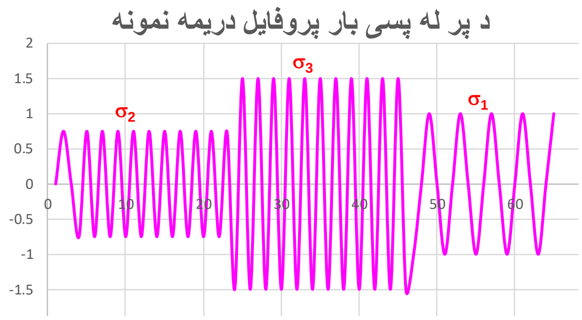
$$\sum_{i}^{n} \frac{n_i}{N_{fi}} = 1 \qquad (11.10)$$

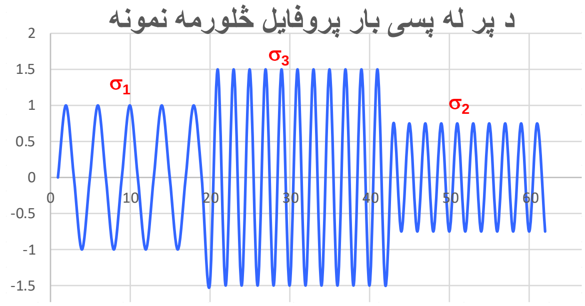
پدی معادله کی د (σ_i) سترس د پر له پسی بار شمیره (n_i)، او (N_{fi}) د هغه سترس (σ_i) شمیره چی په اس-ان دایګرام د موادو ماتیدل را وړي. د موادو ماتیدل د ستړیا له امله هغه وخت مینځ ته راځی کله چی مجموٴعه د پورتني معادلی یو واحد شي.

د پلی شویو بارونو ترتیب کوم اثر نلري.(اما په واقعیت کی د بارونو ترتیب دا چی درز ځنګه مخ په لویدو کیږي خورا اغیزه من دي). دا مسله په ځلور ډوله پروفایل په لاندی انځورونو کی ښودل شوي.



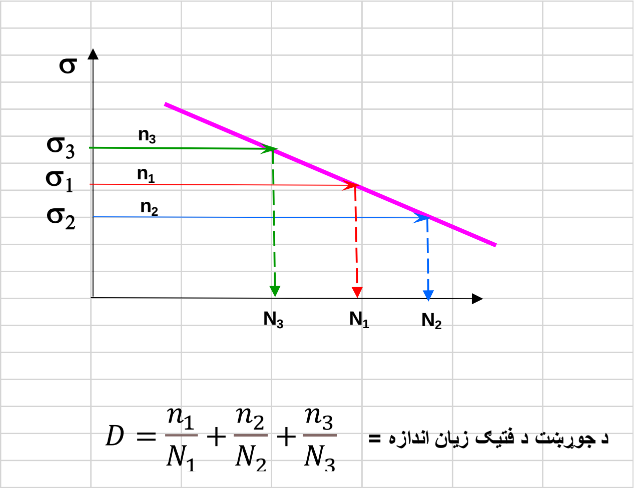






انځور 11-22 بارونو د ترتیب نمونې

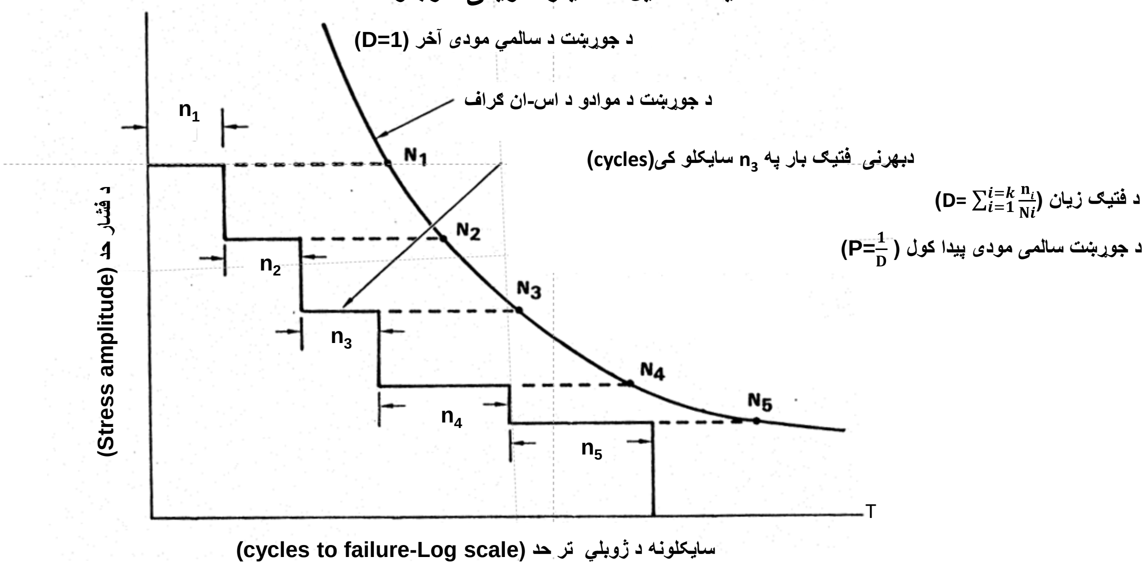
د پورتنيو څلورو پرله پسی بار نمونو ارزښتونه په اس-ان دايګرام کی په دی لاندی انځور کي ښودل شوي.



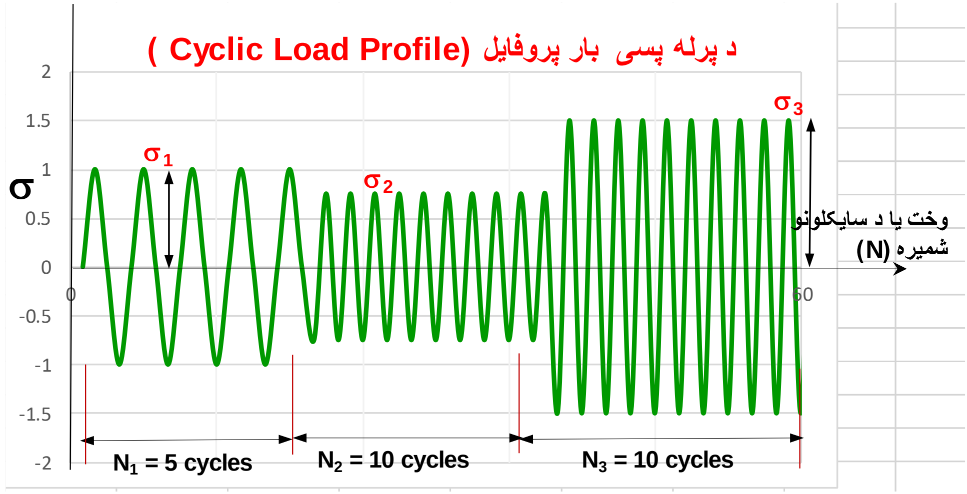
انځور 11-23 بارونو ښودل په اس-ان دايګرام

په انځور (11-23) کی د جمعي قانون له مخی، دا چی کوم رقم اول راځی يا دوهم راځی په معادله کی کوم تو پير نراځی او مجموعه د ژوبلی به تغير نه مومي.

په عامه توګه د اس-ان دايګرام او د ژوبلی معلومول پدی لاندی انځور کی ښودل کيږی.



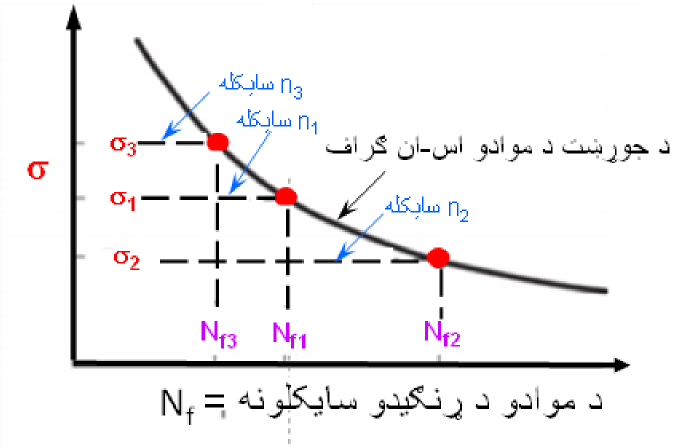
انځور 11-23 د پر له پسی سايکلونو ښودل په اس-ان دايګرام



انځور 11-24 د پر له پسی بار پروفایل

په لاندی معادله کی د جوړښت راتولشوی ژوبله پیدا کیږی.

$$\frac{N_1}{N_{f1}} + \frac{N_2}{N_{f2}} + \frac{N_1}{N_{f3}} + \frac{N_4}{N_{f4}} + \ldots\ldots = 1 \qquad (11.11)$$

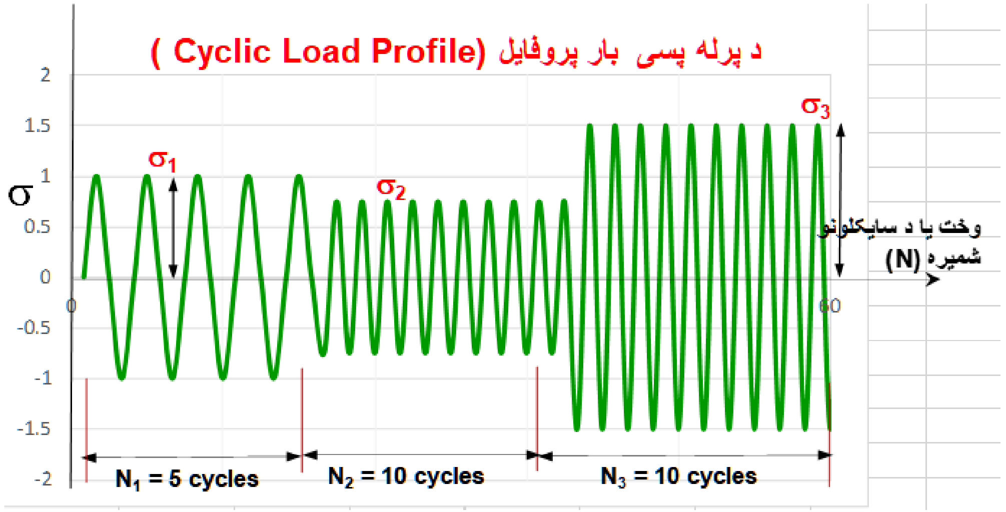


انځور 11-25 د پر له پسی بار د سترس بنودل په اس-ان دایگرام کی

فشار σ_1 چی د n_1 پرله پسی سایکله کی پلی کیږي ژوبله يي D مساوی ده په $D_1 = n_1/N_{f1}$ او کله چی د فشار اندازه σ_2 وی اود n_2 سایکله پرله پسی عمل نه راتول شوی ژوبله يي $D_2= n_2/N_2$ ده. په ورته ډول د n_i سایکلونو چی د فشار اندازه يي σ_n وی ژوبله يی عبارت ده په $D_i = n_i/N_{fi}$. پدی ترتیب د جوړښت دماتیدو وړاندوینه کیږی کله چی د ټولو تناسبونو مجموعه یو یا سل په سلو کی شي.

11.10 مثال

دا لاندی لوډ پروفایل په یو فولادی جوړښت عمل کړی. غواړو چې د فتیګ له مخی د جوړښت ژوبله معلومه کړو.



انځور 11-26 د پر له پسی بار د سترس بنودل په اس-ان دایګرام

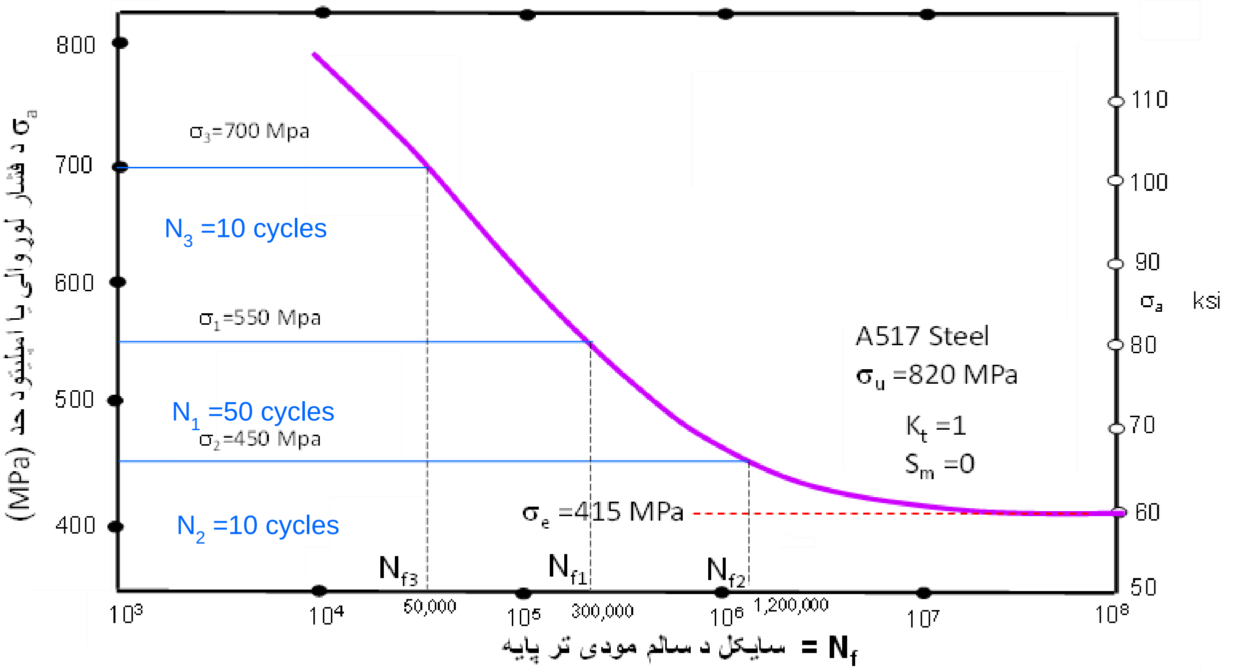
بهرنی لوډ دا لاندی فشارونه جوړه وی:

$\sigma_1 = 550$ Mpa

$\sigma_2 = 450$ Mpa

$\sigma_3 = 700$ Mpa

د جوړښت دا ارزښتونه په اس-اد (S-N) دایګرام کی ګورو، کیدی شي چې د جوړښت په عضوه کی راټول شوی ژوبله او د سالمی مودی څرنګوالی پیدا کړو.



انخور 11-27 د فولادی موادو سالم ژوند – اس –ان سایکل گراف

که د جوړښت را تولہ شوي ژوبله = D

$$D = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3}$$ د جوړښت د فتیک ژوبلی اندازه = (11.12)

$$D = \frac{5}{300{,}000} + \frac{10}{1{,}200{,}000} + \frac{10}{50{,}000} = 2.25 \times 10^{-4}$$

د جو ړښت سالمه موده ددی پروفایل لپاره عبارت ده: 1/D= 4444 cycles . پدی معنی چی که چیری د پورته پروفایل بار پر له پسی 4,444 سایکل په جوړښت عمل وکړی پدی جوړښت کی ژوبله مینځ ته راځي او مات به شي.

11.11 دوهم مثال

د یو ماشین عضو کله چی دوه کیلو نیوټنه (2 kN) بار ور باندی پلی شي ($3x\ 10^8$) پر له پسی سایکله سالم ژوند لري. او که چیری د فشار اندازه دری کیلو نیوټنه (3 kN) وی د سالمی مودی توان یی (4×10^7) پر له پسی سایکله دي.

که چیری دا عضو (80 %) د وخت دوه کیلو نیوتن (2 kN) او شل په سلو دوخت (20 %) دری کیلو نیوتن (3kN) تر بهرنی بار لاندی وی څومره پر له پسی سایکله د سالمی مودی پاتی کیدو تمه وکړو.

حل:

که چیری ټول پلی شوی سایکلونه (n) وی ، د سایکلونو شمیر په دوه کیلو نیوتن (2 kN) به (0.8 n) وی، او په دری کیلو نیوتن (3 kN) کی به (0.20 n) وی.

د عضو راټول شوی ژوبله عبارت ده له:

$$D = \frac{n_1}{N_{fi}} + \frac{n_2}{N_{fi}} = \frac{0.8n}{3\,x 10^8} + \frac{0.20\,n}{4\,x\,10^7} = 7.67 \times 10^{-9}\ \ n \qquad (11.13)$$

د عضو ی سالمه موده هغه وخت پای ته رسیږی کله چی د پر له پسی را ټول شوي ژوبله مجموعه مساوی په یوه (1) شی. او داسی لیکلی شو:

$(D)\ \ (7.67 \text{x } 10^{-9}\ \ n\ ) = 1$

$\frac{1}{D}$ د عضو سالم ژوند موده عبارت ده له

$n\ =\ (1)/(7.67 \times 10^{-9}\ )\ \ =\ 1.30 \times 10^{8}$ Cycles   د پر له پسی سایکلونو شمیره

11-12 د اوسط فشار اغیزي:

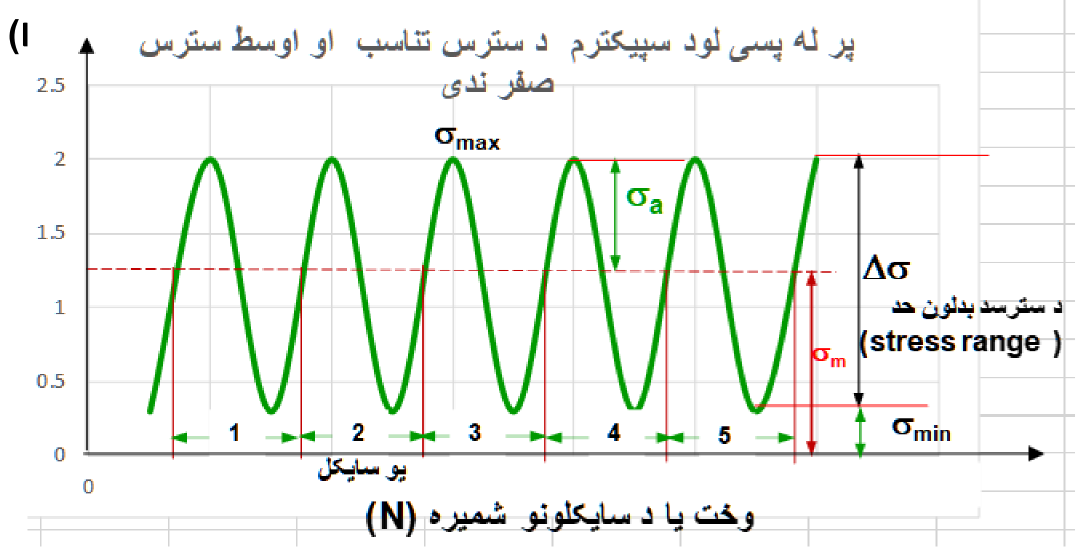
کله چی د اوسط فشار په هکله بحث کړو دا لاندی اړیکی او تعریفونه باید و پیژندل شي:

د فشار حد (Stress Range) $\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$ (11.1)

د فشار د لوړوالي حد (Stress amplitude) $\sigma_a = ½(\sigma_{max} - \sigma_{min})$ (11.2)

د فشار اوسط حد (Mean Stress) $\sigma_m = ½(\sigma_{max} + \sigma_{min})$ (11.3)

د بار د کچی تناسب (Load ratio) $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ (11.4)



انځور 11-28 پر له پسی بار سپيکترم اوسط فشار صفر ندی

اصغری سترس (σ_{min})

اعظمی سترس (σ_{max})

د سترس لوړ والي (σ_a)

اوسط سترس (σ_m)

د سترس رينج $(\Delta\sigma)$

ارزښتونه د يو لړ عام حالت بارونو لپاره پدی لاندی ډول دی

R= -1, A = ∞ (Fully reversed) په بشپړ توګه بیرته (11.14)

R= 0, A = 1 (Zero to Max) له صفر تر اعظمی حد (11.15)

R= ∞ , A = -1 (Zero to min) له صفر تر اصغری حد (11.16)

د سټریا توانايي او اوسط سترس ارزښت اړیکو پیداکولو کی له دی لاندی معادلو کار اخیستل کیدی شي.

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_u} = 1$$ (Goodman 1899) د ګودمن معادله (11-17)

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \left(\frac{\sigma_m}{S_u}\right)^2 = 1$$ (Gerber 1874) د ګر برمعادله (11-18)

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{\sigma_f} = 1$$ (Morrow 1960) د مارو معادله (11-19)

مثال 11.12A

د جوړښت یوه عضوه تر پر لپسی فشارلاندی ده کله چی د اعظمی حد د فشار 800 Mpa او اصغری ارزښت یی 80 Mpa دی. د فولادی عضو اعظمی توان (S_u) یي 1200 Mpa او د پرلپسی سټریا توان حد (endurance limit = 400 Mpa) او مکمل بیرته راتلونکی فشار په 1200 cycles سایکل اوفشار یی S_{1200}= 800 Mpa دی.

د ګودمن معادلی په اساس ددی عضو د سټریا د توانايي موده يي پیدا کوو.

حل:

لمړي د د فشارد لوړ والی حد یا امپلیتود (S_a) او اوسط فشار (S_m) ارزښتونه پیدا کوو:

(Mean Stress) د فشار اوسط حد $\sigma_m = ½(\sigma_{max} + \sigma_{min}) = ½(800 + 80) = 440$ **Mpa** (11.20)

(Stress amplitude) د فشار د لړلوالي حد $\sigma_a = ½(\sigma_{max} - \sigma_{min}) = ½(800 - 80) = 360$ **Mpa** (11.21)

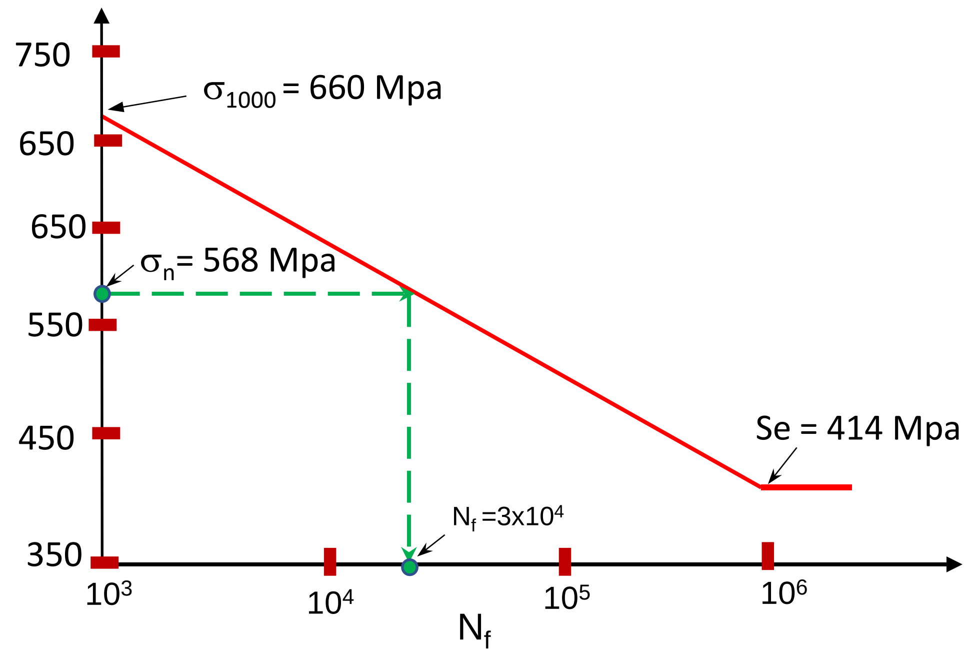
د فشار پوره سرچپه (fully reversed stress) ارزښت له د لاندی معادلی پیدا کوو

$$\frac{\sigma_a}{S_n} + \frac{\sigma_m}{S_u} = 1 \qquad (11.22)$$

$$\frac{360}{S_n} + \frac{440}{1200} = 1 \qquad (11.23)$$

$$S_n = 568 \text{ Mpa}$$

کله چی دا فشار د اس-ان په گراف کی داخل کړو د سټریا سایکلونه چی په عضوه کی درز راولی لاس ته راځی او ددی حالت لپاره د سایکلونو شمیره $3x10^4$ په لاس راځی.

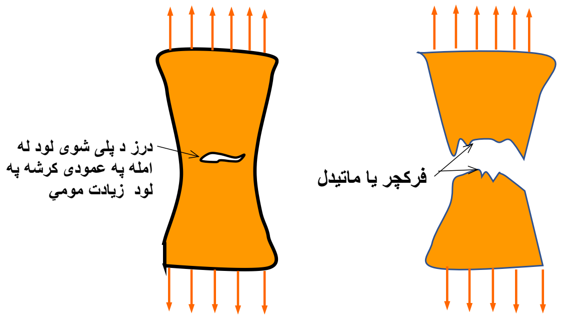


انځور 11-29 د مثال فشار ښودنه په اس-ان دایگرام کی

په (11-29) انځورکی، کله چی د جوړښت د فشار ارزښت 568 Mpa شی د پر له پسی بار شمیره د $(N_f = 3 \times 10^4)$ کیږی او د ژوند سالمه موده پاي ته رسيږي.

د سټريا درزونه معمولا د اجزاو له سطحي څخه پيل کيږي. دا مرحله په نامه د درز د پيدا کيدو اوله مرحله يادیږي. د لندمهاله موديِ وروسته ، دوهمه مرحله وده کوي. کله چی درز پيداشو دا په

عمودی کرښه د جوړ شوی سترس یا داخلی فشار مخ په ډیریدو وی تر څو چی درز بی ثباته کیږی او فرکچر یا ماتیدل مینځ ته راځی.

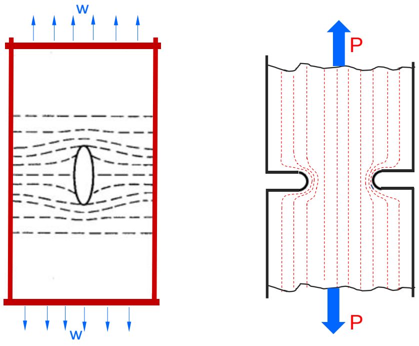


انځور 11-30 په یو عضو د درز جوړیدل او وروسته ماتیدل یي

خورا ډیر آزمویني او زدکړی په ورستیو کلونو کی شوی چی د مختلفو فکتوررونو اغیزي او تجربوی پوهه بنه اس-ان دایګرام تر لاسه کیدی شی. هغه متغیرونه چی پلټل شوی عبارت دی له د پر له پسی بار اندازه، د پرله پسی بار نوعیت، د غړی سطحه، د تودوخی حالت او چاپیریال . د هر متغیر له پاره یو لړ اصلاحی فکتورونه جوړ شوی چی په تحلیل کی په نظر کی ونیول شی. ددی فکتوررونو ارزښتونه د موادو او د جوړښت د جوړیدونکیو سره تړون لری.

11.13د فشار تمرکز (Stress Concentration)

د جوړښتونو ډیری اجزاوی په مبهم ډول جیو میتریک تغیرات یا هندسي بی نظمی شکل لری، لکه کونجونه، سوري، او ناڅاپی بدلون په مقطع کی او همدارنګه غیر ارادي زیان لکه کرښه په سطح (scratch) او درزونه او داسی نور شکلی ناخوالي د غړیو په سطح کي. دا ډول شکلي بي نظمي د فشار د غلظت موقعیتونه دی او معمولا د فشار د جګوالی (stress riser) او درزونو را مینځ ته کولو لپاری منل شویی سیمی دي.



انځور 11-31 د فشار غلظت د هندسی تغیر په نږدي کي

په دی پورتنی انځور (31-11) کی وینو چې د بهرنی بار داخلی کربښي کله چې د شکل سوری یا د شکل بدلون ته نیږدی شي یو بل ته نیږدی او را ټولیږي او دا راټولیدل د فشار تمرکز جوړه وي.
د فشار غلظت اکثرا د فشار زیاتوالي یا د فشار لوړوالي په نوم یادیږي. هندسی انځور تغیرونه د اوسط یا نوری ساحی به نسبت د فشار د زیاتوالي لامل کیږي. د فشار لوړوالي اغیزې په اسانی، ساده طریقه، په عنصر کی د فشار غلظت په K_t ښودل کیږي

$$\sigma_{max} = \sigma_{average}\,(k_t) \qquad (11.24)$$

د فشار د غلظت عنصر (K_t) عبارت دی له اعظمی فشار تقسیم پر ورته لوړ فشار. د فشار جګوالی کولی شی په موادو کی داخلی عیبونه وی. د فشار ټولونکي ځایونه ، د اجزاوو په سطح کی موندل کیږي چې د درزونو لپاره قبول شوی ځایونه دی.

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{nom}} \qquad (11.25)$$

د K_t فکتور په عمده ډول په هندسی بدلون پورې تړلي او په موادو پورې اړه نه لري. د K_t ارزښتونه په نورمال ډول د جیومتری د ارقامو او دایګرامونو څخه لاسته راوړل کیږي، او یوازې د سخت ایلستیکی غړیو لپاره د اعتبار وړ دي. د K_t ارزښتونه د ازموینو د پا یلی لخوا ټاکل کیدی شي. د K_t ارزښتونه د یو په یو هندسی بدلونونو او درزونو لپاره په اسانی سره نه پیدا کیږی.

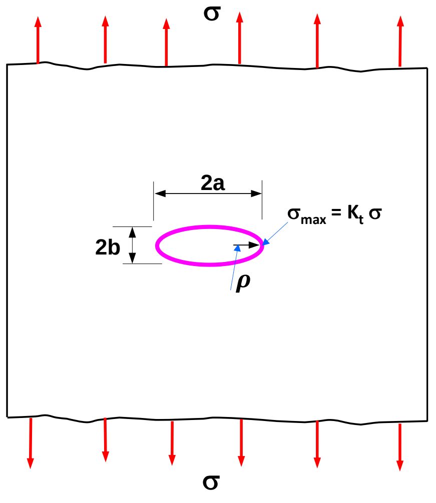
ډیری نور فکتورونه شته چې ممکن د K_t سره ورته ښکاري ، مګر په احتیاط سره با ید د دوی توپیر وشي.

11.14 د سترین اړیکی:

د سترین لپاره هم $K_t = \varepsilon_{max} / \varepsilon_{ave}$ تعریف شوی، چیرې چې $\varepsilon_{ave} = \sigma_{ave} / E$ په ورته ډول د فشار شدت فکتورونو لوی شمیر د فریکچر میخانیک (Fracture Mechanic) کی تری کار اخستل کیږی، مګر د دوی تعریف او استعمال توپیر لري.

د درزونو (Cracks) لپاره د تمرکز فیکتور او اعظمي فشار د شعاع د کږوالي په ساحه کې پېښيږي. که چیری یو درز چی اوږدوالي یي (2a) او عرض یي (2b) د پلي شوي بهرني فشار (σ) لاندی چی اعظمی فشار (σ_{max}) د محوررونو په پای کې عبارت دی :

$$\sigma_{max} = \sigma(1 + 2(a/b)) = \sigma\left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}\right) \qquad (11.26)$$



انځور 11-31A اعظمی فشار د شعاع د کږوالي په ساحه کي

په پورته معادله کی ρ د درز د شعاع کږوالي دي او فشار(σ) دی. ځنګه چې د کږوالي شعاع اندازه صفر ته رسيږي ، نو اعظمي فشار يي لا يتنهايي (انفينيت) ته رسي. په ياد ولرئ چې د فشار غلظت تابع د درز د جيوميترى دي ، نه د اندازې.

ځنګه چې دا د فشار راغونديدونکی ځايونه د اجزاو په سطح کی موندل کيږی دا د درزونو يا کرک (crack) د پيل لپاره منل شوی ځايونه دي. درز هم پدی ځايونو کی شروع کوی او وروسته مخ په لوييد و حرکت کوي. د درزونو زيادت دوه ډوله بنودل شوی چې ګړندی او ورو دی. د ګړندی حرکت درز د بی ثباته درز په نامه پيژندل کيږي او حرکت يی په يوه ثانيه کی سل زره ميلی متره تخمين شوي، او کيدی شی پرته له کوم بهرنی بار دا حالت پيښ شی البته داخلی فشار په عضو کی بايد شتون ولري.

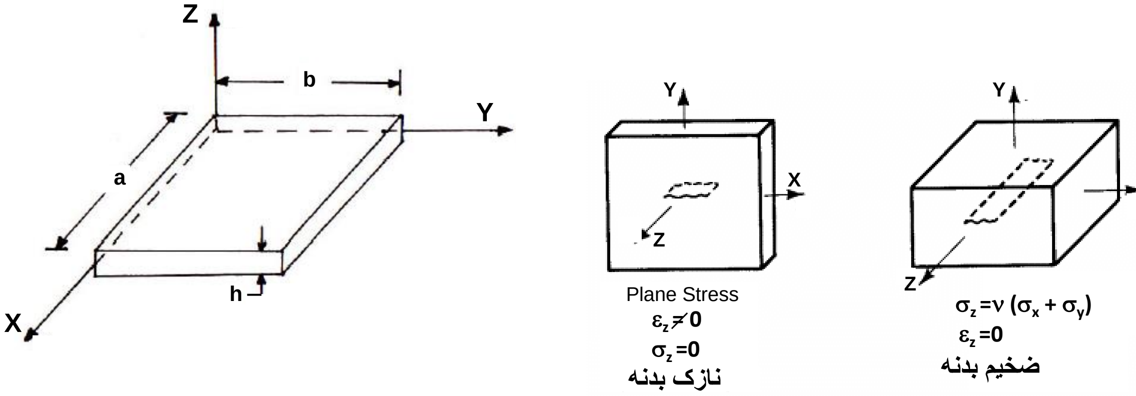
11.15 د غلظت فکتور محاسبه:

د فشار متمرکز عوامل د اټکل کولو لپاره ډيری لاري شته. دغلظت فکتور K_t د اندازه کولو لپاره له فزيکي ازموينو او فاينايټ ايليمنټ طريقو څخه کار اخستل کيږي . د تحليلونو او تجربو لاس ته راوړني په جدولونو کی ځاي په ځای شوي چې ترې ګټه اخستل کيدی شی. هره طريقه ځانته ګټی او زيان لري.

11.16 سطحی فشار (Plane Stress)

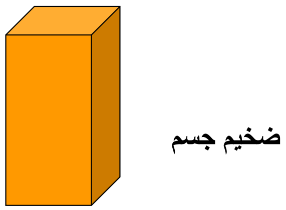
کله چې د یو جوړښت ضخامت نظر نورو ابعادو ته ډیر وړوکی وی په دی حالت کی له سطحی وتلی فشار صفر دی او د پام وړ نارمل فشار د (y-z) په سطحه کی شتون لری. دا حالت په نامه د سطحی فشار (Plane Stress) په نامه پیژندل شوي.

څرنګه چې په انځور کی ښودل شوی ضخامت h له a او b څخه ډیر لږ دي h << a, b



انځور 11-32 د سطحی فشار نمونه

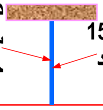
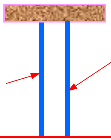
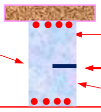
11.17 سطحی ستړین (Plane Strain)



انځور 11-33 د سطحی فشار نمونه

په پورته انځور کی د جسم ضخامت خورا زیاد دی او جسم په هغه جهت خوځیدي نشي.

11.18د جوړښت د طرحی تګ لاري

د دیزاین تګلاری پیژندل شوی نوم	د دیزاین تګلاری معیار	د کارولو ساحي	د تګلاری مثال
د سلامتیا مودی دیزاین (Safe Life Design)	د ستړیا په میتود د جوړښت د سالمی مودی پیدا کول . کله چی دا موده د جوړښت پای ته ورسیږي جوړښت باید ترمیم، او یا بیا روغونه یی وشي	وسپنیز وداني، د پلونو ګادرونه او وسپنیز ستني، الوتکی، موټرونه، کرینونه او داسی نور جوړښتونه	د پر له پسی بار سالمه موده (N) سایکله ده. او ددی سا یکل په رسیدو جوړښت باید بدل یا ترمیم شي  دیزاین اعظمی حد 150 kN دی بهرنی بار له دی زیاد نه شی جوړښت وزن سل کیلو نیوتن دی (100kN)
خوندي زیان (Fail Safe)	(1) جوړښت د بار اخستلو ډیری لاري لری. که چیری یو انفرادی غړی مات شو، پاتی اعضاوی به کافی ساختمانی بشپړتیا ولری تر څود مات شوی غړی اضافي بارونه تحمل کړي. (2) جوړښت د دی توان لری چی د زیان سره تر راتلونکی کتني د بار تحمل ولری تر څو زیان کشف او جولښت ترمیم شي.	وسپنیز وداني، د پلونو ګادرونه او وسپنیز ستني، الوتکی، موټرونه، کرینونه او داسی نور جوړښتونه	جوړښت د زیان سره تر تاکل شوی کتنی مودی (N cycles) خوندی وي. که چیری زیان پیدا شی غړی باید بدل یا ترمیم شي  که چیری یو غړی مات شي دا دوهم غړی تر بلی کتنی د زیان سره د بهرنی بار توانايي لری. هر یو غړی د 150 kN توان لري جوړښت وزن سل کیلو نیوتن دی (100kN)
د زیان تحمل Damage Tolerant	جوړښت د زیان برداشت په اساس دیزاین، اود ماتیدو دمخه زیان و موندل شی. د درز د ودی په اساس د کتني موده تثبیت اود جوړښت کتنه په دی وخت کی و شي. که په کتلو کی زیان پیدا شی جوړښت باید ترمیم یا بدل ښي.	وسپنیز وداني، د پلونو ګادرونه او وسپنیز ستني، الوتکی، موټرونه، کرینونه او داسی نور جوړښتونه	د درز پیدا کیدنه د پلان شوی کتني په اساس . مخکی لدی چی د جوړښت تحمل له خوندی حد لږ شي باید کتنه وشی  درز بی له درز دیزاین اعظمی حد 150 kN دی اود بهرنی بار تحمل لري د درز درلودلو دیزاین اعظمی حد 100 kN دی اوددی بهرنی بار تحمل لري. د درز حد له خطرناک حد لږ وی. جوړښت وزن سل کیلو نیوتن دی (100kN)

11.19 ستړین او دستړیا د مودی تړون (Strain Life)

په یو لړمهمو برخو د جوړښت کی لکه جرئ (notch) د موادو غبرګون په ستړین او یا خوځیدو تړلی وی. کله چی بهرنی بار لړوی د سترس او ستړین اړیکی خطي تړون لري، اما که د فشار کچه لوړه او پر له پسی بار په تیته سایکل ستړیا (Low Cycle Fatigue) حد کی وی د موادو سترس او ستړین اړیکی د ازموینی له لاری باید و موندل شی.

له ازموینو پیدا شوی چی ژوبله په پلاستیکی ستړین یا خوځیدو اړه لري. پلاستیکی ستړین او یا بیځایه کیدنه کله چی د بار فشار لوی وی له ازموینې باید پیدا شي.

په جرئ برخو کې د فشار د غلظت له امله اکثراً سترس په پلاستیکی حد کې وی. او پدی برخو کې دایلستیک سټرین برخی نیږدیوالی له پلاستیک برخی سره محدودیت رامینځ ته کوی او پدی اساس د جرئ برخی خوځیدنه د سټرین په واسطه کنټرول کیږي.

د سټرین سالمی مودی طریقه کې د درز وده نه حسابیږی. پر ځای يي د غړی له مینځه تلل هغه وخت کیږی کله چې مواد مخ په ماتیدو شي. لدی کبله سټرین سالمی مودی طریقه په نامه دی د درز پیل کیدنه بلل کیږي.

11.20 د موادو د سترس او سټرین اړیکی

د موادو د سترس او سټرین اړیکې پدی لاندی معادلو کې ښودل شوي

$$\sigma = \frac{P}{A}$$ سترس (11.27)

$$e = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$ انجینری سټرین (11.28)

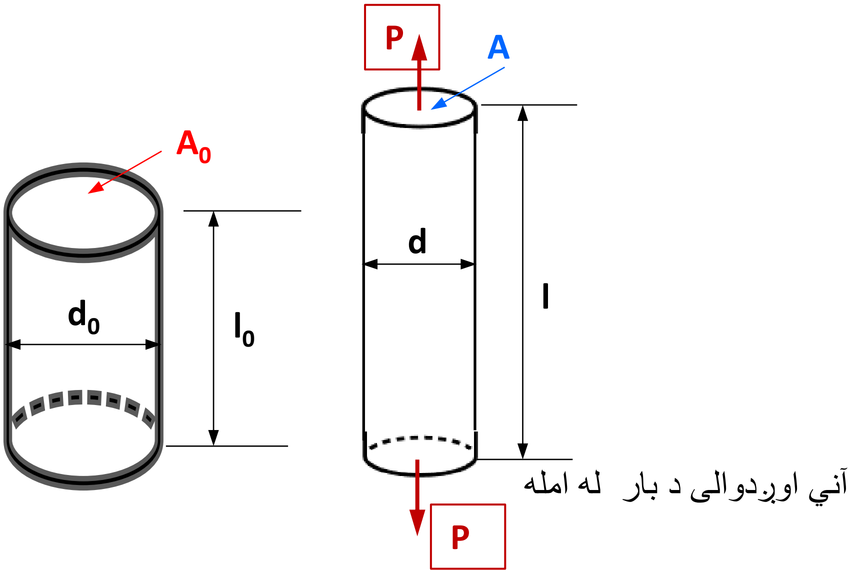
پدی پورتنی معادله کې:

$P =$ بهرنی بار

$l_0 =$ اصلی اوږدوالی

$A_0 =$ اصلی مساحت

$l =$ آني اوږدوالی

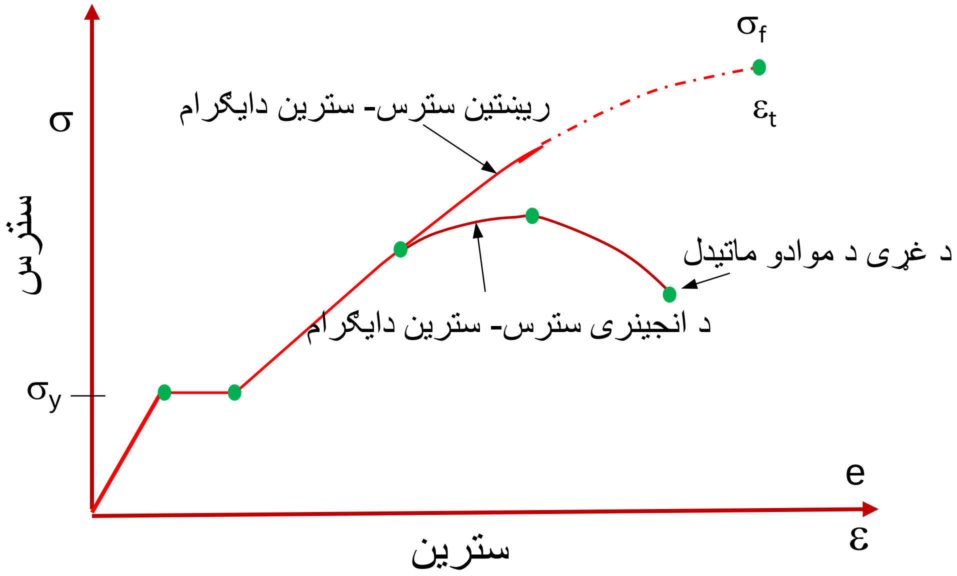


انځور 11-34 د سلندر هندسي شکل

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0}$$ اصلی سترین (11.28)

$$l = l_0 + \Delta L$$ (11.29)

$$\varepsilon = \ln \frac{l_0+\Delta l}{l_0} = \ln(1+e)$$ (11.30)



انځور 11-34 د سترس او سترین دایګرام

فرض کوو چې د موادو حجم تر سترین لاندی موده کی ثابت پاتی کیږی مو‌ږ لیکلی شو:

$$A_0\ell_0 = A\ell =$$ ثابت ارزښت (11.31)

پورتنی معادله داسی هم لیکلی شو

$$\frac{A_0}{A} = \frac{\ell}{\ell_0}$$ (11.32)

ریښتیاني یا اصلی سترین عبارت دی په:

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \frac{A_0}{A}$$ (11.33)

$$\frac{A_0}{A} = 1 + \varepsilon$$ (11.34)

د جرئ سترین ارزښت = ایلستیک برخه + پلاستیک برخه

$$\varepsilon = \varepsilon_p + \varepsilon_e$$ (11.35)

ډیری فلزاتو د پاره ریښتني پلاستیک سترین او ریښتنی پلاستیک سترس خطی اړیکی فرض شوي. او پدی اساس لیکلی شو:

$$\sigma = K (\varepsilon_p)^n \qquad (11.36)$$

پدی معادله کی k د موادو ضریب (coefficient) او n د ستړین کلکیدونکی طاقت یا ایکسپوننت (strain hardening exponents) دی

په عامه توګه د n ارزښتونه د جوړښت موادو لپاره دا لاندی خاصیت لري

د جوړښت مواد د پر له پسی بار له امله کلکیږی n > 0.20

د جوړښت مواد د پر له پسی بار له امله نرمیږي n < 0.20

د پلاستیک ستړین اړیکی داسی لکلی شو

$$\varepsilon_p = \left(\frac{\sigma}{K}\right)^{1/n} \qquad (11.37)$$

$$\sigma_f = K (\varepsilon_f)^n \qquad (11.38)$$

ماتیدونکی سترس او ستړین اړیکی لیکلی شو

$$\varepsilon_p = \varepsilon_f \left(\frac{\sigma}{\sigma_f}\right)^{1/n} \qquad (11.39)$$

همدارنګه پلاستیک ستړین اړیکی لیکلی شو

د جری ستړین ارزښت = ایلستیک برخه + پلاستیک برخه

په دی معادله کی ε_t ټول ستړین ، ε_e آیلستیک ستړین، او ε_p پلاستیک ستړین دی.

$$\varepsilon_t = \varepsilon_p + \varepsilon_e \qquad (11.40)$$

$$\varepsilon_e = = \left(\frac{\sigma}{E}\right) \qquad (11.41)$$

$$\varepsilon_p = \left(\frac{\sigma}{K}\right)^{1/n} \qquad (11.42)$$

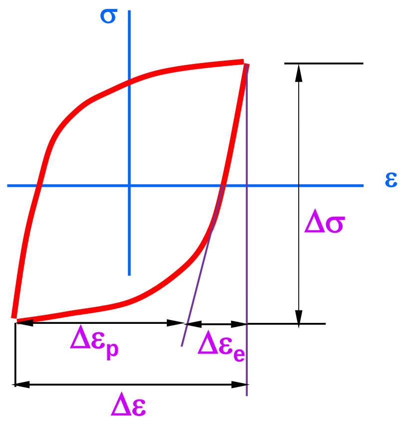
بلاخره د ټول ستړین ارزښت = ایلستیک برخه + پلاستیک برخه

$$\varepsilon_t = \varepsilon_p + \varepsilon_e \qquad (11.43)$$

$$\varepsilon_t = \left(\frac{\sigma}{K}\right)^{1/n} + \left(\frac{\sigma}{E}\right) \qquad (11.44)$$

11.21 د پر له پسی سترس او سترین اړیکی

کله چې یو ان الاستیک (inelastic) پر له پسی بارپه یو جوړښت عمل وکړی د موادو عکس العمل به د حلقي یا هیستریسیز (hysteresis) حلقی په مثل ښکاره چې په دی لاندی انځور کی ښودل شوی وی. د حلقی ټول سور(width) عبارت دی په حد د ټول سترین (Δε). او لوړوالی د حلقی (Δσ) مساوی په ټول حد د سترس.



انځور 11-34 د سترس -سترین حلقه

داسی لیکلي شو:

د نیمی دوری یا سایکل سترس او سترین

$$\varepsilon_e = \left(\frac{\Delta\varepsilon}{2}\right) \qquad (11.45)$$

$$\sigma_e = \left(\frac{\Delta\sigma}{2}\right) \qquad (11.46)$$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_p + \varepsilon_e \qquad (11.47)$$

$$\Delta\varepsilon_t = \Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon_p + \Delta\varepsilon_e \qquad (11.48)$$

د حلقی د ننه ساحه یو واحد حجم انرژی ده چې په یوه سایکل یا یوه دوره کی له منځه تللي.

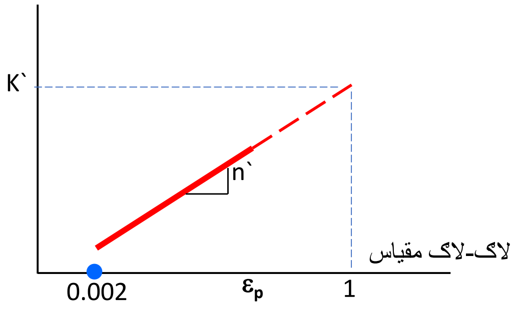
$$\varepsilon_e = \left(\frac{\Delta\varepsilon}{2}\right) \qquad (11.49)$$

$$\left(\frac{\Delta\varepsilon}{2}\right) = \left(\frac{\Delta\varepsilon_p}{2}\right) + \left(\frac{\Delta\varepsilon_e}{2}\right) \qquad (11.50)$$

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\Delta\varepsilon_p}{2} + \frac{\Delta\sigma}{2E} \qquad (11.51)$$

11.22 د پلستیکی سټرین او سټرس اړیکی

د پلاستیک سترین او ریبنتینی سایکلیک سترس که په لاګ-لاګ دایګرام کی وښودل شي دا لاندی انځور تری جوړیږی.



انځور 11-35 د پلاستیکی سترین او سترس ضریب اړیکي

د سایکلیکی سټرس سترس معادله داسی لیکلی شو:

$$\varepsilon_p = \left(\frac{\sigma}{K`}\right)^{1/n`} \qquad (11.52)$$

ε_p = سایکلیک پلاستیک سترین لوړوالي

σ = سیکلیک سترس لوړوالي

K` سایکلیک سترس ضریب

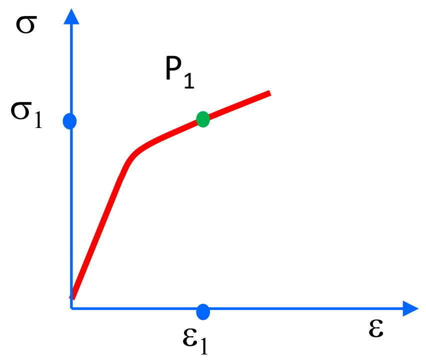
n` = سایکلیک سترین د کلکوالی طاقت

چی حد یي له (0.1) تر (0.25) پوری دی

ټول سترین چی مجموعه د ایلستیکی او پلاستیکی سترین ده داسي ده:

$$\varepsilon_t = \left(\frac{\sigma}{K`}\right)^{1/n`} + \left(\frac{\sigma}{E}\right) \qquad (11.53)$$

که چیری په دی لاندی ګراف کی یو ټکی P_1 په سترس سترین کربنه ولرو او ارزښتونه په دی ټکی کی σ_1 او ε_1 وی. دا ارزښتونه په لاندی معادله کی یوبل سره دا اړیکی لری:



انځور 11-36 د سټرین او سټرس دایګرام

$$\varepsilon_1 = \left(\frac{\sigma_1}{K`}\right)^{1/n`} + \left(\frac{\sigma_1}{E}\right) \qquad (11.54)$$

$$\Delta\sigma_1 = = 2\,\sigma_1 \qquad (11.55)$$

$$\Delta\varepsilon_1 = 2\varepsilon_1 \qquad (11.56)$$

$$\sigma_1 = \left(\frac{\Delta\sigma_1}{2}\right) \qquad (11.57)$$

$$\varepsilon_1 = \left(\frac{\Delta\varepsilon_1}{2}\right) \qquad (11.58)$$

او داسې لیکلی شو:

$$\frac{\Delta\varepsilon_1}{2} = \left(\frac{\Delta\sigma_1}{2k`}\right)^{1/n`} + \frac{\Delta\sigma_1}{2E} \qquad (11.59)$$

دواړه اړخونه د معادلې ضرب د دو کوو:

$$\Delta\varepsilon_1 = 2\left(\frac{\Delta\sigma_1}{2k`}\right)^{1/n`} + \frac{\Delta\sigma_1}{E} \qquad (11.60)$$

11.23 مثال

د یو جوړښت مواد دا لاندې خواص لري:

$E = 21.0 \times 10^4$ Mpa (30×10^6 psi)

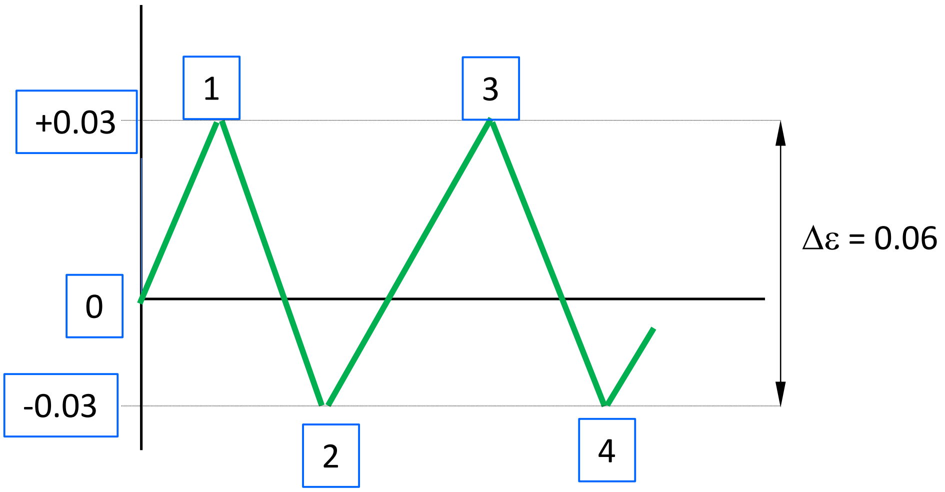
n` = د سایکلیک سټرین د کلکوالی طاقت (exponent) = 0.204

K` = د سایکلیک توان ضریب (coefficient) =1200 Mpa

په یو جوړښت، مکمل دورانی سټرین سایکل Δε ، چی حد یي 0.03 دی عمل یي کړي . غواړو د جوړښت د موادو د سټرس- سټرین عکس العمل پیدا کړو.

11.24 د مثال حل

دا لاندی انځور د سټرین پروفایل چی په جوړښت یي عمل کړی شودل کیږي.



انځور 11-36 د سټرین او ټول سټرین اړیکيو مثال

$$\Delta\varepsilon_1 = \left(\frac{\Delta\sigma_1}{k`}\right)^{1/n`} + \frac{\Delta\sigma_1}{E}$$

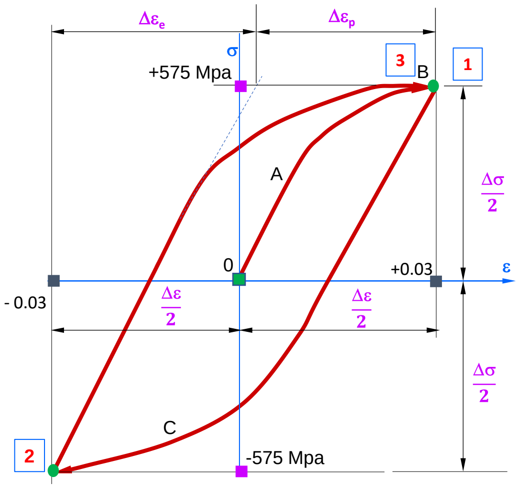
$$0.03 = \left(\frac{\sigma_1}{1200}\right)^{1/0.204} + \frac{\sigma_1}{21 \times 10^4}$$

$$\sigma_1 = 575 \text{ Mpa } (83.4\text{ksi})$$

$$\Delta\varepsilon_1 = 2\left(\frac{\Delta\sigma}{2k`}\right)^{1/n`} + \frac{\Delta\sigma}{E}$$

$$0.06 = 2\left(\frac{\Delta\sigma}{2 \times 1200}\right)^{1/0.204} + \frac{\Delta\sigma}{21 \times 104}$$

$$\Delta\sigma = 1150 \text{ Mpa } (166.8\text{ksi})$$



انځور 11-37 د پورته مثال سترین او سترس حلقه

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 - \Delta\varepsilon$$

$$\varepsilon_2 = 0.03 - 0.06 = -0.06$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 - \Delta\sigma$$

$$\sigma_2 = (575 - 1150)$$

$$\sigma_2 = -575 \text{ Mpa}$$

11.25 سترین ژوند کربنه

باسکوین (Basquin) لوړوالی د اصلی سترس په لاګ -لاګ ګراف پدی لاندی معادله ښودل کیدي شي:

$$\frac{\Delta\sigma}{2} = \sigma'_f (2N_f)^b \qquad (11.61)$$

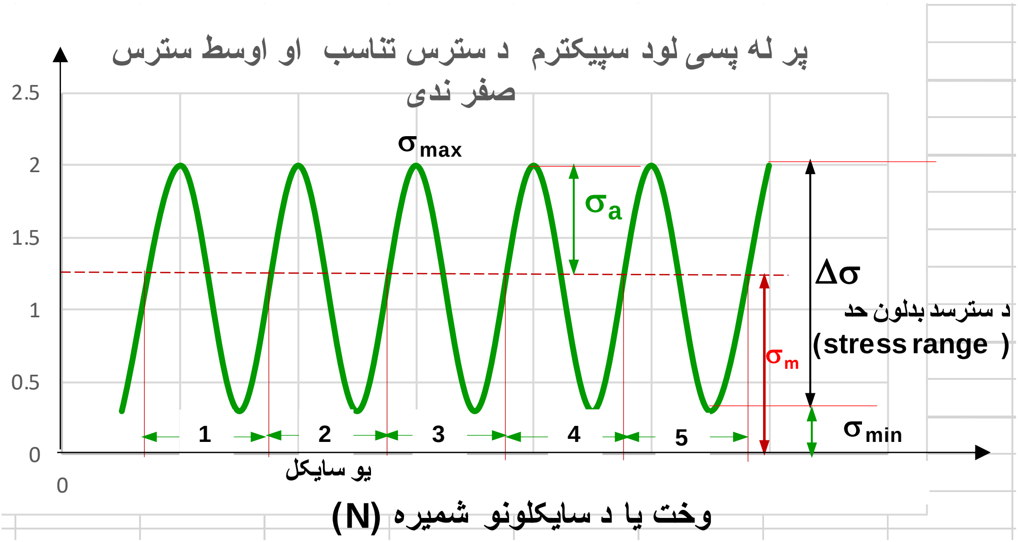
په معادله کی :

$\frac{\Delta\sigma}{2}$ = د ربښتيني سترس لوړوالي

د دوران بیرته راګرځول (*reversals*) تر ماتیدو= $2N_f$ (1 cycle = 2 reversal)

b = (د باسکین طاقت) د فتیګ قوت طاقت

$\sigma`_f$ = د فتیګ قوت ضریب



انځور 11-38 د مثال پر له پسی بارسپکترم اوسط

پدی معادله کی ($\sigma`_f$) او b د موادو د فتیګ خاصیتونه دي. د فتیګ ضریب $\sigma`_f$ تخمین کیږی چی مساوی په σ_f دی . د فتیګ قوت طاقت (b) چی ارزښت يي د (-0.05) او(-0.12) په منځ کی دي.

کافن (Coffin) او منسن (Manson) دواړو د پلاستیک سترین سالمه موده (ε_p- N) کله چی په لاګ-لاګ ګراف وښودل شی داسی لیکلی شو:

$$\frac{\Delta\varepsilon_p}{2} = \varepsilon`_f\,(2N_f)^c \qquad (11.62)$$

د دوران بیرته راګرځول (reversals) تر ماتیدو= $2N_f$ (1 cycle = 2 reversal)

$\varepsilon`_f$ = د فتیګ ډکتیلیتي (Ductility) ضریب

c = د فتیګ ډکتیلیتي طاقت

پدی معادله کی ($\varepsilon`_f$) او c د موادو د فتیګ خاصیتونه دي. د فتیګ ډکتیلیتي ضریب $\varepsilon`_f$ تخمین کیږی چی مساوی په ($\varepsilon`_f$) ریښتین ډکتیلیتي.

د فتیګ ډکتیلیتي طاقت (c) چی ارزښت د (-0. 5) او(-0.7) په منځ کی دي.

کافن (Coffin) او منسن (Manson) دواړو د پلاستیک سټرین - موده (ε_p- N) کله چې په لاګ-لاګ ګراف وی داسی لیکلی شو:

امپلیتود ټول سټرین د ایلستیک سټرین او پلاستک سټرین مجموعه ده

$$\frac{\Delta \varepsilon}{2} = \left(\frac{\Delta \varepsilon_e}{2}\right) + \frac{\Delta \varepsilon_p}{2} \qquad (11.63)$$

$$\frac{\Delta \varepsilon_e}{2} = \frac{\Delta \sigma}{2E} = \frac{\sigma'_f (2N_f)^b}{E} \qquad (11.64)$$

$$\frac{\Delta \varepsilon_p}{2} = \varepsilon'_f (2N_f)^c \qquad (11.65)$$

$$\frac{\Delta \varepsilon_e}{2} = \frac{\sigma'_f (2N_f)^b}{E} + \varepsilon'_f (2N_f)^c \qquad (11.66)$$

پورتنی معادله (11.66) د سټرین- ژوند (strain-life) کښلاره معادله ده

11.26 مثال

اول :

په لاندی جدول کی د آزموینی ارقام د دری فولادی جوړښت موادو لپاره ښودل شوي د اس-ان ډایګرام د هر یوه يي جوړ کړي. له لاګ-لاګ محورونه کار واخلي

د جوړښت مواد اوله نمونه

Stress (Mpa)	cycles
222,701	45,000
208,911	240,000
192,364	800,000
165,474	1,500,000
158,579	2,700,000
151,685	7,800,000
151,685	10,000,000
151,685	26,000,000

Su = 300 Mpa

د جوړښت مواد دوهمه نمونه

Stress (Mpa)	N_f (cycles)
561,233	44,000
515,038	85,000
493,665	140,000
446,091	630,000
428,165	1,000,000
399,896	2,900,000
379,212	6,400,000
365,422	10,400,000
310,264	900,000,000
310,264	900,000,000

Su = 700 Mpa

د جوړښت مواد دریمه نمومه

Stress (Mpa)	N_f (cycles)
758,423	24,000
723,950	31,000
689,476	45,000
675,686	87,000
655,002	150,000
634,318	100,000,000
620,528	100,000,000

Su = 1200 Mpa

دوهم

د دپورتنی ارقامو لپاره د اس-ان دایگرام یو مستقیم کربنه په بین دی σ_f =1 Mpa په یو سایکل او د مواد زغملو حد S_e د سایکل حد 10^8 سایکل دی د موادو لپاره ریښتني ماتونکی سترس ارزښت 1350 Mpa اټکل کړي.

په دی لاندی جدول کی د آزموینی په اساس د موادو سلامته موده (> 10^7 cycles) او د فولادی موادو چی اعظمی توان يي (ultimate strength) 850 Mpa دي جوړ شوي. د موادو د زغملو حد (Endurance Limit) (700 Mps) اټکل شوی دی. د ماتیدو سترس s_f مساوی په اعظمی سترس (655 Mpa) تخمین شوي.

پیدا کړي:

اړوبښتونکی سترس (alternating stress s_a) :

اوسط سترس Mean stress σ_m

د سترس لوړوالی A

کله چی دا ارقام د گوډمن د اس-ان دایگرام په طریقه پیدا کړي.

اصغری سترس (Mpa)	اعظمی سترس (Mpa)
-415	415
-370	400
-300	455
-225	580
0	670
200	690
350	700

11.27 مثال

په یو ه فولادی غړی پر له پسی بار چې اوسط سترس يي 180 Mpa میګا پسکل (σ_m =180Mpa) دی وربانڊی پلی شوي. ددی غړی سالمه موده پیدا کړی کله چې د سترس لوړوالي يي 470 میګا پسکل (σ_a =470 Mpa stress amplitude) وی.

حل:

دا فولادی موادو دا لاندی خواص لری:

$$\sigma`_f = 1800 \quad , \quad b = -0.098$$

$$\frac{\Delta\sigma}{2} = \sigma`_f (2N_f)^b$$

د حل د آسانتیا لپاره ټول ارقام د فورمول په لاندی جدول کی ښودل شوي. د مارو (Morrow) له معادلی کار اخلو: د مارو معادله پدی لاندی ډول ده:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{\sigma_f} = 1 \qquad (11.67)$$

$$S_e = \frac{\sigma_a}{1-\frac{\sigma_m}{\sigma_f}} \qquad (11.68)$$

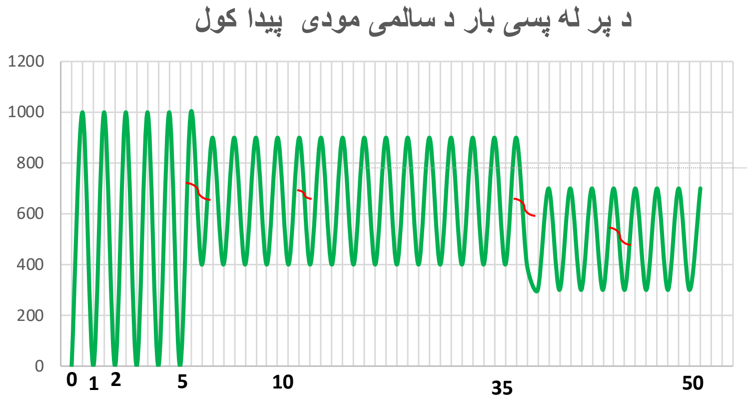
د حل لپاره د فورمول د برخو ارزښتونه						فتیګ قوت ضریب (Fatigeu coefficient)	اوسط سترس (mean stress)	سترس لوړوالی (amplitude)	د موادو نوم
$N_f = (1/2) * (S_e/\sigma'_f)^{(1/b)}$	$(Se/\sigma'_f)^{(1/b)}$	S_e/σ'_f	b	$S_e = \frac{\sigma_a}{1-\frac{\sigma_m}{\sigma_f}}$	$\frac{\sigma_m}{\sigma_f}$	σ'_f (Mpa)	σ_m (Mpa)	σ_a (Mpa)	د موادو نوم
158,364	316,729	0.290	-0.098	522.22	0.10	1800	180	470	فولاد

د غړی سالمه موده 158,364 سایکله ده.

11.28 مثال

یو پر له پسی بار (انځور 11.39) په یوه فولادی غړي پلی شوی. غواړو چې د سترس د لوړوالي حد ($\Delta\sigma$) ارزښت او دا چې سالمه موده ددی غړي څومره ده پیدا کړو. دری ډوله اعظمی او اصغری بارونو چې پر له پسی عمل کړی په دی لاندی جدول کی ښودل شوي.

ددی فولادی موادو د ماتیدو سترس (σ_f = 1800 Mpa) او د b ارزښت يي (b = -0.10) دی.



انځور 11-39 د مثال پر له پسی سپکترم

n_i	σ_{min} (Mpa)	σ_{max} (Mpa)	σ_a (Mpa)	σ_m (Mpa)	σ_f (Mpa)	b	1/b	$\frac{\sigma_m}{\sigma_f}$	$(1-(\sigma_m/\sigma_f))$	$S_e = \frac{\sigma_a}{1-\frac{\sigma_m}{\sigma_f}}$	$(S_e/\sigma_f)^{(1/b)}$	$N_f = (1/2) * (S_e/\sigma_f)^{(1/b)}$	$\Sigma n/N_f$
5	0	1000	500	500	1800	-0.100	-10.000	0.28	0.72	692	14,117	7.06E+03	7.08E-04
30	400	900	250	650	1800	-0.100	-10.000	0.36	0.64	391	4,242,075	2.12E+06	1.41E-05
15	300	700	200	500	1800	-0.100	-10.000	0.28	0.72	277	134,627,433	6.73E+07	2.23E-07

D= 7.23E-04

1/D ~= 1300

د جو ړښت سالم موده ددی پروفایل لپاره عبارت ده (1/D = 1/7.23E-04=1,300) . پدی معنی ک چیری دا پروفایل پر له پسی 1300 ځلي په جوړښت عمل وکړی پدی جوړښت کی د موادو د سترړیا ژوبله مینځ ته راځي درز جوړيږي او وده به وکړي او غړی به مات شي.

11.29 د ماتیدو میخانیکیت (Fracture Mechanics)

په نولسمه پیړۍ کې، په جوړښتونو کی د فلزاتو پراخه کارول، لامل د زیادو پیښو او مرگ ، ژوبلی شول. یوازی په بریتانیا کې په آتلسمه پیړي کی، د اورگاډي ټکرونو کې، د وژل شویو خلکو شمیر کوم سلګونه کسانو ته رسید لي وه، او لا هم مخ په زیاتیدو وه. ډیری پیښې د ویلونو، اکسلونو، یا ریلونو د ماتیدو له امله رامینځته شوي وي. ځینې حادثات د ډیزاین نیمګړتیاوو له امله رامینځته شوې ، مگر له څیړنو وموندل شوه چې په موادو کی د مخکنې نیمګړتیاو شتون کولی شي په جوړښت کی درز وسعت ومومي او ماتیدل پیل کړي.

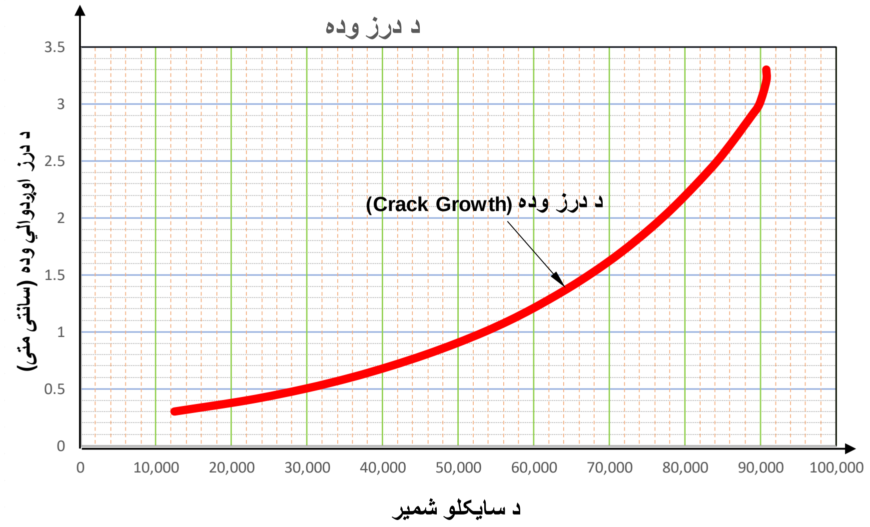
کله چې ویلډینګ د جوړښتونو په جوړه ولو کی رواج پیدا کړ، دا ډول پیښې نوري هم مخ په زیاتیدو شوې. یو زیاد شمیر جنگی بیړی د دا ډول پیښو له امله دوه ټوټې او ماتی شوی. ورته پیښو پلونه او نور جوړښتونه هم زیانمن کړل. اکثرا دا ډول زیانمنی پیښې د ټیټ فشار لاندې شرایطو کې رامینځته شوی وی، او دی حالت حیارانتیا را مینځ ته کړه. هغه پراخه تحقیقات چې پدی باره په امریکا متحدو ایالاتو کی پیل شوي وه را څرګنده یي کړه چې د د ډول پیښو (جوړښتونو ماتیدل) علت ، دیزاین نیمګړتیاوې او د فشار غلظت دی.

په عامه توګه ، هغه جوړښتونه چې د لوړ مقاومت (high strength) موادو سره ډیزاین شوي وی، د خوندیتوب حد یي (Margin of Safety) لږ وي. دا پدې معنې که چیري پخوانی ناخوالي په موادو کی شتون ولري یا د لوړ فشار غلظت (stress concentration) شتون ولري په داسی حالت کی عادی فشارونه کولای شي چې درزونه پیل کړي. د لوړ مقاومت مواد له دی کبله د درز مقاومت لږ لری ځکه د ماتیدو سختیوالي (Fracture Toughness) یي نسبتاً لږ دی. او هم د درزشتون په حالت کی یي پاتي شوي پیاوړتیا (Residual Strength) یي کم راځي.

د وړو درزونو، او ټیټ فشار، او داسی نورو پیښو چې د جوړښتونو ماتیدلو سبب شوي یوه نوي د جوړښتونو تحلیل تګ لاره د ماتیدو میخانیک (Fracture Mechanics) په نامه مینځ ته راوستله.

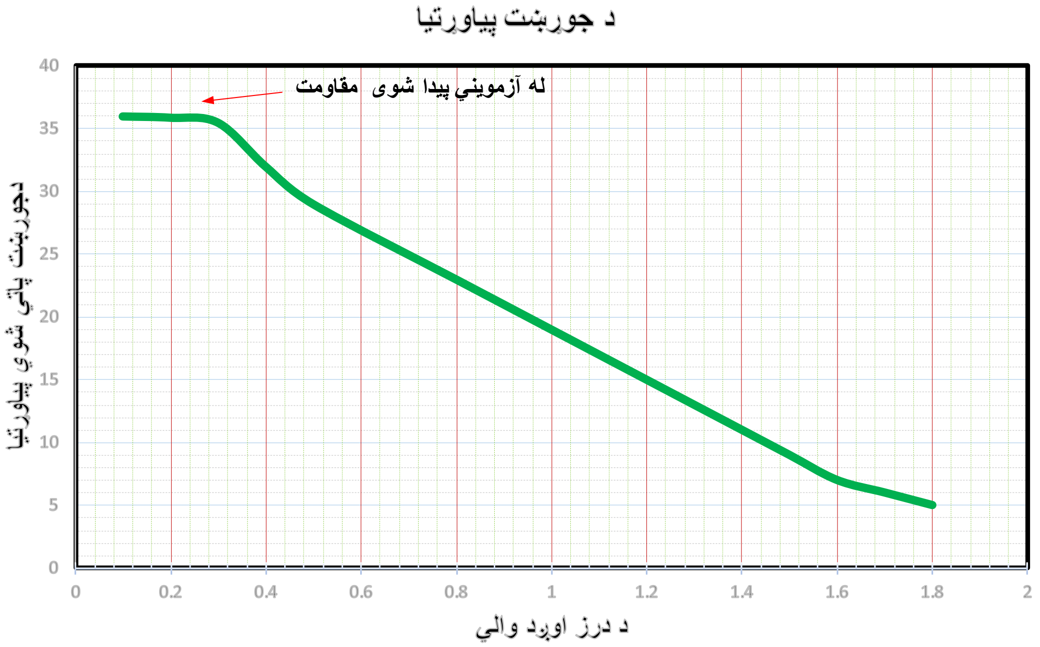
د ماتیدو میخانیک یا فریکچر میخانیک کولی شي یو نوي د تحلیل کړنلاره وړاندې کړي ترڅو د عنعنوي ډیزاین مفاهیمو ته مرسته ورسیږي. د عنعنوي ډیزاین معیارونه د کشش مقاومت (tensile strength)، د ییلد مقاومت (yield strength)،او بکلینګ (buckling) فشارونه د هغو سالم ډیزاین جوړښتونو لپاره چې د درزونو احتمال په کښې ښتون ولري کافي نه دي.

یو جوړښت په کوم کې چې درز شتون لري په پام کی نیسو . د بار پلي کیدو او یا د چاپیریالي قواوو له امله دا درز په وخت سره وده کوي. هر څومره چې درز اوږد وی د فشار غلظت به یي لوی وی. دا پدې معنی ده چې د درز کچه به د وخت سره لوړه شي. او دا په دی لاندی انځور کی ښودل کیدی شي.



انځور 11-40 د درز وده

د درز شتون له امله د جوړښت پياوړتيا له اصلي پياوړتيا چې د دې لپاره ډيزاين شوې وه ټيټه کيږي. او د جوړښت پاتې شوې مقاومت (Residual Strength) د درز ډيروالي سره په تدريجي ډول کميږي ، لکه څنګه چې په لاندې شکل کې ښودل شوي. د يو ټاکلي وخت وروسته پاتې پياوړتيا دومره ټيټ وی چې جوړښت نشي کولی د ناڅاپي بارونو سره مقاومت وکړي.

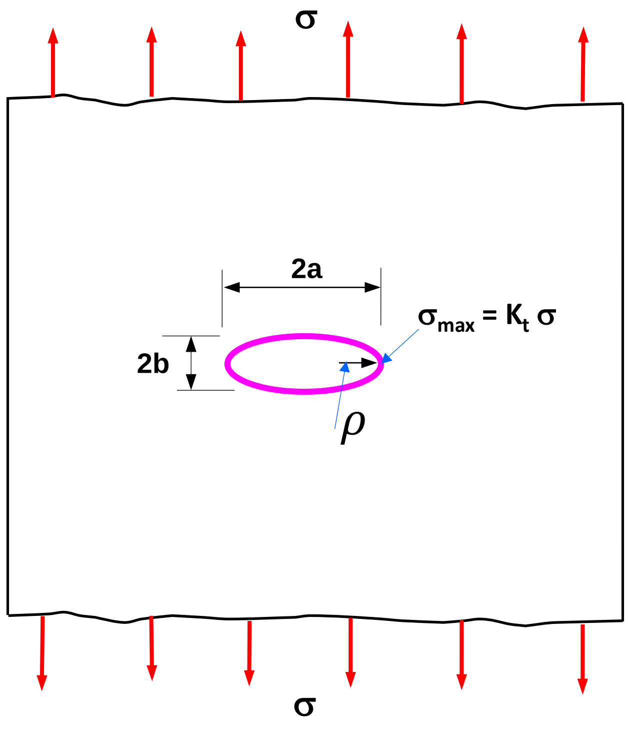


انځور 11-41 د جوړښت پياوړتيا دايګرام

او د دې شيبي څخه د جوړښت د ماتيدو امکانات ډيريږی. او درز به وده وموميي ترهغي پورې چې دجوړښت سالم پاتي کيدو پياوړتيا کچه دومره ټيټه شي چې ماتيدل د نورمال بارولو له مخې مينځ ته راځي. په ځانګړي توګه هغه جوړښتونه کله چې دمخه نيمګړتياوې يا د فشار غلظت په کښې شتون ولري، ډيزاينر بايد د درز د شتون احتمال اټکل کړي، او په پايله کې يې بايد خطره ومني چې جوړښت يې يوازې محدود اندازه سالم ژوند حد لرې.

په عامه توګه د جوړښتونو غړي يو څه ډول تغيرونه لري ، د بيلګې په توګه سوري ، فليټونه ، جرې او داسې نور. که چيرې ددی تغيرونو هندسه يا جاميټري يې ښه تعريف کړي ، نو معمولا د تمرکز غلظت K_T ټاکل کيدی شي. ، او د دې جيوميټريو لپاره سيمه ايز اعظمي فشار $\sigma = (k_t)(\sigma)$ فشار په کارولو سره محاسبه کيدی شي. په حقيقت کې ، د ډيری جوړښتونو لپاره ، ډيزاينر معمولا د فشار تمرکز شاوخوا بار توزيع کولو پدی معادله باندې تکيه کوي او دا د قناعت وړ پروسه شميري. په هرصورت ، که چيرې د فشار تناقض سخت وي ، د مثال په توګه که تيز درز شتون ولري د درز په څوکه کی شعاع صفر ته رسيږي ، بيا پروسه يې د قناعت وړ نده.

د دې ټکي د روښانه کولو لپاره راځئ چې د فشار غلظت د يو بيضوی (Elliptical) شکل ووينو لکه څنګه چې په شکل 11.2 کې ښودل شوي



انځور 11-42 په جوړښت کی بيضوی درز

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{nom}} = 1 + 2a/b \quad (11.69)$$

د بیضوی (ellipse) لپاره

$$\sigma_{max} = \sigma(1 + 2(a/b)) \quad (11.70)$$

د یو تیز درز لپاره

$$a >> b$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{nom}(2a/b) \quad (11.71)$$

څنګه چې د کږوالي شعاع اندازه صفر ته رسیږي د K_t ارزښت ډیریږی، نو اعظمي فشار یې لا یتنهایي (انفینیت) ته رسي. په یاد ولرئ چې د فشار غلظت تابع د درز د جیومیتری دي ، نه د اندازې. د درز په څوکه کی د اعضمی محور په پای کی د شعاع ارزښت لیکلی شو $r = b^2/a$.

د یو تیز درز لپاره داسی لیکو:

$$a >> \rho$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{nom}\left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}}\right) \quad (11.72)$$

$$K_t = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}} = 2\sqrt{a}/\rho \quad (11.73)$$

په دې توګه ، د تیز درزونو لپاره ، $\rho=0$ ته رسیږي ، او د فشار غلظت میتود کارول بې معنی کیږي، ځکه K_t لایتناهی حد ته رسیږي. ددی ستونزی له منځه وړلو له پاره له یوی نویی تحلیلي میتود چې د فشار غلظت سره توپیر لري او په نامه د فرکچر میخانیک یا د ماتیدو میخانیک په نامه یادیږی ګټه اخلو.

د درز لرونکي برخو د تحلیل لپاره د فریکچرمیخانیک چلند لومړی انالیسس د ګریفیت (.A Griffith) لخوا رامینځته شوی. اوس مهال د داسې اجزاو لپاره د فریکچر میخانیک چلند کولی شي غوره تحلیل وشي. د ګریفیت فریکچر معیارونه او د فریکچر میکانیزم ځینې لومړني تحلیلونه ، معادلې او اړیکې به وروسته دلته وړاندې شي.

ددی لپاره چې د جوړښت د خوندیتوب ډاډ ترلاسه شي باید وړاندوینه وشي، چې درزونه څومره چټک وده کوي او څومره ژر پاتې شوی پیاوړتیا یې کمیږي. د دې وړاندوینو کول او د وړاندوینې میتودونو پیژندل د ماتیدو میخانیک یا د فریکچر میکانیک کړنلاره ده .

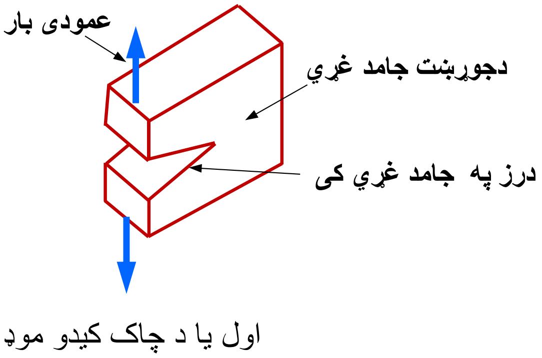
درز څومره موده نیسي ترڅو له ابتدایي اندازې څخه خورا مهمی اندازې ته وده وکړي؟ د جوړښت په سالمه خدمت موده کی موجود نیمګړتیاوو کومي اندازې ته اجازه ورکول کیدی شي ؟ څو ځلی او په کومو وخت کی د جوړښت لیدنه و شي. ددی ټولو ځوابونه د فرکچر میکانیک تحلیل له لاری پیدا کولاي شو.

فریکچر میکانیک ددی وړتیا لري چی د جوړښت پیاوړتیا کله چی درز شتون ولري معلومه کړو. او دا هم کولاي شو معلوم کړو، چی په کومه اندازه درز جوړښت په عادی حالت کی زغملي شي. او یا د خطر ناک حد درز په جوړښت کی څومره دي.

د یو جوړښت په جامد غړیو کی کیدی شی چی درز په بیلابیل دری حالتونو کې، تر فشار لاندی راشي . لکه څنګه چي په لاندی انځورونو کي ښودل شوي.

11.30اول مود -د چاکیدو مود:

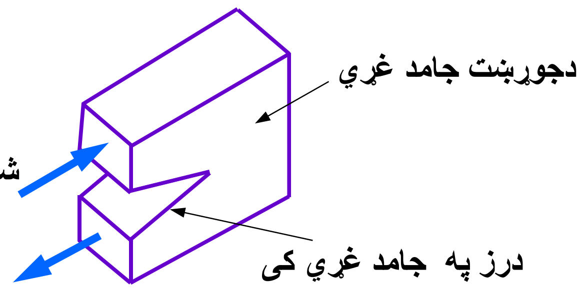
عمودی فشارونه د " چاکیدو مود“ (opening mode) یا اول موډ بار جوړه وي. پدی حالت کی درز بیځایه کیدل یي په سطحه د درز عمودي دی .



انځور 11-43 د جوړښت اول مود درز

11.31 دوهم مود (ښویدنه مود) (Sliding Mode)

شیر په جوړښت داسی عمل کړی یوه سطح پر بله لاندی سطح د بهرنی بار په لور خوځیږي او دا په نامه د دوهم موډ (Mode II) یا “ښویدنه حالت“ (Sliding Mode) پیږندل شوي.

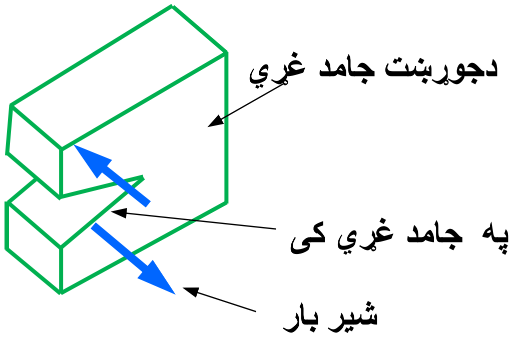


دوهم موډ يا ښويدنه

انځور 11-44 د جوړښت دوهم موډ درز

11.32دريم موډ د څيرلو حالت:

د “څيرلو حالت" (Tearing Mode) يا دريم موډ (Mode III) د هغه شيرله امله چې په سطح د جامد غړي عمود وی رامينځ ته کيږي.



دريم موډ يا د څيرلو موډ

انځور 11-45 د جوړښت دريم موډ درز

د همدي دري حالتونو سوپر پوزيشن د بهرني بار د جوړښت په غړی کی عمومي قضيه تشريح کولاي شي .

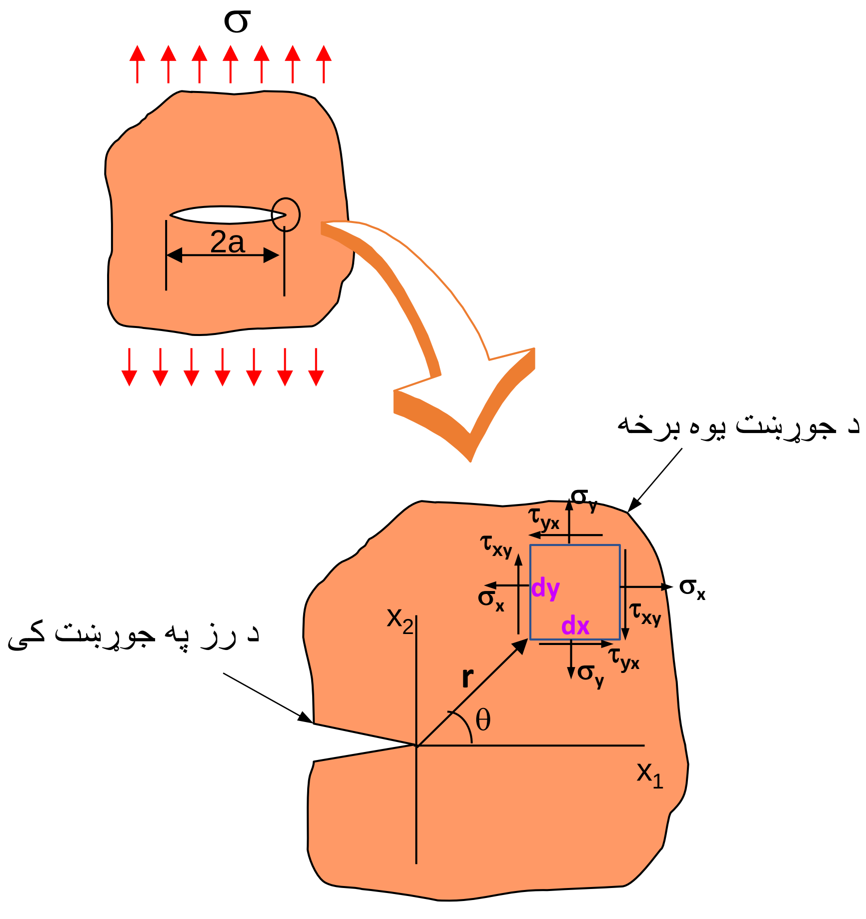
د اول موډ حالت له تخنيکي پلوه خورا معتبر دی او زموږبه پدي بحثونو کی اول موډ حالت ته محدود وي.

په اول موډ کی د فشار ارزښتونه پدی لاندی ډول حساب کيدی شي.

یو درز چی د مقطع له ضخامت تیر شوی په پام کې نیسو، د درز د اوږدوالي اندازه 2a ده. او یو وړوکی برخه dxdy چې په اندازه د r او په زاویه θ کی پرته ده په نظر کی نیسو. د فشار حالت پدی معادله سره شودل کیدی شی:

$$\sigma_{ij} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}(\theta) \qquad (11\text{-}74)$$

پدی معلدله کی K_I عبارت په شدت د فشار (stress intensity) په اول موډ کیدی، او دا مهم فکتور د فشار حالت د درز په څوکه کی بیان وي. r فاصله ده له مبدا تر برخی پوري او θ د برخی د موقعیت زاویه ده.



انځور 11-46 د درز څوکه کی د فشارحالت

د تعادل معادله عبارت ده:

$$\frac{\partial \sigma_{ji}}{\partial j} + F_i = 0 \qquad \sigma_{ij} = \sigma_{ji} \qquad (11.75)$$

د سترین معادله

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial j} + \frac{\partial u_j}{\partial i}\right) \qquad (11.76)$$

او د توافق معادله (Compatibility Equations) پدی ډول دي:

$$\frac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial kl} + \frac{\partial \varepsilon_{kl}}{\partial ij} - \frac{\partial \varepsilon_{ik}}{\partial jl} - \frac{\partial \varepsilon_{jl}}{\partial ik} = 0 \qquad (11.77)$$

معادله (11-74) د یو لا محدوده پلیت (plate) لپاره په انځور (11-46) کی وینو. دلته د درز اږدوالي په (2a) ښودل شوي. نظر په معیاری کنوانسیون سره کله چی درز یو څوکه ولری د هغه اوږدوالي په (a) او که چیری دوه څوکی ولری اوږدوالي په (2a) ښودل کیږي. په راتلونکیو معادلو کی دا کنوانسیون په نظر کی نیول کیږي. په انځور (11-46) کی یو درز په لا محدوده پلیت کی ګورو.

معادله (11-74) د فشار معادله ده، او (**f_{ij} (θ)**) واحد نلري ، پدی اساس د $(K_I)/(\sqrt{2\pi r})$ واحد به فشار وي. او د (K_I) واحد به فشار ضرب د($\sqrt{a}$) د اوږدوالي شي.

او موږ لیکلی شو:

$$K_I = \beta \sigma \sqrt{a} \qquad (11\text{-}78)$$

د یو لا محدوده پلیت لپاره د (**β**) ارزښت عبارت دی په (π) او دا معادله د لامحدوده پلیت لپاره داسی لیکلی شو:

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a} \qquad (11\text{-}79)$$

کله چی د پلیت عرض محدوده شي او په (w) وښودل شي د (β) ارزښت تړلي په (a/w) کیږي. او دا معادله د محدوده پلیت لپاره داسی لیکلی شو:

$$K_I = \beta \sigma \sqrt{a} \qquad (11.80)$$

د درز د څوکی فشارونو معادلی داسی لیکلی شو:

$$\sigma_x = \sigma \sqrt{\frac{a}{2r}} \cos\frac{\theta}{2} \left[1 - \sin\frac{\theta}{2} \sin\frac{3\theta}{2}\right]$$

$$\sigma_y = \sigma \sqrt{\frac{a}{2r}} \cos\frac{\theta}{2} \left[1 + \sin\frac{\theta}{2} \sin\frac{3\theta}{2}\right] \qquad (11.81)$$

$$\tau_{xy} = \sigma \sqrt{\frac{a}{2r}} \sin\frac{\theta}{2} \cos\frac{\theta}{2} \cos\frac{3\theta}{2}$$

که چیری دوه بیلی اعضاوی د جوړښت چی د مختلف اندازو درزونه لري او له یو شان موادو جوړ شوی وی تر څیړنی لاندی ونیسو. د دزر په څوکه کی فشار په دواړه اعضاوو کې په یوه معادله پیدا کیږی او عبارت دی په $\sigma_{ij} = \frac{KI}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}(\theta)$

$$\sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos\frac{\theta}{2}\left(1 - \sin\frac{\theta}{2}\sin\frac{3\theta}{2}\right)$$

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos\frac{\theta}{2}\left(1 + \sin\frac{\theta}{2}\sin\frac{3\theta}{2}\right) \qquad (11.82)$$

$$\tau_{xy} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \sin\frac{\theta}{2}\cos\frac{\theta}{2}\cos\frac{3\theta}{2}$$

که د فشار شدت د دواړو مساوي وي نو ورته والی شتون لري دواړه درزونه به ورته توګه وده کوي. که چیرې یو درز وده وکړي ، بل به یې هم کړي ، ځکه چې دواړه د ورته ارزښت څوکی فشارونو سره مخ دی.

د مثال په توګه که یو پلیټ چې (2a) درز لري تر ازموینی لاندی وکتل شي، او په هغه شیبه کی چی پلیت ماتیږي فشار معلوم کړو او بیا یي د فشار شدت د معادلی ($K_I = \beta \sigma \sqrt{a}$) سر ه محاسبه کړو. دا به د فشار شدت په هغه شیبه کی راکړی کله چی عضوه ماتیږي، د فریکچر په وخت کې د فشار شدت به مشخص شي. او دا ارزښت د موادو سختوالي (K_C) نومیږي . پس ویلای شو چی د یو شان موادو اعضاوی ماتیدل کله چی د درز د څوکی فشار په دی حد (موادو سختوالي) وی

ماتیرې . فریکچر ځکه پیښیږي کله چې د فشار شدت د سختۍ سره مساوي وي(موادو سختوالي = $\beta\, \sigma\, \sqrt{a}$) .

په عامه توګه د درز د څنډې فشار شدت داسي لیکلی شو:

$$K = \sigma \sqrt{\pi a}\, \beta \qquad (11.83)$$

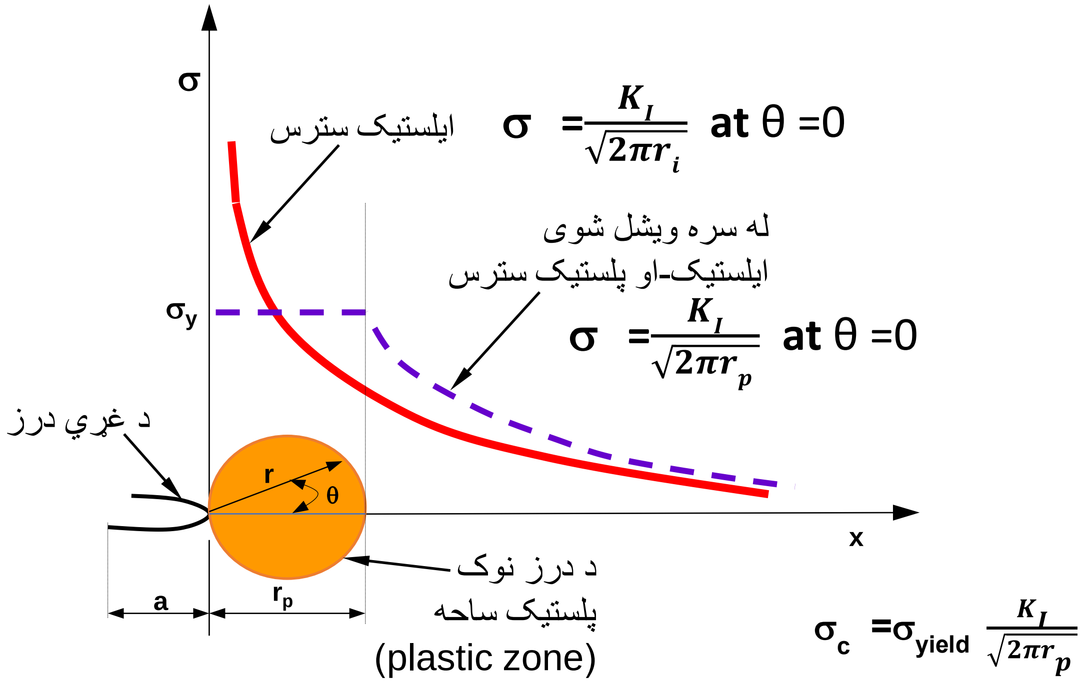
د درز په څوکه کی د فشار فکتور
فشار د جوړښت په غړي
د درز اوږدوالي
د جیومتري د سمون فکتور

د K واحد : (ksi√in)
: MPa√m)

$$K = (\sigma_0 F_0 + \sigma_1 F_1 + \sigma_2 F_2 + \sigma_3 F_3 + \sigma_n F_n)\sqrt{\pi a} \qquad (11.84)$$

پدی معادله کی (σ_n) فشار او (F) د جیومتري فکتوردي.

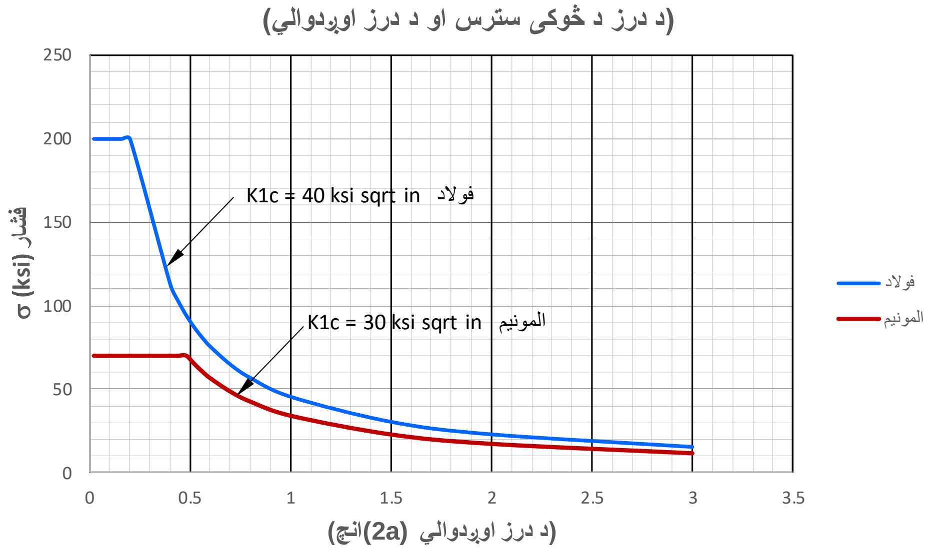
که معادله $\left(\sigma_{ij} = \frac{KI}{\sqrt{2\pi r}} f_{ij}(\theta)\right)$ و څیړو دا یوه ایلستیک حالت دی. او ددرز په څوکه کی فشار σ_{ij} لا یتناهی حد نه نیسی او موادپه پلستیک حالت بدلون مومی. او دا پدی لاندی انځور کی ښودل شوي:



انځور 11-47 د درز څوکه کی د فشارپلاستیک حالت

په انځور کی داسی لیکلی شو:

$$r_p = \frac{K_I^{\,2}}{2\pi\sigma_{yld}^{\,2}} \qquad (11.85)$$



انځور 11-48 د درز څوکه کی فشار او د درز اوږدوالي

11.33 د جوړښت د ماتیدو عوامل:

په عامه توګه دا لاندی دري عوامل د جوړښت په ماتولو کی رول لری:

1- د موادو سختوالی (K_c, K_{1c}) . د موادو سختوالي د جوړښت د توانایي اندازه په داسی حالت کی چی په جوړښت کی جری (notch) شتون ولري ده. یا په بل عبارت سره د موادو سختوالي د جوړښت توانایي د جری شتون حالت کی او دا چی څومره بار په دی حالت کی تحمل کولاي شي ده. او دا په (plane stress) سطحی سترس حالت کی (K_c) او سطحی سترین حالت (K_{1c}) کی په خطي - ایلستیک شرایطو کي تشریح کیدی شي. د الیستیک - پلاستیک چلند لپاره، د موادو سختی د R-curve مقاومت (J_{1c}) او (CTOD) د درز په خیریدو تعریف کیدی شي.

2 - د درز اندازه (a): درزونه د جوړښت د موادو له مختلف ډول غوټویو ځایونو څخه پیل کیږي. دا اختلالات کیدی شي د ویلډ (weld) له کوچني درزونو څخه وی او یا دا د ستړیا پر له پسی بار له امله وی. دا اختلالات کولی شي د پر له پسی فشار سره وده وکړي.

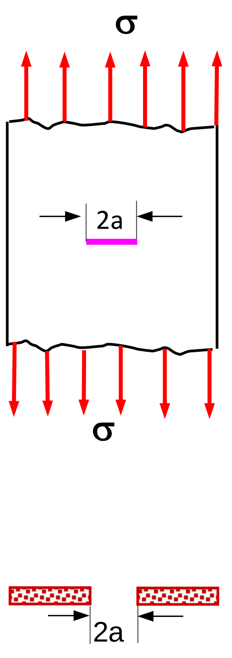
3– د فشار کچه :(σ) د کشش فشارونه د جوړښت د ماتیدو لپاره اړین دي. دا فشارونه د تحلیل په طریقو پیدا کیدی شي .

ددرز دخنډي په ساحه کی د فشار یا سترس شدت په یوه پارمیتر (K_I) په واسطه توضیح کیدی شي . د فریکچر میخانیکونو یو له اصلي پرنسیپونو څخه دا دی چې بې ثباتي فریکچر هغه وخت پیښیږي کله چې د درز څنډه کي د فشار شدت عنصر (K_I) مهم ارزښت د موادو سختوالي (K_c) ته ورسي.

11.34   د درز د څنډي فشار شدت:

پدی لاندی انځورونو کی وینو د درز د څنډی د فشار شدت پیدا کول :

یو نازک اوار جوړښت د لوی بر (width) چی بهرنی فشار ورباندی عمل کړي په لاندی شکل کی په پام کی نیسو. د دی جوړښت په وسط کی یو درز په اندازه د (2a) شتون لری، غواړه ددی جوړښت لپاره د فشار د شدت معادله ووینو.



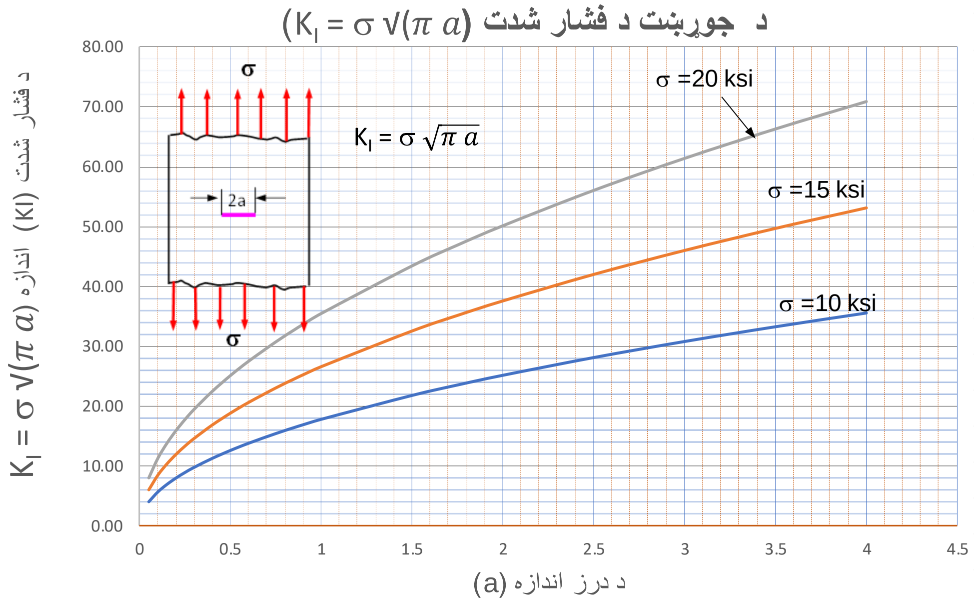
د فشار شدت (K_I) د درز په څوکه کی عبارت ده

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a} \qquad (11.86)$$

درزد جوړښت له ضخامت وتلي

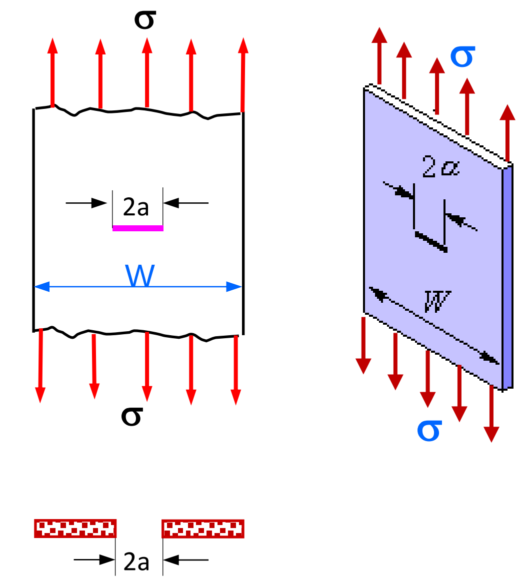
انځور   11-49   سطحی جوړښت درز

د درز د څوکی د فشار شدت (K_I) د لور له فشار سره تغیر مومي او دا تغیر پدی لاندی انځور کی وینو



انځور 11-50 د جوړښت د فشار شدت

کله چې بر (width) د جوړښت د برخې محدود شي لکه څنګه چې پدې لاندې انځور کې ښودل شوي د درز د څوکې د فشار شدت پدې لاندې معادله پیدا کیږي.



$$K_I = \sigma\sqrt{\pi a}\ f(g) \qquad (11.87)$$

او یا پدې معادله:

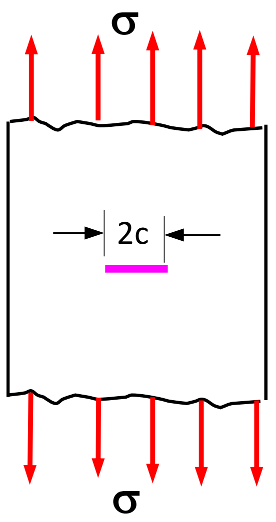
$$K_I = \sigma(\pi a)^{1/2}[(W/\pi a)\tan(\pi a/W)]^{1/2} \qquad (11.88)$$

the term ($\pi a/w$) is given in radians.

درزد جوړښت له ضخامت وتلي د جوړښت سور (width) محدود شوی او (W) دي.

انځور 11-51 محدود شوی سطحی جوړښت درز

11.35 درز د جوړښت په سطحه :

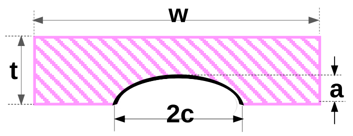


درز اندازه د مقطع د ضخامت په جهت کی په a ښودل شوي اوله ضخامت ندی تیر شوی. د فشار شدت د درز په ځوکه کی عبارت ده

$$K_I = 1.12\, \sigma \sqrt{\pi\, a/Q} \qquad (11.89)$$

$$Q = \sqrt{\phi^2 - \frac{0.212\sigma^2}{\sigma_{ys}{}^2}} \qquad (11.90)$$

$$\phi = \int_0^{\pi/2} \left[1 - \sqrt{\left(1 - \left(1 - \frac{a2}{c2}\right) sin^2\phi\right]}\; d\phi \qquad (11.91)$$



Elliptical Integral = ϕ

انځور 11-52 سطحی جوړښت درز چی له ضخامت تیر شوی ندی

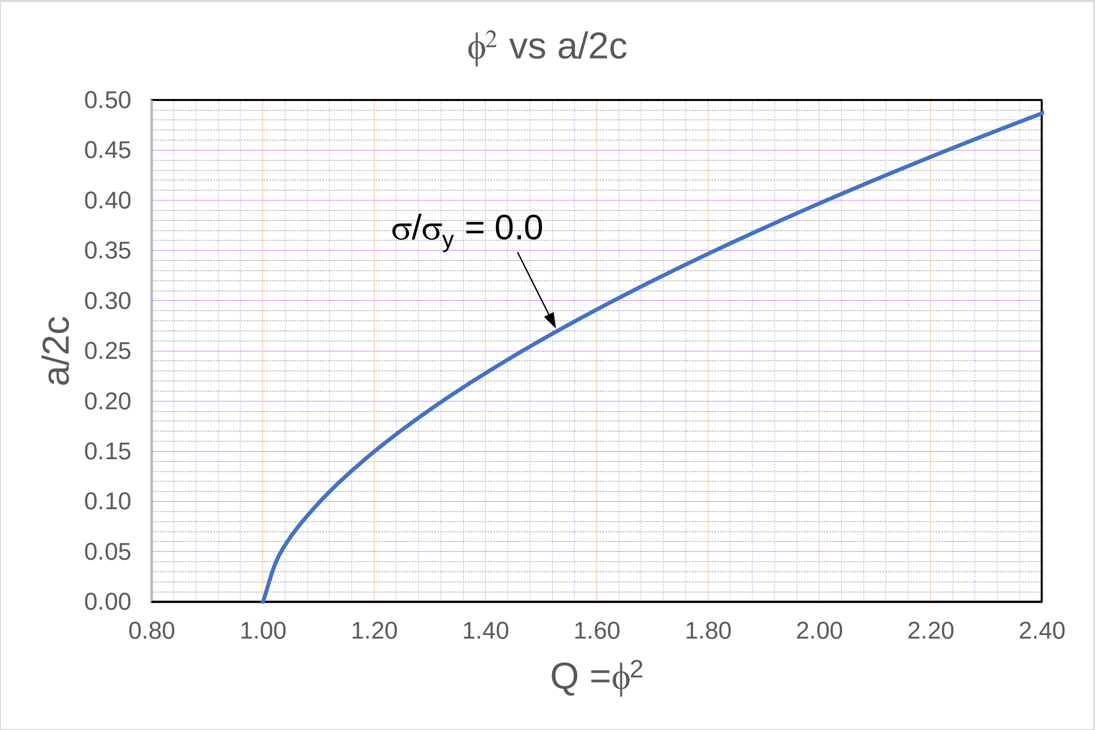
د آسانی لپاره د ϕ ارزښت پدی لاندی معادله هم ښودل شوي:

$$\phi = \frac{3\pi}{8} + \frac{\pi\, a^2}{8\, c^2} \qquad (11.92)$$

درزد اوږدوالي په 2c ښودل شوي.

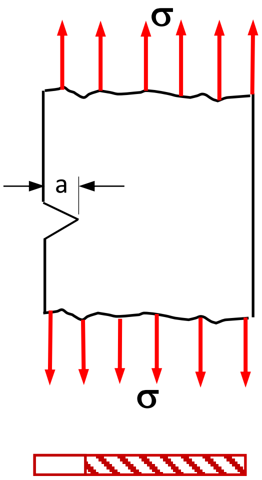
د درزد شکل اثر په ϕ ښودل شوي، او ارزښت يي په لاندی شکل کی وینو.

د درز په ځوکه کی د فشار شدت (tress Intensity) په K_I ښودل شوي.



انځور 11-53 د درز د شکل اثر

11.36 د جوړښت په یوه اړخ کی درز :



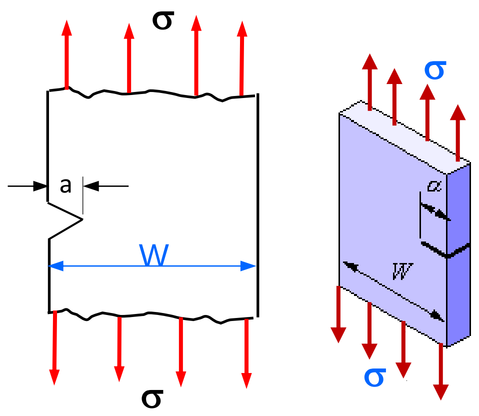
درز د جوړښت په یوه اړخ کیدی

د فشار شدت د درز په څوکه کی عبارت دی

$$K_I = 1.12\sigma\sqrt{\pi a} \qquad (11.93)$$

انځور 11-54 د جوړښت په یو اړخ کی درز

کله چی بر (width) د جوړښت د برخی محدود شي لکه څنګه چی پدی لاندی انځور کی ښودل شوي



درزد جوړښت له ضخامت وتلي

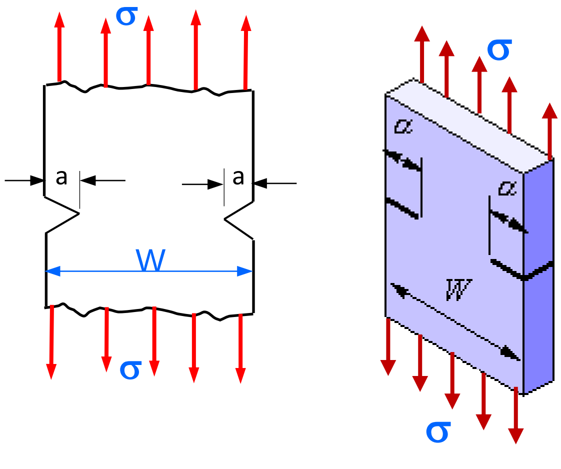
د جوړښت بر (width) محدود شوی او (W) دي.

انځور 11-54 د جوړښت په یو اړخ کی درز

د درز دخوکي د فشار شدت (K_I) پدی لاندی معادله پیدا کیږي

$$K = \sigma (\pi a)^{1/2}[1.12-0.23(a/W)+10.6(a/W)^2 -2.17 (a/W)^3 +30.4 (a/W)^4] \qquad (11.94)$$

درز د جوړښت په دوو اړخونو کی



انځور 11-55 د جوړښت په دو اړخو کی درز

د درز د څوکی د فشار شدت (K_I) داسی لیکلی شو:

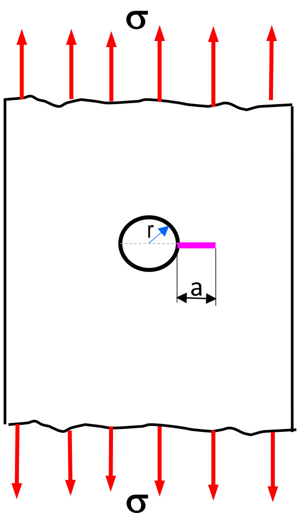
$$K =\sigma(\pi a)^{1/2}[(W/\pi a)\tan(\pi a/W)+((0.2W)/(\pi a))\sin(\pi a/W)]^{1/2}$$

the term ($\pi a/w$) is given in

11.37 درز د جوړښت له یوه دایروی سوری :

د درز اندازه د مقطع له ضخامت وتلي او اوږدوالی یی په a ښودل شوي.

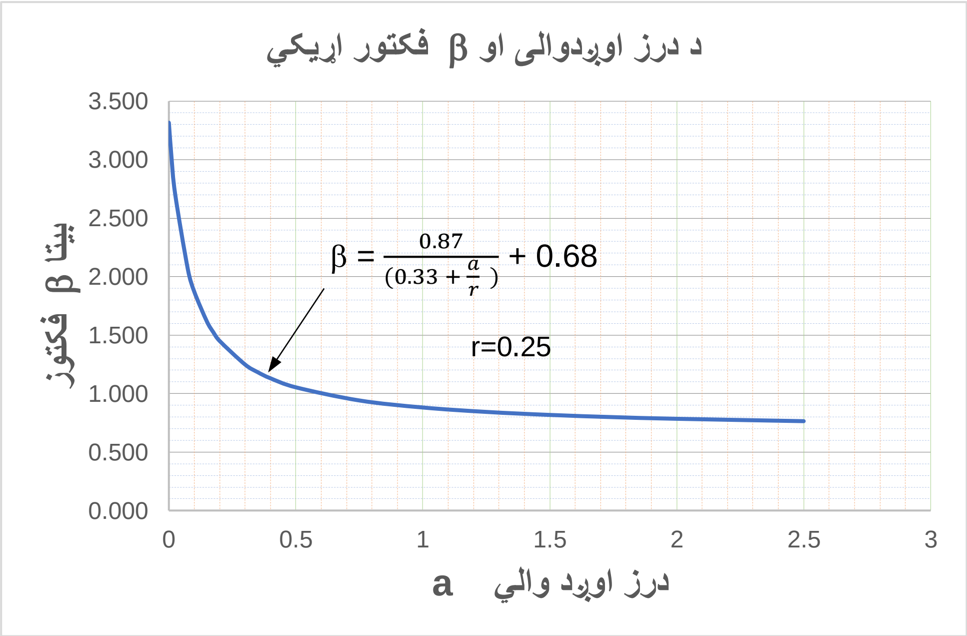
د درز په څوکه کی د فشار شدت (tress Intensity) په K ښودل شوي.



$$K_I = \beta\, \sigma \sqrt{\pi a} \qquad (11.95)$$

$$\beta = \frac{0.87}{(0.33 + \frac{a}{r})} + 0.68 \qquad (11.96)$$

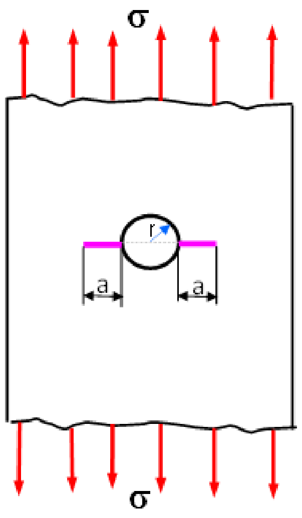
انځور 11-56 د رز په یو اړخ د سوري



انځور 11-57 د رز د اوږدوالي او بیتا فکتور اړیکي

11.38 د رز دلا محدوده جوړښت په وسط کی له یوه دایروی سوری څخه.

درز له ضخامت تیر شوي



انځور 11-58 د رز په دوو اړخو د سوري

$$K_I = f\left(\frac{a}{r}\right)\sigma\sqrt{\pi a} \qquad (11.97)$$

درز اندازه په a ښودل شوي او د جوړښت له ضخامت وتلی دی.

درزد اوږدوالي له سوري (hole) ښي یا چپ لورپه حرف a ښودل شوي، او د درز په څوکه کی د فشار شدت (tress Intensity) په K_I ښودل شوي.

د درز اوږدوالي او سوري قطر اندازه باید له پنځه چند د سوري له قطر کم وي. کی چیری زیاد شو په هغه حالت کی دواړه خواوي درزونه او د سوری قطر یو لوي درز په واسط د جوړښت حسابیږي او د درز د څوکی شدت د فشار په هم هغه درز لپاره محاسبه کیږي (له 11.89 معادلی باید کار واخیستل شي).

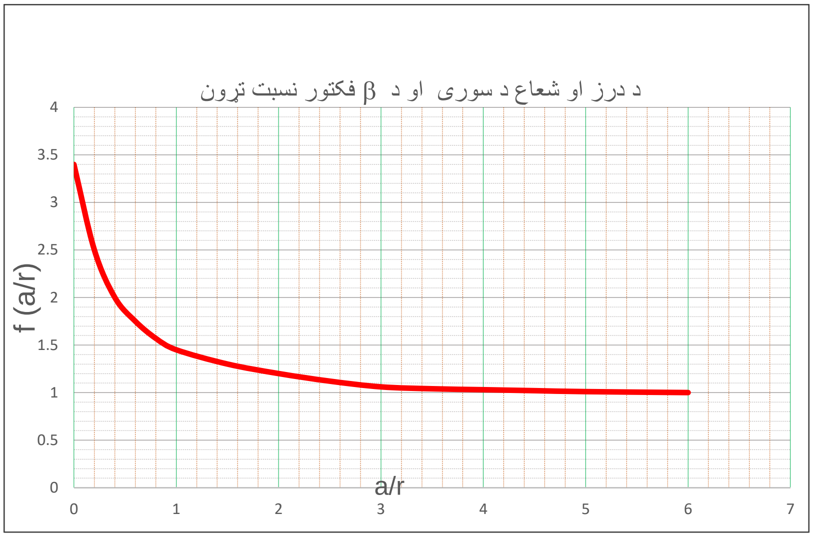
$$2a + d =< 5d \qquad (11.97)$$

$$2a + 2r =< 5(2r)$$

$$a + r =< 5r$$

$$a =< 4r$$

$$a/r =< 4$$



انځور 11-59 د د رز د شعاع او د بيتا فکتور اړيکي

11.39 مثال

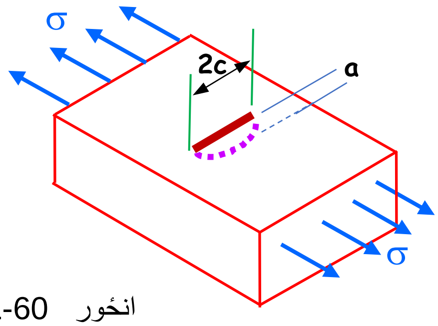
يود فشار ساتونکی جوړښت (pressure vessel) چې قطر يي 40 انچ دی له داسی موادو څخه جوړيږي چې د ماتيدو سختوالي (fracture toughness) يي $K_c = 75$ ksi √in اود يلد مقاومت $Fy = 87$ ksi دی. په فشار ساتونکی جوړښت کی داخلی فشار $P = 2500$ psi . د جوړښت ضخامت ($t = 0.75$ in) دی. د فشار ساتونکی جوړښت په دوراني ډول معاينه کيږي چې کيدی شي په سطح درزچی (۰.۴۰ انچ) يا زيادتر اوږدوالی ولری کشف کړي . د سطحې درز هغه لوي ارزښت څه دی که چيري وده وکړي او مخکی لدی چې جوړښت مات شي دجوړښت داخلی فشار بيرون ته جريان پيل کړي (leak before burst) .

حل

د جوړښت په سطحه يو درزشتون لرى او له ضخامت تير شوى يا مساوى په ضخامت يی فرض کوو. ددی درز په څوکه کی د فشار شدت وينو:

$$K_I = 1.12\, \sigma \sqrt{\pi a/Q}$$

$$Q = \sqrt{\phi^2 - \frac{0.212\sigma^2}{\sigma_{ys}{}^2}}$$



انځور 11-60 د رز په سطح د جوړښت

درزد جوړښت په سطحه دی له ضخامت تیر شوی ندی

ϕ= بیضوی انتیګرال دی (Elliptical Interal)

$$\phi = \int_0^{\pi/2} \left[1 - \sqrt{\left(1 - \left(1 - \frac{a2}{c2}\right) sin^2\phi\right]}\right.\ d\phi$$

او کیدی شی چی هغه پدی معادله هم تخمین کړو. دا به یو ثابت ارزښت وی چی په نسبت $\left(\frac{\sigma}{\sigma ys}\right)$ تغیر نه مومی.

$$\phi = \frac{3\pi}{8} + \frac{\pi\, a^2}{8\, c^2}$$

د ϕ ارزښت له انځور (11-61) پیدا کوو.

K_c = 75 ksi $\sqrt{in}$

σ_y = 87 ksi

p =2500 psi

r =d/2 = 40 in/2 =20 in

t =0.80 in

د داخلی فشار له امله سترس په پوستکی (skin) د جوړښت عبارت دی په:

σ =pr/t = 2500 (20/0.80) = 62.5.0 ksi

د پوستکی د فشار او د موادو د مقاومت نسبت:

σ/σ_y = 62.5/87 = 0.72

کله چی د درز ژوروالي (a) مساوی یا له ضخامت زیاد شي داخلی فشار بیرون ته وځي. او دا د فشاری ساتونکیو جوړښتو ددیزاین غوښتنه ده.

که چیری درز له ضخامت نه وی تیرشوی او په سطحه د ضخامت په لور وده کی وی د درز په څوکه کی د فشار شدت عبارت دی په (K_I) او د جوړښت په سطحه د درز په څوکه کی پیدا کوو.

$$K_I = 1.12\ \sigma \sqrt{\pi\, a/Q}$$

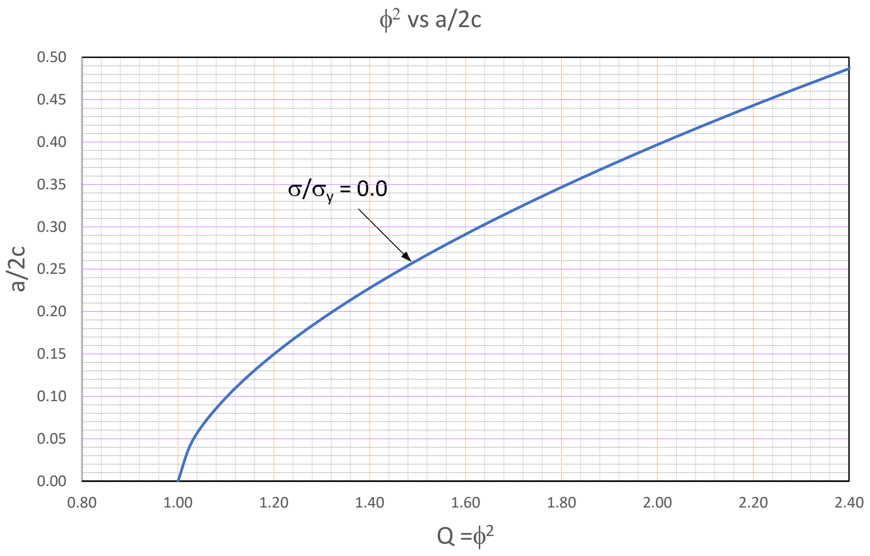
دلته فرض کوو چی درز تر ضخامت رسیدلی ، پدی لحظ کی د Q ارزښت پیدا کوواو هم درز وده کړي پدی معنی چی د فشار شدت د درز په څوکه کی د موادو د ماتیدو سختوالي (K_C) زیاد شوي.

$K_I = K_c$

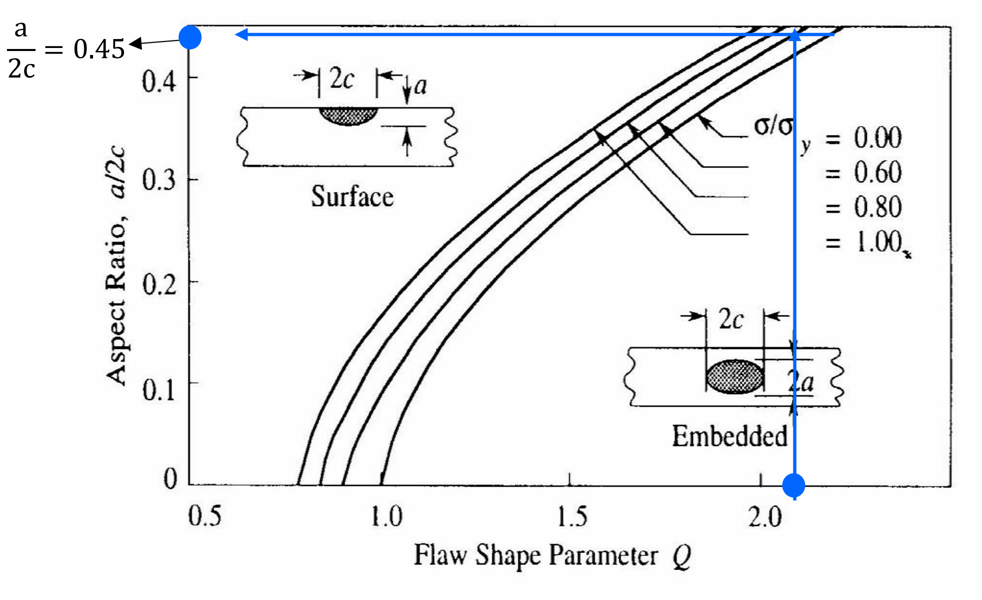
$$= 75 = (1.12)(62.5)\sqrt{3.14\frac{0.80}{Q}}$$

$$(75)^2 = [(1.12)(62.5)]^2\left(3.14\frac{0.80}{Q}\right)$$

$Q = 2.19$



انځور 11-61 د رز او بيضوي انتيګرال اړيکي



انځور 11-62 د رز او د شکل اړیکي (د نړۍ ویب پاڼه)

د ارزښت په پورتني انځور کي وینو او دا لاندي ارزښتونه په لاس راځي:

Q = 2.19

$\sigma/\sigma_y = 62.5/87 = 0.72$

$$\frac{a}{2c} = 0.45$$

a = 0.80

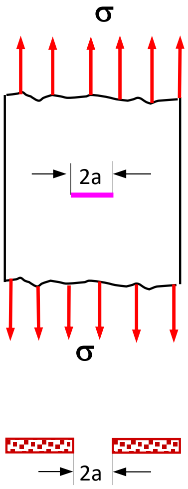
c = 0.89 “

2c = 1.78 “

کله چی درز له ضخامت وزی اوږدوالي به (”1.78) وي او دا ارزښت د لیدنی توانایي ارزښت چی (”0.40) دی ډیر دی . پدی معنی مخکی لدی چه درز یو خطرناک حد ته ورسیږي په دوراني لیدني سره به درز وموندل شي او کیدی شی چی جوړښت ترمیم شي.

11.40 دوهم مثال

د جوړښت په سطحه یو درز شتون لري . ددی سطحی سور (width) محدود شوی ندی. د دی جوړښت د موادو د ما تیدو د فشار شدت له ازموینی پیدا شوی او عبارت دی په ($K_c = 66\ MPa.m^{1/2}$) او هم د سترس (فشار) اندزه د بهرنی بار له امله مساوی ده په ($\sigma=138\ MPa$) غواړو د درز اندازه کوم چی جوړښت د ماتیدو حالت ته رسوی پیدا کړو . د موادو د یلد مقاومت ($F_y = 552\ MPa$) .



$K_I = \sigma\sqrt{\pi\, a}$

درزد جوړښت له ضخامت وتلي

انځور 11-63 د رز په وسط د سطحی جوړښت

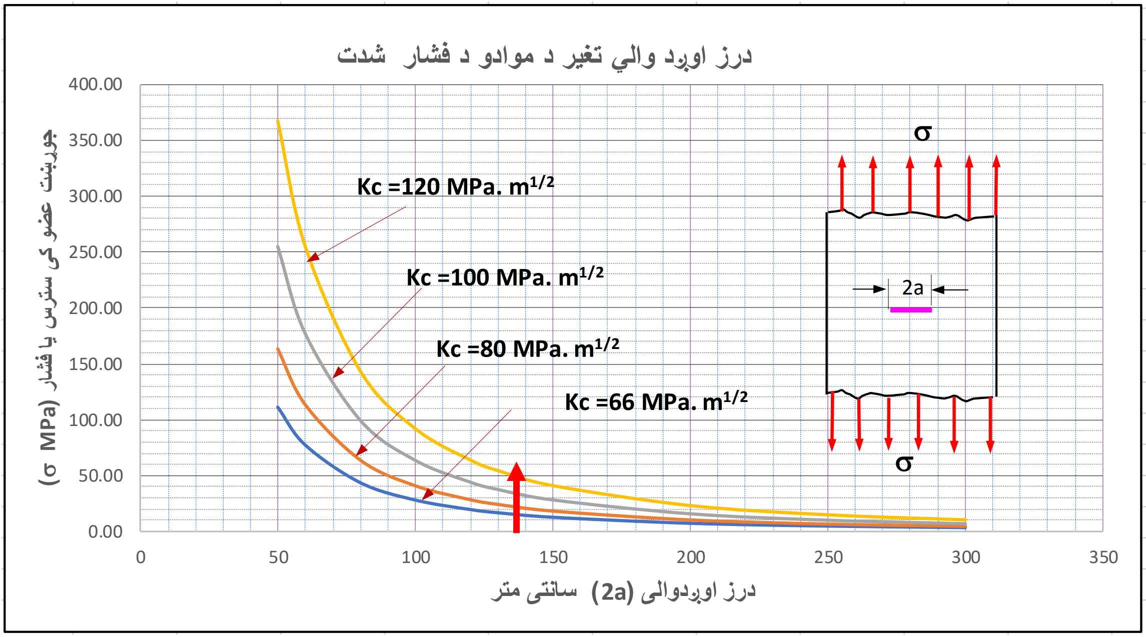
$$a = (66/138)^2/(3.14) = 0.0729\ m$$

$$=7.29\ cm$$

$$2a = 2x7.29\ cm\ = 14.58\ cm = 145.8\ mm$$

که چیری د موادو د فشار شدت ارزښت تغیر ومومي او زیادت وکړي د ماتیدو درز اندازه به هم تغیر وموميِ. او دا تغیر په دی لاندی انځور کی ښودل شوي.

$$K_I = Kc = 66MPa.\ m^{1/2} = 138\ (\sqrt{\pi\, a})$$



انځور 11-64 د درز اوږدوالي او فشار اړیکي

په پورتني انځور کی وینو کله چی د موادو د ماتیدو سختی (Kc) ارزښت لوړ شی د ماتیدو درز هم اندازه یي لوړیږي. جوړښت کولاي شی چی اوږد درز تحمل کړي.

د درز د څوکی د فشار شدت باید همیشه له د موادو له سختی لږ وی، دا د دیزاین یو مهم او با ارزښت غوښتنه ده.

11.41 دریم مثال

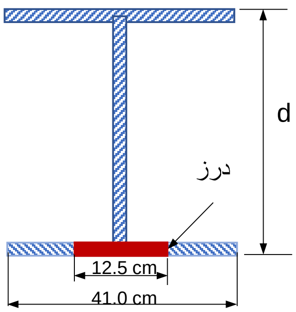
د یوه پله ګادر وروسته لدی چی لیدنه یي وشوه دا لاندی معلومات د پله انجینر په ډاګه کړل:

د ګاډر تیته برخي فلنج برخه کی درز شتون لری.

درز په تیته برخه فلنج کی اوږدوالي یي = 12.5 cm

د فلنج سور = 41 cm

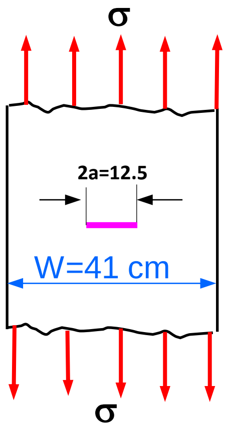
غواړو چی د فشار شدت (K_I) د درز په څوکه کی پیدا کړو



انځور 11-65 موندل شوي درز د پله د ګاډر مقطع کي

په هغه لحظ کی چی بی ثباتی مینځ ته راځی د فشار شدت تیته خوا فلنج تر یو مساویانه (uniform) فشارچی مؤمنت را پیدا کړي اود اسی پیدا کولا ی شو:

$$K = \sigma \sqrt{\pi a}\sqrt{\sec \pi a/W}$$



انځور   11-66 موندل شوی د رز په تیته خوا د ګادر مقطع کي

$$K = 83 \ \sqrt{\pi 6.25}\sqrt{\sec \pi (6.25/41)}$$

$$K = 37 \text{ Mpa} \sqrt{m}$$

11.42 سترين انرژي:

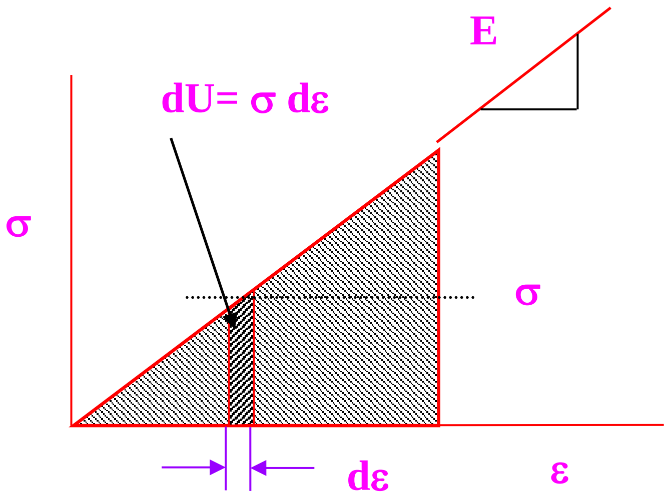
کله چی په یو جوړښت بهرنی بار عمل وکړي دا بهرنی بار په جوړښت کار کوی او د سترين انرژي په شکل په جوړښت کی زیرمه کيږي.

د یو واحد محوری بار له امله دا انرژي په واحد حجم کی عبارت ده:

$$U_o = ½ (\sigma\varepsilon)$$

توله انرژي زیرمه شوی په جوښت کي مساوی ده په:

$$= (½) (\sigma^2/E) \qquad (11.98\ )$$



انځور 11-67 سترين انرژی

$$U = \iiint_0^{volume} U_0 DV \qquad (11.99)$$

انرژي د سترس او سترين پدی ډول ليکلی شو:

$$U_o = (1/2E)\,[\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2] - \nu/E\,[\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx}] + (1/2G)[\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2] \qquad (11.100)\,)$$

د سترين له اجزاوو سره

$$U_o = \lambda/2\,[\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}] + G[\varepsilon_{xx}^2 + \varepsilon_{yy}^2 + \varepsilon_{zz}^2 + 2\varepsilon_{xy}^2 + 2\varepsilon_{yz}^2 + 2\varepsilon_{zx}^2] \qquad (11.101)$$

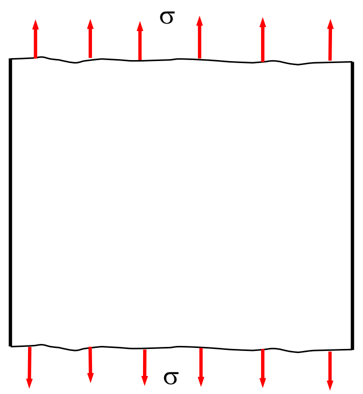
$$\gamma_{xy} = 2\varepsilon_{xy},\; \gamma_{yz} = 2\varepsilon_{yz},\; \gamma_{zx} = 2\varepsilon_{zx}, \qquad G = E/[2(1+\nu)] \qquad (11.102)$$

$$\lambda = \frac{(\nu E)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

11.43 احتمالي انرژي (Potential Energy) :

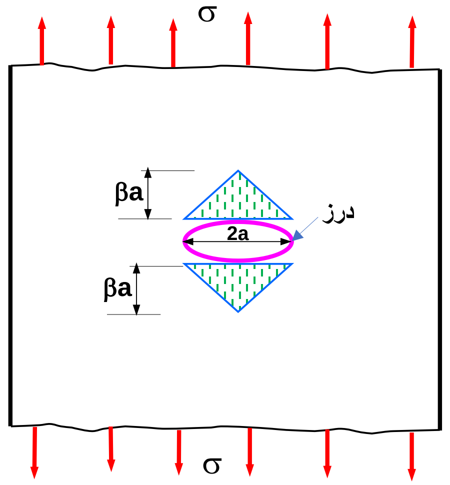
لاندی جوړښت يو مساوی ويشل شوی فشار سره مخامخ دی او درز پکښي شتون نلري. ددی جوړښت انرژی په واحد حجم کی عبارت ده :

$$\sigma^2/(2E). \qquad (11.103)$$



انځور 11-68 ویشل شوی بار په جوړښت پلي شوي

کله چې یو درز په اندازه د (2a) په دی عضو کی جوړ شي د موادو یو اندازه سترین انرژي په لوړه برخه او ددرز لاندی برخه د درز خو شي کیږي.



انځور 11-69 په جوړښت کی درز او بهرني ویشلشوی بار شتون لري

داسی فرض کوو چی دا برخه چې سترین انرژي خوشی کړی هغه یو مثلث چی لوړوالي (b) دی څنګه چې په انځور کی ښودل شوي. حجم ددی برخی مساوی دی په

$$\beta a^2 t/2 + \beta a^2 t/2 = \beta a^2 t \qquad (11.104)$$

خوشي شوی انرژي په واحد ضخامت کی عبارت ده:

$$U = (\sigma^2)/(2E)\beta a^2 \qquad (11.105)$$

د سطحی فشار (Plane stress) لپاره دا انرژي عبارت ده: $(\beta=\pi)$

$$U = (\sigma^2)/(2E)\pi a^2 \qquad (11.106)$$

مشتق د انرژی نظر د درز اوږدوالی:

$$du/da = (\sigma^2/E)\ \pi a \qquad (11.107)$$

11.44 سطحی انرژی (Surface energy) :

د درز په جوړیدو یو اندازه انرژی مصرف شوه، او ددی لپاره چی درز په هره څوکه کی وده وکړی باید یو اندازه نوره انرژی په سیستم ور اضافه شي.

$$W_s = 2A\gamma_s \qquad (11.108)$$

$$A = \beta 2a/2 = \beta a \qquad (11.109)$$

پدی معادله کی W_s سطحی انرږي ده.

(A) مساحت د ساحی (مثلث) دی.

(γ_s) د جوړښت د موادو حجمی وزن دی

د سطحی انرژی (Surface energy) لاس ته راوړل = کشش په سطح ضرب د د درز سطحی مساحت= $(\gamma 2a)$

د ایلستیک انرژي له لاسه ورکول یا زیان یي = ځانګړي ایلستیک انرژي ضرب د د فشاره صاحی مساحت = $((\sigma^2/2E)\ \beta a^2)$

11.45 د ګریفت (Griffith) تیوري

د فریکچر میکانیکس لوی ځیرنه او وضاحت په ۱۹۲۰ کي د ګریفیت تیوری سره راغی. دا تیوري اکثره په ماتیدونکیو (brittle) موادو کې چی پلاستیک خوځیدل شتون نلري تطبیق کیږي.

هغه باور درلود چې په موادو کې ډیرې مایکروسکوپي درزونه شتون لري ، او فشارونه د دې درزونو له امله لوېږي. په نتیجه کې درزونه ډیر ګرندي وده کوي ، او د ماتیدو لامل کیږي. په موادو کې کونجونه ، یا د موادو داخلي ساحه کې خالي ځایونه هم د فشار غلظت رامینځته کولو لامل کیږي ، او ډیری وختونه ، ماتیدل له دې برخو څخه پیل کیږي.

د ګریفیت تیورې د ماتیدونکې موادو لپاره د ایلاستیک سترین انرژي مفاهیمو پراساس ولاړه ده . د ګریفیت په وینا کله چې درز وسعت پیدا کوی سطحی انرژي زیادت نیسي اوکله چې دا سطحې انرژي لاسته راوړنه د سترین انرژي له لاسه ورکولو سره مساوي شي ماتیدل مینځ ته راځی.

ګریفیت د سیستم میکروسکوپیک احتمالي (potential energy) انرژي پیژندلې وه او ویل یې چې سیستم داخلي زیرمه شوي ایلستیک انرژي لري، او د بهرنی پلې شوي بارونو احتمالي انرژي د درز له اندازې سره تړون لري. ماتیدل د موادو له مصرف ددی انرژي سره تړاو لري .

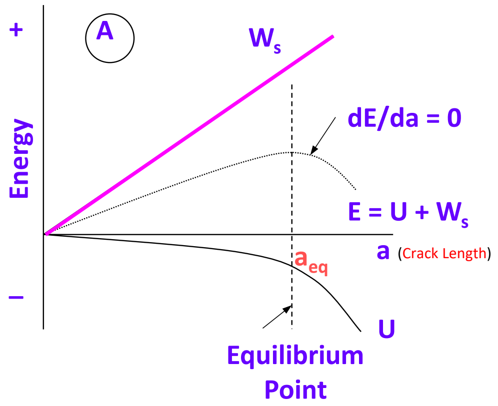
په سیستم کې د درز توسیع لپاره موږ باید دا لاندی متغیرونه ولرو:

(a) د د درز د څوکی مخکنې فشار باید یو څه مهم حد ته ورسیږي.

(b) د سیستم ټوله انرژي باید په اندازه د درز د زیاتوالي سره کمه شي

هغه اندازه د انرژي چې د یو درز ودی لپاره اړین ده یو ثابت حد لري. (پدی معنی هغه اندازه انرژي چې د یوه اتوم تړون د درز په څوکه کې مات کړي، او دا انرژي د یو بل اتوم تړاو ماتولو ورته ده . پدی شان د نورو ټولو راتلونکی اتومود تړاو ماتیدلو لپاره) له دی امله سطحی انرژي (W_s)   د درز د ودي سره په خطي توګه زیادت مومي. پدی اساس مثبت دی ځکه دا سیستم ته داخل شوی انرږي ده چې نوی سطحه جوړه کړي (لاندی شکل وګوري).

د د دی لپاره چې درز له شروع (صفر) تر یو حد (a) وده وکړي سیتم اضافه انرژی ته اړتیا لري. په عین حال کی کله چې درز له یو اندازه (a) تر (a_{eq}) وده کوي پدی حالت کی یو اندازه انرژي مصرف کیږي, او درز ګرندی وده کوی نظر هغه انرژی ته چې سیستم ته داخلیږي. دا حالت پدی لاندی انځور کی ښودل شوي.



انځور   11-70 سترین انرژي په جوړښت کی او د تعادل حالت

د ګریفیت تیوری لپاره راځئ چې دا لاندی وګورو.

تحلیل د داسي مفکورې پر بنسټ ولاړ دی چې په ایلستیک موادو کی ، درز د ماتیدلو سبب هغه وخت ګرځي کله چې د درز په څوکه کي ایلستیک انرژي د درز د توسیع له امله، زیادت یا مساوی په هغه ایلستیک انرژي چی د درز د زیات والي په جریان کې د درز په څوکه کی جوړه شوي مساوي وي یا ډیر وي.

یو داسی اوار سطحی (plate) غړی چی ډیر زیاد (لا محدود) سور (width) لری او واحد ضخامت لري په پام کی نیسو. او په دی پلیت یو درز چی اوږدوالي (2a) دی او یو کشیدونکی فشار (σ) ورباندی پلی شوي . د سیستم ټول احتمالي انرژي U عبارت ده :

$$U = U_0 - U_a + U_s \qquad (11.110)$$

ایلستیک انرژی د پلیت کله چی درز شتون نلري $U_0 =$

د ایلستیک انرژی کموالي کله چی درز په دی پلیت راپیدا شو $U_a =$

$$U_a = \frac{\pi \sigma^2 a^2}{E} \qquad (11.111)$$

د درز پیدا کیدو له امله د ایلستیک انرژی زیاتوالي په سطحه د پلیت کی $U_s =$

سطحی ایلستیک انرژي (U_s) مساوی ده په د موادو سطحی کشش (γ_e) ضرب د نوی درز سطحی مساحت:

$$U_s = 2\,(2a\gamma_e) \qquad (11.112)$$

پدی معادلو کی E او γ_e د موادو خاصیتونه دی.

ایلستیک انرژی د ټول سیستم عبارت ده په:

$$U = U_0 - \frac{\pi \sigma^2 a^2}{E} + 2\,(2a\gamma_e) \qquad (11.113)$$

اوس که چیری مشتق د پورتني معادلی (U) نظر په اوږدوالي a د درز ونیسو او د تعادل حالت لپاره بیا معادله حل کړو:

$$\left(\frac{2E\gamma_e}{\pi}\right)^{0.5} = \sigma\sqrt{a} \qquad (11.114)$$

نو د معادلي چپ اړخ یو ثابت حد لری او هغه د موادو ځانګړتیا ده.

له دی معادلی داسی معلومیږي چی د درز غزیدل د پلی شوی فشار σ اود درز د اوږدوالي a محصول او د موادو د خاصیت سره تړلی دی.

په پایله کی دا معادله په ګوته کوي چی د درز زیاتوالي یا توسیع هغه وخت پیشیږي چی ($\sigma\sqrt{a}$) یو ثابت حد ته ورسیږي. د دې ثابت قیمت ارزښت د تجربې له پلوه د فریکچر فشار اندازه کولو سره ټاکل کیدی شي.

دا معادله داسی هم لیکلي شو:

$$2E\gamma_e = \left(\frac{\pi\sigma^2 a}{E}\right) \qquad (11.115)$$

دا ښي اړخ د دی معادلي د انرژي خوشي کولو اندازه (γ) ده، او هغه وړاندیز د ایلستیک انرژي په واحد د درز سطحی مساحت چی د درز د توسیع لپاره شتون لري دی.

او دا معادله داسی هم لیکلی شو:

$$\left(\frac{\pi\sigma^2 a}{E}\right)\; G = \left(\frac{K_I^2}{E}\right)(1-v^2) \qquad (11.116)$$

هغه د ضرورت وړ فشار چی درز غزیدل شروع کړي عبارت د ی په

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{2\gamma E'}{\pi a}} \qquad (11.117)$$

دلته (E') د یانګ ماجولس (Young Modulus) د نازک صفحی لپاره چی فشار وربانذی عمل کړي او (ν) د پویزانس نسبت دي.

دا معادله داسی هم لیکلی شو:

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{G_c E'}{\pi a}} \qquad (11.118)$$

$$G = \frac{K^2}{E'}$$

$E' = E$ plane stress (11.119)

$E' = E/(1-\nu^2)$ plane strain

جی آر آرون (G.R. Irwin) په ۱۹۵۰کلونو کې د ګریفیت تیوری کی لږ څه زایتوالی راوست . هغه ویل چی په ایلستیک انرژي یو ټاکلی پلاستیک انر ژي هم ور اضافه شي. چې د ګریفیت لخوا په نظر کې نیول شوې وه ترڅو د ماتیدونکیو موادو لپاره کار وکړي ، او دا هغه څه رامینځته کوي چې د سترین انرژي خوشي کولو اندازه (strain energy release rate) په نوم پیژندل کیږي.

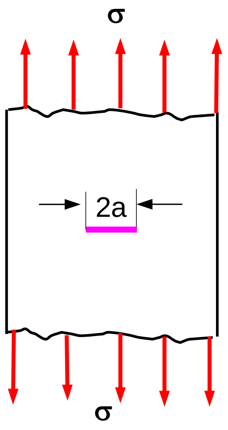
ارون د کرک شاوخوا د فشار ساحه په پام کې ونیوله. د فشار شدت د درز په ځوکه کې د ورکړل شوي کشش فشار او درز جامیتری او د درز په جیومتری د فشار عنصر د فشار شدت عنصر K_I ارزښت لخوا ټاکل کیږي .

یو شمیر نورو پوهانو په ۱۹٤۰ او ۱۹٥۰ کې د فریکچر میخانیک تیوری په باره کې ډیر توضیحات اضافه کړي.

11.46 مثال

په دی لاندی جوړښت کې د اعضمی درز اندازه مشخص کوو:

جوړښت له فولادی موادو جوړشوی او د K_{1c} ارزښت $30\ \text{Mpa}\sqrt{m}$ دی



$\sigma = 60\ \text{MPa}$

$K_I = \sigma\sqrt{\pi a}$

$K_I = K_c = \sigma\sqrt{\pi a}$

$50 = \sigma\sqrt{\pi a}$

$\sigma = (50^2)/(\pi a)$

$a = (50^2)/((\sigma^2)\pi))$

$a = (30^2)/((60^2)\pi)) = 0.08\ \text{m}$

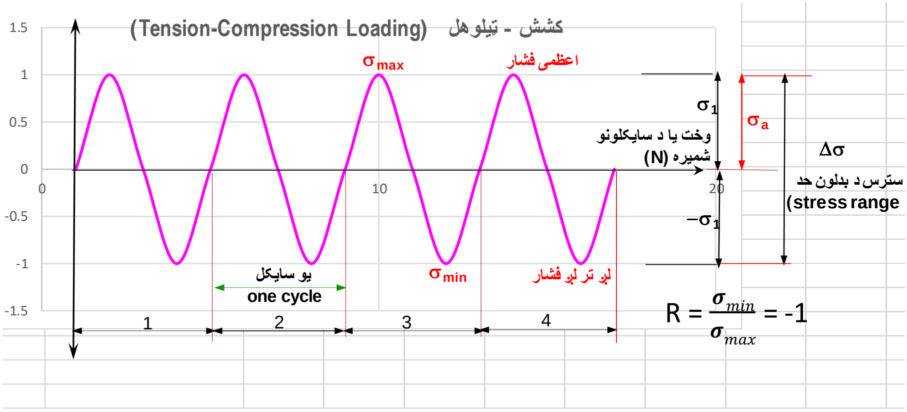
$a = 8\ \text{cm}$

$2a = 16\ \text{cm}$

د درز اوږدوالي عبارت دی:

11.47 د درز خوځیدل

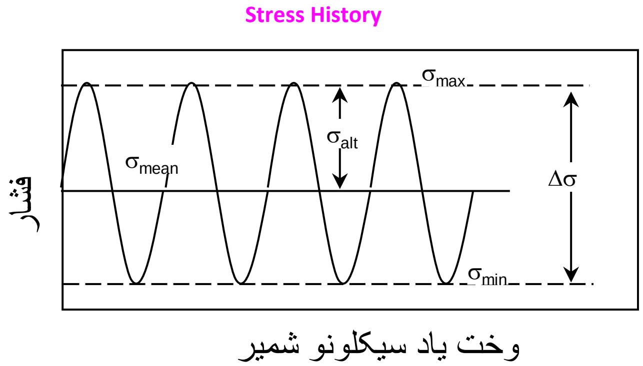
کله چې یو پر له پسی بار عمل کړی د درز د ځوکی فشار په هر ټکی د پر له پسی بار پدی لاندی معادله سره پیدا کولای شو:



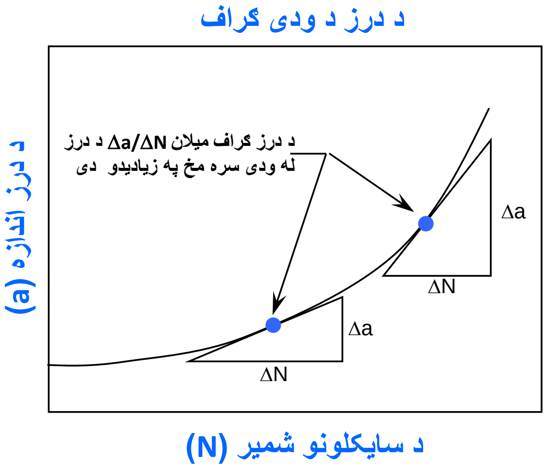
انځور 71-11 پر له پسي بار او شتون يي په يو جوړښت

په عامه توګه دا معادله داسی هم لیکلی شو:

که چیری له آزموینی د یو نوع موادو د جوړښت جی پر له پسی بار ورباندی عمل کړی د درز د ودی اندازه او هم د فشار شدت د بار په شیبو کی معلوم او په دی لاندی ګراف کی وښودل شی:



انځور 72-11 پر له پسي فشار او شتون يي په يو جوړښت



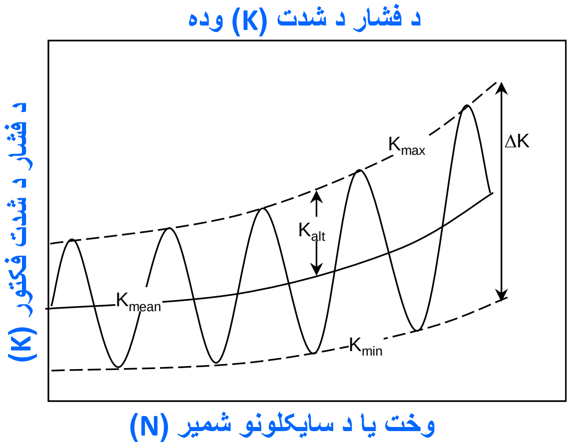
انځور 11-73 د درز د ودی او سایکلو میلان

$$K_{max} = \sigma_{max}\sqrt{\pi a} \qquad (11.120)$$

$$K_{min} = \sigma_{min}\sqrt{\pi a} \qquad (11.121)$$

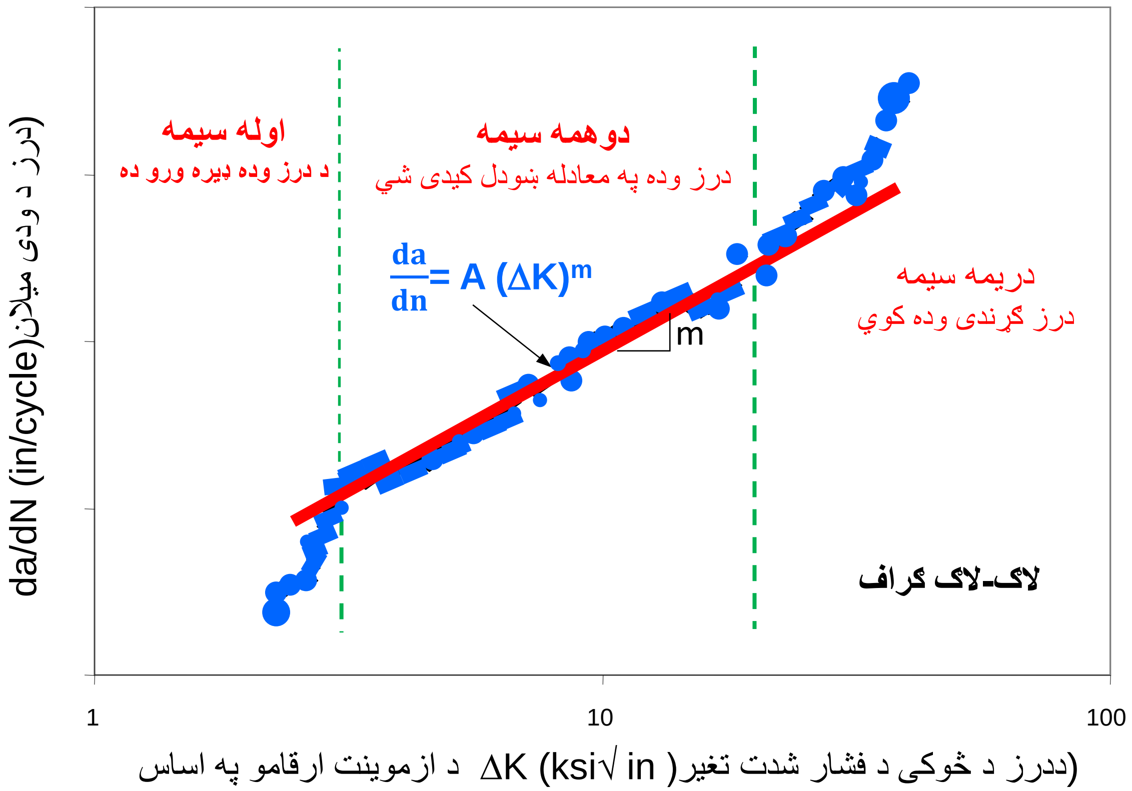
$$\Delta K = K_{max} - K_{min} \qquad (11.122)$$

$$= f(g)\, \Delta\sigma \sqrt{\pi a} \qquad (11.123)$$



انځور 11-74 د درز د خوکل فشار شدت (K) او سایکلو اړیکی

کله چی د درز د ودی میلان د فشار شدت د تغیر (ΔK) په ګراف کی واچوو دا لاندی ګراف ورځینی جوړیږي



انځور 11-75 د درز د ودي میلان او د فشار شدت تغیر (DK) د ازمویني ارقامو په اساس

کله چې لدی ارقامو د لاګ-لاګ (log-log) ګراف جوړ شي، دلته دری برخی لیدل کیږي.

د ا ګراف په دریو سیمو ویشل کیدلی شي. د ټیټ فشار شدت سیمه چې د (ΔK_{th}) سره تړاو لري .

د مینځ سیمه (Region II) دا کرشه د جوړښت عکس العمل یو خطی خاصیت لري او د درز وده په دی سیمه کی معلومیدلي شي.

دریمه سیمه کی درز په ډیر سرعت وده کوی او درز باید دی سیمی ته ونرسی.

11.48 اوله سیمه (Region I)

دا سیمه د ترشهولډ (Threshold) اغیزو سره تړاو لري، کله چې د فشار شدت له ترشهولډ ټیټ وی درز وده نه کوي او اندازه کول یې هم ګران دي. د درز وده د ډیری فلزاتو اتومونو تر مینځ واټن سره لږدی.

د فولادو لپاره = (ΔK_{th})= 5-15ksi sqrt in

11.49 دوهمه سیمه (Region II)

دا سیمه کی د درز وده په یو خطی رویه تشریح کیدلي شي. پدی سیمه کی د میلان د ګراف نژديٍ خطی دی . دی سیمی لپاره د فرکچر میکانیک یو لړ پوهانو معادلی وړاندی کړي تر څو د درز وده په موادو کی توضیح کړي. د مثال په توګه، واکر (Walker)، پاریس (Paris)، فورمن (Forman) او داسی نور.

Paris Equation:

او د سایکلونو شمیره (N) له a_i تر a_f پوري مساوی ده په:

$$da/dN = C(\Delta K)^m \qquad (11.124)$$

$$N_f = \int da/(C(\Delta K)^m \qquad (11.125)$$

د واکر (Walker) معادله د درز د ودی معلومولو لپاره عبارت ده په:

$$\mathbf{da/dN = C[\Delta K(1\text{-}R)^{(m\text{-}1)}]^{n}} \qquad (11.126)$$

R = Min σ / Max σ

m - controls magnitude of data shift

As m increases, the shift decreases.

فورمن (Forman) معادله د درز د ودی معلومولو لپاره په دی شان ده:

$$da/dN = C\,\Delta K^{n}/[(1 - R)Kc - \Delta K] \qquad (11.127)$$

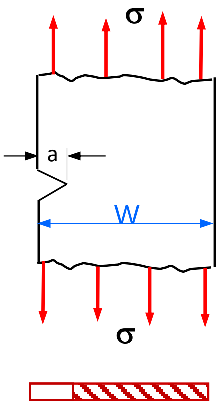
11.50 دریمه سیمه (Region III)

کله چی د فشار شدت زیادشي د درز وده ګړندی کیږي د درز په څوکه کی فشار زیادت مومی او په نهایت کی فرکچر یا ماتیدل د غړي را مینځ ته کیږي. پدی سیمه کی سرعت د درز د ودی خورا زیاد وی چټکتیا يي زیاده ده ، درز باید دی سیمی ته ونرسیږی. د درز وده له کنترول وزي او دا برخه لدی کبله د درز په وده کی د حساب وړ نه ده.

مثال 11.51

دیوه جوړښت په یوه اړخ کی درز شتون لري غواړو چی د سټرېا سالمه موده يي پيدا کړو.

د ΔK لپاره له دی لاندی معادلی کار اخلو:



$K_I = 1.12\sigma\sqrt{\pi a}$

درزد جوړښت په یوه اړخ کیدی

انځور 11-76 درز د سطحی جوړښت په یو اړخ کی

$$\Delta K = K_{max} - K_{min}$$

$$= f(g)\, \Delta\sigma \sqrt{\pi a}$$

$$\Delta K = 1.12\, \Delta\sigma \sqrt{\pi a}$$

د درز د ودی لپاره د پارس (Paris) له معادلي کار اخلو:

د پارس د درز دودي معادله :

$$da/dN = C(\Delta K)^m$$

$$da/dN = C\,(1.12\, \Delta\sigma \sqrt{\pi a})^m$$

د درز آخر برخه داسی ده:

$$K = f(g)\, \sigma \sqrt{\pi a}$$

$$a_f = (1/\pi)\, [Kc/(\sigma\, f(g))]^2$$

$$= (1/\pi)\, [Kc/(1.12\sigma_{mx})]^2$$

11.51a د درز د ودی مثال

د یوه جوړښت د موادو دا لاندي خاصیتونه پیژندل شوي:

A514 steel, σ_{ys} =100 ksi

K_{1c} = 150 ksi

a_0 =0.3 in

σ_{max} = 45 ksi

σ_{min} = 25 ksi

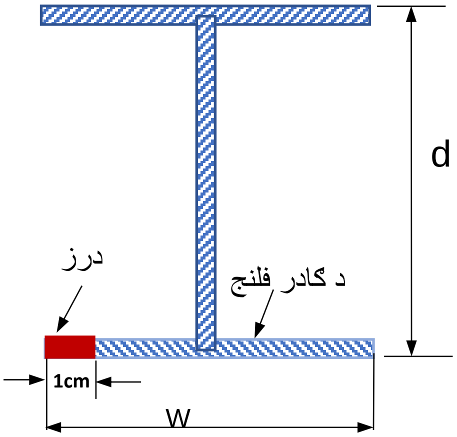
$\Delta\sigma$ =20 ksi

$K_I = 1.12\,\sigma\sqrt{\pi a}$

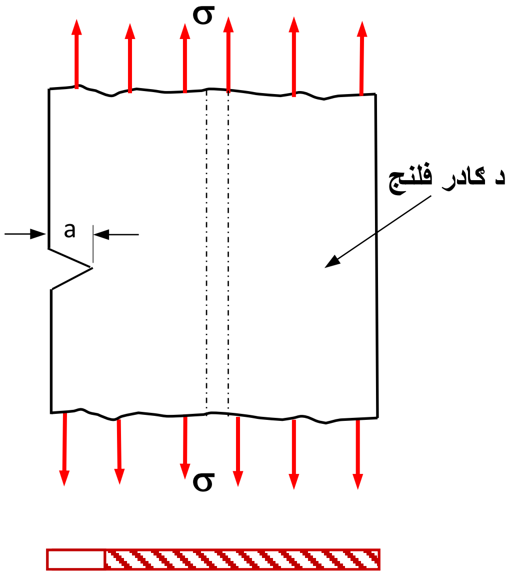
غواړو د درز بهرا ني یا خطرناک حد معلوم کړو او هم د هغو سایکلونو شمیره تر دی اندازي پوري معلومه کړو.

11.52 مثال

د یو پله د ګاډرد فلنج په یو اړخ کی یو درز چی یو سانتی متر(1 cm) اوږدوالی لری موندلی شوی.
غواړو چی د اعظمی درز حد ، او هم پیدا کړو چی دا درز به وروسته له څو سایکلونو خطرناک حد او په پایله کی د ماتیدو سبب شي.



د ګادر مقطع



انځور 11-77 درز د د گاډر په یو اړخ کی

د پله گادرله فولادو جوړ شوی او مواد دا لاندی خاصیتونه لري:

د بهرنی بار له امله دا لاندی فشارونه په گادر کی پیدا شوي:

فولاد, σ_{ys} =552 Mpa	
K_{1c} = 143 Mpa $m^{0.5}$	
a_0 = 0.001 m	
σ_{max} =276 Mpa	
σ_{min} = 103. MPs	
$\Delta\sigma$ =173 Mpa	
$K_I = 1.12\ \sigma \sqrt{\pi a}$	(د یوه اړخ درز)

$da/dn = A\ (\Delta K)^m$

A, m are constant material dependent

$A = 2.54 \times 10^{-11}$ د دی نوع فولادو لپاره فرض کوو			
m = 2.2			

$\Delta K_I = 1.12 \ \Delta\sigma \ \sqrt{\pi} \ a_{avg}$

$da/dN = 2.54 \times 10^{-11} \ (\Delta K_I)^{2.2}$

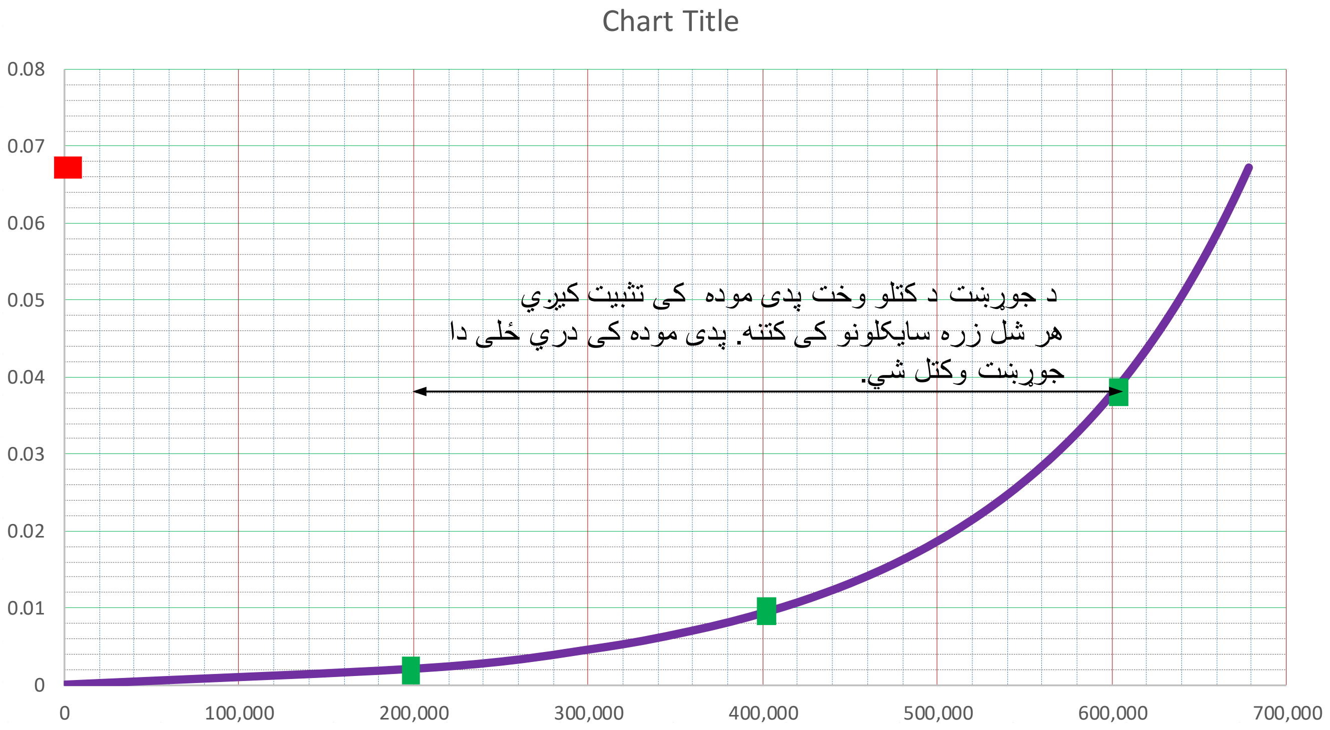
$\Delta N = \{\Delta a \ / \ (2.54 \times 10^{-11} \ [1.12 \ \Delta\sigma \ \sqrt{3.14} \ a_{avg)} \}$				
= cycles				

$$a_{cr} = \left(\frac{1}{\pi}\right) \left(\frac{K}{1.12 \ x \ \sigma_{max}}\right)^2$$

σ_{max}	K_C	π	$(K/1.12\sigma_{max})^2$	a_{cr} (m)
276	143	3.14	0.21	**0.068**
			a_{cr} = 6.8	cm

a_{cr} = 6.8 cm

a_0 (m)	a_f (m)	a_{avg} (m)	Δa (m)	$\Delta\sigma$ (Mpa)	m	A (m/cycle)	ΔK (MPa sqrm)	ΔK^n	$(A)(\Delta K^n)$	ΔN (cycles)	ΣN
0	0	0	0	0	2.2	2.54E-11	0.00	0	0.0000E+00	0	0
0.001	0.00350	0.00225	0.0025	173	2.2	2.54E-11	16.29	4.64E+02	1.1780E-08	212,226	212,226
0.0035	0.00600	0.00475	0.0025	173	2.2	2.54E-11	23.67	1.06E+03	2.6798E-08	93,290	305,516
0.0060	0.00850	0.00725	0.0025	173	2.2	2.54E-11	29.24	1.68E+03	4.2669E-08	58,590	364,106
0.0085	0.01100	0.00975	0.0025	173	2.2	2.54E-11	33.91	2.33E+03	5.9108E-08	42,295	406,401
0.0110	0.01350	0.01225	0.0025	173	2.2	2.54E-11	38.01	2.99E+03	7.5979E-08	32,904	439,305
0.0135	0.01600	0.01475	0.0025	173	2.2	2.54E-11	41.71	3.67E+03	9.3199E-08	26,824	466,130
0.0160	0.01850	0.01725	0.0025	173	2.2	2.54E-11	45.11	4.36E+03	1.1072E-07	22,580	488,710
0.0185	0.02100	0.01975	0.0025	173	2.2	2.54E-11	48.27	5.06E+03	1.2849E-07	19,457	508,167
0.0210	0.02350	0.02225	0.0025	173	2.2	2.54E-11	51.23	5.77E+03	1.4649E-07	17,066	525,233
0.0235	0.02600	0.02475	0.0025	173	2.2	2.54E-11	54.03	6.48E+03	1.6469E-07	15,180	540,413
0.0260	0.02850	0.02725	0.0025	173	2.2	2.54E-11	56.70	7.21E+03	1.8308E-07	13,655	554,068
0.0285	0.03100	0.02975	0.0025	173	2.2	2.54E-11	59.24	7.94E+03	2.0164E-07	12,398	566,466
0.0310	0.03350	0.03225	0.0025	173	2.2	2.54E-11	61.68	8.68E+03	2.2036E-07	11,345	577,812
0.0335	0.03600	0.03475	0.0025	173	2.2	2.54E-11	64.02	9.42E+03	2.3922E-07	10,451	588,262
0.0360	0.03850	0.03725	0.0025	173	2.2	2.54E-11	66.29	1.02E+04	2.5821E-07	9,682	597,944
0.0385	0.04100	0.03975	0.0025	173	2.2	2.54E-11	68.48	1.09E+04	2.7734E-07	9,014	606,958
0.0410	0.04350	0.04225	0.0025	173	2.2	2.54E-11	70.60	1.17E+04	2.9659E-07	8,429	615,388
0.0435	0.04600	0.04475	0.0025	173	2.2	2.54E-11	72.65	1.24E+04	3.1595E-07	7,913	623,300
0.0460	0.04850	0.04725	0.0025	173	2.2	2.54E-11	74.66	1.32E+04	3.3542E-07	7,453	630,754
0.0485	0.05100	0.04975	0.0025	173	2.2	2.54E-11	76.61	1.40E+04	3.5499E-07	7,042	637,796
0.0510	0.05350	0.05225	0.0025	173	2.2	2.54E-11	78.51	1.48E+04	3.7466E-07	6,673	644,469
0.0535	0.05600	0.05475	0.0025	173	2.2	2.54E-11	80.36	1.55E+04	3.9442E-07	6,338	650,807
0.0560	0.05850	0.05725	0.0025	173	2.2	2.54E-11	82.18	1.63E+04	4.1428E-07	6,035	656,842
0.0585	0.06100	0.05975	0.0025	173	2.2	2.54E-11	83.95	1.71E+04	4.3422E-07	5,757	662,599
0.0610	0.06350	0.06225	0.0025	173	2.2	2.54E-11	85.69	1.79E+04	4.5425E-07	5,504	668,103
0.0635	0.06600	0.06475	0.0025	173	2.2	2.54E-11	87.40	1.87E+04	4.7436E-07	5,270	673,373
0.0660	0.06850	0.06725	0.0025	173	2.2	2.54E-11	89.07	1.95E+04	4.9454E-07	5,055	678,428



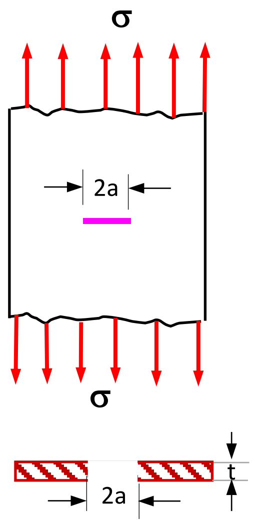
انځور 11-78 درز د ودي پر مخ تګ

$da/dn = A\,(\Delta K)^m$	
$\Delta K_I = 1.11\ \Delta\sigma\ \sqrt{\pi}\ a_{avg}$	steel, σ_{ys} =690 Mpa
	K_{1c} = 165 Mpa $m^{0.5}$
A, m are constant material dependent	a_0 =0.001 cm
$A = 0.10 \times 10^{-9}$ د دی نوع فلز لپاره فرض کوو	σ_{max} =150 Mpa
$m = 3.0$	σ_{min} = 50 Mpa
$da/dN = 4 \times 10^{-9}\ (\Delta K_I)^{3.5}$	$\Delta\sigma$ =100 Mpa
$\Delta N = \{\Delta a / (4 \times 10^{-9}\ [1.11\ \Delta\sigma\ \sqrt{3.14\ a_{avg})}\ \}$	$K_I = 1.11\ \sigma\ \sqrt{\pi a}$ (په وسط د پنل کې درز)
= cycles	

$\Delta K_I = 1.11\ \Delta\sigma\ \sqrt{\pi}\ a_{avg}$

$$a_{cr} = \left(\frac{1}{\pi}\right)\left(\frac{K}{1.11 \times \sigma_{max}}\right)^2$$

σ_{max}	K_C	π	$(K/\sigma_{max})^2$	a_{cr} (M)
150	165	3.14	0.98	**0.313**
			a_{cr} = 0.313 m	



درز د جوړښت په سطحه دی
له ضخامت تیر شوی دی

انځور 11-79 درز له مقطع تیر شوي

انځور 11-80 د درز د ودی پر مخ تګ

a_0 (m)	a_f (m)	a_{avg} (m)	Δa (m)	$\Delta\sigma$ (Mpa)	n	A (m/cycle)	ΔK (MPa sqrm)	ΔK^n	$(A)(\Delta K^n)$	ΔN (cycles)	ΣN
0	0	0	0	100	3	0.0000000001	0.00	0	0.0000E+00	0	0
0.00100	0.01350	0.00725	0.0125	100	3	0.0000000001	16.75	4.70E+03	4.6975E-07	26,610	26,610
0.01350	0.02600	0.01975	0.0125	100	3	0.0000000001	27.64	2.11E+04	2.1121E-06	5,918	32,528
0.02600	0.03850	0.03225	0.0125	100	3	0.0000000001	35.32	4.41E+04	4.4072E-06	2,836	35,364
0.03850	0.05100	0.04475	0.0125	100	3	0.0000000001	41.61	7.20E+04	7.2037E-06	1,735	37,099
0.05100	0.06350	0.05725	0.0125	100	3	0.0000000001	47.06	1.04E+05	1.0424E-05	1,199	38,299
0.06350	0.07600	0.06975	0.0125	100	3	0.0000000001	51.95	1.40E+05	1.4018E-05	892	39,190
0.07600	0.08850	0.08225	0.0125	100	3	0.0000000001	56.41	1.80E+05	1.7950E-05	696	39,887
0.08850	0.10100	0.09475	0.0125	100	3	0.0000000001	60.54	2.22E+05	2.2194E-05	563	40,450
0.10100	0.11350	0.10725	0.0125	100	3	0.0000000001	64.41	2.67E+05	2.6728E-05	468	40,918
0.11350	0.12600	0.11975	0.0125	100	3	0.0000000001	68.07	3.15E+05	3.1534E-05	396	41,314
0.12600	0.13850	0.13225	0.0125	100	3	0.0000000001	71.53	3.66E+05	3.6598E-05	342	41,656
0.13850	0.15100	0.14475	0.0125	100	3	0.0000000001	74.83	4.19E+05	4.1907E-05	298	41,954
0.15100	0.16350	0.15725	0.0125	100	3	0.0000000001	78.00	4.75E+05	4.7451E-05	263	42,217
0.16350	0.17600	0.16975	0.0125	100	3	0.0000000001	81.04	5.32E+05	5.3220E-05	235	42,452
0.17600	0.18850	0.18225	0.0125	100	3	0.0000000001	83.97	5.92E+05	5.9206E-05	211	42,663
0.18850	0.20100	0.19475	0.0125	100	3	0.0000000001	86.80	6.54E+05	6.5400E-05	191	42,854
0.20100	0.21350	0.20725	0.0125	100	3	0.0000000001	89.54	7.18E+05	7.1797E-05	174	43,029
0.21350	0.22600	0.21975	0.0125	100	3	0.0000000001	92.20	7.84E+05	7.8389E-05	159	43,188
0.22600	0.23850	0.23225	0.0125	100	3	0.0000000001	94.79	8.52E+05	8.5172E-05	147	43,335
0.23850	0.25100	0.24475	0.0125	100	3	0.0000000001	97.31	9.21E+05	9.2140E-05	136	43,470
0.25100	0.26350	0.25725	0.0125	100	3	0.0000000001	99.76	9.93E+05	9.9288E-05	126	43,596
0.26350	0.27600	0.26975	0.0125	100	3	0.0000000001	102.16	1.07E+06	1.0661E-04	117	43,714
0.27600	0.28850	0.28225	0.0125	100	3	0.0000000001	104.50	1.14E+06	1.1411E-04	110	43,823
0.28850	0.30100	0.29475	0.0125	100	3	0.0000000001	106.79	1.22E+06	1.2177E-04	103	43,926
0.30100	0.31350	0.30725	0.0125	100	3	0.0000000001	109.03	1.30E+06	1.2960E-04	96	44,022
0.31350	0.32600	0.31975	0.0125	100	3	0.0000000001	111.22	1.38E+06	1.3759E-04	91	44,113

انځور 11-81 د درز د ودی پر مخ تګ

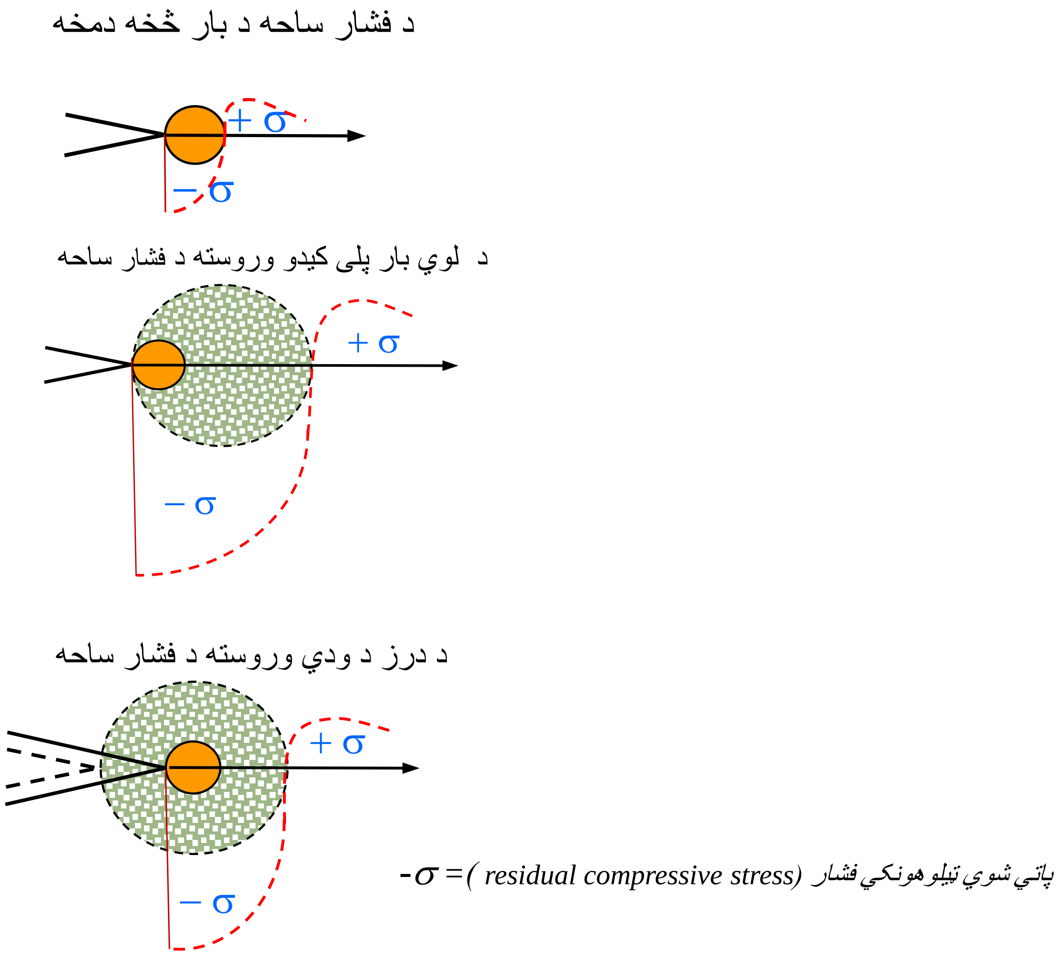
11.53 د لوړو او ټیټو بارونو اثر اود درز د پرمختګ ورو کول (Load Interaction (Retardation

کله چې یو لوړ فشار په دوامداره بار کې شتون ولري ، د درز وده سمدلاسه د لوړ فشار عمل څخه وروسته د نظر د لوړ فشار مخ په پرتله خورا ورو کیږي.

د درز وده کیدی شي چې د ٤-٥ فکتور په اندازه کمه شي. د لوړ بار وروسته په تدریجي ډول د درز اصلي وده بیا پیل کیږي. دا پدیده د شا تګ (Retardation) په نوم پیژندل کیږي. د درز ودی تحلیل د یو تغیر وړ بار لپاره او د متغیر بار اثر او اغیزه بدون د شا تګ (retardation) اثر معلومول امکان نلري. د یو لوړ بار شتون د جوړښت په موادو کی په عوض د کشیدو د تیلوهلو (Compression)

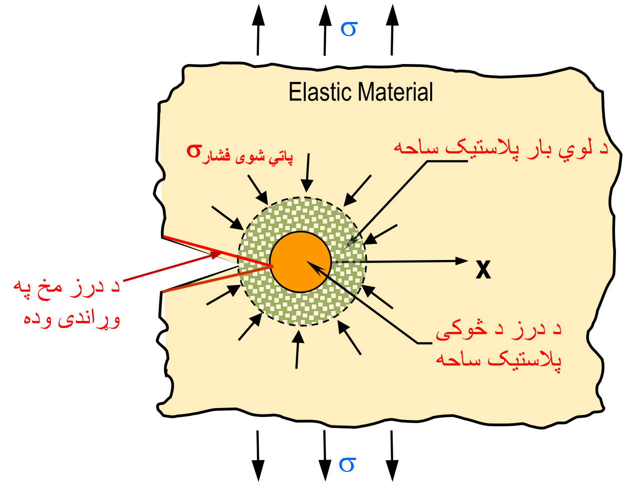
حالت راولي. دا به ښه وی چې د لوړ بار (Overload) تاثيرات چې په نامه د ريتارديش (Retardation) ياديږی دلته توضيح شي.

د درز د څوکی سره د پلا ستيک سيمي اندازه د پلی شوی بار اندازي پوري تړاو لري.



انځور   82-11   د لوړلو او ټيټو بارونو اثر د درز په وده باندي

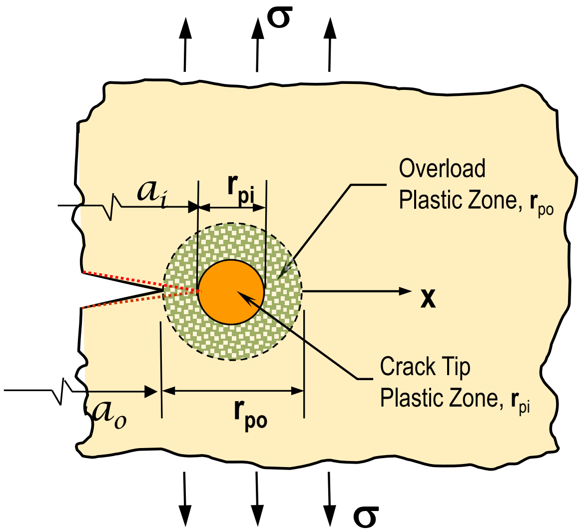
د لوی بار پلی کيدو وروسته، د نوي را مينځته شوي پلاستيکی ساحي بهر السټيکي مواد (Elastic Material) هڅه کوی خپل پخوانی حالت ته و خوځيږي. او په نتيجه کی السټيکی مواد د پلاستيک ساحی موادو کي پاتي شوي فشارونه جوړه وي.



انځور 11-83 د لوړبار اثر د پلاستيک ساحی جوړه ول درز مخ کي

ويلر د شاتګ موډل (Wheeler's Retardation Mode):
په هغه لحظه کی چی لوي بار پلي شي د درز شا تګ اعظمی حد کی وی ، او کله چی درز وده وکړي شاتګ مخ په کميدوکيږي.

شاتګ اغيزه پای ته رسيږي کله چی (ϕ = 1.0) د پلستيک ساحه د بار له جوړه شوی پلاستيک ساحی څخه ډير شی. د درز نوی اندازه داسی محاسبه کيږي:



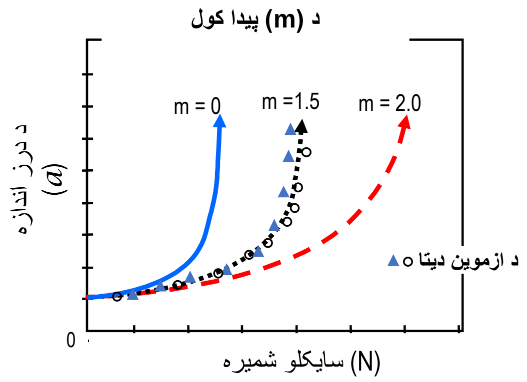
انځور 11-84 د لوړبار اثر د پلاستيک ساحی جوړه ول درز مخ کي

$$a_{j+1} = a_j + \phi_j \Delta a_j \qquad (11.128)$$

پدی معادله کی د (ϕ_j) ارزښت داسی محاسبه کيږي:

$$\phi_j = [\frac{r_{pj}}{r_{p0} - (aj - a_0)}]^m \qquad 0.0 < \phi_j =< 1.0 \qquad (11.129)$$

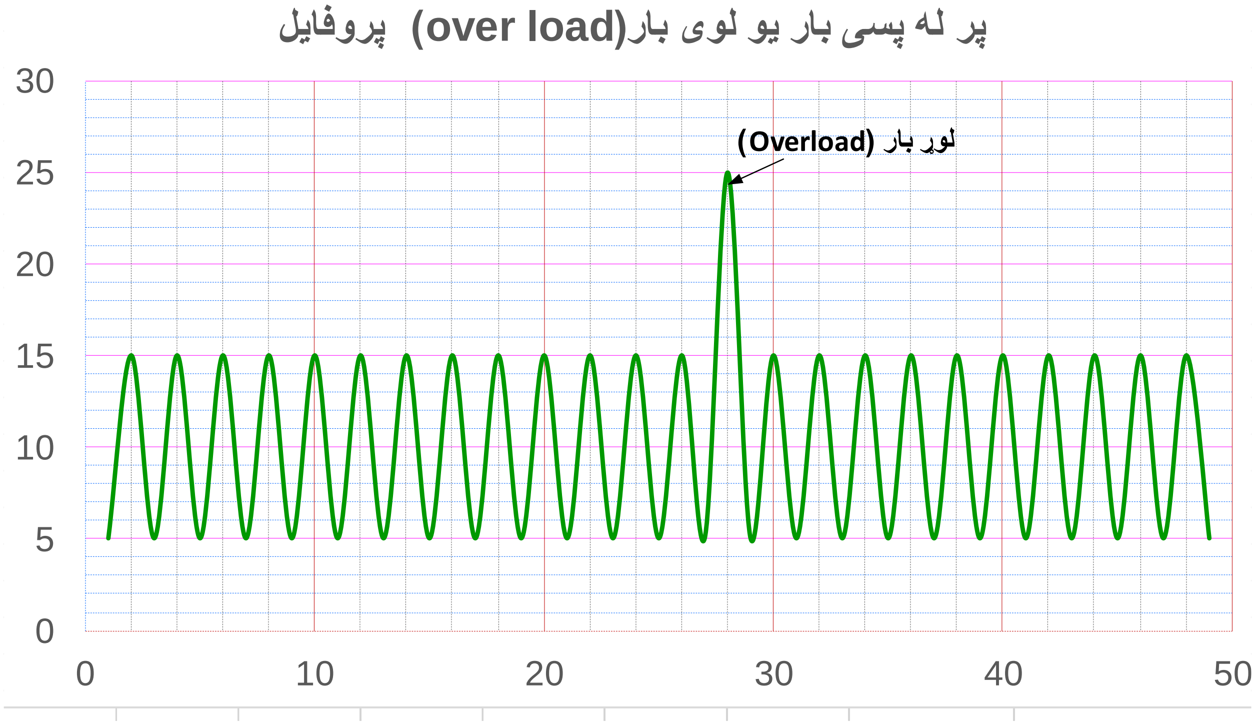
پدی معادله کی د (m) ارزښت د موادو ازموینی ارقامو او د پلی شوی بار معلوماتو په اساس لاس ته راځي.



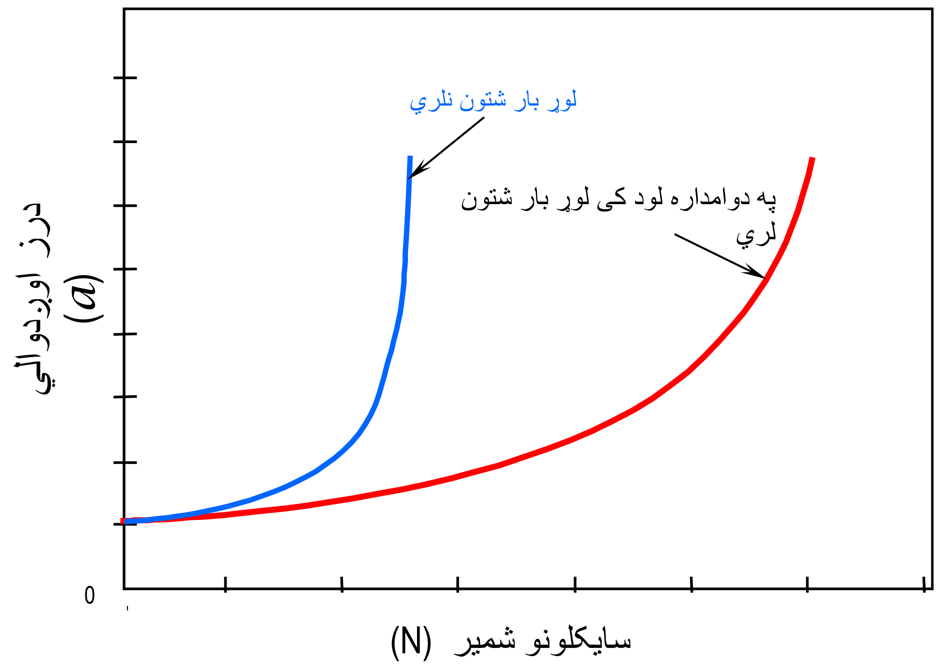
انځور 11-85 د (m) ارزښت د ازموینی او تحلیل له ارقامو

11.54 د بار متقابل عمل- لوی بار او وړوکی بار (Overloads/Underloads)

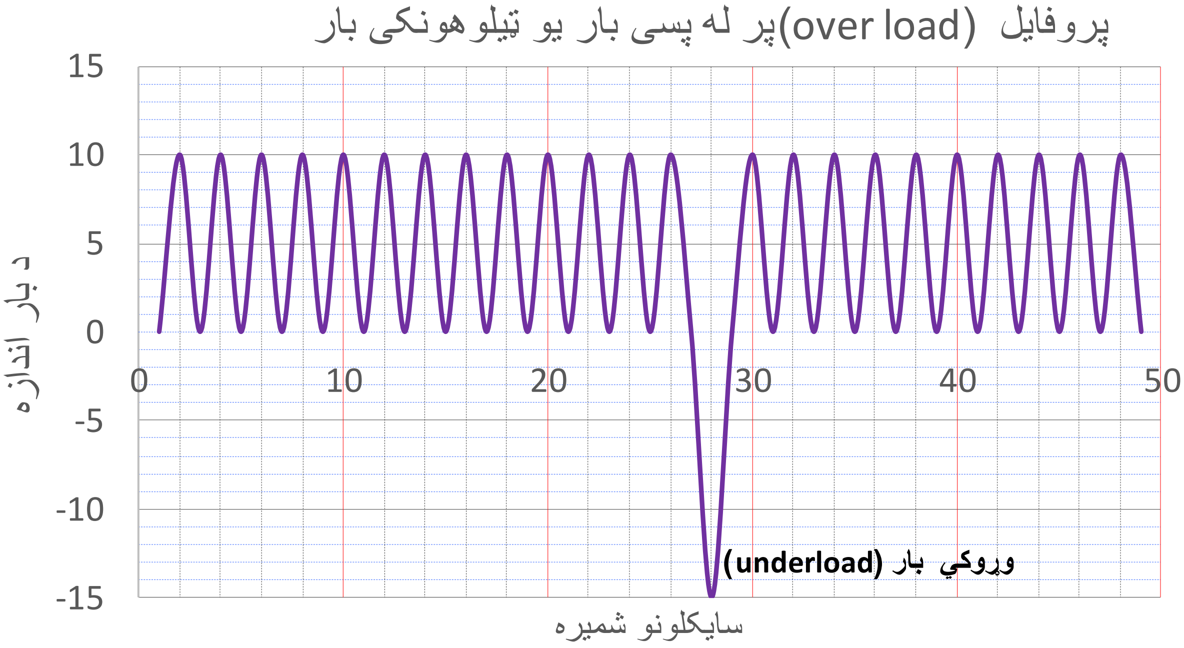
کشش لوی بار (Tensile overloads) د درز ودی مخنیوي کوي او تیلوهلو (Compressive underloads) وړوکی بار کولاي شی د درز وده ګړندی کړي.

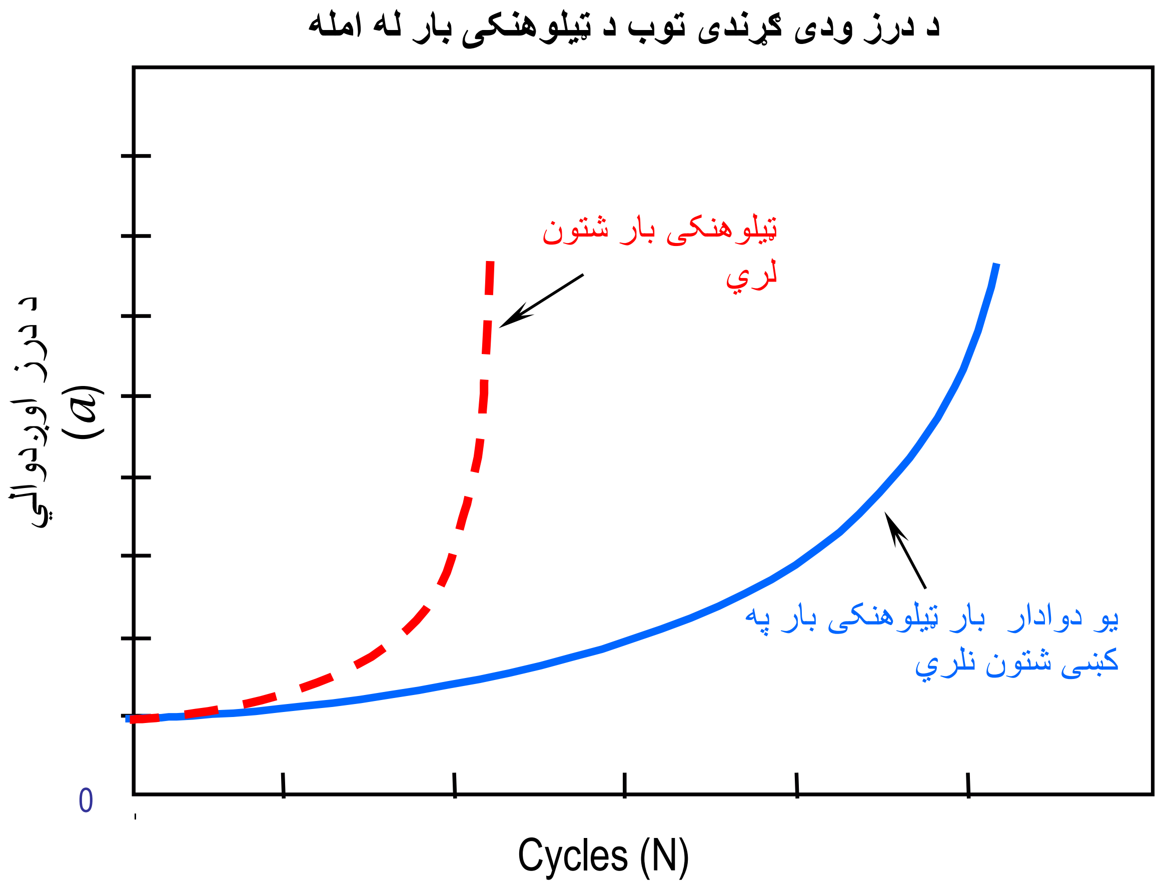


انځور 11-86 د لوړ بار بشودل په یو پر له پسی بار کي



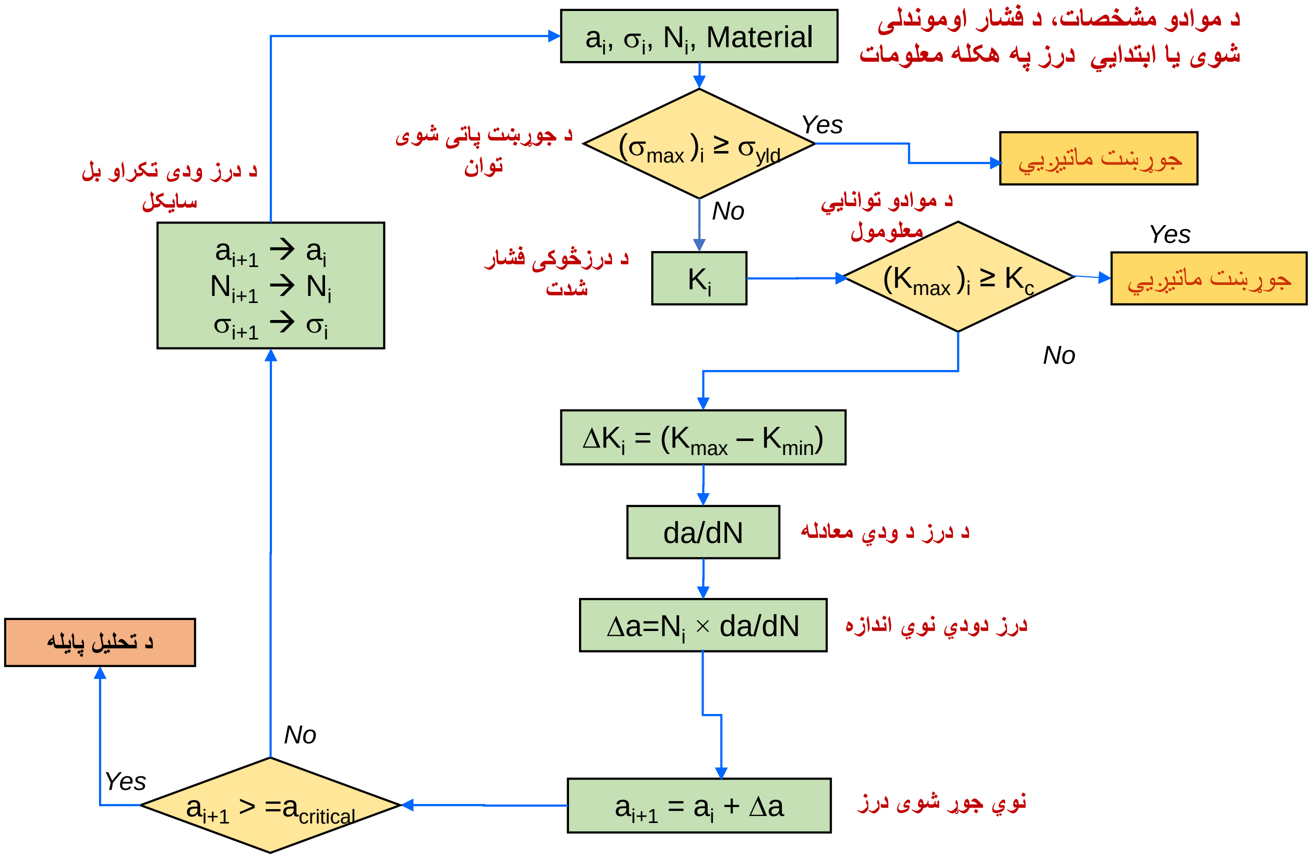
انځور 11-87 د درز وده د لوړ بار او کله چې شتون ونلری





انځور 11-88 د درز وده د تیلوهنکي بار او کله چې شتون ونلری

د درز د ودی پروسه پدی لاندی گراف تفصيل شوي او کيدی شي چی ددي گراف په اساس کمپيوتری پرگرام جوړ شي او د کرک وده معلومه شي.



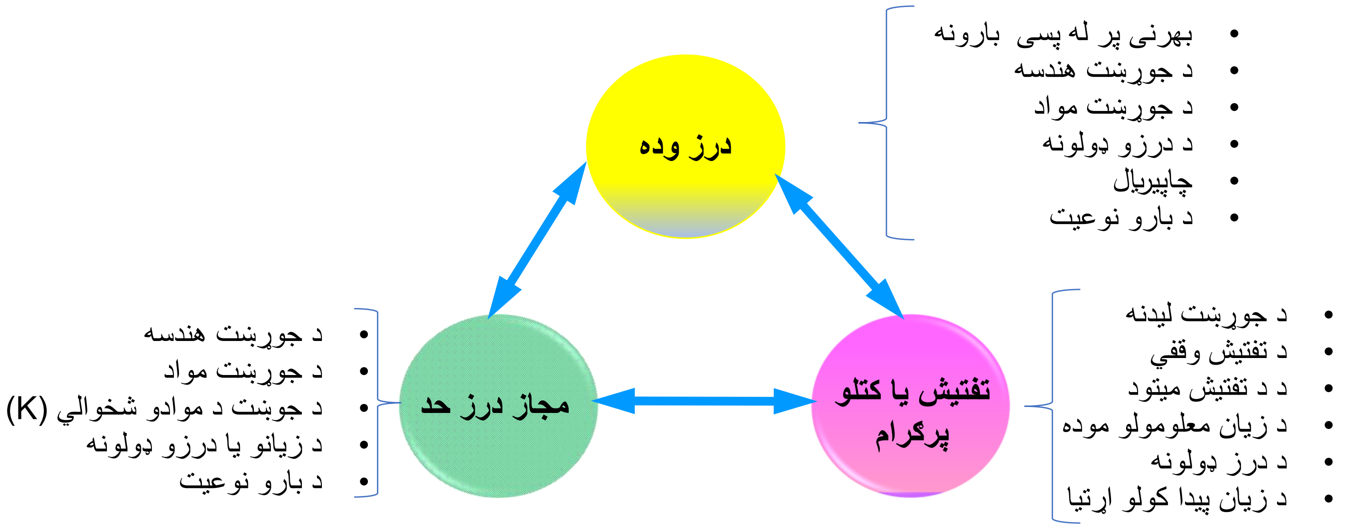
انځور 11-89 د درز د ودي فلو چارت

11.55 د جوړښتونو کتنه یا تفتیش

د یو جوړښت خوندیتوب او د زیان زغمل د دیزاین په داسی تګ لاره ولاړ دی چی د زیان په شتون کي جوړښت خوندي او د کار اخستلو وړ پاتی شي. په دې اساس انجینر دا ګمان باید وکړي چې نیمګړتیاوې په ټولو بحراني موقعیتونو کي شتون لري او دا نیمګړتیاوې به تر راتلونکي لیدني دورې په جریان کي وده وکړي. دا پروسه د نیمګړتیاو اندازو ته اړتیا لري او حدود یی (د درز اوږدوالي او شمیر یي) باید اندازه شي. ساحې باید تفتیش شي . د تفتیش سیستمونه په احتمالي شرایطو سره د درز یا کریک کوچني اندازې را څرګندی کړي. هیڅ تضمین نشي کیدی چی د NDI په واسطه به ټولې نیمګړتیاوې کشف شي.

یو انجینر باید دا په نظر کی ونیسي چی د لیدو یا تفتیش وسایلوله توان (NDI- Nondestructive Inspection) ښخه لوی درزونه احتمال لری چی ونه موندل شي او هغوی به تر راتلونکی کتني د مخه خطر ناک حد ته وده وکړي. پس د جوړښت د ړنګیدو احتمال ارتباط نیسي د درز د کتنی په وسیله او میتود او د هغه د پیدا کولو احتمال سره.

د جوړښت تفتیش او بیا کتنه دری بنستیز اړخونه لری او هغه پدی لاندی انځور کی خلاصه **شوي**



انځور 11-90 د درز تفتیش دری پایي

یو انجینر باید دا په نظر کی ونیسي چی د لیدو یا تفتیش وسایلوله توان (NDI- Nondestructive Inspection) ښخه لوی درزونه احتمال لری چی ونه موندل شي او هغوی به تر راتلونکی کتني د مخه خطر ناک حد ته وده وکړي. پس د جوړښت د ړنګیدو احتمال ارتباط نیسي د درز د کتنی په وسیله او میتود او د هغه د پیدا کولو احتمال سره.

دا لاندی یو لړ د کتني (NDI) میتودونه دی:

- ایدیی جریان (Eddy Current)
- آلترا سانیک (Ultrasonic)
- رادیو گرافی (Radiography)
- پینیتر ینت (Penetrant)
- د سترگو لید (Visual)

11.56 د سترگو لید کتنه

د تفتیش لومړني میتود دی چې د کیفیت کنټرول او د شتمنیو ساتنه کې ور ځیني کار اخیستل کیږي.

دا د سترګو لیدنه او تفتیش دی چې بدون د ان ډی آی تجهیزاتو کارولو سره نیمګړتیاوې په جوړښت کې پیدا کیدي شی. د سترګو لټون د لید معاینه کولو ترټولو عام میتود دی

11.57 د ایدی جریان (Eddy Current)

په جوړښت کی نیمګړ تیاوی د ایدی جریان او د بریښنایی مقناطیسي تحرک په اساس کشف وي.

بریښنایي اغیزو حد (Electrical Impedance) د هغه مخالفت اندازه کول چې سرکت یا د سرکت برخه یی بریښنایی جریان ته وړاندی کوي. بریښنایي اغیزو د بدلون حد په مقناطیسي کویل (coil) کی نظر په د موادو خاصیت (metallurgical) تغیر مومي.

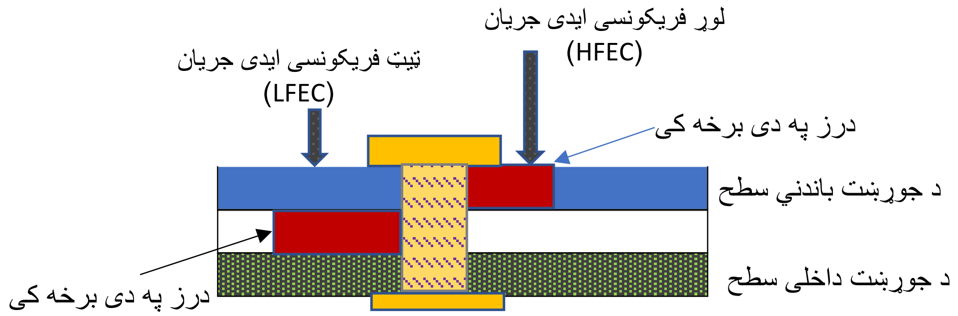
ډ ایدی جریان د کتنی وسیلی په ذریعه کیدی شی چې د جوړښت سطحی اوپه سطحه کی داخل درزونه کشف شي.

ایدی جریان دوه ډول دي یو یي د لوړي فرکونسی په نامه او بل د ټیټي فریکونسي جریان

په نامه یادول کیږي.

کله د ایدی بریښنایي جریان له مقناطیسی کویل (coil) او د جوړښت له موادو تیرشي او که چیری د جوړښت په موادو کی کوم زیان راپیدا شوی وي پدی جریان کی د بریښنایي اغیزو له امله د بدلون احساس او په جریان کی تغیر راځي. دا بدلون په دی معنی چې په جوړښت کی زیان شتون لری. او له دی لارې رامینځته شوي زیان او نیمګړتیاوې په جوړښت کی کشف کیدی شي.

ایدي جریان رامینځته شوي زیان په جوړښت کی د مقناطیسي کویل (coil) بریښنایي اغیزو د بدلون احساس کولو چې نظر په د موادو خاصیت (metallurgical) له امله تغیر مومي له لارې نیمګړتیاوې کشفوي



انځور 11-91 د درز تفتیش د ایدی په واسطه

11.58 الټراساؤنډ کتنه (Ultrasound Inspection)

کله چی د الټراسانک لوړ فریکونسی څپي د جوړښت له یوی برخی تیری شی د لوړو فریکونسی څپو انعکاس په څارلو سره نیمګړتیاوې موندل کیدی شی. که چیری د لوړو فریکونسی څپو انعکاس تغیر ومومي دا پدی معنی چی د جوړښت پدی ساحه کی نیمګړتیا شتون لري.

11.59 راډیوګرافی کتنه (Radiographic Inspection)

د ایونایزې وړانګې د جوړښت برخې له بشپړه ضخامت څخه نفوذ کوي، او د ضخامت پر برعکس اړخ کی ایکس رې فلم یا ډیجیټل کشف کونکی وسیله کېښودل کیږي . پدی ډول د ایکس وړانګې تولید کوي . که چیری په جوړښت کی داخلی نیمګړتیاوی وی موندل کیداې شي.

11.60 فلورسنټ پینیټرانټ کتنه (Fluorescent Penetrant Inspection)

د فلوروسینټ رنګونو نفوذ او جذبیدلو په واسطه سطحی نیمګړتیاوی (درزونه) پیدا کیدلی شي. په مات شوی سطحه کی مایع جذب پیدا کوي او پدی ډول د درزونو شتون څرګندوي او درزونه کشف کوي.

هر میتود د ځانګړي فزیکي اصولو په کارولو سره په جوړښت کی نیمګړتیاوی کشف کوي. دا د NDIمتخصص مسؤلیت دی چي په جوړښت کی د نیګړتیاوو کشف لپاره د NDI مناسب میتود مشخص کړي. هر میتود د یو مشخص جوړښت تفتیش ترسره کولو لپاره ګټي او محدودیتونه لري چي باید په پام کي ونیول شي .

دولسم فصل

د جوړښت د تحلیل پایلی راپور لیکنه
(Final Report of Structural Analysis)

12.0 راپور لیکنه

دا لاربنود د جوړښت د تحلیل راپور لیکني لپاره دی. دلته ښودلکیری چی راپور لیکنه کوم ډول اړتیاوې لري او د راپور مینځپانګي لپاره وړاندیزونه کوم دي .

مهمه ده چې راپوربنایی دقیق ، لنډ ، او د لوستلو وړ وي ، تر څو وکولاي شی د جوړښت د ژوند او بشپړتیا لپاره د رسمي سند په توګه ورځینی کار واخیستل شي.

یو ښه مستند شوی د تحلیل او څیړنی راپور هغه دی چې د هرچا لخوا کوم چې د جوړښتونو په ډګر کې پوهه ولري په آسانی لوستلي او مطالعه کیدی شي مګرهغه جوړښت چې تحلیل یې دلته شوی وربادنی بلد ندي.

12.1 د راپور هدف

د راپور هدف د داسی سند برابرول او چمتو کول دی چې د جوړښت د بشپړتیا او د ژوند سالمی مودي د تصدیق لپاره ورځینی کار واخیستل شي.

12.2 راپور مینځپانګه

د راپور مینځپانګي باید د جوړښت ډیزاین او د ژوند د سالمی مودی معلومات ولری. د تحلیل محاسبې شوي شمیري او میتودونه روښانه او د مسؤل انجینرانو لخوا تایید شوی وی. د تحلیل ټول راپورونه باید سپیځلی، د منل شویو لارو سره سم، او په اسانی سره د لوستلو وړ وي.

12.3 د تحلیل حد او اندازه

ټول جوړښتونه چی بار وړی باید تحلیل شي. هغه ټول جوړښتونه چی په اسمبلی ډراوینګ کی لیست شوی باید تحلیل شي او په راپور کی یې تحلیل ته ځای ورکړل شي. په تحلیل کې کوم د پام وړ داخلي

بارونه چې ترى ګټه اخستل شويې په راپور کې ښايي په لنډه توګه وښودل شي. د داخلي بارونو جلا راپورونه (لکه د فاينت ايليمنت اناليسيز) د پروژې د انجينر لخوا د جوړښت د ژوند تر پايه ساتل کيږي او د هغې کاپي د ټاکل شوي د جوړښت مشر يا د هغه له استازي سره هم بايد و ساتل شي .

تکراري جوړښتونه (لکه بيم، کالم، او داسى نور) د هرې ډلې خورا مهم بار وړونکي جوړښت تحليل سره يوښل کيدى شي. د ټولو برخو نمبرونه يا نمونه په يوه لنډيز جدول کى سره د دوى له حساسو بارونو چې د ورته والي لخوا يوښل شوي د راپور په هغه برخه کې شامل شي چيرې چې خورا مهم برخه تجزيه کيږي. د ورته جدول هدف دا دى چې راپور لوستونکي ته اجازه ورکړي چې لودونه يا بارونه پرتله کړي ترڅو داډ ترلاسه کړي چې خورا مهم اړخ تحليل شوى ، او همدارنګه که چيري کوم وخت تغير په بار کى راشى د خونديتوب درجه په ګړندي توګه چمتو او معلومه کړي .

$$\text{د خونديتوب حد (Margin of Safety)} = \left(1 - \frac{\text{قبول شوى ارزښت}}{\text{د تحليل پيدا شوى ارزښت}}\right)$$

د جوړښت هغه برخې چې د تحليل کونکو لخوا غير ساختماني يا بار وړونکى نه ګڼل کيږي ، نو بايد د راپور په يوه جلا برخه کې په ګوته شي چې ولې دوى غير ساختماني ويل شوي .

12.4 د شننې تفصيل

د تحليل هر راپور بايد روښانه ، لنډ ، لوستلو وړ، او بشپړ وي. دا بايد د ستونزې کتنې سره پيل او د توضيحاتو لاندې کار وکړي. راپور بايد دا لاندې ښودل شوي برخې ولري:

a. هغه څه چې تحليل کيږي ، د برخې شميره ورکول ، د سلسلې کولو ترتيب ، موادو نوعيت ، او داسې نور بايد توضيح شي..
b. ولې دا تحليل کيږي.
c. دا څنګه شننه کيږي (ميتودونه)
d. کارول شوي بارونه او هغوى څه ډول پلي کيږي (ټل شرايط او مآخذ ورکړئ).
e. محاسب او د ستريس او اجازتونو جدولونه.
f. وروستى پايلې (د خونديتوب حدونه چې د حد يا حتمي بار په واسطه چې دوه ځله لاندې يې کرښه ليکل شوي. همدارنګه د بار ډول او شرايطو حالت يې) .

12.5 تکراري محاسبات

ټولې تکراري او ساده محاسبې بايد له مينځه ويستل شي. په هرصورت يو نمونه محاسبه بايد لومړى ځل وښودل شي چې اړتيا ورته وي او ورپسې محاسبې د جدول يا ګرافيکي په شکل لنډيز کيدى شي.

ښودل شوي ټول ارقام بايد د هغه معلوماتو څخه د محاسبې وړ وي چې هغه په راپور کى ورکړل شوي يا د ياد شوى ريفرينس په واسطه ورکړل شوي. هغه ارقام چې پرته د حساب ورکونې څخه ښودل

شوي لكه د كمپيوټر پايلې ،د جوړښت د مقطع ارزښتونه، د برخې حالتونه ، او داسې نور بايد د ورکړل شوي شميرو لپاره اساس ولري تر څو دوی و موندلی شي. د شميرو ابعاد په عنعنوي واحدونو سيستم وښودل شي.

د ارقامو ساده کول يا بل لوي شميری ته نږدی کول (round off) غير لدې چې محاسبه يې په راپور کې ښودل شوی وی سمه نده. يوځل چې يو شميره وټرل شوه ، په راپور کی په منظم ډول تر آخرهغه وساتي. د تکرار وړعين شميرې لوستونکي ته ډاډ ورکوي چې په ارزونه کې سم ارزښت کارول شوی .

12.6 د ملا تړ تحليل نوټونه

د ملاتړنوټونه چی په راپور کی ندي وړاندې شوي د هغه بشپړ دوسيه بايد د اصلي انجنيرئ لخوا د بياکتنې لپاره د فشار تحليلي پرسونل لخوا وساتل شي. دا ملاتړ شوي تحليل نوټونه بايد تر هغه وخته خوندي پاتی شي تر هغه چې جوړښت ژوند بشپړ کړي .

12.7 د راپور فارمت

دا ضرور دی چی د راپور معلومات په يو ثابت او مشخص فارمت وړاندې کړل شي. لاندې پراګرافونه د راپور ليکلو او ترتيب په اړه معلومات ورکوي چې د فشار راپور لپاره بايد وکارول شي.

12.8 د جوړښتونو د راپور ليکنې ترتيب

د فشار تحليلي راپورونه بايد لاندې مادي په ترتيب سره ولري. پدې هر يوه کې د مينځپانګو په اړه معلومات په لاندې برخو کې ورکړل شوي دي .

a. سرليک مخ (Title Page)

b. خلاصه (Abstract)

c. فهرست (Table of Content)

d. د نښانو جدول (Table of Symbols)

e. د خونديتوب لږترلږه حدونه (Minimum Margin of Safety)

f. مؤخذونه (References)

g. سريزه (Introduction)

h. د بار د شرایطو لنډیز (Summary of Load conditions)

i. د موادو خاصیتونه او د منلو وړ اندازه (Material Properties and allowable)

j. د ازمویني پایلو لنډیز (اختیاري) (Summary of Test Results)

k. تفصیلي تحلیل (د راپورمهمه برخه) (Detailed analysis- body of the report)

l. ضمیمې (Appendices)

12.8.1 سرلیک پاڼه

د راپور سرلیک پا ڼه په څرګند شکل د راپور د ټاکل شوی شمیره او د بیاکتنې یاداشتونو ، د سرلیک ویل، د لیکوالانو نومونه او د اداری تصویب ، او د خپروني نیټې پورې اړوند دي. د سرلیک پا ڼه لپاره وړاندیز شوی فارمت په لاندی انځور کې ښودل شوی.

د راپور ټاکل شوی سرلیک باید د راپور مینځپانګې توضیح کړي او باید لنډ او توضیح کیدونکی وي. دا باید مشخص ، ځانګړی ، او

لنډ وي. مخففون باید پرته له تعریف څخه په سرلیک کې ونه کارول شي .

سر لیک پاڼه

لیکونکي:________________________

تصویب شوی: ________________________

تصویب شوی: ________________________

تصویب شوی: ________________________

بیا کتنه	نیته	د بیا کتندوی نوم	د راپور صفحې	ملاحضات او څرګندونی

12.8.2 خلاصه

خلاصه د راپورعمده ټکي وړاندې کوي .په لوستلو سره يي اصل مطلب مشخص کيږي اولوستونکي پريکړه کولاي شي چي آيا راپور له پيل څخه تر پای ولولي ، يا يوازې څو برخې يي ولولي، يا يې په راتلونکې نيټه وروسته ولولي.

انځور 12.1 سرليک پاڼه

په عمومی توګه د راپور خلاصه او د مطالبو فهرست پاڼه ډير لوستل شوی برخی دي.

د سرليک پا ڼه اود مينځپانو ترکيب لوستونکي ته څه شی چي په راپور کی دی ښه لمړنی معلومات ورکوی.

د راپور خلاصه بايد يو لنډ پراګراف وي چي د جوړښت د تحليل دليل، د طريقو په اړه معلومات ، اصلي موندنی ، پايلی، او وړانديزونو په هکله روښانه ښودنه وی. تاريخي معلومات ، ورځني کړنلارو توضيحات ، يا د پايلو اوږد بحث بايد ونشي. ښايی يواځی حقايق او يولړ هغه څه پکې شامل کړئ کوم چي نوي او مهم دي.

12.8.3 ليک لړ يا فهرست

ليک لړلوستونکيو ته هغه روش په ګوته کوي چي د راپور د موادو په تنظيمولو کې ورځينی کار اخيستل شوي او همدارنګه ښيی چي په کوم يا نه کي به ځانګړې برخه وعمومي. دا برخی په ترتيب سره د هری برخې سرليکونو د ليست له لارې عمومي ترتيب تعقيب کوي . ليست معمولا د لومړي - دوهم - سرليکونو څخه جوړ شوی لکه څنګه چي په لاندې انځور کې ښودل شوي. د دريم او څلورم - سرليکونو کارول بايد مخنيوی وشي ځکه چي دا د راپور عمومي شکل ډير تفصيلي او ګډوډوی.

<u>د راپور برخه</u> <u>د راپور پاڼه</u>

0.1	بياکتنه
0.2	خلاصه
0.3	د مندرجاتو جدول
0.4	د سمبولونو جدول
0.5	د بارونو ډولونه
0.6	خونديتوب اصغری ارزښتونه
0.7	ريفرينسونه
1.0	معرفي
1.1	عمومي
1.2	لسم پوړ فرش

12.8.4 د نښانو یا د سمبولونو جدول

ټول سمبولونه او مخففات چې په راپور کی کارول شوي وی باید په یوه جدول کی تعریف شي او د پلي کیدو په صورت کې ابعادي واحدونه یې هم وښودل شي. که چیری دوی تعریف نشي د بهرني ژباړې معرفي کولو ته ورته دي او دا د پام وړد ګډوډي لامل کیږي. که په ځانګړي ډول ورته سمبول چیری د څو تعریفونو لپاره وکارول شي، یو ځانګړی لیست ته اړتیا نه لري او دا په لومړي ځل په متن کې تشریح کیدی شي او لوستونکی د بیا څرګند کیدو په صورت کی کولی شي هغه په یاد ولری. که چیرې له یو څو ځایونه ډیر ښکاره کیږی نو بیا د ټولو سمبولونوسره د سمبولونو په جدول کې په ځای کیږی. د سمبولونو جدول د الفبا په ترتیب سره باید ترتیب او په لاندې لومړیتوبو کې تنظیم شي:

a. انګلیسي توري

b. یوناني توری

c. لاندی توري (Subscripts)

d. پورته خوا توري (Superscripts)

12.8.5 د خوندیتوب حد (Margin of Safety)

د لږترلږه خوندیتوب حد لنډیز په یو جدول کی و ښودل شي . د لږترلږه خوندیتوب حد لوستونکي ته د تحلیل پایلو نتیجه څرګندوي. یو وړاندیز شوی مثال په لاندی انځور کې وړاندې شوي. د دې ارقامو باید یادونه وشي چې د هرې برخې شمیره یوازې یوځل لیست کیږي حتی د دې له لارې ممکن د محاسبې لنډیز څو پرتلې وي او دا لږترلږه خوندیتوب حد په جدول کی د ډیزاین مهم حالت څرګندوي دی.

$$\text{د خوندیتوب حد (Margin of Safety)} = \left(1-\frac{\text{قبول شوی ارزښت}}{\text{د تحلیل پیدا شوی ارزښت}}\right)$$

12.8.6 ماخذونه

په راپور کې د ټولو هغو مآخذونو لیست چې به تحلیل کی تری ګټه اخستل شوی وی ښایي چې شامل شي ترڅو په تحلیل کې د معلوماتو سرچینې مستندی کړي. د مرجع لیست نمونه په متن یا انځور کی ښودل شوی. ټول اسناد چې ښودل شوی باید د لوستونکي لخوا په اسانی سره د قناعت وړ وي او په دودیزه توګه دا معلومات مطالعه کیدی شی. که چیری کوم انالیسس ته مراجعه کیږي ، اړونده معلومات باید د فشار په راپور کې شامل شي. که دا معلومات د راپورپه هغه ځای کې نشي داخل کیدی چیرته چې ورته اړتیا وه نو بیا ښایی راپور ته ضمیمه شي.

12.8.7 سریزه

د راپور سریزه لیکوال او لوستونکی ګډې پوهې ته رسوي ترڅو د هغه معلوماتو وړاندې کول یا تبادله کولو پروسه اسانه شي. لاندې معلومات پام وکړئ چې د راپور په سریزه کې شامل وي.

a. د راپور هدف
b. تاریخي شاه لید
c. د ډیزاین توضیحات ، اړتیاوې او بارونه.
d. د موندنو، پایلو نتیجه، او وړاندیزونو بیان.

د راپور سریزه برخه اوږدوالي باید لږ وساتل شي او په عین حال کی اړین معلومات روښانه بیان کړي. ډیری راپور لوستونکي ژر تر ژره د ډیرو الفاظو بیانولو سره بې حوصله کیږي

12.8.8 د بار شرایطو لنډیز

دا برخه د ټولو بارو تحلیل لپاره نده او د جامدو(Solid)، متحرک (Moving) ، حرارتي او داسې نورو احتمالي بارو شرایط نه تفتیش کوي تر څو د جوړښت لپاره خورا مهم بارونه مشخص کړي. پدې برخه کې د ډیزاین بارونو لنډیز او خلاصه ښودل کیږي . د راپور په دې برخه کې هغه بارونه ښودل کیږي چې د جوړښت د ډیزاین او تحلیل لپاره تری کار اخستل شوي. د لوډونو یا بارونو تفصیلي تحلیل به په یو جلا راپورکی وي او یا به د فشار راپور ته د ضمیمې په توګه شامل کیدی شی.

د بارونو لنډیز داسې وړاندې شی چې د دې په بیانولو سره بارونه له کوم ځای څخه راغلي دي ، د مثال په توګه د لوړ(High) ، متحرک (Moving) ، فشار ، او نورو له امله بارونه. که د لوستونکي لخوا ورته اړتیا وي ډاډ ترلاسه شي چې د ډیزاین او تحلیل لپاره ورکړل شوي بارونه د باور وړ دي.

12.8.9 د موادو خاصیتونه او مجازه ارزښتونو لنډیزیي

پدې برخه کې د موادو ټول هغه جایز خاصیتونو لیکل شامل دي چې په تحلیل کې د جوړښت دخوندیتوب د حد محاسبې لپاره کارول شوي. دا د لوستونکي لپاره د مرجع برخه ده، چې هغه کولی شي په اسانی سره معلومه کړي چې ایا د خوندیتوب حد ترلاسه کولو لپاره په تحلیل کې درست جایز خاصیت کارول شوي که نه. دموادو دټولو جایز ارزښتونو سرچینه به دلته لیکل کیږی تر څو د لوستونکي لخوا په اسانی سره ترلاسه شي.

12.8.10 د ازمويني پايلو لنډيز

پدې برخه کې د هغه ځانګړيو ازموينو پايلې شاملې دي چې ترسره شوي او د فشار اوسني تحليل ته معلومات چمتو کوي. يوازې د ازمويني لنډيز او پايلې بايد پدې برخه کې وښودل شي. پدې لنډيز کې هغه معلومات شامل وي چې څه ډول ازموينى شوي ، ولې ترسره شوي ، او پايلې يې کومې دى. دا ډيټا بايد راپور ته معلومات چمتو کړي. لکه د کارول شوي فاينايت ايليمنت ارتباط د داخلي بارونو په هکله او فشارونو ترلاسه کول ورځينى، او يا د وړ ډيټا رامينځته کول لکه د ځانګړي کالم ازموينې ، ځانګړي بولټ ازموينې ، او داسې نور. په واضح ډول د ازمويني راپور شميره او حتى د پايلې شميره وښودل شى که چيرې شتون ولري. دا بايد په ياد وساتل شي چې دا برخه اختياري ده او که ازموينى نه وى ترسره شوى دى برخې ته ضرورت نشته.

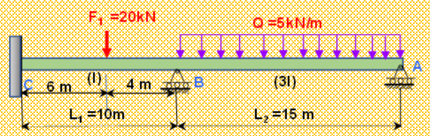
12.8.11 تفصيلي تحليلونه

د راپور پدې برخه کې د جوړښتونو مفصله شننه شامله ده. د مشخص تحليلونو چمتو کولو لپاره ځانګړي لارښود يا معيارونه د انجينرى دفتر له لارى بايد جوړ شى. د مفصل سترس تحليلي نمونې په لاندى انځور کې ښودل شوي. پادونه بايد وشي تحليل يو ځانګړى فارمت لري چې بايد د رسمي فشار تحليل لپاره تعقيب شي. د کارول شوي فارمت په اړه عمومي معلومات په وروسته برخو کې ورکول کيږي.

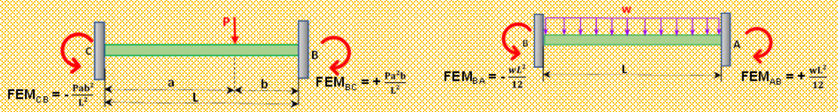
د انجينرۍ له ښه قضاوت څخه بايد هر وخت کار واخيستل شي ترڅو ډاډ ترلاسه شي چې د جوړښت برخه په بشپړ ډول تحليل شوې او د جوړښت د خورا مهم فشار ساحى موقعيت معلوم شوى.

د جوړه ونکی انجينر نوم: خدای نظر	**د جوړښت نوم د کابل ځارندوی پنځه پوريز وداني**	**پانی شميره: 4.10**
چيک کونکی نوم: جان محمد		راپور شميره:12 - BM
نيټه: 6/18/2021	دجوړښت برخی نوم: دپنځم پوړ فرش	ډراوينګ شميره:HI91-15600
		ياداشت: ژوندی او سکن بارونه له مؤخذ

بيم ABC د مؤمنت ډيستريبيوشن په طريقه:

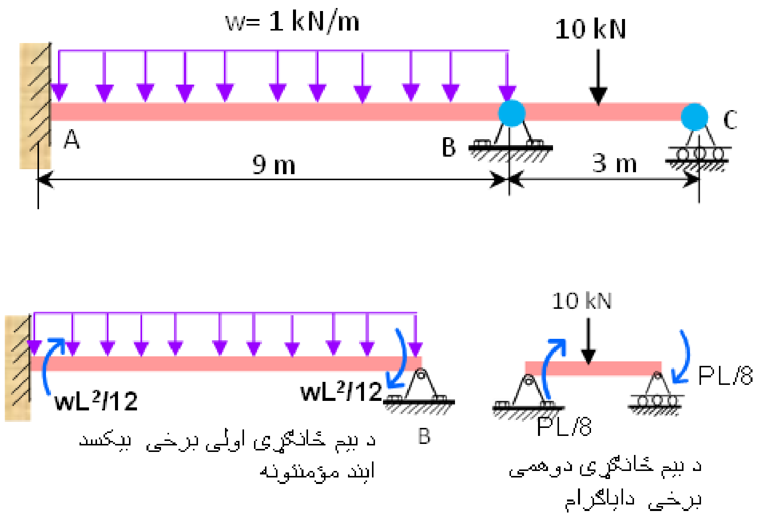


فيکسد اينډ مؤمنتونه:



$$FEM_{AB} = +\frac{qL^2}{12} = \frac{(5)(15)^2}{12} = +93.75$$

		-10.88		دريم سايکل
	3.59	7.29	-15.7	
1.8		-7.85		څلورم سايکل
	2.6	5.26	3.64	
1.3			-3.64	
		-1.82	2.63	پنځم سايکل
	0.6	1.22	-2.63	
0.3				
		-1.32	0.64	شپږم سايکل
	0.43	0.88	-0.64	
0.22	0.11	-0.32	0.44	
		0.21	-0.44	اوم سايکل
0.05				
2.93	73.03	-73.03	0	مجموعه دآخری مؤمنتونو



انځور 12.2 د جوړښت برخي

12.8.12 ضميمي

شاملي ضميمي د فشار تحليل لپاره ملاتړ کونکي ډيټا چمتو کوي. د تفصيلي بار تحليلي راپور د ملاتړ کونکو معلوماتو يوه برخه ده. لوستونکی عموما د ډيزاين بارونو سره علاقه لري چي د خونديتوب حد يې معلوم کړی او نه ادا چي ځنګه بارونه له دي ځخه حاصل شوی. په هرصورت ، که چيرې لوستونکی علاقه ولري نو بيا د بارونو تفصيلي تحليل د بياکتني لپاره بايد شتون ولري. په ضميمه کي دمخه موجود راپورونو اضافه کولو ځخه بايد مخنيوی وشي. په ځانګړي توګه که چيرې راپور په ضميمه کی ياد شوی وی او له بل ځای په آسانی سره د لاس راوړلو وړ وی. دا به د سترس تحليل کي کمک وکړي چي غير ضروري ډيټا د راپور حجم زيات نکړي.

12. 9 عنوان او سرليکونه

عنوان او سرليک بايد يوازي د راپور په سرليک پاڼه کي ځرګند شي. د فشار تحليل انفرادي پا نو کي د سرليک بلاکونه د برخي لومړي ترتيب سرليک چي په ليک لړ جدول کي ليست شوي لپاره دي.

د دوهم ترتيب سرليکونه ، لکه ځنګه چي د ليک لړ په جدول کي بنودل شوي ، بايد د پاڼي په بنی اړخ کي د برخي شميره سره ځای په ځای شي ، پرته له خط لاندي. دا سرليک به په هر پرله پسي پاڼه کي ځرګند شي تر څو د دې برخي تحليل بشپړ شی. د فشار تحليل کي نور سرليکونه بايد د تشريح کولو لپاره وکارول شي د مثال په توګه د لګ (Lug) انالييسس ، بولټ شتون ، او نور .

12.10 د پا ني او برخي نمبرونه

ټولی پا نی پرته له عنوان باید شمیرې ولري. د نقطی او برخی شمیره د پانی شمیرلو په سیستم کی کارول کیږي. لمړي موضوع (خلاصه ، د مینځپانو جدول ، او نور) د لومړی لسیزې نقطي دمخه د صفر سره شمیرل کیږي. د راپور په جریان کې برخه باید د لومړی لسیزې دمخه د صفر څخه په لوړ عدد ذریعه شمیرل کیږي. ضمیمي د لوی تورو په کارولو سره شمېرل کیږي(د الف ، ب ، او نور).

12.11 لیکنه

د فشار تحلیلي راپورونه اوسنی حالت کی د دریم کس د پاره لیکل کیږي . راپور باید په داسي ډول ولیکل شي چې ډیټا په منطقي ډول ترتیب شي لکه څنګه چې ورته اړتیا وي. لیکوال باید دا ونه ګڼي چې راپور لوستونکي د هغه په شان دومره پوهیږي چې هغه یې د جوړښت په هکله لري.

د راپورلیکلو اصلي دلیل د جوړښت تحلیل له پایلي د لوستونکیو خبرول دي. د دې هدف په پام کې ساتلو سره ، یو څه مهم شیان شته چې باید په یاد کی وساتل شي. د معنی دکه ژبه داسی وکارول شی چې په یو څو ټکیو سره ډیر جامع معلومت بیان کړی. دا یو علمی او تخنیکی لیکنه ده پرته له کوم ځنډ څخه حقایقو ته باید ورسیږي ، نو هغه ژبې ته اړتیا نلري چې ممکن په لنډه کیسه ، شعر یا شخصي مقاله کې کارول کیږي. جملې باید کافي توضیحات وړاندې کړي تر څو لوستونکي و پوهیږي چې څه پیښ شوي ، مګر دومره تفصیل نه ورکوي چې د لوستونکی لپاره ډیر درانه شي.

د داسی راپوررونو په اړه بل مهم ټکی دا دی چې دوی باید معمولا په دریم شخص او اوسني وخت بیان ګړي. دا پدې معنی چې باید شخصي ضمیرونه لکه "زه" یا "موږ" ونه کارول شي. او ټولې هغه کړنلارې چې تاسو یې په خپله مطالعه کې کارولې وي باید د هغه په اړه لیکل شوي وي لکه څنګه چې په اوسني وخت کې پیښیږي. هڅه وشي هغه ژبه وکارول شي چې هره کلیمه یو هد ف وړاندی کړی.

د فشار تحلیلي راپورونه ممکن په آخر کې ټایپ یا کیدی شیي په لاس لیکل شوي وي. که د لاس لیکل وکارول شي ، نو دا باید پاک او د لوستلو وړ وي او که دا ممکنه نه وی نو راپور باید ټایپ شي. په هر حالت کې ، راپور باید ثابت او مکمل وي کله چې تکثیر شي. دا باید په یاد وساتل شي چې د فشار تحلیلي راپور به شاید د جوړښت د کاری ژوند تصدیق لپاره د رسمي اسنادو په توګه وساتل شی.

12.12 د کمپیوټر تحلیل

د کمپیوټر تحلیل او پایلې به د ځینې شرایطو لاندې د فشار راپور کې د منلو وړ وي. د کمپیوټر حاصل شوی ارقام باید په بشپړ ډول د لیکوال لخوا تشریح شي ، لکه مخففات ، لنډیز ، کارول شوي طریقې، د جوړښت سرحدی شرایط، او داسې نور . د فاینات ایلیمنت ماډل باید تعریف شي ترڅو لوستونکی مهم عنصرونو او نوډ نمبرونه ومومي. د تحلیل لپاره هغه برخه چې د ډیری برخو ته ورته دي ، نو دا به اړ شي چې د لاس په واسطه لومړی محاسبات ترسره کړي ترڅو ټول هغه ملاتړ کونکي معلومات وښیي چې اړتیا ورته وي ، بیا د کمپیوټر کوډ د نورو ورته برخو لپاره چمتو کړئ ترڅود نورو برخو محاسبات تکمیل کړي. په هرصورت ، د کمپیوټر ټول حاصل شوی ارقام باید په دقت معاینه او وپوهیدل شي او په راپور کې ښایی وښودل شی چې د کمپیوټر ټولې حاصلې په خپلواکه توګه کنټل شوي.

د فاینت ایلیمنت ماډلونه د داخلي بارونو ، فشارونو ، او بیځایه کیدو لپاره د منلو وړ دي؛ په هرصورت ، د ماډل لیکوال باید پوه شي چې څنګه د کمپیوټر پایلې تشریح کړي او د ماډل لیکوال باید هغه له مخکیني او منلو وړ طریقو لخوا تصدیق شي .

12.13 سکیچونه

د فشار تحلیل سکیچونه باید د دې وړتیا ولري چې د لوستونکی له خوا پرته لدی چې اصلی نقشي په لاس کی ولری اویا یې ولولی ورباندی و پوهیږي. د تحلیل شوي جوړښت یوه نمونه باید چمتو شي تر څو لوستونکي ته لاندې معلومات ورکړي.

a. برخه کومه ده او څنګه ښکاري.
b. دا برخه د اصلی نقشی یا دراوینګ په کوم حصه کی موقعیت لري.
c. بهرنی بارونه په کوم ساحه کی پلي کیږي.
d. د عکس العمل بارونه یا د ټینګیدو ځایونه چیرته موقعیت لري. یو آزاد دایگرام چې بهرنی بارونه او ریکشنونه په سکیچ کی لیدل کیږي پکې شامل شي.
e. د نقشې ټولې برخې د نقشې شمیرې سره وښودل شي.
f. په تحلیل کې ټول ابعاد وښودل شی.
g. برخې او نقطې چې تحلیل کیږی سره له محوروونو په سکیچ کی وښودل شی.
h. په ښه پاک ډول سکیچ رسم کړئ.

12.14 د مآخذونو کارول

هر شکل، معادله ، او د تحلیل طریقه ښایی د هغې اصلیت ته په واضح ډول راجع شي. دې قاعدې ته یوازې استثناوې په لاندې ډول دي:

۱. عددونه ، معادلې ، طريقې او داسې نورچې په عين يا نه کې مونډل کيداې شي.
۲. د الجبراو مثلثاتو معادلې.
۳. د معلوماتو په جدول کی يو ځای د يادول شوی صفحی لپاره وساتي.

12.15 سمبولونه

a. لنډيزونه ، او ټول سمبولونه د ابعادو سره سره په متن کې معرفي کړئ. قبول شوی معياري سمبولونه او لنډيز وکاروئ.

b. هغه بارونه چې په تحليل کی کارول کيږي توضيحات يې د راپور په هغه برخه کی چې بارونه خلاصه شوی تعريف او ځای په ځاي کړي .

12.16 بيا کتنه يا چک کول (Check)

د راپور ليکوال او د هغونظارت کونکي به د تحليل تصديق کولو مسؤليت ولري. لاندې بياکتنه به اړين وي:

a. شمېرني محاسبې.
b. خپلواک تحليل (د غلطيو مخه نيول).
c. د تحليل طريقې (د تحليل طريقي او سرحدی حدودونو حالتونو په نظر کی نيول، او نور)
d. د لوډونو يا بارونو بشپړتيا (ټول بارونوحالتونو او د لوډونو تحقيق شوی).
e. د ليکلو وړتيا او لوستلو وړتيا. که چيری د لاس ليکنه د ويلو وړ نه وي ليکل به ټايپ ته اړتيا ولري .

د فشارونو انجينر چې دا بيا کتنه بشپړوي په هره پاڼه کې خپل نوم په هغه بلاک چې "لخوا چيک شوي" ليکل شوی لاسليک وکړي.

د راپور ليکوال سمدستي نظارت کونکی او هم د هغه لوړ جوړښت انجينر لخوا پورتنی لست شوی د ۳ له ۵ څخه په ځانګړي ډول وګوري او تصويب يې کړي. خپلواکي بيا کتنی بايد وهڅول شي ترڅو هغه غلطي ونيسي چې ممکن په ناڅاپي ډول مينځ ته راغلی وی. د بارونو خپلواک بيا کتنه په ځانګړي ډول مهم دی

12.17 مسؤل پرسونل

د راپور جوړه ونکي اداري يا سازمان مسؤل لوړ پوړي انجينر لاسليک به د راپور سرليک يا نه کې په "منظور شوي" بلاک کې ښکاره شي. دا تصويب په نښه کوي چې راپور جوړه ونکي اداري خپل مکلفيتونه پوره کړي. د تصويب مسؤليت په لاندې ډول دی:

a. د لیکوال نظارت کونکی مشر، د راپور مینځپانګې محتویاتولپاره مسؤل دی ، د لیکوال لاسلیک لاندې به د سرلیک پا ټه کې "منظور شوی" بلاک کی به خپل لاسلیک کړي. هغه باید یوازې وروسته له هغه چې ډاډمن شی لاسلیک وکړي کله چې د ټولو پا ڼوبیاکتنه تکمیل شي
b. د لوړې کچې مسؤل مدیر به د سرلیک په پا ڼه کی په "منظور شوي" بلاک لاسلیک کړي ترڅو دا تضمین وشي چې ټول مکلفیتونه پوره شوي .

12.18 راپور ته بیا کتنه (Revision)

کله چې د پام وړ د ډیزاین بدلون جوړښت ته رامینځته شی ، نو د فشار تحلیلونو نوی برخې به د هغه زړی برخې په عوض چې ډیزاین یی تغیرکړي په راپور کی بیا پلي شي. هغه نوري برخې چې لاهم په خدمت کې دي او تغیر پکښې ندي راغلي په راپور کی ساتل کیږي. د دواړو برخو شننه ، زړه او تعدیل شوی برخه، اغیزیې په واضح ډول باید وښودل شی. نوې شوې پا ڼې به د زړو برخو په شان باید وڅیړل شي.

کله چې په پخواني تحلیل کی د نوې میتودونو یا نوې ډیټا لپاره تغیرات رامینځته شي، دا نوي تحلیل او اصلې تحلیل دواړه باید وساتل شی. په هرصورت ، دا به اړینه وي چې په دواړو تحلیلونوکی د نوی او اصلی راپور مراجعه او بدلونونه په واضح ډول تشریح کړئ.

کله چې زوړ تحلیل په نوي کچه د نوي شنني لخوا بیا وکتل شي، نو د زاړه تحلیل پا ڼې به له مینځه ویستل شي او بیاکتل شوي نوي پا ڼې به په راپور کې دننه شي. نوې شوې پا ڼې به یوه یادونه ولري چې پا ڼې د" بیا کتنې "په نښه کولو سره بیاکتل شوې او دا به د "نیټې بلاک" لاندې د پا ڼې په پورتنی کونج کې د لیکوال نوم او نیټی سره وی. سربیره پردې ، پا ڼې ته بدلون به د بیاکتنې لیک سره د پاڼې په حاشیه کې عمودې تور لیک ولري. د بیاکتنې ټول لیکونه به د الف اوبا په ترتیب ساتي. بیاکتنه د سرلیک پا ڼه یا د بیاکتنې دوام پا ڼه کې هم یادونه شوې. د راپور لیکوال معمولا د توزیع لیست ساتلو لپاره مسؤل دی. کله چې یو اصلي راپور په رسمي ډول تمدید شي ، دې راپور ته نوې شوې پا ڼې باید پوښ ولري چې کارونکي ته لارښوونه ورکوي چې څنګه او چیرې پا ڼې داخل او یا حذف کړي.

12.19 د پا ڼې شمیره

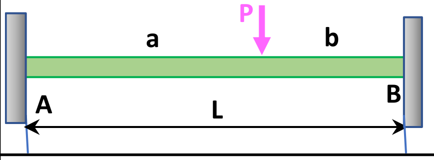
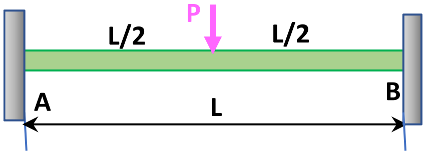
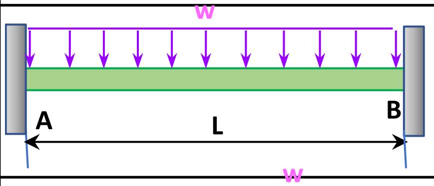
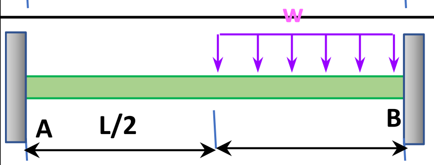
کله چې پا ڼې د راپور په پای کې اضافه کیږي ، نو په دوامداره توګه د پا ڼې شمیرو ته ادامه ورکول کیږی.

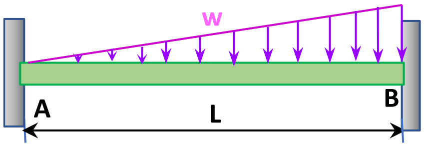
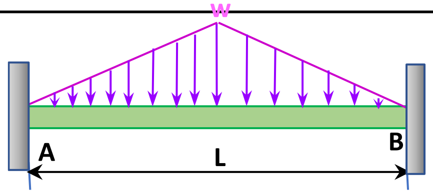
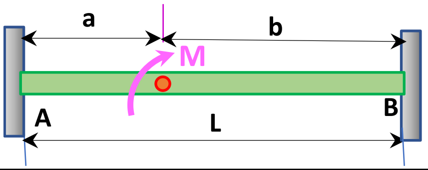
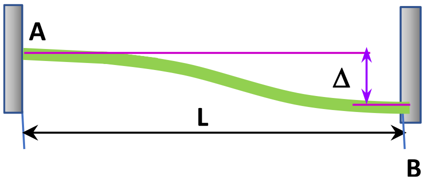
کله چې پا ڼې د راپور په مینځ کې اضافه کیږي ، نو په پرله پسې توګه یو نوی لسیز شمیره اضافه کړئ. د مثال په توګه ، د پاڼې 2.50 پا ڼې اضافه کیدل به 2.50.1 ، 2.50.2 ، او داسې نور وي .

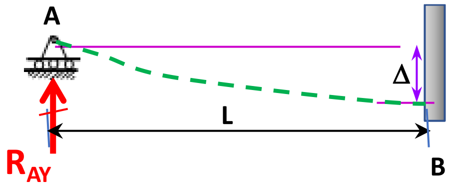
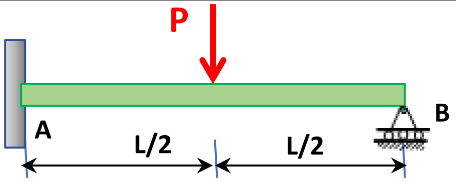
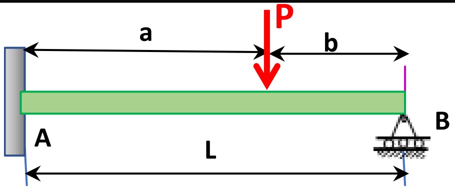
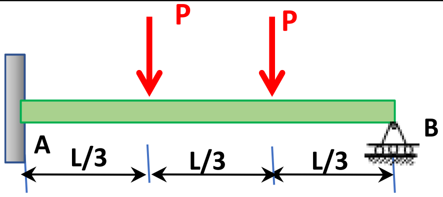
اپینډ یکس

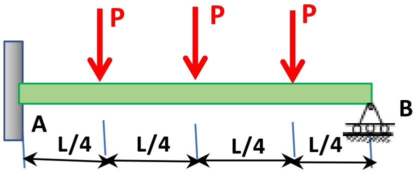
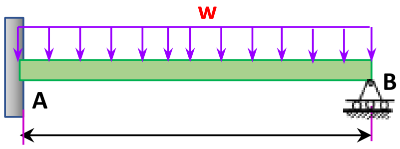
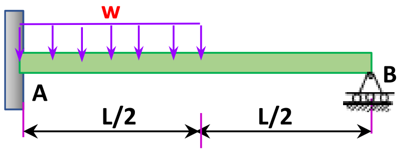
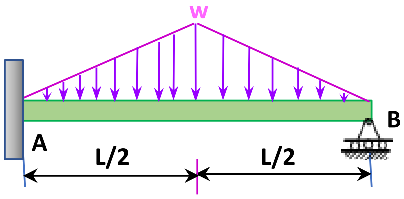
(Appendix)

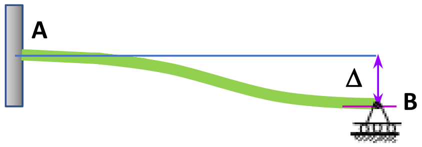
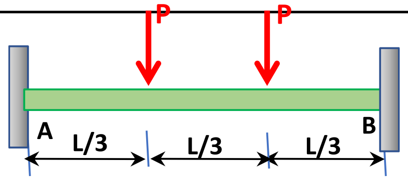
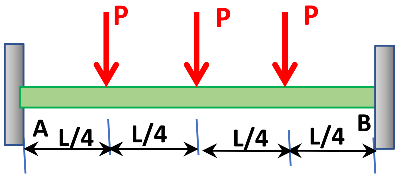
پدی اپینډیکس کی یو لړ فورمولونه چی ښایی د یو انجینر سره مرسته وکړي ځاي په ځاي شوي.

د فيكسد ايند مؤمنت ارز بنتونه	فيكسد ايند بيم
$FEM_{AB} = -\frac{Pab^2}{L^2}$ $FEM_{BA} = +\frac{Pa^2b}{L^2}$	
$FEM_{AB} = -\frac{PL}{8}$ $FEM_{BA} = +\frac{PL}{8}$	
$FEM_{AB} = -\frac{wL^2}{12}$ $FEM_{BA} = +\frac{wL^2}{12}$	
$FEM_{AB} = -\frac{5wL^2}{192}$ $FEM_{BA} = +\frac{11wL^2}{192}$	

د فيكسد ايند مؤمنت ارز بنتونه	فيكسد ايند بيم
$FEM_{AB} = -\frac{wL^2}{30}$ $FEM_{BA} = +\frac{wL^2}{20}$	
$FEM_{AB} = -\frac{5wL^2}{96}$ $FEM_{BA} = +\frac{5wL^2}{96}$	
$FEM_{AB} = +\frac{Mb}{L}\left(\frac{3a}{L} - 1\right)$ $FEM_{BA} = +\frac{Ma}{L}\left(\frac{3b}{L} - 1\right)$	
$FEM_{AB} = -\frac{6EI\Delta}{L^2}$ $FEM_{BA} = +\frac{6EI\Delta}{L^2}$	

د فیکسډ اینډ مؤمنت ارزښتونه	د بیم شکل
$FEM_{BA} = +\frac{3EI\Delta}{L^2}$	
$FEM_{AB} = -\frac{3PL}{16}$	
$FEM_{AB} = -\frac{P}{L^2}\left(b^2a + \frac{a^2b}{2}\right)$	
$FEM_{AB} = -\frac{PL}{3}$	

د فیکسد اینډ مؤمنت ارز بنتونه	د بیم شکل
$FEM_{AB} = -\frac{45PL}{96}$	
$FEM_{AB} = -\frac{wL^2}{8}$	
$FEM_{AB} = -\frac{9wL^2}{128}$	
$FEM_{AB} = -\frac{5wL^2}{64}$	

د فیکسد اینډ مؤمنت ارزښتونه	د بیم شکل
$FEM_{AB} = -\frac{3EI\Delta}{L^2}$	
$FEM_{AB} = -\frac{2PL}{9}$ $FEM_{BA} = +\frac{2PL}{9}$	
$FEM_{AB} = -\frac{15PL}{48}$ $FEM_{BA} = +\frac{15PL}{48}$	

<table>
<tr><th>د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه</th><th>ساده بیم: ثابت ویشلشوی لوډ</th></tr>
<tr><td>

$R_A = R_B = wL/2$

$V_x = w\,(L/2\ -x)$

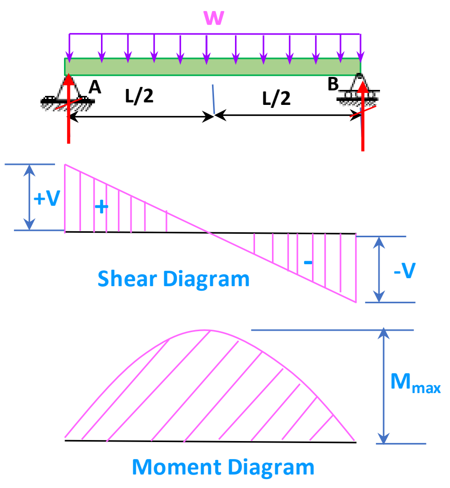
$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$

$M_x = \frac{wx}{2}\,(L-x)$

$\Delta_x = \frac{wx}{24\,EI}\,(L^3 - 2Lx^2 + x^3)$

$\Delta_{max} = \frac{5wL^4}{384\,EI}$

</td><td>



</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه</th><th>ساده بیم: ویشلشوی لوډتدریجي ډیروالي یویخوا ته</th></tr>
<tr><td>

$V_1 = R_A = w/3$

$V_2 = R_2 = V_{max} = 2w/3$

$V_x = \frac{w}{3} - \frac{w\,x^2}{L^2}$

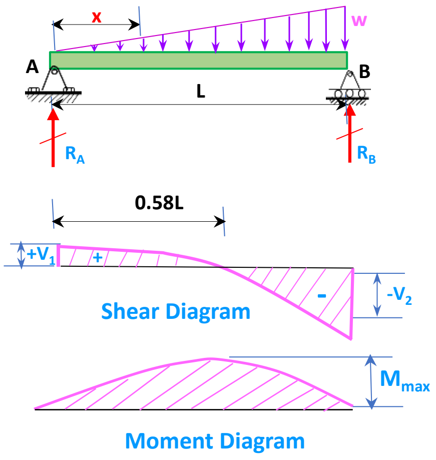
$M_{max} = 0.13wL$

$M_x = \frac{wx}{3L^2}\,(L^2 - x^2)$

$\Delta_x = \frac{wx}{180\,EIL^2}\,(3x^4 - 10L^2x^2 + 7L^4)$

$\Delta_{max} = 0.013\frac{wL^3}{EI}$

</td><td>



</td></tr>
</table>

ساده بیم: یو تمرکزي لوډ د بیم اوږدوالي په وسط کي

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

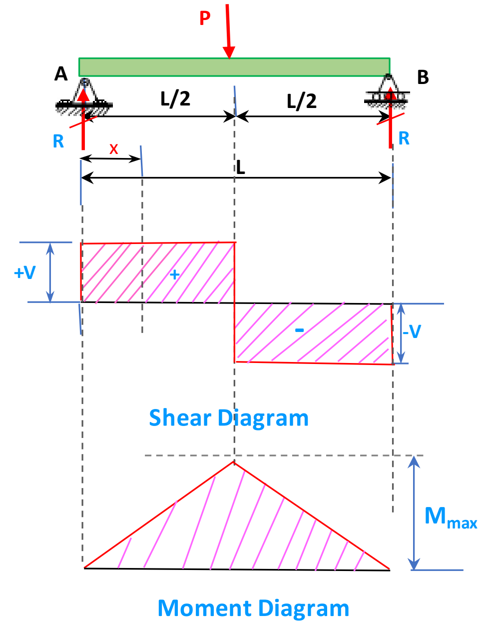
$$R = V \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots = \frac{P}{2}$$

$$M_{max} \text{ (at point of load)} \quad \ldots\ldots = \frac{P\ell}{4}$$

$$M_x \left(\text{when } x < \frac{\ell}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{Px}{2}$$

$$\Delta_{max} \text{ (at point of load)} \ldots\ldots\ldots = \frac{P\ell^3}{48EI}$$

$$\Delta_x \left(\text{when } x < \frac{\ell}{2}\right) \quad \ldots\ldots\ldots = \frac{Px}{48EI}(3\ell^2 - 4x^2)$$



ساده بیم: ویشلشوی لوډ د بیم په یوه برخه

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$V_1 = R_A = \frac{wa}{2L}(2L - a)$$

$$V_2 = R_B = \frac{wa^2}{2L}$$

$$V_x \text{ (when x <a) = } RA - wx)$$

$$V_x \text{ (when x > a) =} \frac{R_A{}^2}{2w}$$

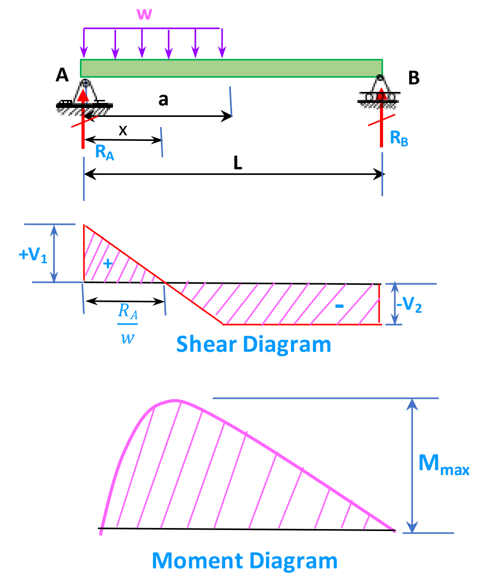
$$M_{max} \text{ (at x=} \frac{RA}{w} \text{)} = \frac{R_A{}^2}{2w}$$

$$M_x \text{ (when x <a) } = R_A x - \frac{wx^2}{2}$$

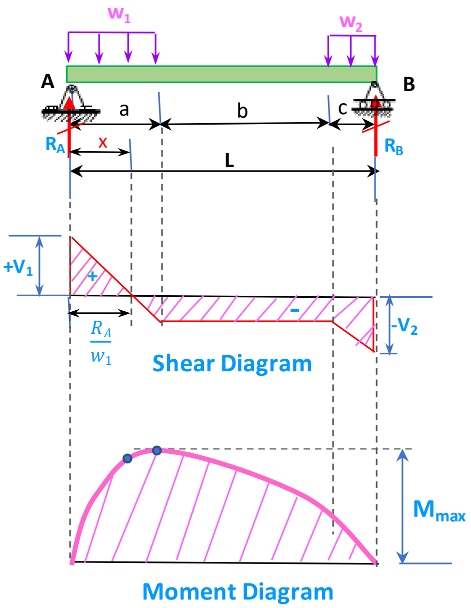
$$M_x \text{ (when x > a) = } R_B (L - x)$$

$$\Delta_x \text{ (when x <a)=} \frac{wx}{24\ EIL}\ (a^2(2L - a)^2 - 2ax^2(2L - a) + Lx^3)$$

$$\Delta_x \text{ (when x >a) =} \frac{wa^2(L-x)}{24\ EIL}\ (4xL - 2x^2 - a^2)$$



ساده بیم: ویشلشوی لوډ په دوه برخو د بیم



د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$V_1 = R_A = \frac{w_1 a\,(2L-a)+w_2 c^2}{2L}$

$V_2 = R_B = \frac{w_2 c\,(2L-c)+w_1 a^2}{2L}$

V_x (when $x < a$) $= RA - w_1 x$

V_x (when $x > a$ and $< (a+b)$) $= R_A - w_1 a$

V_x (when $x > a$ and $> (a+b)$) $= R_B - w_2\,(L-x)$

M_{max} (at $x = \frac{RA}{w_1}$ when $R_A < w_1 a$) $= \frac{R_A{}^2}{2w_1}$

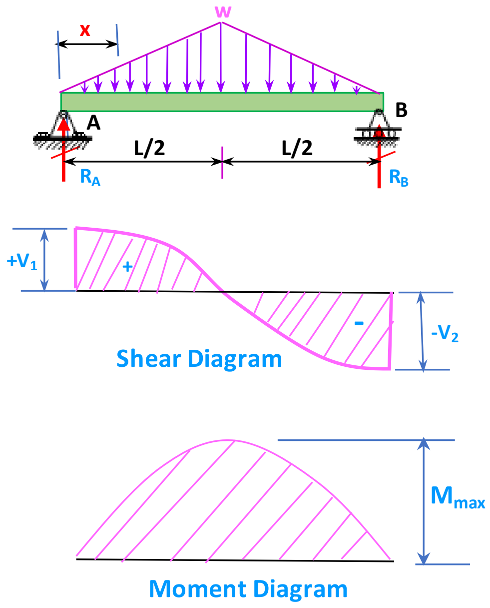
M_{max} (at $x = L - \frac{RA}{w_1}$ when $R_B < w_2 c$) $= \frac{R_B{}^2}{2w_2}$

M_x (when $x < a$) $= R_A x - \frac{w_1 x^2}{2}$

M_x (when $x > a$ and $< (a+b)$) $= R_A x - \frac{w_1 a}{2}(2x - a)$

M_x (when $x > (a+b)$) $= R_B\,(L-x) - \frac{w_2 (L-x)^2}{2}$

ساده بیم: ویشلشوی لوډ دیروالي وسط دبیم په لور



د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$V_1 = R_A = w/2$

$V_2 = R_B = w/2$

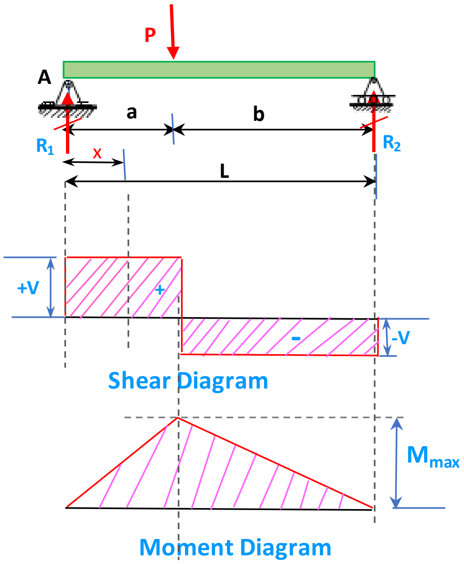
$V_x = \frac{w}{2L^2}(L^2 - 4x^2)$

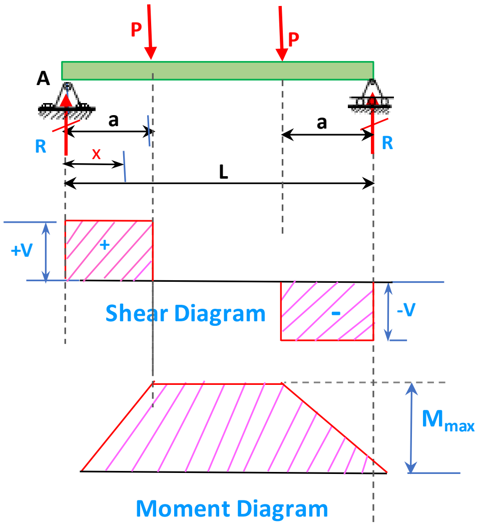
$M_{max} = \frac{wL}{6}$

$M_x = wx\left(\frac{1}{2} - \frac{2x^2}{3L^2}\right)$

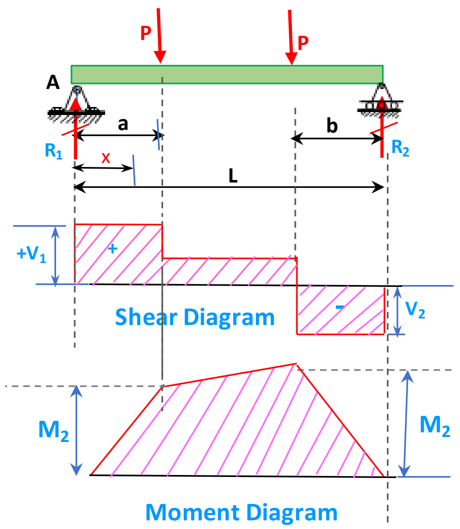
$\Delta_x = \frac{wx}{480\,EIL^2}(5L^2 - 4x^2)^2$

$\Delta_{max} = \frac{wL^3}{60EI}$

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: یو تمرکزي لوډ د بیم اوږدوالي په هر تکي کي
$R_1 = V_1$ (max when $a < b$) . . . . . $= \frac{Pb}{\ell}$ $R_2 = V_2$ (max when $a > b$) . . . . . $= \frac{Pa}{\ell}$ M_{max} (at point of load) . . . . $= \frac{Pab}{\ell}$ M_x (when $x < a$) . . . . $= \frac{Pbx}{\ell}$ $\Delta_{max}\left(\text{at } x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}} \text{ when } a > b\right)$. $= \frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27EI\ell}$ Δ_a (at point of load) . . . . $= \frac{Pa^2b^2}{3EI\ell}$ Δ_x (when $x < a$) . . . . $= \frac{Pbx}{6EI\ell}(\ell^2 - b^2 - x^2)$ Δ_x (when $x > a$) . . . . $= \frac{Pa(\ell - x)}{6EI\ell}(2\ell x - x^2 - a^2)$	

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	ساده بیم: دوه تمرکزي لوډونه د بیم اوږدوالي په متوازن ډول ایښودل شوي
$R = V$ . . . . $= P$ M_{max} (between loads) . . . . $= Pa$ M_x (when $x < a$) . . . . $= Px$ Δ_{max} (at center) . . . . $= \frac{Pa}{24EI}(3\ell^2 - 4a^2)$ Δ_x (when $x < a$) . . . . $= \frac{Px}{6EI}(3\ell a - 3a^2 - x^2)$ Δ_x (when $x > a$ and $< (\ell - a)$) . . . . $= \frac{Pa}{6EI}(3\ell x - 3x^2 - a^2)$	

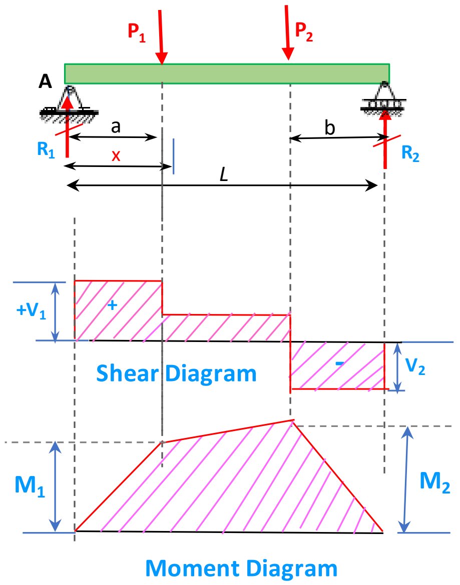
ساده بیم: دوه تمرکزي لوډونه د بیم اوږدوالي په نا متوازن ډول ایښودل شوي



د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

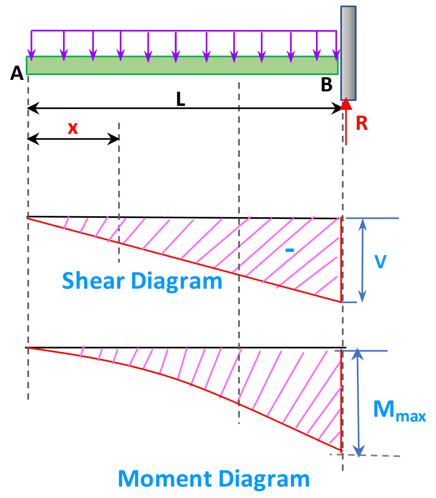
$R_1 = V_1$ (max when $a < b$)	$= \frac{P}{\ell}(\ell - a + b)$
$R_2 = V_2$ (max when $a > b$)	$= \frac{P}{\ell}(\ell - b + a)$
V_x $\left(\text{when } x > a \text{ and } < (\ell - b)\right)$ . . .	$= \frac{P}{\ell}(b - a)$
M_1 (max when $a > b$)	$= R_1 a$
M_2 (max when $a < b$)	$= R_2 b$
M_x (when $x < a$)	$= R_1 x$
M_x $\left(\text{when } x > a \text{ and } < (\ell - b)\right)$ . . .	$= R_1 x - P(x - a)$

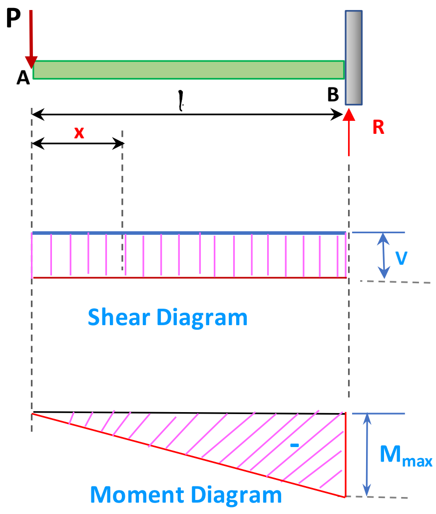
ساده بیم: دوه نا مساوی تمرکزي لوډونه د بیم اوږدوالي په نا متوازن ډول ایښودل شوي



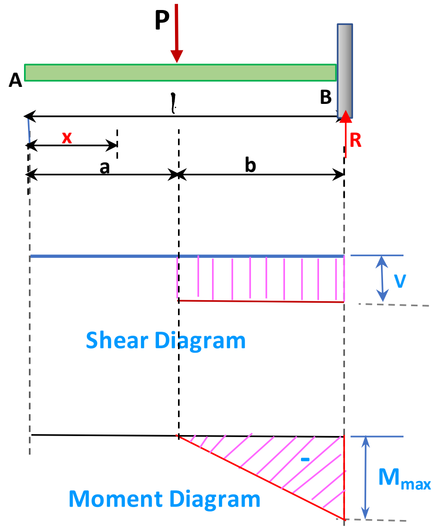
دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$R_1 = V_1$	$= \frac{P_1(\ell - a) + P_2 b}{\ell}$
$R_2 = V_2$	$= \frac{P_1 a + P_2(\ell - b)}{\ell}$
V_x $\left(\text{when } x > a \text{ and } < (\ell - b)\right)$ . . .	$= R_1 - P_1$
M_1 (max when $R_1 < P_1$)	$= R_1 a$
M_2 (max when $R_2 < P_2$)	$= R_2 b$
M_x (when $x < a$)	$= R_1 x$
M_x $\left(\text{when } x > a \text{ and } < (\ell - b)\right)$ . . .	$= R_1 x - P_1(x - a)$

کنتیلیور بیم: ویشلشوي لوډ د بیم په اوږدوالي ایښودل شوي	دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه
 	$R = V \dots = w\ell$ $V_x \dots = wx$ M_{max} (at fixed end) $\dots = \frac{w\ell^2}{2}$ $M_x \dots = \frac{wx^2}{2}$ Δ_{max} (at free end) $\dots = \frac{w\ell^4}{8EI}$ $\Delta_x \dots = \frac{w}{24EI}(x^4 - 4\ell^3 x + 3\ell^4)$

کنتیلیور بیم: تمرکزي لوډ د بیم په آخره څنډه ایښودل شوي	دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه
 	$R = V \dots = P$ M_{max} (at fixed end) $\dots = P\ell$ $M_x \dots = Px$ Δ_{max} (at free end) $\dots = \frac{P\ell^3}{3EI}$ $\Delta_x \dots = \frac{P}{6EI}(2\ell^3 - 3\ell^2 x + x^3)$

کنتیلیور بیم: تمرکزي لوډ د بیم د اوږدوالی په یوه تکي ایښودل شوي



د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$R = V \quad \dots\dots\dots \quad = P$$

$$M_{max} \text{ (at fixed end)} \quad \dots\dots\dots \quad = Pb$$

$$M_x \text{ (when } x > a) \quad \dots\dots\dots \quad = P(x - a)$$

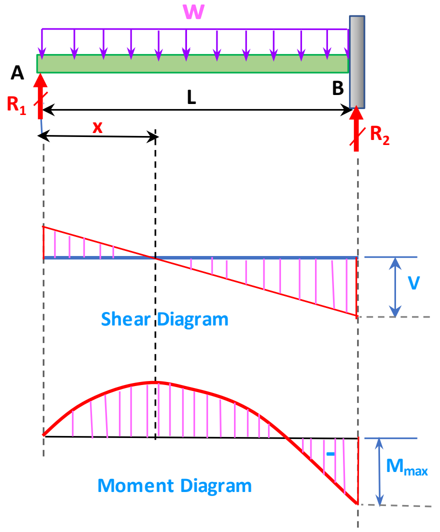
$$\Delta_{max} \text{ (at free end)} \quad \dots\dots\dots \quad = \frac{Pb^2}{6EI}(3\ell - b)$$

$$\Delta_a \text{ (at point of load)} \quad \dots\dots\dots \quad = \frac{Pb^3}{3EI}$$

$$\Delta_x \text{ (when } x < a) \quad \dots\dots\dots \quad = \frac{Pb^2}{6EI}(3\ell - 3x - b)$$

$$\Delta_x \text{ (when } x > a) \quad \dots\dots\dots \quad = \frac{P(\ell - x)^2}{6EI}(3b - \ell + x)$$

بیم یوه څنډه فیکسد او بله اتکاء لری: ویشل شوی لوډ ایښودل شوي



دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$$R_1 = V_1 \quad \dots\dots\dots \quad = \frac{3w\ell}{8}$$

$$R_2 = V_2 \quad \dots\dots\dots \quad = \frac{5w\ell}{8}$$

$$V_x \quad \dots\dots\dots \quad = R_1 - wx$$

$$M_{max} \quad \dots\dots\dots \quad = -\frac{w\ell^2}{8}$$

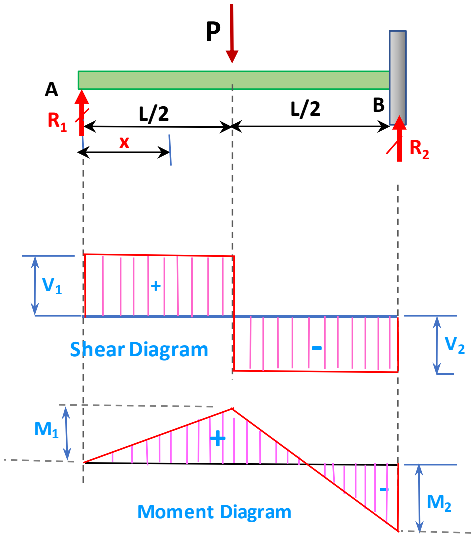
$$M_1 \left(\text{at } x = \frac{3}{8}\ell\right) \quad \dots\dots\dots \quad = \frac{9}{128} w\ell^2$$

$$M_x \quad \dots\dots\dots \quad = R_1 x - \frac{wx^2}{2}$$

$$\Delta_{max} \left(\text{at } x = \frac{\ell}{16}(1 + \sqrt{33}) = .4215\,\ell\right) \quad . \quad = \frac{w\ell^4}{185EI}$$

$$\Delta_x \quad \dots\dots\dots \quad = \frac{wx}{48EI}(\ell^3 - 3\ell x^2 + 2x^3)$$

بیم یوه څنډه فیکسد او بله اتکاء لری: تمرکزي لوډپه وسط د اوږدوالي ایښودل شوي



د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$R_1 = V_1 \ldots = \dfrac{5P}{16}$

$R_2 = V_2 \ldots = \dfrac{11P}{16}$

M_{max} (at fixed end) $\ldots = \dfrac{3P\ell}{16}$

M_1 (at point of load) $\ldots = \dfrac{5P\ell}{32}$

$M_x \left(\text{when } x < \dfrac{\ell}{2}\right) \ldots = \dfrac{5Px}{16}$

$M_x \left(\text{when } x > \dfrac{\ell}{2}\right) \ldots = P\left(\dfrac{\ell}{2} - \dfrac{11x}{16}\right)$

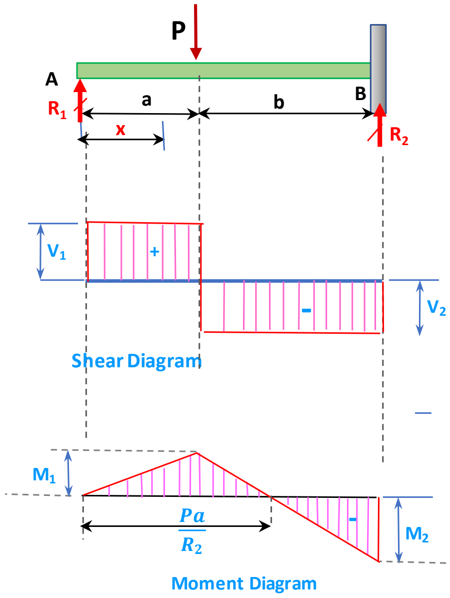
$\Delta_{max} \left(\text{at } x = \ell\sqrt{\dfrac{1}{5}} = .4472\ell\right) \ldots = \dfrac{P\ell^3}{48EI\sqrt{5}} = .009317\dfrac{P\ell^3}{EI}$

Δ_x (at point of load) $\ldots = \dfrac{7P\ell^3}{768EI}$

$\Delta_x \left(\text{when } x < \dfrac{\ell}{2}\right) \ldots = \dfrac{Px}{96EI}(3\ell^2 - 5x^2)$

$\Delta_x \left(\text{when } x > \dfrac{\ell}{2}\right) \ldots = \dfrac{P}{96EI}(x - \ell)^2(11x - 2\ell)$

بیم یوه څنډه فیکسد او بله اتکاء لری: یو تمرکزي لوډپه یو ټکی د اوږدوالي ایښودل شوي



د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$R_1 = V_1 \ldots = \dfrac{Pb^2}{2\ell^3}(a + 2\ell)$

$R_2 = V_2 \ldots = \dfrac{Pa}{2\ell^3}(3\ell^2 - a^2)$

M_1 (at point of load) $\ldots = R_1 a$

M_2 (at fixed end) $\ldots = \dfrac{Pab}{2\ell^2}(a + \ell)$

M_x (when $x < a$) $\ldots = R_1 x$

M_x (when $x > a$) $\ldots = R_1 x - P(x - a)$

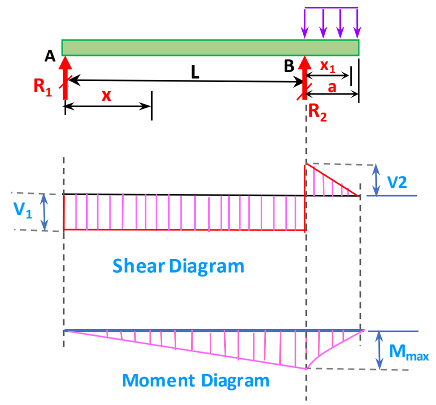
$\Delta_{max} \left(\text{when } a < .414\ell \text{ at } x = \ell\dfrac{\ell^2 + a^2}{3\ell^2 - a^2}\right) = \dfrac{Pa}{3EI}\dfrac{(\ell^2 - a^2)^3}{(3\ell^2 - a^2)^2}$

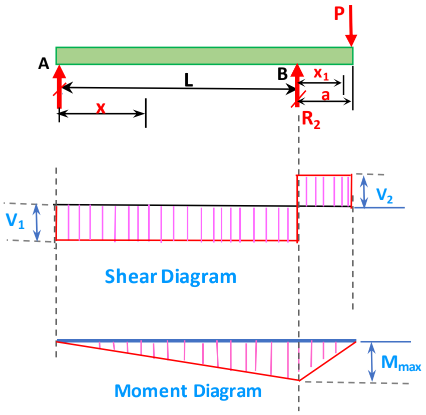
$\Delta_{max} \left(\text{when } a > .414\ell \text{ at } x = \ell\sqrt{\dfrac{a}{2\ell + a}}\right) = \dfrac{Pab^2}{6EI}\sqrt{\dfrac{a}{2\ell + a}}$

Δ_a (at point of load) $\ldots = \dfrac{Pa^2b^3}{12EI\ell^3}(3\ell + a)$

Δ_x (when $x < a$) $\ldots = \dfrac{Pb^2x}{12EI\ell^3}(3a\ell^2 - 2\ell x^2 - ax^2)$

Δ_x (when $x > a$) $\ldots = \dfrac{Pa}{12EI\ell^3}(\ell - x)^2(3\ell^2 x - a^2 x - 2a^2\ell)$

دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم یوه څنده کنټیلیور او دوه اتکاء: ویشل شوی لوډپه کنټیلیور برخه ایښودل شوي
$R_1 = V_1 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = \frac{wa^2}{2\ell}$ $R_2 = V_1 + V_2 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = \frac{wa}{2\ell}(2\ell + a)$ $V_2 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; = wa$ V_{x_1} (for overhang) . . . . $= w(a - x_1)$ M_{max} (at R_2) . . . . $= \frac{wa^2}{2}$ M_x (between supports) . . . . $= \frac{wa^2x}{2\ell}$ M_{x_1} (for overhang) . . . . $= \frac{w}{2}(a - x_1)^2$ Δ_{max} $\left(\text{between supports at } x = \frac{\ell}{\sqrt{3}}\right) = \frac{wa^2\ell^2}{18\sqrt{3}EI} = .03208\frac{wa^2\ell^2}{EI}$ Δ_{max} (for overhang at $x_1 = a$) . . . . $= \frac{wa^3}{24EI}(4\ell + 3a)$ Δ_x (between supports) . . . . $= \frac{wa^2x}{12EI\ell}(\ell^2 - x^2)$ Δ_{x_1} (for overhang) . . . . $= \frac{wx_1}{24EI}(4a^2\ell + 6a^2x_1 - 4ax_1^2 + x_1^3)$	

د ريکشن، شير، مؤمنت، او خوځيدل ارزښتونه	بيم يوه څنډه کنتيليور او دوه اتکاء: تمرکزي لوډ په کنتيليور څنډه ايښودل شوي
$R_1 = V_1 \dots = \frac{Pa}{\ell}$ $R_2 = V_1 + V_2 \dots = \frac{P}{\ell}(\ell + a)$ $V_2 \dots = P$ M_{max} (at R_2) $\dots = Pa$ M_x (between supports) $\dots = \frac{Pax}{\ell}$ M_{x_1} (for overhang) $\dots = P(a - x_1)$ Δ_{max} $\left(\text{between supports at } x = \frac{\ell}{\sqrt{3}}\right) = \frac{Pa\ell^2}{9\sqrt{3}EI} = .06415\frac{Pa\ell^2}{EI}$ Δ_{max} (for overhang at $x_1 = a$) $\dots = \frac{Pa^2}{3EI}(\ell + a)$ Δ_x (between supports) $\dots = \frac{Pax}{6EI\ell}(\ell^2 - x^2)$ Δ_{x_1} (for overhang) $\dots = \frac{Px_1}{6EI}(2a\ell + 3ax_1 - x_1^{\ 2})$	

دریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم یوه څنډه کنتیلیور او دوه اتکاء: تمرکزي لوډ په یوه ټکی د اوږدوالي ایښودل شوي

$R_1 = V_1$ (max when $a < b$) . . . . $= \frac{Pb}{\ell}$

$R_2 = V_2$ (max when $a > b$) . . . . $= \frac{Pa}{\ell}$

M_{max} (at point of load) . . . . $= \frac{Pab}{\ell}$

M_x (when $x < a$) . . . . $= \frac{Pbx}{\ell}$

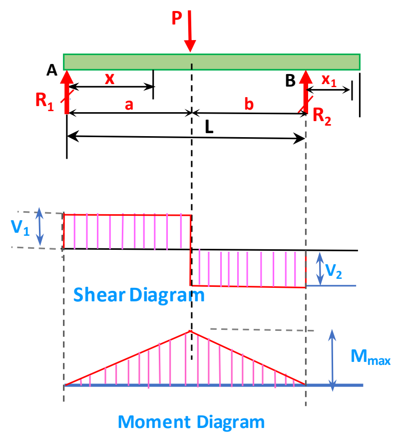
$\Delta_{max}\left(\text{at } x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}} \text{ when } a > b\right)$. $= \frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27EI\ell}$

Δ_a (at point of load) . . . . $= \frac{Pa^2b^2}{3EI\ell}$

Δ_x (when $x < a$) . . . . $= \frac{Pbx}{6EI\ell}(\ell^2 - b^2 - x^2)$

Δ_x (when $x > a$) . . . . $= \frac{Pa(\ell - x)}{6EI\ell}(2\ell x - x^2 - a^2)$

Δ_{x_1} . . . . $= \frac{Pabx_1}{6EI\ell}(\ell + a)$



د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم یوه برخه کنتیلیور او دوه اتکاء وي لرى: ویشل شوی لوډپه اوږدوالي ایښودل شوي

$R_1 = V_1$ . . . . $= \frac{w}{2\ell}(\ell^2 - a^2)$

$R_2 = V_2 + V_3$ . . . . $= \frac{w}{2\ell}(\ell + a)^2$

V_2 . . . . $= wa$

V_3 . . . . $= \frac{w}{2\ell}(\ell^2 + a^2)$

V_x (between supports) . . . . $= R_1 - wx$

V_{x_1} (for overhang) . . . . . . $= w(a - x_1)$

$M_1\left(\text{at } x = \frac{\ell}{2}\left[1 - \frac{a^2}{\ell^2}\right]\right)$ . . . . $= \frac{w}{8\ell^2}(\ell + a)^2(\ell - a)^2$

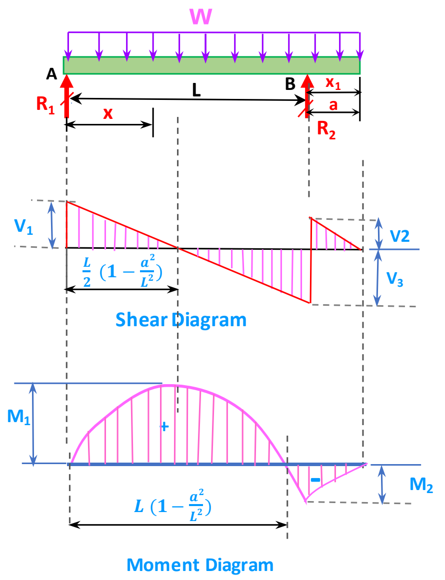
M_2 (at R_2) . . . . $= \frac{wa^2}{2}$

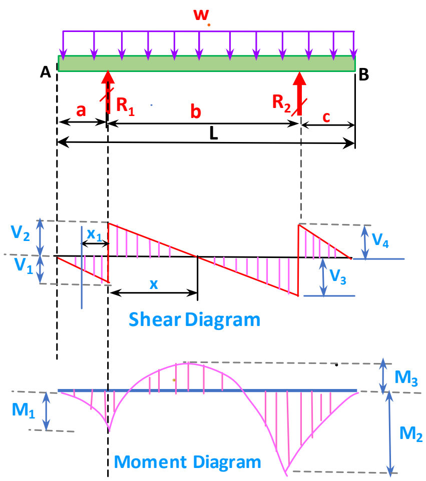
M_x (between supports) . . . . $= \frac{wx}{2\ell}(\ell^2 - a^2 - x\ell)$

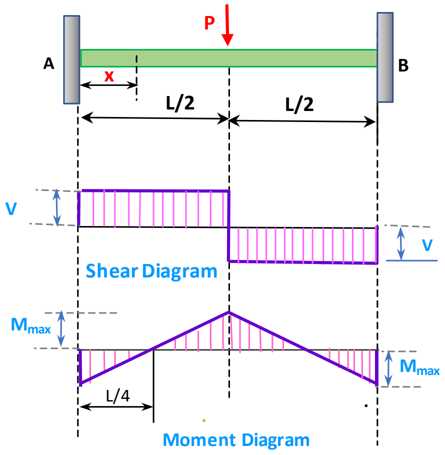
M_{x_1} (for overhang) . . . . . . $= \frac{w}{2}(a - x_1)^2$

Δ_x (between supports) . . . . $= \frac{wx}{24EI\ell}(\ell^4 - 2\ell^2x^2 + \ell x^3 - 2a^2\ell^2 + 2a^2x^2)$

Δ_{x_1} (for overhang) . . . . . . $= \frac{wx_1}{24EI}(4a^2\ell - \ell^3 + 6a^2x_1 - 4ax_1^2 + x_1^3)$



د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه	بیم دواړه څنډي کنتیلیور او دوه اتکاء: ویشلشوي لوډ په اوږدوالي ایښودل شوي
$R_1 \ldots = \dfrac{w\ell\,(\ell - 2c)}{2b}$ $R_2 \ldots = \dfrac{w\ell\,(\ell - 2a)}{2b}$ $V_1 \ldots = wa$ $V_2 \ldots = R_1 - V_1$ $V_3 \ldots = R_2 - V_4$ $V_4 \ldots = wc$ $V_{x_1} \ldots = V_1 - wx_1$ $V_x \text{ (when } x < \ell) \ldots = R_1 - w(a + x_1)$ $V_m \text{ (when } a < c) \ldots = R_2 - wc$ $M_1 \ldots = -\dfrac{wa^2}{2}$ $M_2 \ldots = -\dfrac{wc^2}{2}$ $M_3 \ldots = R_1\left(\dfrac{R_1}{2w} - a\right)$ $M_x\left(\text{max when } x = \dfrac{R_1}{w} - a\right) \ldots = R_1 x - \dfrac{w(a + x)^2}{2}$	

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه	بیم دواړه څنډي فیکسد: تمرکزی لوډ په وسط د اوږدوالي ایښودل شوي
$R = V \ldots = \dfrac{P}{2}$ $M_{max} \text{ (at center and ends)} \ldots = \dfrac{P\ell}{8}$ $M_x\left(\text{when } x < \dfrac{\ell}{2}\right) \ldots = \dfrac{P}{8}(4x - \ell)$ $\Delta_{max} \text{ (at center)} \ldots = \dfrac{P\ell^3}{192EI}$ $\Delta_x\left(\text{when } x < \dfrac{\ell}{2}\right) \ldots = \dfrac{Px^2}{48EI}(3\ell - 4x)$	

بیم دواړه څنډي فیکسد: یو تمرکزی لوډ په اوړدوالي ایښودل شوي

د ریکشن، شیر، مؤمنت، او خوځیدل ارزښتونه

$R_1 = V_1$ (max when $a < b$) . . . . . . $= \frac{Pb^2}{\ell^3}(3a + b)$

$R_2 = V_2$ (max when $a > b$) . . . . . . $= \frac{Pa^2}{\ell^3}(a + 3b)$

M_1 (max when $a < b$) . . . . $= \frac{Pab^2}{\ell^2}$

M_2 (max when $a > b$) . . . . $= \frac{Pa^2b}{\ell^2}$

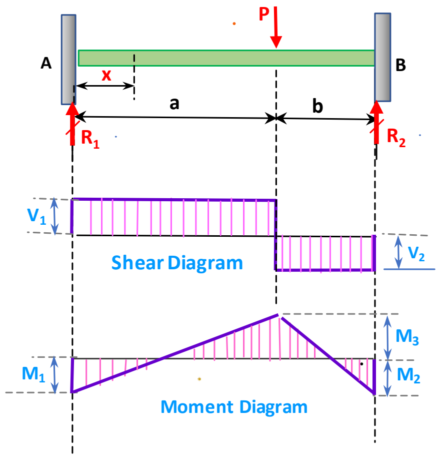
M_a (at point of load) . . . . $= \frac{2Pa^2b^2}{\ell^3}$

M_x (when $x < a$) . . . . $= R_1x - \frac{Pab^2}{\ell^2}$

$\Delta_{max}\left(\text{when } a > b \text{ at } x = \frac{2a\ell}{3a + b}\right)$ . . . $= \frac{2Pa^3b^2}{3EI(3a + b)^2}$

Δ_a (at point of load) . . . . $= \frac{Pa^3b^3}{3EI\ell^3}$

Δ_x (when $x < a$) . . . . $= \frac{Pb^2x^2}{6EI\ell^3}(3a\ell - 3ax - bx)$



بیم دری پن اتکاء لري: ویشلشوي لوډ په نیمه برخه د اوړدوالي ایښودل شوي

د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه

$R_1 = V_1$ . . . . $= \frac{7}{16}w\ell$

$R_2 = V_2 + V_3$ . . . . $= \frac{5}{8}w\ell$

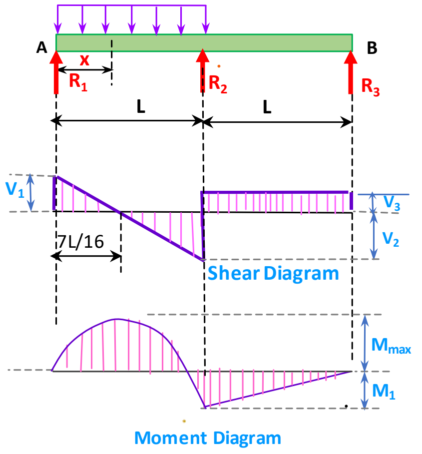
$R_3 = V_3$ . . . . $= -\frac{1}{16}w\ell$

V_2 . . . . $= \frac{9}{16}w\ell$

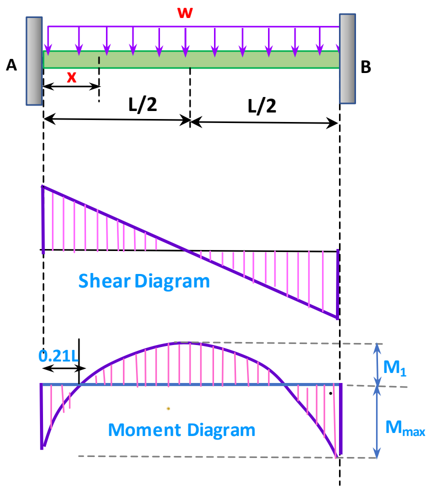
$M_{max}\left(\text{at } x = \frac{7}{16}\ell\right)$ . . . . $= \frac{49}{512}w\ell^2$

M_1 (at support R_2) . . . . $= \frac{1}{16}w\ell^2$

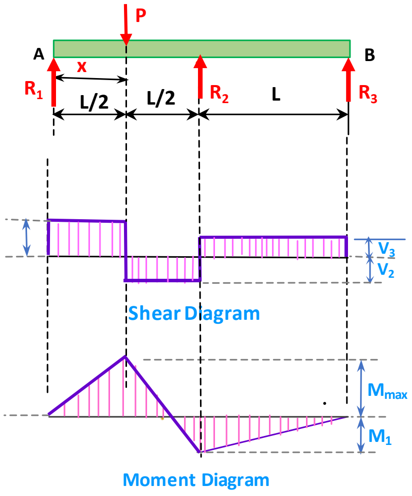
M_x (when $x < \ell$) . . . . $= \frac{wx}{16}(7\ell - 8x)$

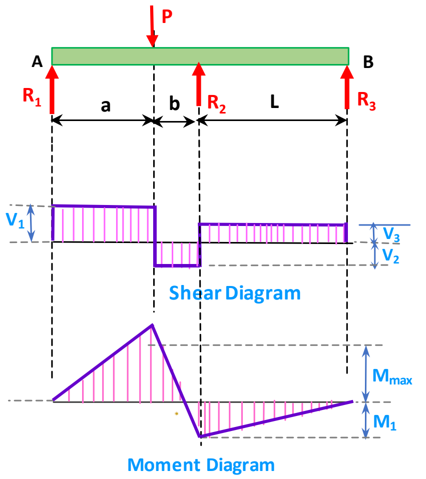


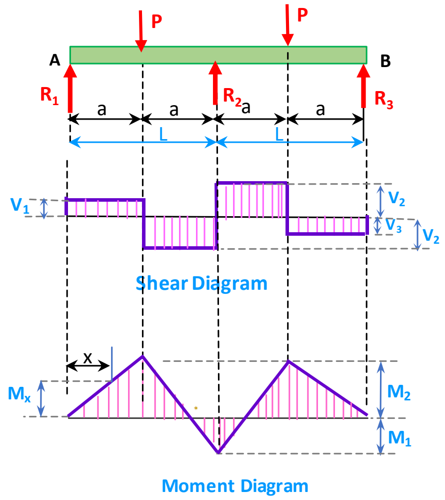
د ريکشن، شير، مؤمنت، او خوځيدل ارزښتونه	بيم دواړه څنډي فيکسد: ويشلشوي لوډ په اوږدوالي ايښودل شوي
$R = V \dots = \frac{w\ell}{2}$ $V_x \dots = w\left(\frac{\ell}{2} - x\right)$ M_{max} (at ends) $\dots = \frac{w\ell^2}{12}$ M_1 (at center) $\dots = \frac{w\ell^2}{24}$ $M_x \dots = \frac{w}{12}(6\ell x - \ell^2 - 6x^2)$ Δ_{max} (at center) $\dots = \frac{w\ell^4}{384EI}$ $\Delta_x \dots = \frac{wx^2}{24EI}(\ell - x)^2$	

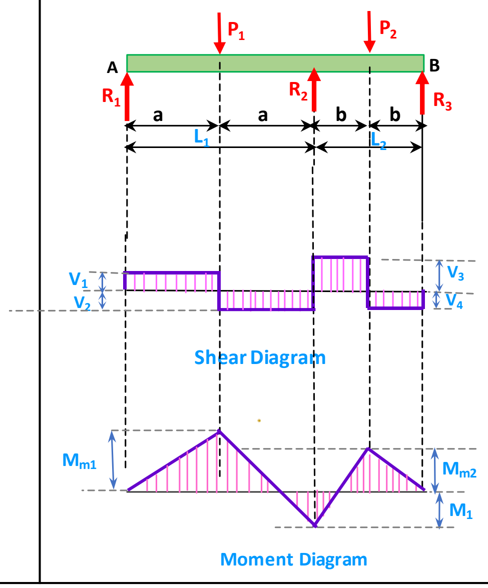


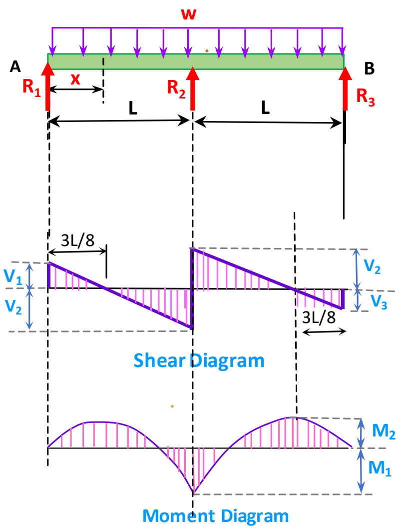
د ريکشن، شير، مؤمنت ارزښتونه	بيم درى پن اتکاءوي لري: يو تمرکزي لوډ په وسط د يو برخى د اوږدوالي ايښودل شوي
$R_1 = V_1 \dots = \frac{13}{32}P$ $R_2 = V_2 + V_3 \dots = \frac{11}{16}P$ $R_3 = V_3 \dots = -\frac{3}{32}P$ $V_2 \dots = \frac{19}{32}P$ M_{max} (at point of load) $\dots = \frac{13}{64}P\ell$ M_1 (at support R_2) $\dots = \frac{3}{32}P\ell$	



د ريکشن، شير، مؤمنت ارزښتونه	بيم درى پن اتکاءوي لري: يو تمرکزي لوډ په اوږدوالي ايښودل شوي
$R_1 = V_1 \;\dots\; = \frac{Pb}{4\ell^3}\left(4\ell^2 - a(\ell + a)\right)$ $R_2 = V_2 + V_3 \;\dots\; = \frac{Pa}{2\ell^3}\left(2\ell^2 + b(\ell + a)\right)$ $R_3 = V_3 \;\dots\; = -\frac{Pab}{4\ell^3}(\ell + a)$ $V_2 \;\dots\; = \frac{Pa}{4\ell^3}\left(4\ell^2 + b(\ell + a)\right)$ M_{max} (at point of load) $\dots\; = \frac{Pab}{4\ell^3}\left(4\ell^2 - a(\ell + a)\right)$ M_1 (at support R_2) $\dots\; = \frac{Pab}{4\ell^2}(\ell + a)$	

د ريکشن، شير، مؤمنت ارزښتونه	بيم درى پن اتکاءوي لري: دوه تمرکزي لوډونه په اوږدوالي ايښودل شوي
$R_1 = V_1 = R_3 = V_3 \;\dots\; = \frac{5P}{16}$ $R_2 = 2V_2 \;\dots\; = \frac{11P}{8}$ $V_2 = P - R_1 \;\dots\; = \frac{11P}{16}$ $V_{max} \;\dots\; = V_2$ $M_1 \;\dots\; = -\frac{3P\ell}{16}$ $M_2 \;\dots\; = \frac{5P\ell}{32}$ M_x (when $x < a$) $\dots\; = R_1 x$	

دريكشن، شير، مؤمنت ارزښتونه	بيم درى پن اتكاءوي لري: دوه تمركزي لوډونه په اوږدوالي ايښودل شوي
$R_1 \dots = \frac{M_1}{\ell_1} + \frac{P_1}{2}$ $R_2 \dots = P_1 + P_2 - R_1 - R_3$ $R_3 \dots = \frac{M_1}{\ell_2} + \frac{P_2}{2}$ $V_1 \dots = R_1$ $V_2 \dots = P_1 - R_1$ $V_3 \dots = P_2 - R_3$ $V_4 \dots = R_3$ $M_1 \dots = -\frac{3}{16}\left(\frac{P_1\ell_1^{\,2} + P_2\ell_2^{\,2}}{\ell_1 + \ell_2}\right)$ $M_{m_1} \dots = R_1 a$ $M_{m_2} \dots = R_3 b$	

د ريكشن، شير، مؤمنت، او خوځيدل ارزښتونه	بيم درى پن اتكاءوي لري: ويشلشوي لوډ په اوږدوالي ايښودل شوي
$R_1 = V_1 = R_3 = V_3 \dots = \frac{3w\ell}{8}$ $R_2 \dots = \frac{10w\ell}{8}$ $V_2 = V_{max} \dots = \frac{5w\ell}{8}$ $M_1 \dots = \frac{w\ell^2}{8}$ $M_2 \left(\text{at } \frac{3\ell}{8}\right) \dots = \frac{9w\ell^2}{128}$ Δ_{max} (at $0.4215\,\ell$, approx. from R_1 and R_3) $\dots = \frac{w\ell^4}{185EI}$	

بیم دری پن اتکاءوي لري: ویشلشوي لوډ په اوږدوالي ایښودل شوي	د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه

$$R_1 \; \ldots\ldots \; = \frac{M_1}{\ell_1} + \frac{w\ell_1}{2}$$

$$R_2 \; \ldots\ldots \; = w\ell_1 + w\ell_2 - R_1 - R_3$$

$$R_3 = V_4 \; \ldots\ldots \; = \frac{M_1}{\ell_2} + \frac{w\ell_2}{2}$$

$$V_1 \; \ldots\ldots \; = R_1$$

$$V_2 \; \ldots\ldots \; = w\ell_1 - R_1$$

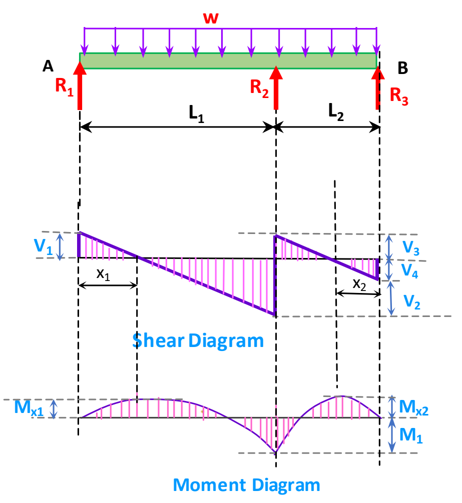
$$V_3 \; \ldots\ldots \; = w\ell_2 - R_3$$

$$V_4 \; \ldots\ldots \; = R_3$$

$$M_1 \; \ldots\ldots \; = -\frac{w\ell_2^{\,3} + w\ell_1^{\,3}}{8(\ell_1 + \ell_2)}$$

$$M_{x_1}\left(\text{when } x_1 = \frac{R_1}{w}\right) \; \ldots\ldots \; = R_1x_1 - \frac{wx_1^{\,2}}{2}$$

$$M_{x_2}\left(\text{when } x_2 = \frac{R_3}{w}\right) \; \ldots\ldots \; = R_3x_2 - \frac{wx_2^{\,2}}{2}$$



ساده بیم: ویشلشوی لوډ په یوه برخه د بیم	د ریکشن، شیر، مؤمنت ارزښتونه

$$R_1 = V_1 \;(\max \text{ when } a < c) \; \ldots \; = \frac{wb}{2\ell}(2c + b)$$

$$R_2 = V_2 \;(\max \text{ when } a > c) \; \ldots \; = \frac{wb}{2\ell}(2a + b)$$

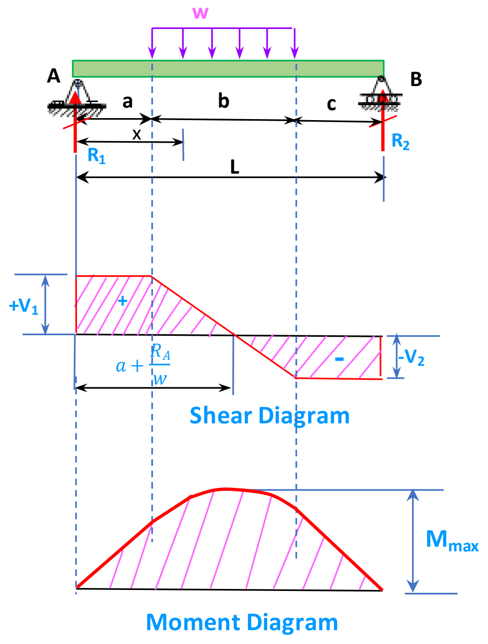
$$V_x \left(\text{when } x > a \text{ and } < (a + b)\right) \; \ldots \; = R_1 - w(x - a)$$

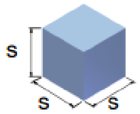
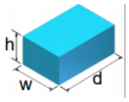
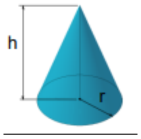
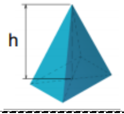
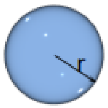
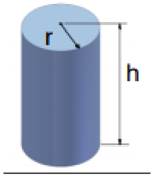
$$M_{max}\left(\text{at } x = a + \frac{R_1}{w}\right) \; \ldots \; = R_1\left(a + \frac{R_1}{2w}\right)$$

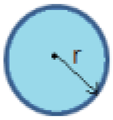
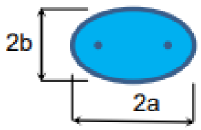
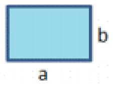
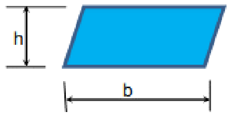
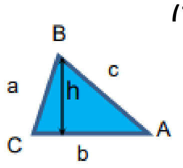
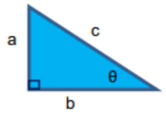
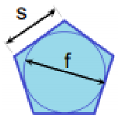
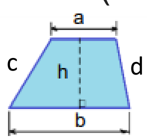
$$M_x \;(\text{when } x < a) \; \ldots \; = R_1x$$

$$M_x \left(\text{when } x > a \text{ and } < (a + b)\right) \; \ldots \; = R_1x - \frac{w}{2}(x - a)^2$$

$$M_x \left(\text{when } x > (a + b)\right) \; \ldots \; = R_2(\ell - x)$$



د مخ سطح (Surface Area)	(Volume) حجم	جامد هندسي شکلونه
$6s^2$	S^3	مكعب (Cube) 
2(wh +wd +dh)	wdh	(Rectangular Prism) منشور مستطيل 
$\pi r \sqrt{r^2 + h^2}$	$\frac{\pi r^2 h}{3}$	(Right Circular Cone) مدور راست مخروط 
د قاعدی مساحت (Area of base)	$\frac{Ah}{3}$	(Pyramid) هرم 
$4\pi r^2$	$\frac{4\pi r^3}{3}$	 (Sphere) كره
$2\pi rh + 2\pi r^2$	$4r^2h$	(Cylinder) سيلندر 

(perimeter) محیط	(Area) مساحت	سطحی هندسه (Plane Geometry)
$2\pi r$	πr^2	 دایره
$2\pi\sqrt{\frac{a^2+b^2}{2}}$	πab	 (Ellipse) بیضوي
2a +2b	ab	(Rectangle) مستطیل 
2(sum of adjacent sides)	bh	(parrellalogram) متوازی الاضلاع 
a+b+c	1/2 bh	(Triangle) مثلث 
a+b+c	$c^2=a^2+b^2$, ab/2 $\sin\theta$ =a/c $\cos\theta$ =b/c $\tan\theta$ =a/b	(Right Triangle) مثلث قایم زاویه 
n x S	$n\frac{s\left(\frac{1}{2}f\right)}{2}$ n = تعداد ضلع	(Regular Polygon) منظم خو ضلعي 
a+b+c+d	(1/2(a+b)h	(Trapezoid) ذوزنقه 

Mass 1 kg = 2.205 lbm 1 slug = 32.2 lbm 1 ton = 2000 lbm	ثابت ارزشتونه: (g =9.8 m/s^2 = 32.27 ft/s^2) G = 6.67 x 10^{-11} m^3/kg.s^2 π=3.1416
تودوخی درجه ***Temperature Change*** 1 K = 1 ºC = 1.8 ºF = 1.8 ºR	کتله Mass 1 kg = 2.205 lbm 1 slug = 32.2 lbm 1 ton = 2000 lbm Area 1 acre = 4047 m^2 = 43,560 ft^2 = 0.00156 mi^2
وخت ***Time*** 1 d = 24 h 1 h = 60 min 1 min = 60 s 1 yr = 365 d	اندازه ***Length*** 1 m = 3.28 ft 1 km = 0.621 mi 1 in. = 2.54 cm 1 mi = 5280 ft 1 yd = 3 ft
توانايي ***Power*** 1 W = 3.412 Btu/h = 0.00134 hp = 14.34 cal/min = 0.7376 ft·lb_f/s	حجم ***Volume*** 1L = 0.264 gal = 0.0353 ft^3 = 33.8 fl oz 1mL = 1 cm^3 = 1 cc
واحدونه 1 J = 1 N·m 1 N = 1 kg·m / s^2 1 Pa = 1 N / m^2 1 V = 1 W / A 1 W = 1 J / s 1 W = 1 V / A 1 Hz = 1 s^{-1}	فشار ***Pressure*** 1 atm = 1.01325 bar = 33.9 ft H_2O = 29.92 in. Hg = 760 mm Hg = 101,325 Pa = 14.7 psi 1psi = 2.31 ft of H_2O

Numbers Greater Than One

Power of 10	Prefix	Abbreviation
10^1	deca-	da
10^2	hecto-	h
10^3	kilo-	k
10^6	Mega-	M
10^9	Giga-	G
10^{12}	Tera-	T
10^{15}	Peta-	P
10^{18}	Exa-	E
10^{21}	Zetta-	Z
10^{24}	Yotta-	Y

Numbers Less Than One

Power of 10	Prefix	Abbreviation
10^{-1}	deci-	d
10^{-2}	centi-	c
10^{-3}	milli-	m
10^{-6}	micro-	µ
10^{-9}	nano-	n
10^{-12}	pico-	p
10^{-15}	femto-	f
10^{-18}	atto-	a
10^{-21}	zepto-	z
10^{-24}	yocto-	y

توانايي

Power

$$P = \frac{E}{t} = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{\tau \cdot rpm}{5252}$$

P = power
E = energy
W = work
t = time
τ = torque
rpm = revolutions per minute

کار: انرجي

Energy: Work

$W = F \cdot d$

W = work
F = force
d = distance

کينټيک انرجي

Energy: Kinetic

$K = \frac{1}{2} mv^2$

K = kinetic energy
m = mass
v = velocity

پوتيشل انرجي

Energy: Potential

$U = mgh$

U = potential energy
m =mass
g = acceleration due to gravity
h = height

حرارتي انرجي

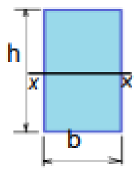
Energy: Thermal

$Q = mc\Delta T$

Q = thermal energy
m = mass
c = specific heat
ΔT = change in temperature

Moment of Inertia

$$I_{xx} = \frac{bh^3}{12}$$



I_{xx} = moment of inertia of a rectangular section about x-x axis

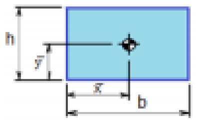
Complex Shapes Centroid

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_i A_i}{\Sigma A_i} \quad \text{and} \quad \bar{y} = \frac{\Sigma y_i A_i}{\Sigma A_i}$$

$\bar{x}$ = x-distance to the centroid
$\bar{y}$ = y-distance to the centroid
x_i = x distance to centroid of shape i
y_i = y distance to centroid of shape i
A_i = Area of shape i

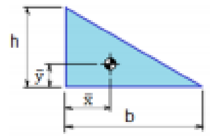
Rectangle Centroid

$$\bar{x} = \frac{b}{2} \quad \text{and} \quad \bar{y} = \frac{h}{2}$$



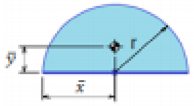
Right Triangle Centroid

$$\bar{x} = \frac{b}{3} \quad \text{and} \quad \bar{y} = \frac{h}{3}$$



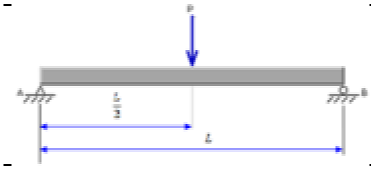
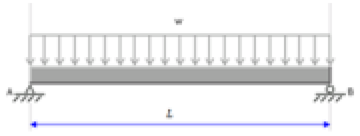
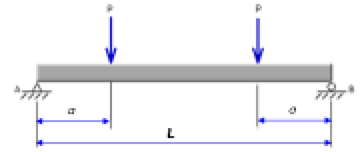
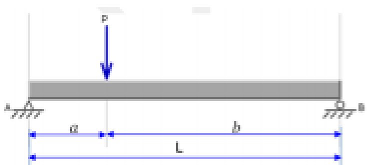
Semi-circle Centroid

$$\bar{x} = r \quad \text{and} \quad \bar{y} = \frac{4r}{3\pi}$$

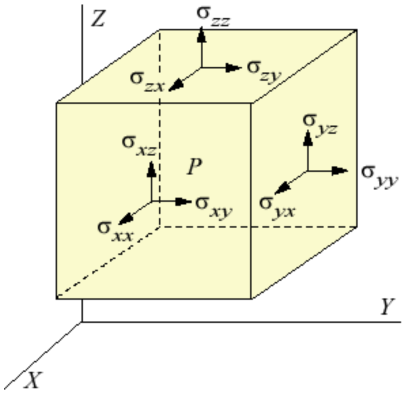


$\bar{x}$ = x-distance to the centroid
$\bar{y}$ = y-distance to the centroid

Beam Formulas

	**Reaction** $R_A = R_B = \frac{P}{2}$ **Moment** $M_{max} = \frac{PL}{4}$ (at point of load) **Deflection** $\Delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI}$ (at point of load)
	**Reaction** $R_A = R_B = \frac{\omega L}{2}$ **Moment** $M_{max} = \frac{\omega L^2}{8}$ (at center) **Deflection** $\Delta_{max} = \frac{5\omega L^4}{384EI}$ (at center)
	**Reaction** $R_A = R_B = P$ **Moment** $M_{max} = Pa$ (between loads) **Deflection** $\Delta_{max} = \frac{Pa}{24EI}(3L^2 - 4a^2)$ (at center)
	**Reaction** $R_A = \frac{Pb}{L}$ **and** $R_B = \frac{Pa}{L}$ **Moment** $M_{max} = \frac{Pab}{L}$ (at Point of Load) **Deflection** $\Delta_{max} = \frac{Pab(a+2b)\sqrt{3a(a+2b)}}{27EI}$ (at $x = \sqrt{\frac{a(a+2b)}{3}}$ when $a > b$)

د فشار میترکس: (Stress Matrix)

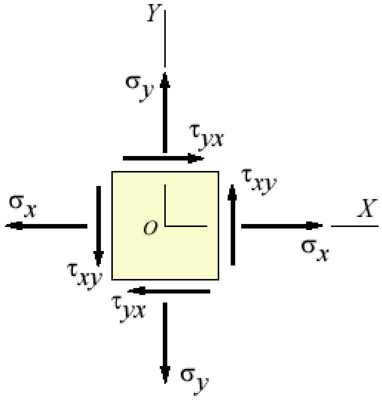


تعادل معادلي: (Equations of Equilibrium

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \dfrac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + b_x = 0 \\ \dfrac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_y}{\partial y} + b_y = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \dfrac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} + b_x = 0 \\ \dfrac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \dfrac{\partial \sigma_{zy}}{\partial z} + b_y = 0 \\ \dfrac{\partial \sigma_{xz}}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_{yz}}{\partial y} + \dfrac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + b_z = 0 \end{cases}$$

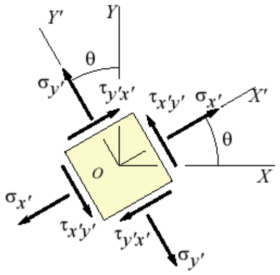
د فشار حالت: (Plane State of Stress)



$$\begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_y \end{bmatrix}$$

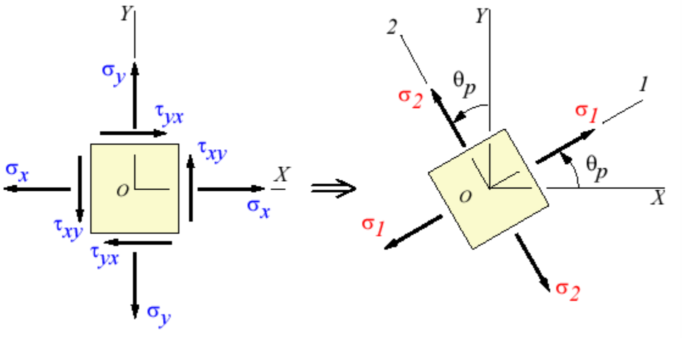
د محورونو بدلول (Coordinate Transformations)

$$\begin{cases} \sigma_{x'} = \dfrac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \dfrac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta + \tau_{xy} \sin 2\theta \\ \sigma_{y'} = \dfrac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \dfrac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta - \tau_{xy} \sin 2\theta \\ \quad = \sigma_x + \sigma_y - \sigma_{x'} \\ \tau_{x'y'} = -\dfrac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta + \tau_{xy} \cos 2\theta \end{cases}$$



(**Principal Stress and Principal Directions**) اصلی فشارونه او اصلی محورونه

$$\tan 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \qquad \sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$



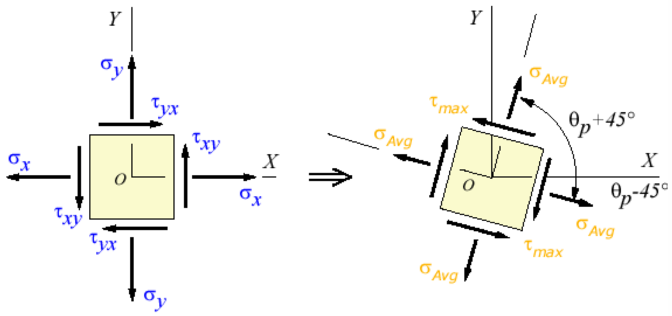
Stresses in given coordinate system

Principal stresses

$$\tan 2\theta_s = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2\tau_{xy}}$$

$$\Rightarrow \theta_s = \theta_p \pm 45^\circ$$

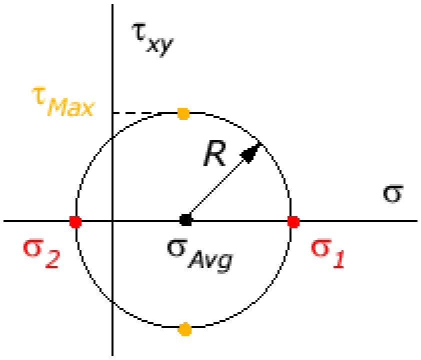
$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$



Stresses in given coordinate system

Maximum shear stress

د موهر دایره (**Mohr’s Circle**)



$$\sigma_{\text{Avg}} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \qquad R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}{}^2}$$

$$\left(\sigma_{x'} - \sigma_{\text{Avg}}\right)^2 + \tau_{x'y'}{}^2 = R^2$$

(Stress and Strain) د فشار او سترین فومولونه

Stress (σ) = load / area	$\sigma = \frac{F}{A}$
Strain = change in length / original length	$\varepsilon = \frac{\delta l}{l}$ or $\varepsilon = \frac{x}{l}$
$E =$ Stress / Strain	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$
Bending of Beams	$\frac{M}{I} = \frac{\sigma}{y} = \frac{E}{R}$
2nd Moment of Area (rectangle)	$I = \frac{b d^3}{12} + A h^2$
Torsion Equation	$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} = \frac{G\theta}{L}$
2nd Moment of Area (cylinder)	$J = \frac{\pi D^4}{32} - \frac{\pi d^4}{32}$

10^3	(1000)	kilo		2^{10}	(1024)	kilobyte
10^6		Mega	**but**	2^{20}	(1024^2)	megabyte
10^9		Giga		2^{30}	(1024^3)	gigabyte
10^{12}		Tera		2^{40}	(1024^4)	terabyte
10^{15}		Peta		2^{50}	(1024^5)	petabyte

د ریاضی یو لړ قوانین (Laws of Mathematics)

Associative laws - for addition and multiplication

$a+(b+c)=(a+b)+c$ $\quad\quad$ $a(bc)=(ab)c$

Commutative laws - for addition and multiplication

$a+b=b+a$ but $a-b\neq b-a$

$ab=ba$ but $\frac{a}{b}\neq\frac{b}{a}$

Distributive laws - for multiplication and division

$a(b+c)=ab+ac$ $\quad\quad$ $\frac{b+c}{a}=\frac{b}{a}+\frac{c}{a}$

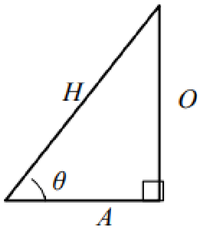
Arithmetical Identities

$x+0=x$ $\quad\quad$ $x\times1=x$ $\quad\quad$ $(x\times0=0)$

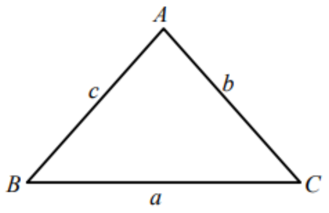
$(a+b)^2=(a+b)(a+b)=a^2+2ab+b^2$ $\quad\quad$ $a^2-b^2=(a+b)(a-b)$

$$(a+b)^3=(a+b)(a^2+2ab+b^2)=a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$$

(The Triangle) مثلث



$$\sin\theta = \frac{O}{H} \qquad \cos\theta = \frac{A}{H} \qquad \tan\theta = \frac{O}{A}$$



Sine Rule

Sine Rule $\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$

or $\frac{\sin A}{a} = \frac{\sin B}{b} = \frac{\sin C}{c}$

Cosine Rule

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

or $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos A$

Area formula

Area = $\frac{bc\sin A}{2}$

Trigonometric Identities

$\tan A = \frac{\sin A}{\cos A}$ $\cot A = \frac{1}{\tan A} = \frac{\cos A}{\sin A}$, (the cotangent of A)

$\sec A = \frac{1}{\cos A}$, (the secant of A), $\operatorname{cosec} A = \frac{1}{\sin A}$, (the cosecant of A)

$\sin^2 A + \cos^2 A = 1$ entered as $(\sin A)^2 + (\cos A)^2$

$\sin(-\theta) = -\sin\theta$ (an ODD function)

$\cos(-\theta) = +\cos(\theta)$ (an EVEN function)

Multiple / double angles

$$\sin(A+B)=\sin A\cos B+\cos A\sin B$$

$$\sin(2A)=2\sin A\cos B$$

$$\sin(A-B)=\sin A\cos B-\cos A\sin B$$

$$\cos(A+B)=\cos A\cos B-\sin A\sin B$$

$$\cos(2A)=\cos^2 A-\sin^2 A$$
$$=2\cos^2 A-1$$
$$\cos^2 A=\frac{1}{2}(\cos(2A)+1)$$
$$\cos(2A)=1-2\sin^2 A$$
$$\sin^2 A=\frac{1}{2}(1-\cos(2A))$$

$$\cos(A-B)=\cos A\cos B+\sin A\sin B$$

$$\tan(A+B)=\frac{\tan A+\tan B}{1-\tan A\tan B}$$

$$\tan(2A)=\frac{2\tan A}{1-\tan^2 A}$$

$$\tan(A-B)=\tan A-\tan B$$

Products to Sums

$$\sin A\cos B=\frac{1}{2}(\sin(A+B)+\sin(A-B))$$

$$\cos A\sin B=\frac{1}{2}(\sin(A+B)-\sin(A-B))$$

$$\cos A\cos B=\frac{1}{2}(\cos(A+B)+\cos(A-B))$$

$$\sin A\sin B=\frac{1}{2}(\cos(A-B)-\cos(A+B))$$

Sums to Products

$$\sin A+\sin B=2\sin\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$\sin A-\sin B=2\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)\sin\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$\cos A+\cos B=2\cos\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

$$\cos A-\cos B=-2\sin\left(\frac{A+B}{2}\right)\sin\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

Rules of Indices:

$$a^m \times a^n = a^{(m+n)}$$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{(m-n)}$$

$$(a^m)^n = a^{mn}$$

$$a^{\left(\frac{m}{n}\right)} = \sqrt[n]{a^m} \qquad a^{\left(\frac{1}{n}\right)} = \sqrt[n]{a}$$

$$k\,a^{-n} = \frac{k}{a^n}$$

$a^0 = 1$ $\qquad \sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}} = x^{0.5}$ and $\sqrt[2]{a} = \sqrt{a}$

$a^1 = a$ $\qquad \sqrt[n]{a} = b \Leftrightarrow b^n = a$

(Definition of Logarithms) تعريف د لاكاردم

If $N = a^n$ then $n = \log_a N$

$$\log(A \times B) = \log A + \log B$$

$$\log\left(\frac{A}{B}\right) = \log A - \log B$$

$$\log A^n = n \log A$$

$$\log_a N = \frac{\log_b N}{\log_b a}$$

BIBLIOGRAPHY

1. Allen, David H., Haisler, Walter E. Introduction to Aerospace Structural Analysis. John Wiley & sons
2. Armenakas, Anthony E. Modern Structural Analysis, The Matrix Method Approach. McGraw-Hill Inc.
3. Barsom, John M., Rolfe, Stanley T. Fracture & Fatigue Control in Structures, Application of Fracture Mechanics. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ
4. Beer, F.P., and Johnston, E.R., Jr. (1981) Mechanics of Materials. McGraw-Hill, New York
5. Biggs, John M. Structural Dynamics, McGraw Hill
6. Broek, David Elementary Engineering Fracture Mechanics. Martinus Nijhoff Publishers
7. Broek, David, The Practical Use of Fracture Mechanics. Kluwer Academic Publishers
8. Clough, Ray W., Penzien , Joseph. McGraw-Hill, Inc.
9. Gere, J.M., and Weaver, W., Jr. (1965) Matrix Algebra for Engineers. Van Nostrand Reinhold, New York.
10. Hertzberg, Richard W. Deformation and Fracture Mechanics of engineering Materials. John Wiley & Sons
11. Hibbeler, R.C. (1990) Structural Analysis, 2nd ed. Macmillan, New York.
12. Hibbeler, Russell C Mechanics of Materials (10th Edition).
13. Hibbeler, R.C. Structural Analysis 9th Edition
14. Kassimali, Aslam. (1999)Matrix Analysis of Structures. Brooks/Cole, Pacific Grove, California
15. Kassimali, Aslam Structural Analysis. Cengage Learning.
16. Leet, Kenneth M Fund of Structural Analysis McGraw-Hill.
17. Megson, T.H.G. Aircraft Structures for Engineering Students. Edward Arnold.
18. Mendelson, Alexander. Robert E. Krieger. Plasticity Theory and Application Publishing Com. Malabar, Florida.
19. Niu, Michael C. Y. Airframe Structural Design. Hong Kong Conmilit Press LTD.
20. Niu, Michael C. Y. Airframe Stress Analysis and sizing Hong Kong Conmilit Press LTD.
21. Norris, C.H., Wilbur, J.B., and Utku, S. (1976)Elementary Structural Analysis, 3rd ed. McGraw-Hill, New York.
22. Papadrakakis, Manolis, Evangelos Sapountzakis, Matrix Methods of Advanced Structural Analysis 1st Edition, by Imprint: Butterworth-Heinemann 2017
23. Paz, Mario Structural Dynamics: Theory and Computation
24. Popov, E.P. (1968)Introduction to Mechanics of Solids. Prentice Hall, Englewood, N.J.
25. Timoshenko, S. P. and D.H. Young. Theory of Structures. McGraw-Hill Company

26. Wang, C.K. Intermediate Structural Analysis. McGraw-Hill, New York.
27. Weaver, William Jr. and Johnston, Paul R. Structural Dynamics by Finite Elements. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ

د مؤلف (حفیظ الله وردګ) لنډه پیژندنه

نوم اوکورنی:

نوم مي حفیظ الله وردک د حاجي بسم الله خان زوی او د وکیل محمد زرین خان (د امیر امان الله خان د سلطنت په وخت کي د وردګو وکیل) لمسي ، د جغتو د محمد قولي په کلی کی زیږدلي یم. الحمدالله دوی لوراني او دوه زامن او آته لمسیان خداي راکړي. یو زوي می دلته په امریکا کی د طب ډاکتر او طبی پوهنتون کی پروفیسوردی، میرمن یي هم د طب ډاکتره او د طبی پوهنتون پروفیسوره ده . بل زوي می د فارمسی ډاکتر او میرمن یي د تکنا لوجی قانون پوهه ده. یوه لور می د فارمسی ډاکتره او خاوند یي په پوهنتون کی پروفیسر اود ریاضي دیپارمنت مشر دي. بله لور مي انجینره ده او خاوند یي د طب ډاکتر دي. ا لحمدالله ټولو خپل تحصیلات سر ته رسولي او د الله د بنده ګانو په خدمت کی بوخت دی.

علمی زدکړي:

لمړني زد کړي: لمړني زد کړي مي د غازی محمد جانخان د وردګو په جغتوکی اود قاری عبدالله خان نوآباد ده افغانان کابل کي تر سره کړي.

لیسه : د لیسی دوره مي د حبیبیی په عالي لیسه په کابل کی تر سره کړي. د حبیبي لیسي له لسم ټولګی نه امریکا ته د (American Field Service) سکالرشیپ په اخیستلوسره د یوه کال زدکړو لپاره ولاړم، او هلته می یو کال لپاره په من هایم ټونشیپ لیسه (Manheim Township High School) کی چی په لنکسټر پنسلوانیا (Lancaster Pennsylvania) کی ده زده کړه درلوده. یو کال وروسته بیرته کابل ته ستون شوم او یولسم او دولسم ټولګی می دی حبیبیی په عالي لیسه کی پای ته ورساوه. د لیسی دوری په وخت کی ما د کابل ټایمز (Kabul times) ، د انیس ورځپاني او کابل رادیو سره د راپپورټر په توګه همکاری کوله. له کابل ټایمز نه می د لیکلو یوه جایزه هم تر لاس کړه.

لوړي زدکړي: د پوهنتون کانکور له لاري د کابل پوهنتون (Kabul University) د انجینری پوهنځی ته شامل شوم. په دوهم صنف کي د ایست ویست سنټر (East West Center) سکالرشیپ په اخیستلو د امریکا هاوایی پوهنتون (University of Hawaii) ته ولاړم او لیسانس مي په سیول انجینری کی هلته واخست او بیا د کیس وسټرن ریزرو یونیورسټی (Case Western Reserve University) چی په کلیولند اوها یو (Cleveland Ohio) د امریکا کی ده د ما سټری شهادت نامه په سټرکچر انجینری کي تر لاسه کړه .

د روسانو له یرغل وروسته امریکا ته مهاجر شوم د الاباما یونورسټی (University of Alabama, Huntsville) چی په هنټسویل د امریکا کی ده د ډاکټری (PhD) ټول کورسونه تکمیل کړل او دیسرتیشن می د کورنی مصروفیت او د اولادونودی زدکړي لازمی پاملرنی د ضرورت له کبله تکمیل نشوی کړی. تصمیم دا شو چی د یوه وخت د پاره خپل درسونه پریږدم.

کاری مصروفیتونه او علمي تجربی:

کله چې وروسته له ماستری اخیستلو له امریکا بیرته کابل ته ستون شو م کاري تجربه می پدی لاندی ډول شروع شوه:

افغاني ساختماني دستګاه : د فواید عامی وزارت په چوکاټ کی دا لویه او مهمه ساختمانی دستګاه وه. کله چې کابل ته ستون شوم هلته می د انجینر په توګه کار شروع کا او پدی کارکی د څو میاشتو د پاره پاتی شوم.

د کابل پوهنتون د انجینري پو هنځي: وروسته له څو میاشتو چې په افغاني ساختمانی دستګاه کی وم د کابل پوهنتون د انجینري پوهنځي د سیول انجینري دیپارتمنت کی د استاد په حیث ومنل شوم. شپږ کاله هلته په تدریس او ریسرچ مصروف وم تر څو چې روسان افغانستان ته راغلل. پدی وخت کی زما علمی رتبه پوهنمل وه.

د روسانو له یرغل وروسته هندوستان ته لاړم ، دوه دری میاشتی په نوی ډیلی کی پاتی شوم، او له هغه ځایه په جنوري د ۱۹۸۱ کی امریکا ته راغلم. د کالورادو پوهنتون په بولدر او د واشنګټن یونیورستی په سنتلویس میزوري کی د دکتورا اخیستلو لپاره کله چې په هندوستان کی وم شمولیت او اسیستنشیپ رالېږلي وه. کله چې له هندوستان نه امریکا ته را ورسیدم د پوهنتونو د شروع کیدو وخت تیر شوی وا او مجبور شوم چې کار وکړم.

پایل ډینامیک او ډیلونو انجنری کمپني: څو میاشتو لپاره می له یوی کمپني سره چې په اوهایو کي د پلونو او پایل ډینامیکس (Pile Dynamics) په نامه یادیده د انجینر په توګه کار وکا.

سا رجنت لنډی د اتومی انرژی انجینری کمپني: په شیکاګو ایلینویز ایالت کی له سارجنټ لندي چې د اتومی انرژی د انجینري یوه مشهوره کمپنی ده دسټرکچر متخصص (structural Specialist) په حیث کار شروع کا. شپږ کاله می د دی کمپنی سره د سټرکچرل انحینر په حیث کار وکا.

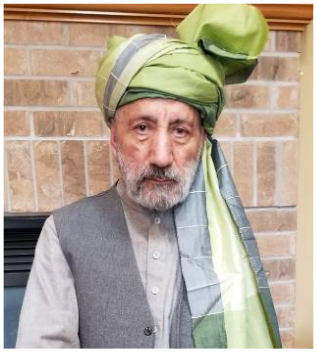
یونایتید تیکنالوجي کمپني: وروسته له 6 کلونو په شیکاګو کي د دو کلونو لپاره د یونایتید تیکنالوجي سره په هنتسول الاباما کی چې د هوایي راکټونو ، د جیت الوتکو اینجین جوړه ولو او فضاي راکیټونو یو لویه کمپنی ده په حیث د سټرکچر انجینر دوه کاله کار وکا.

بوینګ کمپنی : د یونایتید تکنالوجی د کمپنی دکار ورسته می د بوینګ له کمپنی سره کار پیل کړ. بوینګ د طیارو جوړه ولو او هوایي بیړیو د دنیا لویه او مشهوره کمپني ده . زه تر دیرش (30 years) کاله د سټرکچرانجینری کارونو کی ورسره پاتي شوم تر څو چې دیوه عالی مقام (تیکنیکل فیلو) ته ورسیدم او تصمیم می ونیو چې په ۲۰۱۹ کال کی کار بس کړم. په بوینګ کی اول لس کاله د فضاي هډی (International Space Station) د ناسا (NASA) مربوطه (په فضا کی د ژوندکولو ا و علمي تحقیقاتو بیړي چې بین الملي فضا يي ستیشن نومیږي) د مشرسټرکچر انجینرپه حیث مصروف د کار وم . پدی وخت کی وروسته له رسمي کاره د دکتورا لپاره په یونیورستی الباما هنتسویل کی درس شروع کا. شل کاله نورمی په بوینګ کی د ډول ډول موډلونو د نویو طیارو په انجینری کارونو د عالی رتبی انجینر (تیکنیکل فیلو) په صفت په بوینګ کی د وچیتا او سیاټل ښارونو کی کار وکا. د بوینګ سره یوه اختراع هم لرم او دا اختراع د امریکا د پټنټ په اداره کی رسمي ثبت

شوي. د انجینری مسؤلیت او کار برسیره ما پنځه ویشت (25) کاله په بوینګ کمپني کی نورو انجینرانو ته د سټرکچر په رشته کی وروسته له رسمی کاره تدریس هم وکړ.

په دی 40 کاله کاري مصروفیتونو په امریکا کی ، زیات شمیرتخنیکی لیکني درلودلي او هم زیات شمیر کاري جایزي، ستاینې، او پیرندني له یونایتید تیکنالوجي، ناسا (NASA)، او بوینګ نه ماته راکړل شوي.

له کومه وخته چی رسمی کار می بس کړی دی د دی کتاب په لیکلو مصروف شوی یم او هیله د ه چی د ا فغانانو راتلونکیو انجینرانو د پاره ګټور تمام شی.



د مؤلف (زرجان بها) لنډه پيژندنه

(دا معلومات د روژی پر اول چی د اپریل ۲۴ او کال ۲۰۲۰ م دی تیار شوی)

نوم اوکورنی :

زما نوم **زرجان** دی او کله می چی پوهنتون شروع کا وا (۱۹۵۸) د تعلیم او تربیی مودیر راته وویل جی ښایی چی د کورنی نوم هم ولرم نو د پلارد نامه لمړنی برخه می په همغه سا عت کی د کورنی د نامه د پاره وټاکله او د هِغو راهیسی مي نوم **زرجان بها** دی. د پلار نوم می **بهاول** خان او د مور نوم می **که جله** دی. د یوسفخیلو په کلی کی چی دوردګو د سید اباد په ولسوالی کی دی زیږیدلی یم. زموږ په کلی کی چی کابو سل کوره وا یوازی زما پلار وا چی لوستل او لیکل یی کولی شوی. زما تره اغاجان خان د ولس ملک وا او ټول کارونه چی لیکل شویو اسنادو ته یی ضرورت د رلود زما د پلار مسولیت وا او دواړه ورونړه د یوی کورنی په توګه یو ځای اوسیدل.

زما د دریشپیتو کالو د ژوند شریکه **فاطمه** اودری اولاده لرم چی دوه یی د طب ډاکتران او یو یی انجینر دی. دری سره د ژوند د شریکانو او اولادو سره په خپلو کورو کښی د امریکا په مختلیفو ښه رو کی ژوند کوی. همدارنګه لس لمسیان لرم چی دریو یی پوهنتون خلاص کړی کار کوی ، څلور یی په پوهنتون کی او دری یی په ښونځیو کی درس وایی.

زه به د خپل ځان په هکله به لاندی کرښوکی په لنډیزه توګه شننه وکړم.

رسمی زده کړی:

لمړني ښونځی : لمړني زد کړي مي د وردګو د تکیی به ښونخی کی بشپړی کړی او لدی کبله چی د شپږم ټولګینه د اول نمره په توګه فارغ شوم د پوهنی د وزارت د تعامول له مخی ددی مستحق شوم چی کابل ته د نورو زده کړو د پاره په کوم لیله ښونځی کی شامل شم.

د لیسی دوره (۷ نه تر۱۲ ټولګی) : د لیسی دوره مي د کابل په دارالمعلمین کی تر سره کړه. د کابل دارالمعلمین دوی برخی درلودی چی یویی مسلکی برخه وه چی د نهم ټولګی فارغان دښونکیو په توګه دافغانستان په شپږکلنه ښونځیو کی د ښونکیو په توګه وظیفه قبلوله چی زموږ په وخت کی مسلکی برخه یولسم ټولګی ته لوړه شوه، بله برخه یی متوسطه وه چی شپږ کاله وه او فارغانو یی کړی شوی د کابل په لیسو کی دښونکی په توګه کار وکا او یا به د پوهنتون د ادبیاتو او ساینس پوهنځیوته تلل چی د کابل په لیسو کی د ساینس او یا اجتماعیاتو ښونکی شی. زه اول مسلکی برخی ته معرفی شوی وم او بیا می دمکتب د مود یر نه خواهش وکا چی متوسطی ته بدل شم چی زما خواهش یی قبول کا. د یادولو وړده چی په هغه وخت کی تر کابل پرته په ټول افغانستان کی یوازی تر شپږم ټولګی پوری زده کړی وی. زموږ ټولګی ته د افغانستان د ټولو ولایتو نه اول نمره ګان راغلی وو.

کله چی زه په یولسم ټولګی کی وم د زراعت معین د یو شمیر نورو غړیو سره زموږ مکتب ته راغی او غوښتل یی چی څنی زدکونکی د زراعت د تحصیل د پارترکیی ته انتخاب کړی. عبدالصمد خان چی زموږ

د کمیا معلم او هم د لیسی معاون وا زه یی اول ورته معرفی کړم چی زه د ټولګی اول نمره او کپتان هم وم. دری نور زموږ د ټولګی نه پدی ډ له کی ګډ شول. زه دی سکالرشیپ ته ډیر نه وم خوشحاله او د دی اند یښنه را سره وه چی که پدی سکالرشیب کی کوم مشکل پیداشی زما تحصیل به نیمګړی پاتی شی. ښه داشوه چی زموږد ډ لی نه د یوه ملګیری پچه ختلی وه ، پدی توګه نوموړی به اول دعسکری دوره تیره وله او بیا به یی د دی سکالر شیپ نه ګټه اخلسنله او پدی توکه د دی سکالر شیپ نه پښیمانه شو . ماته هم لاره جوړه شوه چی زه هم تر دی سکا لر شیپ نه تیر شم. زموږ دټولګی نه څنی نورکاند یدان دنوموړی سکالرشیپ دپاره پیداشول چی ربښتیا یی تحصیل نیمګړی شو.

د لوړو زدکړو دوره:

په افغانستان کی:

زموږ په وخت کی د پوهنتون د پاره کانکور نه وا او زموږ نه یی یو امتحان واخیست چی دا امتحان د کانکور د جوړولو د پاره آ زما یښتی امتحان وا. ماته وویل شول چی د کابل په ټولو لیسو کی زما نمری دریمه درجه وی. اول او دوهم نمره ګان د استقلال او نجات له ښونځیو نه وو. دی ازموینی زموږ د پوهنځیو په خوښید و کی هیڅ اغیزه نه درلودله. لکه چی پخوامی وویل چی زموږ د مکتب نه یوازی د ادبیاتو او ساینس پو هنځیو ته فارغان تلی شوی او زمادپاره یو طلایی چانس پیدا شو چی دانجینری پوهنځی ته شامل شم. د پوهنځی نه دوهم نمره فارغ شوم او پوهنځی موږ دواړه، اول نمره او دوهم نمره، د استادانوپه توکه ومنلوچی په هغه وخت کی د یوه فارغ دپاره تر نورو ټولو ځایونه ښه انتخاب وا. په پوهنځی کی می د ۱۹۶۲ کال د جنوری نه د ۱۹۶۳ کال تر سپتمبره پوری د استاد په توګه دنده درلوده او په سپتمبر کی د نورو لوړو زدکړو له پاره امریکاته ولاړم.

د پو هنځی په دوره کی ما د ملګریو میلتو د (Food and Agriculture Organization) په د دفتر کی د ډرافتمین په توګه کار کا. دا کار ماته د عبدالمحبوب خان په مرسته پیدا شوی وا. نوموړی د امریکا د وایومینګ پوهنتون نه لیسانس او د ډیوس پوهنتون نه یی ما ستری اخستی وه. ډیر وخت یی د هلمند په پورژه کی کار وکا او په آخرو وختو کی د پروان د ابیاری د پروژی د آمر او بیا د کود او برق د فابریکی چی په شبرغان ن کی وه دربیس په توګه دنده درلوده. د FAO د دفتر مشر د کرهنی د وزارت په موافقه د ما دپاره یو بورس جوړ کا چی په امریکا کی د ابیا ری په انجینری کی ما ستری واخلم.

کله جی زه د پوهنځی نه فارغ شوم له یوا خوا د FAO سکالرشیپ وا او له بلی خوا د پوهنځی له خوا د استاد په توګه کار راته پیدا شو. ربښتیا هم چی دا یوه سخته فیصله وه چی زه کوم انتخاب کړم. په پای کی می د خپل ژوند د پرنسیپ په آساس بی د چا د مشوری نه د پوهنتون کار انتخاب کا او پدی فیصله تر اوسه پوری خوشحاله یم.

په امریکا کی:

د ماستری د پاره: زه چی امریکاته راغلم اول د واشنګټن پوهنتون چی په سنټلویس کی دی ولاړم تر څو زما د یوه همکار، Walter Pilkey ، چی زموږ په پوهنځی کی یی درس ورکاوا ، په سپارښتنه د ده دیوه ملګری پرو فیسر تر لاس لاندی خپله ماستری هلته واخلم. پدی پوهنتون کی یو لږ داخلی ستونځی پیدا شوی وی چی ډیر پروفیسران، د ما د انتخاب شوی پروفیسر سره ، نورو پوهنتونو ته ولاړل او ما هم پس له دوو سمسترو چی زیاتره می د لیسانس دوری مضمونونه نیولی وو د پورډو پوهنتون چی زموږ د

پوهنځی سره یی د نورو لسو امریکا پوهنتونو تر ځنګ مرسته کوله انتخاب او د (۱۹۶۴) کال په پسرلی کی ځان بدل کا. د ۱۹۶۶ په جنوری کی می دسیول انجینریه ساحه کی ماستری واخستله. د فراغت نه ورسته افغانستان ته ولاړم او په پوهنځی کی می خپل کار ته دوام ورکا.

کله چی د پورډو په پوهنتون کی وم د (۱۹۶۵)کال په اوړی کی شیکاګو ته دعملی کار زده کولو د پاره ولاړم او هلته می دشپی له خوا د پریسټرس کانکریټ یوکورس په ایلونیای انسټیټوټ اف تکنالوجی (IIT) کی واخیست چی ډیر په زړه پوری یوه پروفیسر درس راکاوا.

د ډاکتری د پاره: د ۱۹۶۹کال په جنوری کی د نارت کرلینا سټیت پوهنتون ته چی په رالی کی دی د ډاکتری د تحصیل د پاره ولاړم او د ۱۹۷۳ کال په اوړی کی می په سیول انجینری کښی ډاکتری شهادت نامه وا خسته او پیرته افغانستان ته ولاړم اود کابل د پوهنتون د انجینری په پوهنځی کی می کار ته دوام ورکا. زما د تیسس موضوع پریسټرس پریکسټ کانکریټ وا او ما دا هیله درلوده چی ددی موادو کمپنی به په افغانستان کی جوړه وو تر څو دا مواد د فولادو ځای د ودانیو په جوړولو کی ونیسی.

ګله چی هلته په پوهنتون کی وم یو څه وخت می د Nuclear Engineering به ډیپارتمنت کی د Coastal Erosion د اندازکولو په بروژه کی کار وکا.

زما د کارشننه:

د ۱۹۶۲کال د جنوری نه د ۱۹۸۲کال تر حنوری پوری (شل کاله) می د کابل پوهنتون د انجینری په پوهنځی کی کار درلود. په ۱۹۷۴ کال کی په پوهنځی کی د زراعت او سیول انجینری ډیپارتمنټ د مشر په توکه د استادانو له خوا انتخاب شوم. په ۱۹۷۵ کال کی د پوهنتون په پیشنهاد، د کابینی په مجلس کی د پوهنځی د رییس په توګه وټاکل شوم او تر څو چی په افغانستان کی کمونستانو قدرت ونیو (۱۹۷۸) د رییس په توګه پاتی شوم او بیا د۱۹۸۲کال تر جنوری پوری په پوهنځی کی استاد وم او زما علمی رتبه پو هنوالی وه . زموږ په پوهنځی کی تر دی لوړه علمی رتبه یوازی دفزیک یو پوهاند درلوده.

د پوهنځی د کار په اولو کلو کی می د کرهنی په وزارت کی د احصایی او وترنری کورسو کی درس ورکړی. همدارنګه د پوهنځی په

Center for Engineering Consulting Services and Applied Research (CECSAR)

کی می د مشاور په توګه د کار به ټوله دوره کی (بی دریاست د وخت نه) په آتلسو پروژو کی کار کړی.

کله چی د ۱۹۸۲کال په جنوری کی د سیستم انجینری ورکشاپ د پاره د یونسکو له خوا

IIT Bombay, India ته ولاړم تصمیم می ونیو چی امریکا ته راشم. د ځینی امریکایی ملګریو سره می تماس ونیوچی امریکا ته به را ځم او د کار په پیداکولو کی به ددوی مرسته غواړم. په پورډو پوهنتون کی د تکنالوجی د کالج رییس Dr. George McNelly له خوا می لیک تر لاسه کا چی د

Building Construction and Contracting

په ډیپارټمنټ کی دی میلمه پروفیسر په توګه د یوه کال د پاره وظیفه درلودی شم. کله چی زه په جون د ۱۹۸۲ کال کی ا مریکا ته راغلم نو زما د پخوانی ملګری Walter Pilkey په کور کی چی په شارلټزویل ورجینیا کی اوسیدا د میلمه په توګه ووسید م او د لنډ وخت د پاره می په University of Virginia کی کار وکا. په همدی دوبی کی د انټرویو د پاره پورډو ته راغلم او دا کار می قبول کا. په ۱۹۸۴ کال کی د ټینیرټرک اسوسیشت پوروفیسرپه توکه ومنل شوم او په ۱۹۹۰ کال کی می د پوروفیسری (پوهاندی)علمی رتبه تر لاسه کړه او تر اوسه پوری کار کوم. د ۲۰۱۹ کال په منی کی می تصمیم ونیو چی د کار مسولیت می نیمایی کړم او په دریو کالو کی خپله دنده په پوهنتون کی پای ته ورسوم. زما اوس نویی وظیفه په کالج کی د مشاور(College Mentor) په توګه ده او کوم معین مضمون درس نه ورکوم.

په ۱۹۹۵ کال کی د پورډو انټرنشنل پروګرام د جهانی بانک یوه شل ملیونه دالره پروژه واخسته او زمانه یی وغوښتل که ددی پروژی د پر مخ وړلو دپاره د Resident Program Coordinator په توګه چی په مالیزیا کی وه ولاړ شم چی ما دا کار قبول کا او د پنځوکالو پروژه می د ۱۹۹۹ کال په پای ګی تکمیل کړه. پدی پروژه کی کابو یو سل استادانو چی د امریکا، انګلستان، کاناډا او استرلیا وو د لنډی او یا څه ووږدی مودی د پاره کار وکا. پدی پروژه کی موږکابو ۹۰۰ استادان د مالیزیا د پولیتخنیکو د پاره وروزل. زما په دفتر کی څلورو مالیزیایانو کار کاوا، چی د موټرچلولو، سکرتریت، اداری او ما لی چارو مسولیت ورپه غاړه وا.

د ۲۰۰۲ کال راهیسی پنځه واری (د ۲۰۰۲ نه تر ۲۰۱۶) افغانستان ته د نورو پورډو استادانو سره تللي یم تر څو د افغانستان د لوړو زده کړو، په ځا نګړی توګه د نویي تکنالوجی، په برخه کی مرسته وکړو. یو شمیر د پوهنتونو استادان مو امریکا ته د لنډ و خت د پاره راوستل او هلته مو څو ورکشاپونه جوړ کړل تر څو د پوهنتون یو شمیر استادان او نورانجینران د نویو تکنالوجیو سره بلد شی. همدارنګه مو یو سپین سرخلاصی را پور ولیکا چی په افغانستان کی د تکنالوجی زده کړو پنځه مر کزونه جوړشی چی یو په کابل، بل په کندار، بل په هرات ، بل په مزار، او بل په ننګرار کی وی. په هر مر کز کی کوشش وشی چی د خیلی منطیقی د ضرورت وړ تکنالوجستان وروزی. دا مرکزونه ښایی چی مالی استقلال ولری تر څو د ضرورت وړشیان په بیړه د خپلو مرکزو د پاره تیار کړی شی.

Brief Introduction to the book

This book is covering some of the fundamentals of structural analysis. This book can be covered in one or two semesters of an academic curriculum of Civil Engineering at the University level or post-secondary education institution. The book could also be used as a reference guide by Civil Engineers in practice.

The book is written in Pashto, a native language of Afghanistan, which can be used in all universities across Afghanistan and practicing engineers in the country. English words are used when equivalent word of Pashto was not found by the authors.

The book is divided into three volumes and has twelve chapters and an appendix at the end of each volume. The first volume covers Forces, Reactions, Shear and Bending Moment Diagrams, Truss Structures, Deflections, and Influence Line. The first volume is basically covering analysis of statically determinate structure.

The second Volume which includes chapters six through nine covers Slope Deflection method, Moment Distribution method, Matrix method of Analysis and Fundamentals of Structural Dynamic Analysis. The topic of earthquake analysis of buildings is also briefly discussed in chapter nine.

The Third volume covers brief introduction to how airplane flies and the forces acting on it. Chapter eleven has introductory information on fatigue and crack growth in metallic structures. Chapter twelve covers how to write a structural analysis report.

The book is written by two former professors at Kabul University, currently living in the USA, with about 40 years of working and teaching experiences of each, at the United States of America.

Numerous examples have been solved in each chapter and exercise problems are included at the end of each chapter or topics discussed.

Any comments about the book is welcomed by the authors and will help in the possible future editions of the book or related topics published by the authors later.

All rights of the manuscript are reserved with the authors.

د افغانستان د پوهنتونونو د انجنيري، زراعت، طبي علوم، اقتصاد او ژورناليزم چاپ شوو درسي کتابونو لست (ننګرهار، کابل، کابل پولی تخنیک، هرات، بلخ او خوست) ۲۰۱۵-۲۰۲۱

شمېره	د کتاب نوم	ليکوال	پوهنتون	شمېره	د کتاب نوم	ليکوال	پوهنتون
۱	عالي کلکولس رياضي A 534 I رياضي	حمیدالله یار	ننګرهار	۲	د عالی رياضياتو عمومی کورس	محب الرحمن جنتی	ننګرهار
۳	د نفوسو جغرافیه	پروفیسور لطف الله صافی	ننګرهار	۴	عالي کلکولسII	نظر محمد	ننګرهار
۵	فزیکی کیمیا III کیمیاوی کنتیک او کتلسس، کروماتوگرافی او اسپکتروسکوپی	پوهاند دوکتور خیر محمد ماموند	ننګرهار	۶	فزیکی کیمیا II الکترولیتی محلولونه او الکترو کیمیا	پوهاند دوکتور خیر محمد ماموند	ننګرهار
۷	د د ودانیو د تودولو تخنیک لومړی برخه، دسون تخنیک	داکتر غلام فاروق میر احمدی	ننګرهار	۸	د ژویو فزیولوژي	پروفیسور غنچه گل حبیب صافی	ننګرهار
۹	معیار های جدید اعمار ساختمان	انجنیر محمد عمر تیموری	ننګرهار	۱۰	د متیورولوژی مبادی	پروفیسور عبدالغیاث صافی	ننګرهار
۱۱	الجبر او د عددونو تیوری لومړی برخه	سطان احمد نیازمن	ننګرهار	۱۲	چگونگی مصرف انرژی در ساختمان های رهایشی	انجنیر محمد عمر تیموری	ننګرهار
۱۳	د اوسپیز کانکرېټي عناصرو د لومړی صنفي کار متوديکي لارښود	پوهندوی ديپلوم انجنیر عبادالرحمن مومند	ننګرهار	۱۴	د ژوند چاپېريال	پوهاند عارف الله مندوزی	ننګرهار
۱۵	عضوی کیمیا، کړیوال ترکیبونه	پوهاند دوکتور محمد غوث حکیمی	ننګرهار	۱۶	جامداتو میخانیک	پوهنوال محمد اسحق رازقی	ننګرهار
۱۷	د ودانیو د جوړولو مهندسي اساسات دویم ټوک	ديپلوم انجینبر اسدالله ملکزی	ننګرهار	۱۸	د ودانیو د جوړولو مهندسي اساسات لومړی ټوک	ديپلوم انجینبر اسدالله ملکزی	ننګرهار
۱۹	کیمیايي عنصرونه دویم ټوک	محمد طاهر کاپی	ننګرهار	۲۰	کیمیايي عنصرونه لومړی ټوک	محمد طاهر کاپی	ننګرهار
۲۱	عمومی رياضيات	کل محمد جنت زی	خوست	۲۲	د اقتصاد او تجارت اصطلاحات (انګلیسي-پښتو تشریحي قاموس)	پوهنیار عبدالله عادل او امان الله ورین	ننګرهار
۲۳	خطي الجبر	داکتر عبدالله مهمند	ننګرهار	۲۴	روانشناسی و ضرورت آن در جامعۀ افغانستان	داکتر اعظم دادفر	کابل پوهنتون
۲۵	مبادی اقتصاد زراعتی	پوهاند ولی محمد فائز	بلخ	۲۶	اساسات هندسه ترسیمی مسطح	پوهنوال سید یوسف مانووال	بلخ
۲۷	تأسیسات و تجهیزات تخنیکی ساختمان	انجنیر محمد عمر تیموری	کابل پولی تخنیک	۲۸	د راديويي خپرونو تولید	پوهنوال دوکتور ماستر واحدي	خوست
۲۹	د خاورې تخریب او د چاپیریال ککړتیا	پوهنیار محمد حنیف هاشمي	خوست	۳۰	تیوری و سیاست بودجه عامه	پوهنوال داکتر سید محمد تینګار	کابل
۳۱	حیوانات مفصلیه	پروفیسور داکتر دیپلوم علی آقا نحیف	هرات	۳۲	عضوي کیمیا، د اروماتیک او هیتروسیکلیک برخه	پوهنوال ډاکتر گل حسن ولیزی	کابل
۳۳	د پروژې تحلیل او مدیریت	پوهاند محمد بشیر دوديال	ننګرهار	۳۴	د انجنیری میخانیک	پوهنوال محمد اسحق رازقی	ننګرهار
۳۵	کلکولس او تحلیلي هندسه، لومړی برخه	پوهندوی سید شیر آقا سیدي	ننګرهار	۳۶	کلکولس او تحلیلي هندسه، دوهمه برخه	پوهندوی سید شیر آقا سیدي	ننګرهار
۳۷	د کرنیزو محصولاتو بازار موندنه	پوهاند محمد طیب	ننګرهار	۳۸	کارتو گرافی با اساسات توپوگرافی	پوهنوال دوکتور محمد طاهر عنایت	ننګرهار
۳۹	انرژي سمپا کوونکي ودانۍ	اسد الله ملکزی	ننګرهار	۴۰	د موادو مقاومت	پوهنمل بهرام امیری	خوست
۴۱	فزیکی کیمیا گازونه او کیمیاوی ترمودینامیک	پوهاند خیر محمد ماموند	ننګرهار	۴۲	اطلاعاتو ته د لاسرسي لارې چارې	دانش کروخیل	ننګرهار

۴۳	حیاتي جغرافیه	پوهاند لطف الله صافي	ننگرهار	۴۴	د فاضله اوبو انجنیري	زلمی خالقی	ننگرهار
۴۵	د ریاضي په هلکه خبرې اترې	سلاطان احمد نیازمن	ننگرهار	۵۶	اقتصادي جیولوجي (کانپوهنه-فلزي کانونه)	پوهاند دوکتور شریف الله سهاک	ننگرهار
۴۷	گروه های اجتماعی بسته (مطالعه جامعه شناختی سکتها)	داکتر احمد سیر مهجور	کابل پوهنتون	۴۸	گرم شدن کره زمین	محمد نعیم نسین	بلخ
۴۹	الجبر او د عددونو تیوري دوهمه برخه	سلطان احمد نیازمن	ننگرهار	۵۰	اعمار ساختمانها (اساسات، مواد و سیستم ها)	پوهندوی دیپلوم انجنیر امان الله فقیری	کابل پولیتخنیک
۵۱	په سیول انجنیري کې د اټوکډ استعمال	پوهنوال میا پاچا میاخیل	ننگرهار	۵۲	وترنری عمومي پتالوژي	پوهندوی محمد طاهر کاکړ	ننگرهار
۵۳	انجنیري جیودوزی (سرو)	پوهندی گل حکیم شاه سیدی	ننگرهار	۵۴	جیومورفولوژي	پوهنوال عزت الله	ننگرهار
۵۵	د تلویزیوني خپرونو تولید	پوهنوال داکتر ماستر واحدی	خوست	۵۶	اوسپنیز کانکرېټي عناصر ، لومړی برخه	پوهنوال دیپلوم انجنیر عبادالرحمن مومند	ننگرهار
۵۷	زولوجی فقاریه	ذاکره بابکرخیل	ننگرهار	۵۸	زولوجی غیرفقاریه	ذاکره بابکرخیل	ننگرهار
۵۹	د تهداب انجنیري	پوهاند انجنیر زلمی خالقی	ننگرهار	۶۰	الجبر معاصر	داکتر عبدالله مهمند	بلخ
۶۱	رهنمود موثریت حفظ انرژی در تعمیرات	داکتر انجنیر محمد عمر تیموری	کابل	۶۲	معاصر الجبر	داکتر عبدالله مهمند	خوست
۶۳	د افغانستان د پوهنتونونو د درسی کتابونو چاپول (پشتو)	داکتر یحیی وردک	ټولو ته	۶۴	آلماني د افغانانو لپاره	داکتر یحیی وردک	ټولو ته
۶۵	آلمانی برای افغانها به دری	داکتر یحیی وردک	ټولو ته	۶۶	د پروژې مدیریت په عمل کې	محمد داود علم او یو اف . گهل	ننگرهار
۶۷	صنعتي اقتصاد	پوهاند محمد بشیر دودیال	ننگرهار	۶۸	نباتي فزیولوژي لومړی جلد	پوهنمل محمد طاهر میاخیل	خوست
۶۹	نباتي فزیولوژي دوهم جلد	پوهنمل محمد طاهر میاخیل	خوست	۷۰	د ساختمانونو تحلیل (لومړی برخه)	پوهاند محمد اسحق رازقی	ننگرهار
۷۱	د ساختمانونو تحلیل (دویمه برخه)	پوهاند محمد اسحق رازقی	ننگرهار	۷۲	د مهندسانو د پاره ساختماني ستاتیک زده کړه	دیپلوم انجنیر اسدالله ملکزی	ننگرهار
۷۳	د ساختمان د جوړلو طریقې (لومړی برخه)	پوهاند انجنیر محمد عیسی تنها	ننگرهار	۷۴	د ساختمان د جوړلو طریقې (دوهمه برخه)	پوهاند انجنیر محمد عیسی تنها	ننگرهار
۷۵	سیټونه او هرڅه د هغوی په هکله	لیف بوکوفسکی/ سلطان احمد نیاز من	ننگرهار	۷۶	د لوبو لارو د هندسي عناصرو ډیزاین	پوهنیار انجنیر محمد شاکر فاروقي	ننگرهار
۷۷	د سرخلاصو کانالونو هایدرولیک	پوهنوال میاپاچا میاخیل	ننگرهار	۷۸	د جوړښتونو تحلیل (لومړی برخه)	پروفیسور حفیظ الله وردک او پروفیسور دکتور زرجان بها	خوست
۷۹	د جوړښتونو تحلیل (دوهمه برخه)	پروفیسور حفیظ الله وردک او پروفیسور دکتور زرجان بها	خوست	۸۰	د ریاضي منطق	سطان احمد نیازمن	ننگرهار
۸۱	۴۵ انجنیري درسي کتابونه	ټول پوهنتونونه	ننگرهار	۸۲	د اوبو رسولو انجنیري	پروفیسور انجنیر محمد عیسی تنها	ننگرهار
۸۳	اوسپنیز کانکریټي عناصر ډیزاین (دویمه برخه، لومړی ټوک)	پوهاند دیپلوم انجنیر عبادالرحمن مومند	ننگرهار	۸۴	اوسپنیز کانکریټي عناصر ډیزاین (دویمه برخه، دوهم ټوک)	پوهاند دیپلوم انجنیر عبادالرحمن مومند	ننگرهار
۸۵	د تحلیلی هندسه لومړی برخه	سید شیر اقا سیدی	ننگرهار	۸۶	د اقتصاد د علم اساسات	شبر خان حساس	ننگرهار
۸۷	د انجنیری اساسی ریاضی (لومړی برخه)	پوهندوی عبدالغفور نیازی	ننگرهار	۸۸	د انجنیری اساسی ریاضی (دوهمه برخه)	پوهندوی عبدالغفور نیازی	ننگرهار
۸۹	عمومي تخنیکي رسم	پوهیالی فضل اکبر	ننگرهار	۹۰	د اقتصادي پرمختیا تیوري	پوهاند محمد بشیر دویال	ننگرهار
۹۱	اقلیم پوهنه	پوهاند عزت الله سایل	ننگرهار	۹۲	کید او گرافیک	پوهنوال دیپلوم انجنیر بهاوالدین جلالي	ننگرهار
۹۳	پیداگوژي	پوهنیار راز محمد فیضي	ننگرهار	۹۴	نړیوالې تولنې	احسان الله آرینزی	ننگرهار

۹۵	د طبیعي علومو انګلیسي-پښتو قاموس	پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی څدران	ننګرهار		د جوړښتونو تحلیل (دریيم برخه)	پروفیسور حفیظ الله وردک او پروفیسور دکتور زرجان بها	خوست
	د اقتصاد د علم اساسات	شیرخان حساس					

ټول کتابونه له دې ویبپاڼې څخه ډونلوډولای شی : www.ecampus-afghanistan.org

مرسته کوونکی: د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمیټی، د آلماني او افغاني پوهنتونونو ټولنې، د آلمان د فدرالی جمهوریت جنرال کنسولګري، کانراد ادناور بنسټ، میخایل کلبت، سلواک اید، په جرمنی کې د اناسیس کمپنی او افغانیک

تطبیق کوونکی: ډاکټر یحیی وردګ د لوړو زده کړو وزارت، څلورمه کارته، کابل افغانستان، مې ۲۰۲۱

دفتر:075601640، ایمیل: textbooks@afghanic.de

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 342 different textbooks of Medicine, Engineering, Science, Economics, Journalism and Agriculture from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh, Al-Beroni, Kabul, Kabul Polytechnic and Kabul Medical universities. The book you are holding in your hands is a sample of a printed textbook. It should be mentioned that all these books have been distributed among all Afghan universities and many other institutions and organizations for free. Out of the total, 96 medical textbooks funded by German Academic Exchange Service, 210 medical and non-medical textbooks funded by Kinderhilfe-Afghanistan, 7 textbooks funded by German-Afghan University Society, 2 textbooks funded by Consulate General of the Federal Republic of Germany, Mazar-e Sharif, 4 textbooks funded by Afghanistan-Schulen, 2 textbooks funded by SlovakAid, and 8 textbooks funded by Konrad Adenauer Stiftung. All the published textbooks can be downloaded from www.ecampus-afghanistan.org & www.kitabona.com.

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-2014) states:

"Funds will be made available to encourage the writing and publication of textbooks in Dari and Pashto. Especially in priority areas, to improve the quality of teaching and learning and give students access to state–of–the–art information. In the meantime, translation of English language textbooks and journals into Dari and Pashto is a major challenge for curriculum reform. Without this facility it would not be possible for university students and faculty to access modern developments as knowledge in all disciplines accumulates at a rapid and exponential pace, in particular this is a huge obstacle for establishing a research culture. The Ministry of Higher Education together with the universities will examine strategies to overcome this deficit."

We would like to continue this project and to end the method of manual notes and papers. Based on the request of higher education institutions, there is the need to publish about 100 different textbooks each year.

I would like to ask all the lecturers to write new textbooks, translate or revise their lecture notes or written books and share them with us to be published. We will ensure quality composition, printing and distribution to Afghan universities free of charge. I would like the students to encourage and assist their lecturers in this regard. We welcome any recommendations and suggestions for improvement.

It is worth mentioning that the authors and publishers tried to prepare the books according to the international standards, but if there is any problem in the book, we kindly request the readers to send their comments to us or the authors in order to be corrected for future revised editions.

We are very thankful to Kinderhilfe-Afghanistan (German Aid for Afghan Children) and its director Dr. Eroes, who has provided fund for this book. We would also like to mention that he has provided funds for 210 medical and non-medical textbooks so far.

I am especially grateful to **GIZ** (German Society for International Cooperation) and **CIM** (Centre for International Migration & Development) for providing working opportunities for me from 2010 to 2016 in Afghanistan.

In our ministry, I would like to cordially thank Academic Deputy Minister Abdul Tawab Balakarzai, Financial & Administrative Deputy Minister Noor Ahmad Darwish, Advisor at Ministry of Higher Education Dr. Gul Rahim Safi, Chancellor of Universities, Deans of faculties, and lecturers for their continuous cooperation and support for this project.

I am also thankful to all those lecturers who encouraged us and gave us all these books to be published and distributed all over Afghanistan. Finally, I would like to express my appreciation for the efforts of my colleagues Hekmatullah Aziz and Fahim Habibi in the office for publishing and distributing the textbooks.

Dr. Yahya Wardak
Advisor at the Ministry of Higher Education
Kabul, Afghanistan, May, 2021
Mobile: 0706320844, 0780232310
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 knowledge transfer process.

The Ministry of Higher Education has the responsibility to make available new and standard learning materials in different fields in order to better educate our students.

Finally, I am very grateful to Kinderhilfe-Afghanistan (German Aid for Afghan Children) and our colleague Dr. Yahya Wardak that have provided opportunities for publishing textbooks of our lecturers and authors.

I am hopeful that this initiative should be continued and increased in order to have at least one standard textbook for each subject, in the near future.

Sincerely,

Abdul Tawab Balakarzai

Academic Deputy Minister of Higher Education

Kabul, 2021

Book Name	Structural Analysis Vol III
Authors	Prof. Hafizullah Wardak & Prof. Dr. Zarjon Baha
Publisher	Shaikh Zayed University, Khost, Engineering Faculty
Website	www.szu.edu.af
Published	2021, First Edition
Copies	1000
Serial No	343
Download	www.ecampus-afghanistan.org
	www.kitabona.com

This publication was financed by **Kinderhilfe-Afghanistan** (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, Karte – 4, Kabul
Office 0780232310, 0706320844
Email textbooks@afghanic.org

All rights reserved with the author.

Printed in Afghanistan 2021

ISBN 978-9936-620-77-3