

TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY

Ý.D.Myradow

TEÝGUMLARYŇ MEHANIKASY

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby

Aşgabat – 2010

Ý.D.Myradow, Teýgumlaryň mehanikasy.

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

SÖZBAŞY

Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljeginiz bolan ýaşlaryň dünýäniň iň ösen talaplaryna laýyk gelýän derejede bilim almagy üçin ähli işler edilýär.

Hormatly Prezidentimiz döwlet başyna geçen ilkinji gününden bilime, ylma giň ýol açdy, Türkmenistan ýurdumyzda milli bilim ulgamyny kämilleşdirmek boýunça düýpli özgertmeler geçirmäge girişdi.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň «Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda» 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki wagtda milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýyşly, edep-terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

Okuw kitaby Täze Galkynyş we Beýik özgertmeler zamanasynda ýokary bilimli hünärmenleri taýýarlamaklyga bildirilýän talaplary göz önünde tutup taýýarlanylady.

Okuw kitaby ýokary okuw mekdepleriniň talyplaryna – geljekki inžener-gurluşykçylara teýgumlaryň mehanikasy dersini doly öwredip, olaryň hünärleri boýunça özleşdirmeklerine inžener-tehniki hühär taýýarlyklaryny üpjün etmek wezipelerinden ugur alyndy.

Bu okuw dersiniň okadylmagynda esasy maksat teýgumlaryň mehanikasyň inžener-gurluşykçy hünärlere degişli ähli bölümleri boýunça ýaşlara çuňňur bilim bermekden, olaryň okuw materiallaryny doly öwrenip, çylşyrymly amaly, usuly we matematiki hasaplamalary ýerine ýetirip bilmeklerini gazanmakdan ybaratdyr.

“Teýgumlaryň mehanikasy” we “Teýkärler we binýatlar” dersleri “Inženerçilik geologiyasy” we “daşky gurşawy

goramak” dersleri ýaly gurluşyk hünärleriniň aýratyn wajyp öwrenilmeli dersleriň biri bolup durýar. Teýgumlaryň mehanikasy dersiniň öwrenmekliginiň maksady, kadakanunlara laýyklykda teýgumlaryň tebigy gelyp çykyşy we olaryň desgalar bilen bilelikde işlemekleri bolup durýar. Egerde konstruktiv materiallar tehnologlar tarapyndan berlen gurluşyk häsiýetlerine eýe bolýan bolsalar, onda teýgumlar her bir gurluşyk meýdançalarda özbaşdak taryhy düzümde döreýsi bolýar. Teýgumlaryň düzümi, gurluşy we häsiýetleri her bir gurluşyk meýdançasynnda tebigy görnüşdedirler we olar biri-birinden düýpgöter tapawutlanýandygy üçin her gezek ýörite öwrenmekligi talap edýär.

Ýükleriň aşagynda teýgumlar özüni çylşyrymly prosesde (ýagdaýda) alyp barýarlar, ol köplenç mateiallaryň düzümine baglylykda biri-birinden tapawutlanýar. Ony öwrenmeklik üçin ýörite eksperimental (synag) usullary hem-de deformirlenmek we weýran bolmak proseslerini beýan etmek üçin teýgumlaryň mehanikasynyň teoretiki gurallaryny ulanýarlar.

Teýgumlaryň berkligi materiallaryň düzüm häsiýetleriniň baglanyşygyna laýyklykda hemişe ýüzlerçe esse kiçi, deformirlenmesi bolsa münlerçe esse uludyr. Teýgum teýkärleriniň görterijilik ukybynyň doly ulanylmazlygy gurluşygyň gymmat düşmegine getirýär. Beýleki tarapdan torpaklaryň häsiýetinde bahasynyň ýalňyşlyk bilen ulaldylyp hasaplanylmagy, köplenç desgalaryň weýran bolmagyna sezewar bolýar. Şonuň üçin diňe bir teýgumlaryň berklik we deformasiýa häsiýetini dogry hasaplamak bilen çäklenmän, eýsem-de dag jynslarynyň görterijilik ukybynyň we desgalaryň teýkärleriniň deformasyýasynyň esaslandyrylan nazaryýetini we tejribelik usulyýetini ulanmak hökmändir. Ol teýgumlaryň mahanikasy dersiniň esasy ylmy meseleleridir.

Bu dersi okatmagyň maksady, talyplara teýgumlaryň fiziki-mehaniki häsiýetlerini we olaryň klasifikasion bahalandyrylyşyny, dyrtgynly-deformirlenme halynyň mukdar maglumat usullaryny hem-de teýgum toplumlarynyň

durumlylygyny, binýatlar, desgalar we daşky gurşaw bilen arabaglanyşygyny öwretmekden ybaratdyr.

Teýgumlaryň mehanikasy dersini öwrenenlerinden soňra, teýgumlaryň fiziki-mehaniki häsiýetleriniň, dartgynly-deformirlenme halynyň mukdar maglumat usullarynyň we teýkärleriň durumlylygynyň eksperimental usullaryny saýlamaklygy özbaşdak bahalandyrmaklyga geljekki hünärmenler mümkinçilik alýar.

Okuw-terbiýeçilik işleriň netijeliligini ýokarlandyrmak, talyplaryň okuw materiallaryny üstünlikli özleşdirmeklerini gazanmak we olaryň pikirleniş ukyplaryny ösdürmek hem-de döredijilik işjeňligini artdyrmak üçin umumy okuwda, amaly we tejribe sapaklarynda okatmagyň dürli usullaryny ulanmalydyr.

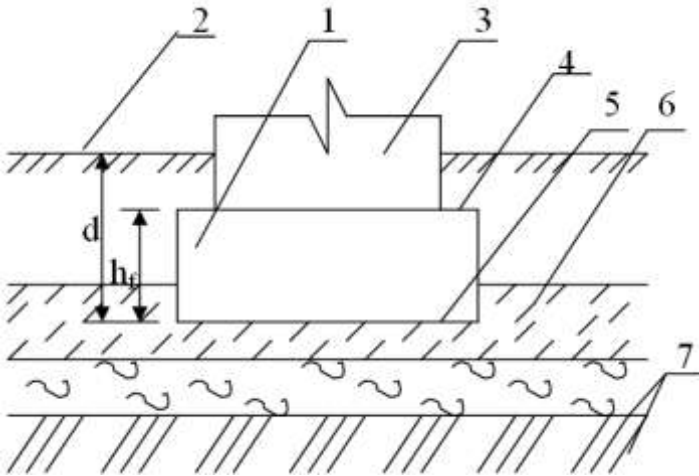
Bu okuw kitaby ýokary hünärli inžener-gurluşykçylary taýýarlamak üçin zerur bolan hünär taýýarlygyny belli bir derejede üpjün etmäge mümkinçilik berýär. a

Bu okuw kitaby ýokary okuw mekdepleriniň gurluşyk hünärleri üçin niýetlenilendir.

1. Giriş

Desgalaryň hemmesi öz agramlaryny we olara düşýän güýçleri teýkärlerine geçirýärler.

TEÝKÄRLER-ol teýgumlaryň gatlaklary bolmak bilen desgalardan düşýän basyşlary kabul edýär (1-nji suratda görkezilen). Teýkärler *adaty* we *ýasama* görnüşlere bölünýär. **Adaty** - tebigi teýgumdan düzülen we **ýasama** - emeli güýçlendirilen (ýokarlandyrylan) teýgumlardan ybarat bolmak bilen biri-birlerinden tapawutlanýarlar.



1-nji surat: Teýkärler bilen bilelikde binýatlaryň shemasy.

1 – binýat; 2 – ýeriň üsti; 3 – ýerüsti konstruksiýa; 4 – binýatlaryň kesigi
5 – binýatlaryň düýbi; 6 – teýgumlaryň göteriji gatlagy; 7 – düýbüne düşelen teýgum.

Ýeriň üstünde ýerleşen jaýlaryň we beýleki desgalaryň görnüşleri seýrek duş gelýär. Jaýlary we beýleki desgalary teýgumlaryň ýokarky gatlaklarynda gurmaklygyň esasy aýratynlyklary:

olaryň pes göterijilik ukyby;

meteorologiki faktorlaryň täsiri astynda dik ýerleşdirilmeginiň mümkinçiligi (doňanda gubermegi, erände çökmegi, yzgarlananda çişmegi, guranda çökmegi);

ýer sarsanda, ýel öwsende, ösümlikleriň kökleriniň we beýleki faktorlarda onuň weýran bolmagy.

Şol görkezilenleriň esasynda hökmäni suratda binýat gurmaly.

BINÝAT-ýerasty konstruksiýa bolmak bilen, üstüne düşýän basyş güýçleri aşak, ýagny, teýgumlaryň gatlaklaryna geçirmek üçin hyzmat edýär.

TEÝGUMLAR diýip, dag jynslarynyň dürli görnüşlerinden ybarat bolup, ähli gurulýan desgalaryň we jaýlaryň teýkärleri üçin ulanylýan gurluşyk materiallaryna aýdylýar. Teýgumlar bitewidaşlara, ýarym bitewidaşlara, iri döwikli, çägeli, tozan görnüşli toýun, organiki genli, tehniki genli we ş.m. görnüşlere bölünýär. Galdyrylan desgalaryň materiallaryna görä, teýgum teýkärler münlerçe gezek köp defomasiýa we ýüzlerçe gezek pes berklige eýedir. Şonuň üçin teýgum teýkärleriniň defomasiýasy köp derejede onuň deňölçegsiz täsir edmegine eýe bolýar. Teýgumlaryň gatlaklarynyň we gurluşyk hiliniň häsiýetnamasyna nädogry baha bermeklik, köplenç desga konstruksiýalarynyň defomasiýa bermegine we hatda onuň weýran bolmagyna eltýär.

Teýgum teýkärleriniň defomasiýa bermegi köp derejede binýadyň düýbüne düşýän güýçlere bagly bolýar. Şonuň üçin binýat konstruksiýalaryny taslanymyzda we olaryň ölçeglerini alanymyzda hökmäni suratda teýgumlar bilen desgalaryň konstruksiýalarynyň bilelikde, geljekde ulanylanda kadaly şertler üpjün etmek bilen işlemelidir.

Şeýlelikde, göteriji gatlak teýkärleriniň defomasiýa bermegi, onuň tebigi ýagdaýynyň häsiýetnamasynyň bozulmagyna bagly bolýar. Şonuň üçin gurluşyk edilýän wagty teýgumlaryň teýkärleriniň strukturasynyň saklanyp galmagyna ymtylýar.

Entek, biziň eramyzdan öňki I asyrdan Rim arkitektory we inženeri Bitruwiý "Arkitektura hakda on kitap" diýen ylmy eserinde ynamly binýat gurluşygynyň, şol sanda gazykly binýatlarynyň wajyp oruna eýedigini belläp geçýär. Gurulýan desgalaryň agramynyň artmagy bilen gurluşykçylar binýat gurluşygyna ünsini has-da ýokary jogapkärli çekýärler we teýgumlaryň teýkärleriniň deformasiýasyny bahalandyrmagy üns berýärler. Ilkinji teýgumlaryň mehanikasy boýunça esasy teoretiki iş teýgumlaryň direkt diwarlaryna basyşy barada Kulonyň teoremasy (1773ý.) hasaplanylýar. Häzirkir wagtda teýgumlaryň deňagramlylyk çäginin teoriýasy W.W.Sokolowskiý, W.G.Berezanew, M.W.Malyşew we başgalar tarapyndan derňemeklik esasynda ýaýwaňlandyrylandyr we ösdirilendir. Inžener geologiýasyny ösdürmekde W.D.Lomtadze, W.W.Ohotin W.A.Priklonskiý, F.P.Sawarenskiý, Ý.M.Sergeýew, M.I.Sumgin we başgalar özüleriniň uly goşandyny goşdylar.

Teýgumlaryň deformasiýasyny we binýadyň çökmeginiň sebäplerini işläp bejermek meselesine baha bermek daşary ýurtly alymlardan başlap K.Tersagi, gurluşyk äleminde uly ösüşe eýe boldy. Şeýlelikde, Rus alymlary N.M.Gersewanow, N.A.Sytowiç, W.A.Florin, N.N.Maslow, M.N.Goldşteýn, K.Ý.Ýegorow, B.N.Dalmatow we başga alymlaryň işlemekleri netijesinde uly ösüşe eýe boldy. Teýgumlaryň süýşmegini (wagtyň geçmegi bilen deformirlenmegi) derňemek işlerini S.S.Wýalowýň, S.R.Mesçanyň, Ý.K.Zareskiýniň, A.Ý.Budiniň we başgalar öz işlerini ýerine ýetirdiler.

Teýgumlaryň durumsyz strukturasynyň deformasiýasyna we häsiýetine baha bermeklik barada-da birnäçe işler ýerine ýetirilendir. Müdimi doň durýan teýgumlaryň deformasiýasyny işläp düzmeklik üçin N.A.Sytowiç, S.S.Wýalow we başgalar; ownuk çagyly çäge görnüşli teýgumlary işläp bejermek üçin Ý.M.Abelew, N.Ý.Denisow, A.K.Larionow we başgalar; torfly teýgumlary

işláp bejermek üçin L.S.Amorýan, N.N.Morareskuly we başgalar öz işlerini ýerine ýetirdiler. Dinamiki täsirleriň astynda deformasiýa bolan teýgumklary derňemeklikde D.D.Barkan, P.L.Iwanow. N.N.Maslow we başgalar öz işlerini alyp bardylar.

Binýatlaryň pürsleriniňbwe plitalarynyňmaýyşgak teýkärlerde işleýiş hasaplamalaryny alyp barmakda M.I.Gorbunowyň-Posadowyň, I.A.Simbulidiniň, B.N.Žemoçkiniň, A.P.Sinisinayň we başgalaryň işleri hormata mynasypdyr.

Birnäçe derňewler desgalaryň göteriji konstruksiýalary bilen deformirlenýän teýkärleriniň bilelikde işlemegini we oňa baha bermek meseleleri barada iş alnyp barylady. Ol meselelere öz güýç-gaýratyny sarp etdiler: B.D.Wasilýew, C.N.Klepnikow, D.Ý.Polşin, A.B.Fadeýew we başgalar.

Häzirki wagtda köp etažly (gatly) agyr desgalar galdyrylýar. Şonlukda, biri-birine baglanyşykly senagat jaýlarynda äpet uly enjamlary gurulýar. Şonuň üçin ol ýa-da başga gurluşyklar teýkärleriň we binýatlaryň aýratyn talaplarda gurulmagyna we binýatlara düşýän ýüküň teýkärler, ýagny, berk teýgumlara birsyhly geçirilmegini üpjün edmelidir. Teýgumlaryň deformasiýasy bilen galdyrylýan desgalaryň konstruksiýalarynyň ynamly şertlerde işlemegini üpjün etmekde dogry maglumat almaklyk wajypdyr, eger-de nädogry maglumat alnanda gurluşygyň gymmat düşmegine we zeperleriň (adam pidalarynyň we ş.m.) ýetmegi mümkindir. Şonuň üçin hünärmenleriň önünde teýkärler bilen ýeriň üstündäki konstruksiýalaryň deformasiýalaryň bilelikde takyk işlemegini işláp düzmek usuly durýar.

Bu ýerde wajyp mesele, binalar (jaýlar) we desgalar rekonstruksiýa edilende teýkärler düşýän yükleriň agramyny hasaplamagyň kynçylygydyr.

Gurluşykçylar, köplenç her dürli enjamlary teýgumlara uly çuňlykda we hatda ýerasty etažlar (gatlar) gurýarlar. Bu ýagdaýda diňe bir desgalardan düşýän basyşlary kabul etmäni,

eýsem-de, teýgumlaryň çuňlygyna göýberilen konstruksiýalarynyň gapdal üste düşýän ýükleri hem kabul edýär. Ol bolsa desgalaryň ýerasty gurluşygy meselelerini çözmeklikde meselany has-da ulaldýar.

Şeýlelikde, inžener-gurluşykçylar binýat taslanylanda we galdyrylanda hem-de desga bölekleri çuň teýgumda ýerleşen bölekleriniň inžener-geologiki şertlerini, gurluşyk meýdançalaryny dogry saýlap almaklyk meseleleri diňe bir desgalar bilen teýkärleriň bilelikde işlemegini gazanmaklyk bilen çäklenmäni, ýene-de teýgum sredasynda galdyrylýan konstruksiýalaryna aýratynlykda baha bermekligi gazanmaly.

2. Teýgumlaryň emele gelişi

Magmatiki dag jynslary (gaýa daş teýgum) magmalaryň sowamagy bilen emele gelendir, ondan başga-da dag emele gelmeklik prosesinde fiziki we himiki ýellenmegi netijesinde ýuwaş-ýuwaşdan ýumşak dag jynslara öwrülipdir. Döwülen dag jyns bölekleri aşaklygyna süýşip ýer üst gatlagyna, ýagny, çöküntgi jynslara öwrülipdir. Birnäçe ýagdaýlarda uly basyşlarda we ýokary temperaturalarda çöküntgi jynslar metemorfizme sezewar bolýarlar, şeýlelik bilen metemorfiki (gaýa daşly) jynslar emele gelipdir. Haçanda, dag emele gelmeklik prosesinde olar ýer üstüne ýakynlaşanda, olar himiki dargamaklyk netijesinde iri sudurly ýa-da ownuk pytraňny teýgumlara öwrülipdir.

Dag jynslarynyň ýellenmeklik (şemel çalmaklyk) netijesinde teýgumlar aşakdakylara bölünýär:

- 1) *elýuwial görnüşli* – başlangyç emele gelen ýerinde galan çökündiler;
- 2) *delýuwial görnüşli* – suwyň hemişelik akymynyň hanasynda bolmadyk halysynda suw bilen garyşyp, başlangyç emele gelen ýeriniň eňňitliklerinde galan çökündiler;

- 3) *allýuwial görnüşli* – çeşmeleriň we derýalaryň başlangyç emele gelen ýataklaryndan uzak aralyklara alyp giden çökündileri;
- 4) *delto görnüşli* – suw akymy bilen suw howdanyna düşen çökündi;
- 5) *buzluk görnüşli* – buzluklaryň çekileginiň täsiri astynda jynslaryň bozulmagyndan emele gelen çökündi;
- 6) *eolo görnüşli* – semallaryň uzak aralyklara alyp giden jynslaryň has ownuk bölekleriniň çökündileri;
- 7) *Deňiz çökündileri* – suw akymalarynyň (derýalaryň) getiren deňziň düýbündäki ýyganan bölekler.

Ähli teýgumlaryň görnüşleri biri-birinden fiziki tebigaty we gurluşyk häsiýetleriniň dürliliginiň çylşyrymlylygy boýunça tapawutlanýar.

TEÝGUM diýip gurluşykçylar, ähli gurulýan desgalaryň we jaýlaryň tejkärleri üçin ulanylýan dag jynslaryna aýdýarlar we oňa bitewidaşlary, ýarym bitewidaşlary we ýumşak dag jynslary degişlidir.

Köp ýagdaýlarda ýokary gatlak gabyklary uly döwürli, çägeli, tozan görnüşli toýun, organiki gen we tehniki gen görnüşli teýgumlar degişlidir. Ýeriň aşaky gatlaklaryna pytraňny teýgumlar hemme ýerine diýen ýaly deň ýaýrandyr. Şonuň üçin geljekde, ony teýgumlar we bitewidaşly (gaýa daşly), ýarym bitewidaşly (gaýa daşly) teýgumlar diýip aýratyn belleýäris.

3. Teýgumlaryň düzüm bölekleri

Teýgumlar köp halatlarda üç görnüşli komponentden ybarat bolup, oňa gaty bölejikler (gaty jisimler), suw (suwuk jisimler) we howa ýa-da käbir gaz şekilli jisimler (gaz emele getiriji) degişli. Şeýlelikde, teýgumlaryň düzüm bölejikleri 3 (üç) görnüşden: gaty, suwuk we gaz şekilli bölejiklerden ybaratdyr. Ol komponentleriň gatnaşygy teýgumlaryň birnäçe häsiýetlerini şertlendirýär.

Eger teýgum gaty bölejiklerden ybarat bolup, onuň boşluklary suwdan doldurylan bolsa, onda ol iki komponentli (ikifazly) sistema bolýar. Käbir ýagdaýlarda ol teýgumlara teýgumly massa diýilýär. Köp ýagdaýlarda teýgumlarda gaty bölejiklerden we suwlardan başga-da, howa ýa-da käbir gazlar bolýar, bulardan başga-da erän suw boşluklary ýa-da suw boşluklarynyň daşynda köpürjik görnüşinde, ýa-da atmosfera bilen bilelikde asuda görnüşinde bolýar. Şol görnüşli teýgumlara üçkomponentli (üçfazly) sistema diýilýär.

Köp teýgumlaryň düzüminde ösümlik galyndylary ýa-da çüýrüntgileri görnüşinde organiki maddalar bolýar. Deňeşdirilende, teýgumlarda şoňa meňzeş maddalaryň köp bolmadyk mukdarynyň saklanmagy (çägelerde 3% -den we tozan görnüşli toýun teýgumlarda 5%-den ýokary) onuň häsiýetine düýpli täsir edýär.

4. Teýgumlaryň gaty bölejikleriniň gysgaça klassifikasiýasy

Teýgumlaryň häsiýeti barada has takyk aýdylanda onuň gaty bölejikleriniň ölçegleriniň we mineral düzüminiň derejesi boýunça anyklanylýar. Ölçegleri boýunça şu aşakdaky klassifikasiýalara bölünýär:(mm)

Çagyl daş görnüşli (çagyl)	-----	>20
Çagyl daş görnüşli (dreswa)	-----	20 ÷ 2
Çäge görnüşli	-----	2 ÷ 0,05
Tozan görnüşli	-----	0,05 ÷ 0,0005
Toýunsow	-----	<0,0005

BELLIK: ýaýda bölejikleriň ýitiburçly formasynyň atlandyrylyşy görkezilendir.

Gurluşykçylara köplenç teýgumlaryň çäge, tozan, toýun bölejikli garyndylary duş gelýär. Köp halatlarda, teýgumlaryň häsiýetine toýun bölejikleri täsir edýär, şonuň üçin teýgumlar

onuň mukdaryna baglylykda klassifikasiýa bölünýär (1-nji tablisa seret).

Teýgumlaryň gysgaça klassifikasiýasy
1-nji tablisa

№	Teýgumlaryň ady	Massasy boýunça toýun bölejikli düzümi, %	Plastiklik mukdary, I_p
1	Toýun	>30	0,17
2	Topur (şykga)	$30 \div 10$	$0,17 \div 0,07$
3	Gumbaýrak	$10 \div 3$	$0,07 \div 0,01$
4	Çäge	<3	Plastiki däl

5. Teýgumlardaky suwuň görnüş i we onuň häsiýetleri

Tozan görnüşli toýun teýgumlardaky suw, teýgumlaryň häsiýetine täsir etmekligi ilki bilen, teýgumlaryň otnositel düzümine baglydyr. Ol suwuň malekulalarynyň mukdarynyň täsiri astynda elektromalekulýar güýçler bilen teýgumlaryň kolliod we toýun bölejikleriniň üstleýin biri-birine baglanyşygy bilen düşündirilýär.

Elektromalekulýar udel güýçler gaty bölejikleriň üst gatlagy bilen suwuň malekulalarynyň üst gatlagynyň arasyndaky baglanyşygynyň biri-birine täsiri 1000 MPa ýetýär. Ondan bölünip çykýan udel güýçleri biri-biriniň täsiriniň netijesinde peselýär we birnäçe aralykda ýuwaş-ýuwaşlyk bilen nula çenli aşaklaýar. Onuň daşyndan, ol çäklendirilin aralyklarda suwuň häsiýeti onuň gury açyk öýjikli malekulalaryna, ýagny gaty bölejikleriň üstine ýetip bilmeýärler. Ol suwy ERKIN SUW diýip kabul edýärler (ol gaty bölejikleriniň täsirinden erkindir).

Gaty bölejikleriň üstüne ýüzleý siňiş geçirilen (adsorbirowan) suwa baglanyşyk diýilýär (ol gaty bölejikler

bilen baglanyşan). Suw gaty bölejikleriň daşynda gidrat örtügini emele getiýär we oňa köplenç *örtülen* diýilýär. Ýüzleý siňiş geçirilen suw gatlagynyň çägendäki udel güýjiň täsiri astynda uly ulylyklardan nula çenli üýtgeýär we ol gatlagy şertleýin *berk baglanyşykly* we *ýumşak baglanyşykly* görnüşlere bölüp kabul edýärler.

Tozan görnüşli toýun teýgumlar bölejikleri bilen suwuň baglanyşygyna (örtügiene) görä, onuň plastiki häsiýetini anyklaýarlar. Şonlukda näçe galyň suw örtügi bolsa, onda şonçada teýgumlaryň berkligi azalýar ýa-da tersine. Suw örtüginin galyňlygynyň üýtgemegi bilen, tozan görnüşli toýun teýgumlaryň bölejikleriniň töweregi suwuk haldan gaty hala öwrilmegine sezewar bolup biler. Suw örtüginin az galyňlykda bolmagy tozan görnüşli toýunyň baglanyşmagyna getirýär. Şeýlelikde, baglanyşma köp derejede baglanyşdyryjy suwlaryň mukdaryna bagly bolup durýar, şeýle teýgumlar guran suwuň süýşgintlik ýagdaýyny alýar.

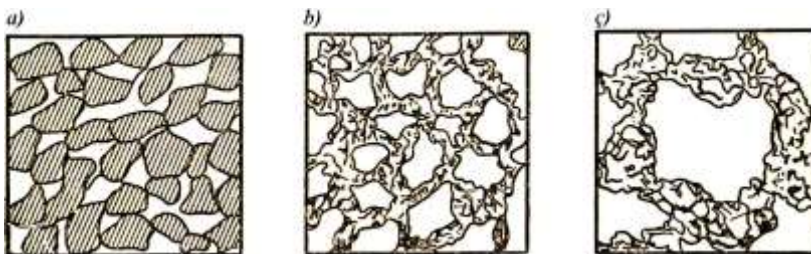
6. Teýgumlaryň strukturasy we teksturasy

Teýgumlaryň fiziki-mehaniki häsiýetleri onuň strukturasy (struktura - işki gurluş) täsir edýär (2-nji surat), ol zerreleriň özara ýerleşişine, öýjüklik ululygyna, fraksiýalarynyň mukdar (san) baglanyşygyna, zerreleriň we öýjükleriň görnüşine baglylykda kesgitlenýär.

Ürgün teýgumlar däne görnüşli strukturaly bolup, *dykyz* we *ýumşak* görnüşlere bölünýär.

Baglanyşan teýgumlar dört struktura bölünýär:

- 1) *Öýjükli (ýaçeistaya)* – suwdan çökmeklik esasynda emele gelen tozan görnüşli teýgumlara we laýlara mahsusdyr;



2-nji surat. *Teýgumlaryň strukturasynyň esasy görnüşleri.*
a – zerre görnüşli; b – ary öýjük görnüşli; c – übtük görnüşli.

- 2) *übtük görnüşli* – teňňe görnüşli bölekleriň has köp mukdaryny özünde saklaýan toýunly teýgumlaryň çökündilerinden emele gelen;
- 3) *keseikli* – ýeri emele getiren baglanyşýan teýgumlaryň ýokarky gatlaklary;

öýjükli (ary öýjüğine meňzeş-sotoobraznaýa) – melemtil topur we mele teýgumlarda görmek bolýar.

Teýgumlaryň strukturasyny we struktur baglanyşyklary:

Teýgumlary düzyän bölejikleriň keşbi, üst бүдүр-сүдүрлігі бiçак көп дүрлүдир. Бу кешpler өwrenilende, тоparлананда ýönetmeleşdirme, sadalaşdyрма usullary ulanylýar, mysal üçin, olar togalak, süýnmek, ýargaklaç we ş.m. кешplere, ýылmanak, бүдүр-сүдүр, бурçлак we ş.m. üstlere bölünýärler.

Teýgumlary düzyän bölejikleriň (zireleriň) möçberi boýunça, gyrađeňliligi ýa-da дүрлүлігі zire (granulometrik) düzümi bilen häsiýetlendirilýär. Teýgumlary düzyän mineral bölejikleriniň arabaglanyşygy sepleşik güýçleriň tebigy дөреýşине we berkligine görä, esasan, 3 topara bölünýär: kristallaşan baglanyşyk, sementleýin baglanyşyk, düwürleýin (suw-kolloid) baglanyşygy.

Kristallaşan (bile bitişen) baglanyşyk mineral zireleri biri-birine jebis galtaşanda ýa-da şol zireleriň arasynda galan boşlugy doldurýan sement mineralyň kristal gözenegi bilen himiki baglanyşanda дөреýär. Kristal baglanyşygy teýgumlaryň struktur baglanyşygynyň has berkidir. Emma şonda-da ol

mineral zireleriniň hut öz berkliginden kân pesdir. Aýry-aýry mineral bölejikleriniň berkligi onlarça, ýüzlerçe müň MPa-a ýetýär. Has berk kristal baglanyşykly magmatik, metamorfik jynslaryň (granit, bazalt, kwarsit) berkligi 100÷1000 MPa-a çenlidir.

Suw ergininden çöküp dörän, bile bitişen baglanyşykly jynslar (zylça, dolomit, nahar duzy) onça berk däldirler, has hem beter durnuksyzdyrlar.

Umuman, bile bitişen sepler portdurlar we döwülenden son tazededen dikelmeýärler, öňki durkuna gelmeýärler.

Sementli baglanyşyk zireleýin jynslaryň (çagyl, jyglym, çäge, gumbaýrak we ş.m.) boşluklaryny tebigy sementiň doldurmagynyň netijesinde döreýär. Sementi döredýän sebäpler öýjüklerdäki dürli düzümlü erginleriň bugarmagy bilen ýa-da kolloidleriň ötüşip (durguşyp), gaty hala geçmegi bilen bagly bolup biler.

Netijede, çagyldaş, çägedaş, kirşendaş ýaly berk baglanyşykly jynslar emele gelýärler. Olar özgerişinden öňki ene jynslardan üzül-kesil ýokarlanan berkligi, peselen suwsüzdürilijiligi we juda az çöküjiligi bilen tapawutlanýarlar. Şu görnüşli jynslar Köpetdagyň, Balkanyň, Köýtendagyň gerişlerini tutýarlar. Umuman, sementli baglanyşykly jynslaryň berkligi sementiň düzümine baglydyr. Baglanyşyk portdyr, synandan son dikelmeýär.

Düwürleýin (suw-kolloid) baglanyşyk dine juda ownuk zirelerden (toýun we kolloid bölejiklerden) düzülen jynslarda bolýar. Kolloid we toýun zireleri suwda, yzgarda biri-birlerine ýelmeşip (düwürlenip), öňki möçberden onlarça, ýüzlerçe, münlerçe esse uly bölejikleri emele getirýärler. Ulalan düwürler suwuň düýbüne has çalt çökýärler, agramyna gysylýarlar, baslygyp dykyzlanýarlar. Galtaşýan meýdan köpeldigiçe, zireleriň arasynda molekulýarara çekiji güýçler artpy, düwürleýin baglanyşyk emele gelýär. Şu hilli baglanyşyk Türkmenistanyň düzlüklerinde giň ýaýran toýunsow jynslaryň hemmesine mahsusdyr.

Düwürleýin baglanyşygyň berkligi azdyr, gury ýagdaýda $10 \div 20$ kPa-dan $100 \div 200$ kPa-a çenlidir, öl ýagdaýynda onlarça essä çenli peselýändir. Düwürleýin baglanyşyk gowşak berkligi sebäpli, aňsat

Tekstura (içki ýerleşiş) – teýgumy düzýän bölejikleriň giňişlikde ýerleşiş kadasydyr.

Bu adalgalaryň ikisi-de teýgumlary düzýän gaty jisimleriň we howaboşlugynyň gatnaşygyny, belli bir derejede, häsiýetlendirýär.

Struktura we tekstura teýgumlaryň, esasan-da, berk sepleşiksiz teýgumlaryň, hemme häsiýetlerine uly täsir edýär. Strakturanyň esasy görkezijisi - **zire düzümi** mukdarlaýyn ölçelýänligi üçin, inžener geologiýasynda giňden ulanylýar we aşakda aýratyn seredilýär. Strukturanyň beýleki görkezijileri we tekstura gysgaça häsiýetlendirilýär.

Teksturasyna görä teýgumlaryň häsiýetleri gyradeň (izotrop) ýa-da ugurlaýyn (anizotrop) bolýar.

Türkmenistanyň çökündi jynslarynyň teksturalaryny birnäçe toparlara bölmek bolar:

- arakesmeli (tygaly) çökýän çökündileriň teksturasy (galyň gatlakly, ýuka gatlakly, gytak gatlakly teksturalar);

- toýunsow jynslaryň guranda jaýrylmagy bilen bagly teksturalar (takyrlaryň gyrmançaly, jaýrykly teksturasy);

- giçki özgeriş teksturalary. Bu teksturalar jynslar emele gelenden son döreýärler. Muňa toýunsow toprak gatlagynda we lýosjymak teýgumlarda köp duşýan, dikligine gidýän şahaly öýjükler: dürli mör-möjekleriň hinjagazlary, guran ösümlikleriň kökleri çüýränden son emele gelen boşluklar we başgalar mysaldyrlar;

- ýel süýşüren çägelere tygasyz gyradeň teksturasy we ş.m.

7. Teýgumlaryň zire düzümi we onun kesgitleniş usullary

Dagynyk (dispers) teýgumlar dürli möçberli, keşpli we madda düzümlü böleklerden, bölejiklerden (zirelerden) düzülýär. Teýgumuň düzümi bölekleriniň möçberleri ençeme metrden mm-ıň ülüşlerine çenli bolýar. Teýgumyň şol düzümi böleklerine we möçberine garamazdan, şertleýin zire diýilýär we teýgumuň düzümi zire düzümi diýlip atlandyrylýar.

Zire düzümi (könelişen adalga „mehaniki düzümi“) teýgumlary düzyän dürli möçberli bölejikleriň deňeşdirmе mukdarydyr. Zire düzümi teýgumlaryň süýgeşiklik, öýjükliklik, şüşmä garşylyk, gysylma ukyby, çişme, ýygrylma ukyplary, kapillýarlar boýunça ýokary galyş, suw süzdürjilik ýaly häsiýetlerine düýpli täsir edýär. Zire düzüminiň üýtgemegi teýgumuň häsiýetleriniň üýtgemegine getirýär. Mysal üçin, eger arassa çagylyň suw süzdürjiligi ýokary, çägäniňki pes bolsa, toýnuňky nola golaý diýen ýalydyr.

Zire düzümi iş ýüzünde möhüm ähmiýete eye bolup, aşakdaky meseleleri çözmek üçin zerurdyr:

- 1) teýgumlary zire düzümi boýunça synplamak;
- 2) baglanyşyksyz gowşak teýgumlaryň (esasan, çägelereň) suw süzdürjiligini ýasama (empirik) formulalaryň üsti bilen hasaplamak;
- 3) teýgumlaryň ýollaryň emeli düşegi, gumdan galdyrylýan gaçylar, bentler üçin ýaramlylygynyň bahasyny kesmek;
- 4) buraw guýularyna goýulýan süzgüçleriň öýjük-deşikleriniň amatly diametrlerini hasaplamak;
- 5) suw bentlerinde, hendekleriň diwarlarynda we ş.m. teýgumlarda süzülme zerarly hokurdanlaşma döreme howpuna baha kesmek we tersin süzgüçleri hasaplamak;
- 6) teýguma gurluşyk materialy hökmünde baha kesmek (kerpiç guýmak, betona garmak we ş.m.).

Zire düzümini kesgitlemek üçin zire derňewi (granulometrik analiz) geçirilýär. Zire derňewinde möçberleri boýunça biri-birlerine golaý bolan bölejikleriň (zire

parçalarynyň) mukdary kesgitlenýär. Şol zireleriň möçberleri olaryň ortalaşdyrylan diametri görnüşde kesgitlenýär we mm-de aňladylýar.

Teýgumlaryň zire derňewi: Çägeli we toýunsuw jynslary düzýän gaty bölejikler minerallaryň, dag jynslaryň zirelerinden, deslapky bölejikleriň biri-birine ýelmeşip, tokga tutan agregatlaryndan (digirlerinden) hem bolup bilýärler. Bu dürli möçberli digirler (agregatlar) digirleşme (koagulyasiýa), sementleşme, gaýtadan kristallaşma prosesleriň netijesinde döräp bilýärler. Toýun zireleriniň digirleri derňew üçin ýasalan suspenziýada hem döräp bilýärler (erän duzlaryň elektrolitleriniň täsiri zerarly).

Zire derňewi wagtynda suwda durnuksyz agregatlar has ownuk digirlere ýa-da asyl zirelere bölünýärler, suwda durumly digirler öňki möçberinde galýarlar.

Agregatlaryň döremegi, şol sanda derňew wagty döremegi, zire derňewiniň netijelerine täsir edýär has ownuk zireleriň çykymyny azaldýar, uly möçberli zireleriň çykymyny köpeldýär. Bu bolsa parçalaryň hakyky mukdaryny ýoýýar, dag jynslarynyň adynyň nädogry kesgitlenilmegine sebäp bolýar.

Dag jynslarynyň agregatlaryny deslapky zireleriň möçberine çenli dargatmak niýeti bilen olar üç hili usul bilen zire derňewine taýýarlanylýar:

1. **Dispers usuly.** Bu usulda dag jynslarynyň agregatlary aňrybaş ownuk (asyl) derejä çenli mehaniki we himiki taýdan işlenip dargadylýar. Teýgum ilki sokuda sürtülip owradylýar, soňra duz kislotasynyň ergininde garylýp ýuwulýar. Eger organiki maddalaryň garyndysy bar bolsa, onda alnan nusga wodorodyň perekisi bilen işlenýär.

2. **Ýarymdispers usulda** teýgumy tebigy-elementar derejä çenli bölmek üçin suwda durnuksyz digirler mehaniki we fiziki taýdan işlenilýär. Bu usulda dag jynsy derňewden öň suwda ezip ýumşadylandan son gaýnadylýar, soňra stabilizirleýji (durnuklandyryjy) we dargadyjy (ammiak, natriniň pirofosfaty

we başg.) garylýar. Himiki düzümini üýtgedýän goşundylar bu usulda ulanylmaýar.

3. **Agregat (mikroagregat) ýa-da digirleýin usulda** dag jynsy mehaniki taýdan hem, himiki taýdan hem özgerdilmeyär. Ähli taýýarlyk alnan nusgany suwda ezmäge we el bilen ownadylmaga (üwelmäge) syrykdyrylýar. Şeýle taýýarlyk diňe teýgumlaryň mikroagregat düzümini öwrenmek üçin goşmaça usul görnüşde seýrek ulanylýar (yzgarlanda çökýän teýgumlar, topraklar öwrenilende we ş.m.).

8. Zireleriň möçberleýin parçalary

Eger-de teýgumuň düzümindäki bölejikleri (zireleri) bir meňzeş möçberli toplumlara bölseň, onda olaryň köp häsiýetleri hem meňzeş bolýar (boşluk-öýjükliligi, gysylmak ukyby, suw geçirijiligi we ş.m.). Möçber diýip, bu ýerde bölejikleriň daşky sypatyna (togalaklygyna, ýasylygyna, süýnmekligine) garamazdan, olaryň ortalaşdyrylan diametri göz önünde tutulýar.

Inžener-geologik maksatlar üçin zireleriň parçalara bölünişi

2-nji tablisa

T/b	Zireleriň möçberi, mm	Parçalaryň ady	
1.	>200	Harsaň daşlar	Iribölek parçalar
2.	200-40	Iri çagyl	
3.	40-2	Ownuk çagyl	
4.	2 - 0,05	Çäge zireleri	
5.	0,05 - 0,002	Kırşen (tozan) zireleri	
6.	< 0,002	Teýgum zireleri	

Iribölek parçalar daşa öwrülen dag jynslarynyň öwnukly-irili böleklerinden düzülip, ýokary suw geçirijiligi, berkligi, agramdan juda az gysylýanlygy we durnukly häsiýetleri bilen tapawutlanýarlar.

Cage zireleri düzümi boýunça mineral bölejikleridirler. Olar möçberine baglylykda azda-kände kapillýar häsiýete eýedirler, durnukly agramda az gysylýarlar, sarsgynly agramda gysylmagy ýokarlanýar.

Kirşen zireleri suwy az we kynlyk bilen geçirýärler, agramdan gysylmagy, berkligi çyglylygyna bagly, kapillýarlygy bar, süýgeşikligi ýok diýen ýalydyr.

Toýun zireleri diňe toýun minerallaryndan düzülendirler. Olaryň häsiýetleri öňki agzalanlaryňkydan düýpgöter üýtgeşikdir. Olar ýokary işjeňligi (az mukdarda bolsa-da, köp täsirliligi), suw geçirmezligi, suwy özünde saklap, yzyna bermezligi, ýokary kapillýarlygy, süýgeşikligi, suwda çişip bilmegi, berkliginiň, gysylmak ukybynyň örän uly derejede çyglylygyna baglylygy, bölejikleriň biri-birine ýelmeşip, tokga tutun bilmegi, häsiýetleriniň durnuksyzlygy we ş.m. bilen tapawutlanýar.

Dagynyk teýgumlaryň adyny kesgitlemek üçin ulanylýan resmi toparlama (TDS 609-2003)

3-nji tablisa

Teýgu mlaryň	Esasy şert (dürli bölejikleriň massasy boýunça mukdary, %)
1	2
1. Harsaň teýgumy	Eger diametri 200 mm-den uly bolan bölekleriň massasy > 50% bolanda
2. Iri çagyl	Eger $d > 10$ mm bölekleriň massasy > 50%
3. Ownuk	Eger $d > 2$ mm > 50% bolanda
4. Çägeler	Eger $d < 2$ mm bölejikleriň massasy > 50% we 0,002 mm-den kiçi bölejikleriň massasy 3%-den az bolanda
Şol sanda:	

1	2
4.1. Daşly	Eger $d > 2$ mm bölejikler $> 25\%$ bolanda
4.2. Iri çäge	Eger $d > 0,5$ mm bölejikler $> 50\%$ bolanda
4.3. Aram	Eger $d > 0,25$ mm bölejikler $> 50\%$ bolanda
4.4. Öwnük	Eger $d > 0,1$ mm bölejikler $> 75\%$ bolanda
4.5. Kirşenli	Eger $d > 0,1$ mm bölejikler $< 75\%$ bolanda

9. Teýgumlaryň esasy fiziki ýagdaýynyň häsiýetnamasy

Teýgumlaryň struktura baglanyşygynyň bozulmagy onuň häsiýetini üýtgedýär, şeýlelikde, teýgumlaryň halyny strukturasynyň bozulmadyk ýagdaýynda öwrenmeklik hökmändir. Şonuň üçin inžener-geologiki gözlegler wagtynda şurflardan we guýylardan bütewileýin görnüşde, köp teýgum nusgalaryny strukturalarynyň bozulmadyk ýagdaýda alynýar. Ol bütewileýin alnan teýgum nusgalaryndan laboratoriýa şertlerine kiçi nugsalary alynýar we eksperimentalno üç esasy häsiýetnama bilen anyklanylýar (3-nji surat):

1. Teýgumlaryň tebigi haldaky (bozulmadyk) strukturasynyň göwrüm massasynyň dykyzlygy ρ , teýgum nusgasynyň massasynyň onuň göwrümüne bolan gatnaşygyna deňdir.

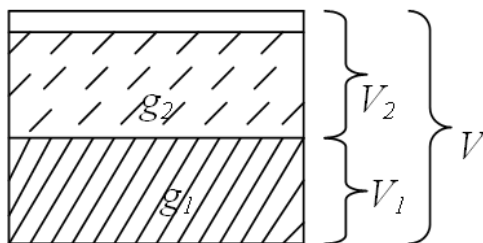
$$\rho = (g_1 + g_2) / (V_1 + V_2) \quad (1a)$$

2. Teýgumlaryň gaty bölejikleriniň (göwrüm massasynyň) dykyzlygy ρ_s , gaty bölejikleriň massasynyň onuň göwrümüne bolan gatnaşygyna deňdir.

$$\rho_s = g_1 / V_2 \quad (1b)$$

3. Teýgumlaryň tebigi agyrlyk yzgarlygy ω , ondaky suwuň agram düzüminiň gaty bölejikleriň massasyna bolan gatnaşygyna deňdir.

$$\omega = g_2 / g_1 \quad (1ç)$$



3-nji surat: Nusga teýgumlaryň düzüüm bölejikleriniň (komponentleriniň) shemasy.

V – nusganyň dolý göwrümi;
 V_1 – gaty bölejikleriň göwrümi;
 V_2 – suwuň we howanyň göwrümi;
 g_1 – gaty bölegikleriň massasy;
 g_2 – suwuň massasy

10. Teýgumlaryň häsiýetnamasynyň hasaplanlyşy

ρ , ρ_s we ω ululyklaryň bahalaryny teýgumlaryň birnäçe häsiýetnamasy boýunça hasaplamak bolýar. Teýgumlaryň skletiniň (göwrüm massasynyň) dykyzlygy ρ_d (gury wagtyndaky dykyzlygy), teýgumlaryň bozulmadyk düzümdäki nusgasynyň gaty agram bölejikleriniň göwrüminiň gurandaky wagta çenli bolan gatnaşygyna deňdir. Ol ρ_d ululygy tapmak üçin 1 sm^3 göwrümdäki nusga seredýäris. Şol bir wagtda teýgumyň yzgarlylygyny ρ , ρ_d bilen aňladyp bolar:

$$\omega = \frac{\rho - \rho_d}{\rho_d} \quad (2a)$$

Bu ýerden

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \omega} \quad (2)$$

Teýgumlaryň göwrümini bilip (t m^3), indiki formula boýunça teýgumlaryň udel massasyny (kN/m^3) tapmak ýeňil bolýar:

$$\gamma = \rho g = 9,81 \rho \quad (3)$$

Bu ýerde g - erkin gaçmanyň tizligi, $9,81 \text{ m/s}^2$ deňdir (köplenç $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ diýip kabul edýärler).

Teýgumlaryň skletiniň udel massasyny γ_d we teýgumlaryň gaty bölejiklerini γ_s tapýarys:

$$\gamma_d = \rho_d g = 9,81 \rho_d \quad (4)$$

we

$$\gamma_s = \rho_s g = 9,81 \rho_s \quad (5)$$

Nusganyň öýjükleriniň göwrümi nusganyň öz göwrümine bolan gatnaşygy n bilen belleniýär we oňa teýgumlaryň öýjüklişligi (n) diýilýär. Nusganyň gaty bölejikleriň göwrümi nusganyň göwrümine bolan gatnaşygyny (m) bilen aňladylýar. Ol aşakdaky görnüşe eýe bolýar:

$$n = \frac{V_2}{V_1 + V_2}; \quad n + m = 1; \quad (6 \text{ a})$$

$$m = \frac{V_1}{V_1 + V_2}; \quad n = 1 - m \quad (6 \text{ b})$$

Şeýlelikde seredilýän nusganyň göwrümi 1 m^3 deň diýip kabul edilendir, n we m ululyklar degişlilikde, teýgumlaryň göwrüminiň birligindäki öýjükleriň göwrümi we gaty bölejikleriň göwrümi bolýar. m we n ululyklary aşakdaky görnüşde hem almak bolýar:

$$m = \rho_d / \rho_s; \quad (7)$$

$$n = 1 - \rho_d / \rho_s; \quad (8)$$

hasapda köplenç, *teýgumlaryň öýjüklişliginiň koeffisiýenti (e)* ulanylýar. *Öýjüklişligiň koeffisiýenti e* – öýjükleriň göwrüminiň

gaty bölejikleriniň göwrümine bolan gatnaşygyna deňdir. Hasaplama görä, ol:

$$e=n/m$$

ýa-da (6) aňlatma görä deňdir:

$$e=(\rho_s - \rho_d)/\rho_d \quad (9)$$

e ululygy bilip, teýgumlaryň göwrüm birliginiň öýjükliligini (n) ýa-da göwrüm birligindäki teýgumyň gaty bölejikleriň göwrümini (m) formula boýunça hasaplap bolýar:

$$n=e/(1+e) \quad (10)$$

$$m=1/(1+e) \quad (11)$$

Suwdoýgunlylyk koeffisiýente S_r baglylykda, teýgumlaryň halynyň suwdan doýgunlylygyny bilýärler (TGN-ynda – yzgarlylyk derejesi), ol teýgumlaryň erkin yzgarlylygynyň öýjükleriň doly suw bilen dolýurylan teýgumlaryň yzgarlylygyna bolan gatnaşygyna deňdir (howa köpürjigini hasaba almazdan) ýagny, doly yzgar sygdyrymylygy ω_{sat} :

$$S_r=\omega/\omega_{sat} \quad (12)$$

Hasaplama görä,

$$\omega_{sat}=n\rho_\omega/(m\rho_s) \quad (13)$$

ýa-da,

$$\omega_{sat}=e\rho_\omega/\rho_s \quad (13a)$$

Bu ýerde ρ_ω - suwuň (göwrüm massasynyň) dyklylygy.

(12) aňladmadaky ω_{sat} ýerine goýup, aşakdaky görnüşini alýarys:

$$S_r = \frac{\omega\rho_s}{e\rho_\omega} = \frac{\omega\gamma_s}{e\gamma_\omega} \quad (14)$$

Suwdoýgunlylyk koefisiýenti, teýgumlaryň hilini birnäçe ýagdaýlarda häsiýetlendirýär. Teýgumlar suwdoýgunlylygy (yzgarlyk derejesi) boýunça tapawutlanýar:

Az yzgarly $0 < S_r \leq 0,5$

Yzgarly $0,5 < S_r \leq 0,8$

Suwdan doýgun $0,8 < S_r \leq 1,0$

Teýgumlaryň doly suwdoýgunlylygynda ($S_r=1$), (12) aňlatma laýyklykda yzgarlylyk ω bilen öýjüklilik koefisiýentiniň e arasynda baglanyşyk gurnalýar:

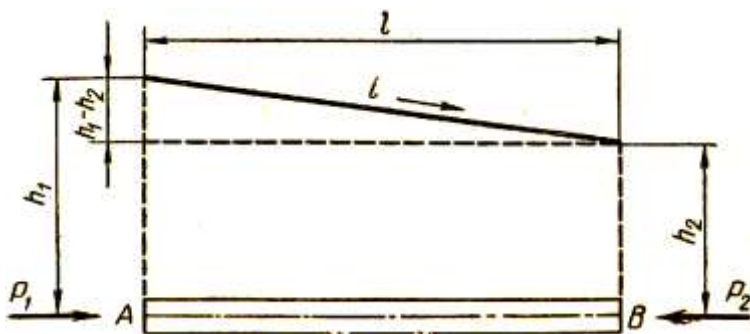
$$e = \omega \rho_s / \rho_\omega \quad (15)$$

Deňlik ýagdaýy hasaba alnanda ýagdaýynda teýgumlaryň udel massasy γ bilen suwuň udel massasynyň γ_w tapawudyny γ_{sb} , teýgumlaryň ýerasty suwunyň aşaky gatlagynyň deňligini Arhimediň kanunynyň formulasy boýunça tapýarys:

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_\omega) / (1 + e) \quad (16)$$

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_\omega)(1 - n) \quad (17)$$

Teýgumlaryň suw süzüjiligi, teýgumlaryň suwy öz üstünden geçirijilik ukybyny häsiýetlendirýär. Ol zerrelilik düzümine, strukturasy, ondaky toýun we colloid bölekleriniň saklanyşyna, çüýrüntgilere, duzlara bagly bolýar. Teýgumdaky zerrelere näçe ownuk bolsa, ondaky öýjükler hem şonçada kiçi bolýar we suw geçirijiligi peselýär. Suw geçirijiliginiň mukdar derejesiniň görkezijisi *süzüjilik koefisiýet* K_s bolup huzmat edýär, ol gidrawliki ýapgytlykda birsydyr (meňzeş) süzüjilik tizlikde bire deňdir.



4-nji surat. *Teýgumlarda gidrodinamiki basyşyň täsirini düşündirýän shema.*

4-nji surata baglylykda çägeleriň we toýunlariň süzüjilik tizligi q Darsyň kanuny (lominar herekete) boýunça hasaplamak bolýar:

$$q = K_s \frac{h_1 - h_2}{l} \quad (18)$$

Bu ýerde K_s – süzüjilik koeffisiýenti;

$h_1 - h_2$ – gidrawliki basyş;

$\frac{h_1 - h_2}{l}$ – gidrawliki ýapgitlik;

l – seredilýän nokatlaryň arasyndaky aralyk.

Teýgumlaryň suw süzüjiligi, onuň gurluşyk häsiýetleri kesgitlenende uly ähmiýeti bardyr. Teýgumdan suw geçende, onuň häsiýetine güýçli täsir edýär, ol teýgumyň düzüminiň üýtgemegine (suffoziýa, ýumşamagy, dykyzlanmagy we ş.m.) sebäp bolýar.

Teýgumlaryň dürli görnüşleriniň süzüjilik koeffisiýentiniň çen bilen bahasy 4-nji tablisada görkezilendir.

4-nji tablisa

<i>t/b</i>	<i>Teýgumlaryň atlandyrylyşy</i>	<i>Süzüjilik koeffisiýenti, sm/sek</i>
1.	Orta we iri çagyl (grawiý)	$0,05 \div 0,01$
2.	Ownuk çagyl (grawiý) we iri çäge	$0,001 \div 0,005$
3.	Toýun goşantly ortazerreli çäge	$0,0001 \div 0,001$
4.	Toýun goşantly ownuk çäge	$5 \times 10^{-5} \div 1 \times 10^{-4}$
5.	Topur (şykga) teýgum	$1 \times 10^{-5} \div 1 \times 10^{-8}$
6.	Plastiki (çeýe) toýun	6×10^{-12}

Teýgumlaryň suw geçirijiligi ýerasty suwlaryň çukurlara ýygnanşyna we ýerasty konstruksiýalara ýerasty suwlaryň agrassiiv täsirliligine baglydyr.

Eger-de i ýapgytlyk boýunça suw akymynyň teýgum gatlagyny AB prizmada l uzynlyk bilen we S kese-kesiginiň meýdanyny kesip alsak, onda A nokatda S meýdan boýunça suwuň basyşy çepden-saga hereket edende $P_1 = h_1 \gamma_{sg} S$, basyş B nokatdan täzir eden ýagdaýynda sagdan-çepe hereket edýär we $P_2 = h_2 \gamma_{sg} S$ deň bolýar.

Teýgumda suwuň süzüjiligi basyşlaryň tapawudyna ($P_1 - P_2$) baglylykda bolup geçýär, ol gidradinamiki ýa-da süzüjilik basyşy diýilip atlandyrylýar:

$$P_1 - P_2 = (h_1 - h_2) \cdot S \cdot \gamma_{sg} \quad (19)$$

Bu ýerde γ_{sg} – suwuň göwrüm massasy.

11. Teýgumlaryň yzgarlylygynyň häsiýetleri we plastiklik mukdary

Teýgumlaryň konsistensiýasyny (gatylyk, ýumşaklyk, goýulyk derejesi) tapmak üçin yzgarlyk häsiýetini, deňişlilikde araçäginini typma (plastiklik) ω_P çäginini we akyjylyk çäginini ω_L tapýarys (bu ýerde ω_P – teýgumlaryň yzgarlylygy, ýüpde 2 –3 mm diýametrden köp bolanda typmaklyk ukybyny ýitirýär; ω_L – nusgada 10 mm çuňlykda standart konusa ýüklenen teýgumlaryň yzgarlylygy). Ol yzgarlygyň tapawudyna plastiklik I_P diýilýär (1-nji tablisa seret):

$$I_P = \omega_L - \omega_P \quad (20)$$

12. Tozan görnüşli toýun teýgumlaryň akyjylyk görkezijileri boýunça ýagdaýy

Teýgumlaryň erkin yzgarlygy bilen ýaýma çägindäki yzgarlygy (plastiklik) we akyjylygy deňeşdirilende, onuň akyjylyk görkezijileri I_L boýunça halyny bilmäge mümkinçilik berýär:

$$I_L = (\omega - \omega_P) / (\omega_L - \omega_P) \quad (21)$$

Toýun bilen topur (şykga) akyjylyk görkezijileri boýunça şu aşakdaky görkezijilere eýedir:

Gaty	$I_L < 0$ (bu ýerde $\omega < \omega_P$ bolanda)
Ýarym gaty	$0 \leq I_L \leq 0,25$
Gaty plastiki	$0,25 < I_L \leq 0,50$
Ýumşak plastiki	$0,05 < I_L \leq 0,75$
Akyjy plastiki	$0,75 < I_L \leq 1,0$
Akyjy	$I_L > 1,0$ (bu ýerde $\omega > \omega_L$ bolanda)

Gumbaýragy az takyklygy bilen ω_L we ω_P bahalary 3 (üç) halda tapawutlandyrylýar:

Gaty $I_L < 0$

Plastiki $0 \leq I_L \leq 1$

Akyjy $I_L > 1$

13. Dykzlyk gurluşy boýunça ürgün teýgumlaryň häsiýeti

Teýgumlaryň tebigy gurluşynyň öýjükliklik koeffisiýenti e deňeşdirilende, şol teýgumlaryň has ýumşak e_{max} we has dykz e_{min} öýjükliklik koeffisiýentiniň ýagdaýy bilen dykzlyk gurluşynyň görkezijisi I_D anyklanýar:

$$I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \quad (22)$$

e_{max} bahasy ölçeg gabyna çägäni asyda ýerleşdirilen, e_{min} bahasy bolsa ölçeg kolbasyna (gabyna) kakmak ýa-da titretmek usuly bilen çägäniň maksimal dyzyzlandyrylan ýagdaýynda kesgitlenýär. I_D dykzlyk görkezijileriniň bahalaryna laýyklykda ürgün teýgumlar üç ýagdaýa bölünýär:

Ýumşak $0 \leq I_D \leq 0,33$

Orta dykzlykda $0,33 < I_D \leq 0,67$

Dyzyz $0,67 < I_D \leq 1,0$

14. Teýgumlaryň mehaniki esasy kanunalaýyklygy

Desgalara dik we ýapgyt güýçleriň täsir etmegi bilen teýkärleriň massiwinde normal we galtaşma güýjenmäni döreýär, ol bolsa teýgumlaryň deformasiýa bermegine sebäp bolýar. Bularan başga-da teýgumlar öz massasyndan hem dartgynlyk täsirine sezewar bolýar. Köplenç, normal dartgynlyk täsiri esasynda deformasiýa bermegi bilen

teýgumlaryň dykyzlanmagy bolup geçýär. Kāwagtlar – teýgumlaryň süýşme deformasiýasynda galtaşma dartgynlylygy döreýär.

Teýgumlar pytraňňy jisimlere degişlidir, deformirlenen tutuş jisimiň kanunalaýyklygyndan başgada, gysylma sezewar bolanda, onuň öýjükleriniň göwrüminiň üýtgemegine, ýagny, ***dykyzlanma kanunyna*** goşmaça seretmeli (kompressiýa kanuny) bolýar.

Teýgumda deformasiýanyň süýşmegine seýrek seredilýär, mydama onuň dartgynlyk halynyň çäginin süýşmek garşylygyny gyzyklandyrýar. Ol garşylyk içki sürtilme burça we teýgumlaryň udel sepleşmegine bagly bolýar. Ol teýgumlaryň **süýsmä garşylyk kanunyna** baglylykda hasaplanýlar.

Teýgumlaryň wagtyň geçmegine görä deformirlense, onda onuň öýjügindeki ýerleşen teýgum skletine we suwa geçirýän süýşme garşylygy, dartgynlylygynyň ujypsyz bölegine bagly bolýar.

Ondan başga-da, gurluşkçylar, çukura suwuň akyşy we suw peseldiji guralyň hasabynyň gatnaşygynyň hem-de teýgumdaky suwuň filtrlenmesine gyzyklanýarlar. Bularyň hemmesi üçin öýjük suwunyň filtrlenmesiniň kanunyny öwrenmekligi hökmänidir.

15. Teýgumlaryň gysylmasy

Köplenç gysylma dartgynlylygy desgalaryň teýkärlerinde döreýän deformasiýanyň göwrümi, gaty bölejiklerden durýan kwarsda, meýdan şpatynda we başga materiýallarda ujypsyz asdyr we olar hasaba alynmaýar. Şeýelikle, teýgumlaryň gysylmagynda bolup geçýän göwrüminiň üýtgemegi, onuň öýjükleriniň göwrüminiň üýtgemegine sebäp bolýar.

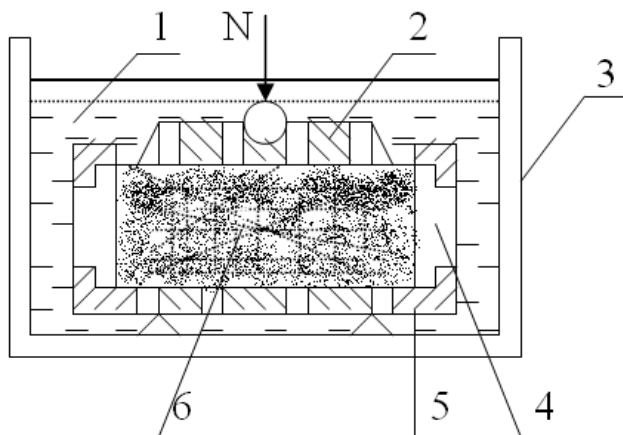
16. Kompresion baglylygy

Odomeriň porşenine basyş P (5-nji surata seret) täsir etse, onda teýgumlaryň dykyzlanmagy (onuň öýjüginä kiçelmegi) teýkärlerinde, nusganyň beýikliginiň kiçelmegi bolup geçýär.

Meýdanyň A bölüşdirilişi boýunça, basyşyň P täsirinde öýjükliligiň Δn_i üýtgemegini tapýarys:

$$\Delta n_i = S_i A / (hA) = S_i / h \quad (23)$$

Bu ýerde, S_i - teýgumlaryň basyşynyň täsirinde çökmegi.



5-nji surat: *Odinometr abzalynda teýgumlaryň synagy*

*1 – suw; 2 – porşen; 3 – gap; 4 – halka;
5 – arasalýjy gural; 6 – nusga teýgumy.*

Nusga teýgumlaryň göwrüm birligindäki gaty bölejikleriniň göwrümi bolýar:

$$m = 1 / (1 + e_0) \quad (24)$$

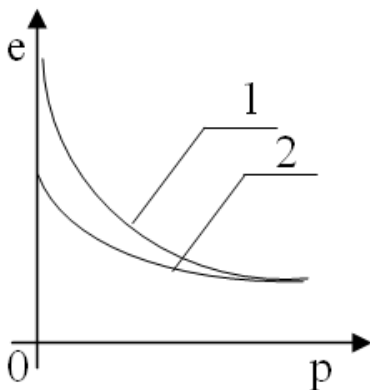
Basyşyň P täsirinde döreýän nusga teýgumlaryň öýjükleriniň koeffisiýentiniň üýtgemegi:

$$\Delta e_l = (1 + e_0) S_i / h \quad (25)$$

Basyşyň P täsirindäki teýgumlaryň öýjükleriniň koeffisiýenti:

$$e_i = e_0 - (1 + e_0) S_i / h \quad (26)$$

Basyşyň täsirindäki öýjüklilik koeffisiýentiniň egremlilik baglylygyna **kompresion egrilik** diýilýär, ol teýgumlaryň gysylmagyny häsiýetlendirýär (6-njy surat).



6-njy surat: Kompresion egri çyzyk.

1 – gysyş şahasy; 2 – çişýän şahasy.

17. Otnositel gysylmanyň koeffisiýenti

Köp ýagdaýlarda teýgumda galdyrylýan desgalarda döreýän basyşyň P_1 tebigi bahasyndan P_2 baha çenli ujypsyz üýtgemegi, teýgumlaryň bozulmadyk strukturasynyň kompresion egri çyzygyny AB kesiji, göni çyzyk bilen

deňşdirenimizde ýakynlaşan bahalarda ýerleşen (7-nji surat). Ol kesiji gönüniň deňligi şeýle bolýar:

$$e_i = e_0 - P_i \operatorname{tg} \alpha \quad (27)$$

$\operatorname{tg} \alpha$ ulylyk teýgumlaryň basyşynyň P_1 -den P_2 -ä çenli üýtgemeklik çäginä häsiýetlendirýär, şonuň üçin ony **gysylma koeffisiýenti** diýýärler we m_0 harp bilen belgileýärler:

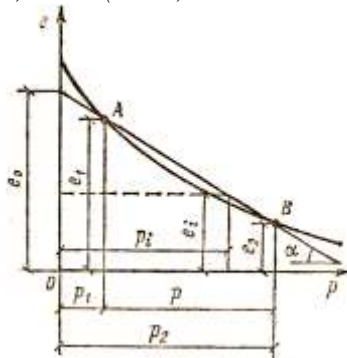
$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= m_0 \\ e_i &= e_0 - m_0 P_i \\ e_i &= e_0 - (1 + e_0) S_i / h \end{aligned} \quad (28)$$

Goýlan aňlatmalardan alýarys:

$$\begin{aligned} m_0 P_i &= (1 + e_0) S_i / h \\ m_0 / (1 + e_0) &= S_i / (h P_i) \end{aligned} \quad (29)$$

Deňligiň sag bölegi teýgumlaryň deformasiýasynyň otnositel göwrümi bolýar (basyş birligine bagly). Şonuň üçin çep bölegindäki deňligi m_v harpy bilen belgileýäris we **gysylmanyň otnositel koeffisiýenti** diýýäris:

$$m_v = S_i / (h P_i) = m_0 / (1 + e_0) \quad (30)$$



7-nji surat: *Gysylma koeffisiýentini tapmak üçin hasaplama shemasy.*

18. Dykyzlandyrmagyň kanuny we teýgumlaryň çyzykly deformirlenmesi

Ýaşayyş, önümçilik we senagat jaýlarynyň binýalaryň we desgalaryň teýkärlerindäki teýgumlaryň basyşy adaty ýagdaýda ujypsyz aralykda üýtgeýär. Ol köplenç 0,3 MPa-dan geçmeýär we seýrek ýagdaýlarda 0,6 MPa ýetýär. *AB* kesiji (7-nji surata seret) çyzygyň basyşy egrä ýakyndyr, ýagny, hasaplamak üçin (26) deňligi ulanmak bolýar. ony differensirläp, alýarys:

$$de = - \text{mod}P \quad (31)$$

Diýmek, m_0 – gysyjylyk koeffisiýenti teýgumlaryň **kompression kanuny** şeýle görnüşi berýär: teýgumlaryň koeffisiýenti basyşyň üýtgemegine göni proporsional.

Şeýlelikde, birnäçe ýagdaýlarda ol hadysalar deformasiýanyň hasaplamalarynyň we gözegçilikleriniň arasynda tapawutlandyrmalaryň bolmagyna getirýär. Şonuň üçin hazirki wagtda derňewçiler deformasiýalar bilen dartgynlylyklaryň arasyndaky baglanyşygyny göni däl görnişinde ulanmaklygy göz önünde tutýarlar. Entek, şeýle çözümler inžener praktikasyna girenok we onuň üstünde goşmaça işlemeklik hökmänidir.

19. Teýgumlaryň deformasiýasynyň modulyny hasaplamak

Teýgumlaryň deformasion häsiýetnamasy hökmünde köplenç, galyndy we maýyşgak deformasiýasyny häsiýetlendirýän deformasiýanyň umumy moduly E_0 ulanylýar. Ony dürli usulda tapawutlandyrýarlar, şonlukda, pressometr abzalyň kömegi bilen teýgumlaryň statiki ýüküni synag geçirip, kompression egri çyzygyny, hem-de Teýgumlaryň ýönekeý fiziki häsiýetnamasy boýunça aňladyp bolýar.

Kompression egri çyzygynyň kömegi bilen teýgumlaryň deformasiýasynyň modulyny tapýarys. Göwrümi gysylandaky dik otnositel deformasiýany ulanmak bilen teýgumlaryň deformasiýasynyň modulyny tapýarys:

$$\xi_z = \sigma_z / E_0 - (\nu / E_0)(\sigma_x + \sigma_y) \quad (32)$$

(30) formula baglylykda, dik otnositel deformasiýany şu aňlatmada hem hasaplamak bolýar:

$$\xi_z = S_i / h = m_V P \quad (32 \text{ a})$$

$\sigma_x = \sigma_y = P\nu / (1 - \nu)$ aňlatma baglylykda we $\sigma_z = P$ diýip, ol deňligiň sag tarapyny deňläp, alýarys:

$$m_V P = P / E_0 [1 - 2\nu^2 / (1 - \nu)] \quad (33)$$

Eger-de $\beta = 1 - 2\nu^2 / (1 - \nu)$ diýip belgilesek, onda

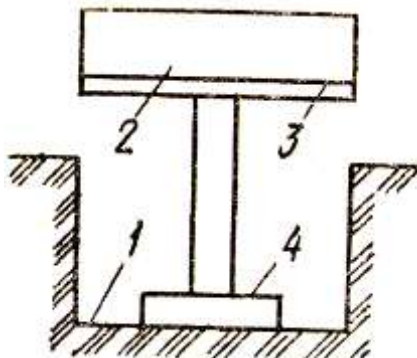
$$m_V = \beta / E_0 \text{ ýa-da } E_0 = \beta / m_V \quad (34)$$

Bu ýerde m_V – gysylmagyň otnositel koeffisiýenti.

(25) formulany, haçanda, ν we β ululyklar doly belli bolanda ulanmak mümkin, elbetde, ol ululyklar hemişelik bolanda. ν we β ululyklary tablisa bahalary ulanylanda, onu uly möçberde ýalňyşlyklara getirer. Şonuň üçin kompression synag bilen, hökmän bolmasa deformasiýa modulyna geçmeklik maslahat berilmeýär.

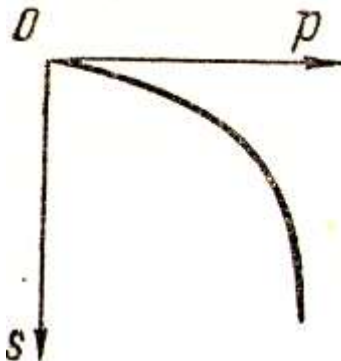
20. Teýgumlaryň berlen synagy boýunça onuň deformasiýasynyň modulyny tapmak

Şurfyň ýa-da guýynyň (8-nji surat) düýbünde gurlan berk şamp 4, onuň esasy gyrçaýar. Platforma 3 basgançakly 2 ösýän ýüki goýýarlar. Şu eksperimentiň netijesinden, şampyň çökmeginiň orta basyşyndan onuň düşegine çenli grafigini alýarys (9-njy surat).



8-nji surat: Şurfda teýgumlaryň statiki ýüküni derňemek üçin gurnama shemasy.

1 – guýynyň düýbi; 2 – ýük; 3 – platforma; 4 – berk şamp.



9-njy surat: Basyşyň ösüşine baglylykda çökmekligiň grafigi

Berk şampyň kömegi bilen teýgumlaryň statiki ýüküniň synagynyň netijesinde, maýyşgaklyk teoriýasyny ulanmaklyk bilen teýgumlaryň deformasiýasynyň modulyny hasaplamak bolýar. formula boýunça:

$$E_0 = \omega d(1 - \nu^2) \Delta P / \Delta S \quad (35)$$

Bu ýerde ω - tegelek berk şampyň koeffisiýenti, ol 0,8 deň;

d – şampyň diametri;

$\Delta P - S$ we P gönüniň arasyndaky orta basyşyň düýbüne çenli basyşyň ösüşi;

$\Delta S - \Delta P$ basyşyň üýtgemegi bilen şampyň çöküşiniň ösüşi.

E_0 bahasyny üçokly gysyş pribory bilen hem hasaplamak bolýar (stabilometr). Käwagtlar ony TGN-laryndan ýa-da teýgumlaryň ýönekeý fiziki häsiýetnamasyndan ugur alyp regional resminamalaryň normatiwlerinden hem kabul edýäris.

21. Teýgumlaryň suw süzüjiligi barada gysgaça maglumat

Suw süzüji teýgumlar dykyzlananda onyň öýjüginin kiçelmegine we şonlukda, yzgarlylygyna eltýär. Onda teýgumlar dykyzlanan wagtynda suw gysylýp çykýar. Ol teýgumlaryň galyňlygynyň birnäçe ýolyny geçmeli bolýar, ýagny, onyň süzülip çykmagy. Teýgumlaryň dykyzlandyrmak prosessi suwuň öýjükleriniň ýaýramak tizligine bagly.

22. Laminar süzme kanuny

Tejribelere görä, teýgumlaryň öýjüklerindäki suwuň hereketi laminar süzme kanunyňa baglylykda bolup geçýär. Ol kanunyň matematiki aňlatmasy Darsyň hödürlemesine görä, bu görnüşe eýedir:

$$V_f = k_f i \quad (36)$$

Bu ýerde V_f - teýgumlaryň kese kesiginiň meýdan birliginiň wagt birliginde bolup geçýän süzme tizligini aňlatýar;

k_f – syzmäniň koeffisiýenti, gidrawliki gradiýentde süzmäniň tizligine deň $i=I$; i – gidrawliki gradiýent, ol iterginiň ýitmegine $H_2 - H_1 = H$ degişli bolan L süzmäniň ýolyna deň;

$$i = (H_2 - H_1) / L \quad (37)$$

Laminar süzme kanuny (Dars) şeýle aňladylýar: V_f süzmäniň tizligi i gidrawliki gradiýentegäni proporsional.

23. Başlangyç gradiýent barada düşünje

Teýgumda suwuň hereketi laminar süzme kanuny boýunça bolup geçýär (10-njy suratdaky 1-nji egri çyzyk), haçanda teýgum öýjüklerinde erkin suwy saklananda köp bölegi biri-biri bilen birleşýär. Teýgumlaryň dykyz tozan görnüşli toýunyň öýjüginde erkin suw ýol ýa-da uly öýjükleriň arasynda otnositellikde dargan halyna ýerleşendir, ýagny suw gatnaşygynyň gidrat bölejikleri görnüşinde, teýgum bölejikleriň daşynda, suwuň süzülmeşi az möçberde gradiýentde başlanýar, hökmäni onuň suw-kolloid gabyklarynyň hereketiniň garşylygy üçin. Şol ýagdaýda, gradiýent bilen süzme tizliginiň baglylygy 10-nji suratiň 2-nji egri çyzygyndaky görnüşe eýe bolýar. Ol egri çyzygyny esasy iki bölege, egri çyzykly bölege AB , süzme pursatyndan süzme

pursatyň ösüşine geçmegine baglylykda, BS süzme bölege bölünýär.

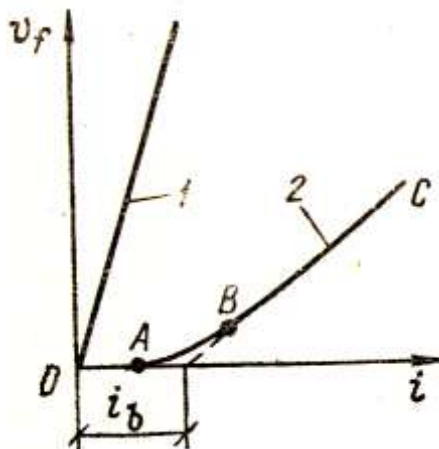
BS bölek üçin, süzme tizligi şu aňlatma boýunça tapylýar:

$$V_f = k'_f (i - i_b) \quad (38)$$

Bu ýerde k'_f – göni parametr $V_f = f(i)$;

i_b – başlangyç gradiýent, 10-njy suratda görkezilen hasaplama görä.

2 –nji egri çyzykdaky başlangyç bölegi köp halatlarda, gönüni punkt bilen çalyşyp bolýar (punktir, 10-njy surat). 10-njy suratdaky 1-nji göni teýgumlaryň i görä V_f deňişlilikde, gradiýentiň başlangyç ýagdaýyna bagly däl.



10-njy surat: *Gidrawliki gradiýent boýunça süzme (filtirasiýa) tizligiň baglylygy*

24. Effektiv we bitarap basyş barada düşünje

Teýgumlaryň dykyzlanan prosesi bilen bilelikde birbada 2 sany basyş ýüze çykýar: teýgumlaryň sketiniň basyşy – effektiv we öýjük suwlaryň basyşy – bitarap basyş diýilýär. Effektiv basyş teýgumlaryň dartgynlandyrylan ýagdaýyny häsiýetlendirýär. Ol basyşda teýgum eýýäm çökdi, ýagny, dykyzlandy we ýönekeýleşdi (berkleşdi) hasap edilýär. Şeýlelikde, teýgumlaryň halyna effektiv basyş täsir edýär. Bitarap basyş suw doýgun teýgumlaryň skletiniň dartgynlandyrylan ýagdaýyna täsir edmeýär, ýagny, ol teýgumlaryň skletiniň gatnaşygyna bitarapdyr.

Effektiv basyşy P_d , bitarap basyşy bolsa P_ω diýip belgileýäris. Basyşyň aňlatmasyna görä, aşakdaky görnüşde ýazyp bilýäris:

$$P = P_d + P_\omega \quad (39)$$

Bu ýerden effektiv basyşy alýarys,

$$P_d = P - P_\omega \quad (39 a)$$

Bu ýerde P – teýguma täsir edýän ähli ýa-da total basyş.

25. Teýgumlaryň süýşmä garşylygy barada düşüňjeler

Desgalaryň aşagyndaky teýgum, olaryň üsti birmeňzeş görnüşdäki bahada diňe bir kadaly däl, eýsemde, galtaşma dartyлма sewar bolýar. Haçanda, haýsy hem bolsa bir teýgumlaryň üst gatlagyndaky galtaşma güýçenmesi, onuň garşylygynyň çäGINE ýetende, teýgumlaryň massiwiniň bir böleginden beýleki bölegine süýşme bolup geçýär.

26. Ürgün teýgumlaryň süýşmä garşylygy. Kulonyň kanuny

Nusga teýgumy süýşme abzalyna (1) halka görnüşinde kesilen gorizontalk tekizlik boýunça ýerleşdirsek (11-nji surat), onda, N güýji goýup we ýuwaş-ýuwaşdan T güýji köpeldip, nusganyň bir böleginden beýleki bölegine, punktir bilen belgilenen çyzyga ýakynlaşan kesime (süýşmä) eýe bolýar. Abzal, aşagy gymyldamaýan (4) oboýmadan ýokarky süýşýän (3) oboýmadan, aşagy we ýokarsy diýşli süzüji plastiklardan (2) ybaratdyr.

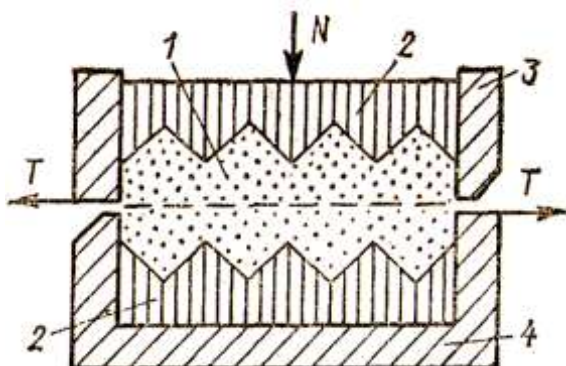
Eger-de, Biz dik dartgynly (naprýaženiýe) $\sigma = N / A$ birnäçe herdürli tejribe geçirsek (bu ýerde, A – nusganyň kesik tekizliginiň meýdany), onda ürgün teýgumlaryň garşylyk çäğine baglylykda basyşyň τ_u süýşmesiniň grafigini gurýarys (12-nji surat).

Birnäçe tejribeleriň esasynda indiki maglumatlar alyndy: baglanyşmaýan teýgumlaryň adaty naprýaženiýesiniň (dartgynlylygynyň) üýtgemek çägindäki eksperimental nokady, koordinatalaryň başlangyjyndan çykýan göni çyzygy görkezýär (0,5 Мпа çenli). Ol ýagdaýda, dürli normal dartgyn üçin:

$$\tau_{ui} = \sigma_i \cdot tg \varphi \quad (40)$$

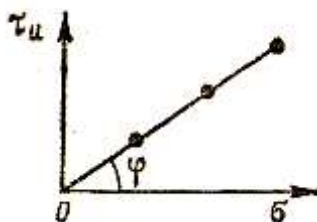
Bu ýerde, $tg \varphi$ – teýguma, teýgumlaryň sürtülmesini häsiýetlendirýän, içki sürtülme koeffisiýenti: $tg \varphi = I$;

φ – içki sürtülme burçy.



11-nji surat: Süýsmede teýgumy derňemek üçin abzalyň shemasy

1 – nusga çägesi; 2 – dişli süzüji (filtrleýji) plastinalar;
3 – süýşýän oboýma; 4 – süýşmeýän oboýma



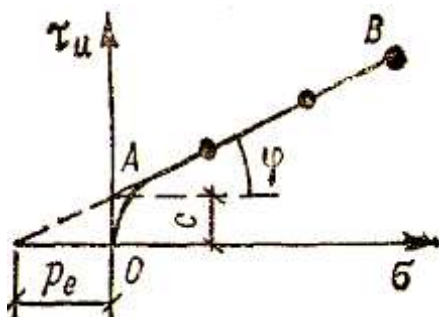
12-nji surat: Ürgün teýgumlaryň süýşmä garşylygynyň grafigi.

Baglanyşyk, entek 1773-nji ýylda Ş.Kulon tarapyndan anyklanandyr. Ol ürgün teýgumlaryň süýşmä garşylyk kanuny boýunça, şeýle häsiýetlendirilýär: çäklendirilen ürgün teýgumlaryň süýşýän garşylygy, normal dartgynlyga göni proporsionaldyr. Ol kanun Kulonyň kanuny diýip atlandyrylýar.

27. Baglanyşýan teýgumlaryň süýşmä garşylygy

Toýun, topur (şykga), çägesöw teýgum, bularyň hemmesi baglanyşýan häsiýete eýedir. Teýgumlaryň baglanyşma häsiýeti, olaryň yzgarlylygyna we dykzylyk derejesine bagly. Suwdoýgunly tozan görnüşli toýun teýgum nusgalaryna dik ýüki goýulanda birinji pursatda suw boşluklaryna tösir edýär. Soňra suw boşluklarynyň gysylmagy netijesinde teýgum skletine basyş edip başlaýar. Haçan-da ýüze çykýan hemme normal dartgynler teýgum skletine täsir eden ýagdaýynda, nusga teýgum mäkämleşenlerinden soňra süýşmä sezewar bolýar.

Tozan görnüşli toýun teýgumlaryň tebigy strukturasyny saklamak üçin süzüji porşeni we düýbüni tekiz edýärler (11-njy suratdaky ýaly, emma dişsiz). Eger, şol abzalda birnäçe gezek şol bir teýgumlaryň synagyny, σ dürli dartgyn σ täsir edilen ýagdaýynda geçirilse, onda egri çyzykly teýgumlaryň süýşmä garşylyk τ_u çäginini normal dartgynlyga σ baglylyk şertini olaryň (13-nji surat).



13-nji surat: Baglanyşýan teýgumlarynyň süýşmä garşylygynyň grafiki.

Egriçyzyk baglanyşygy σ kiçi bahalarynda oňat görünýär. Dartgynlyk $0,05 \div 0,5$ MPa aralygynda göni çyzyga eýe bolýar, ol şeýle deňlige eýe bolýar:

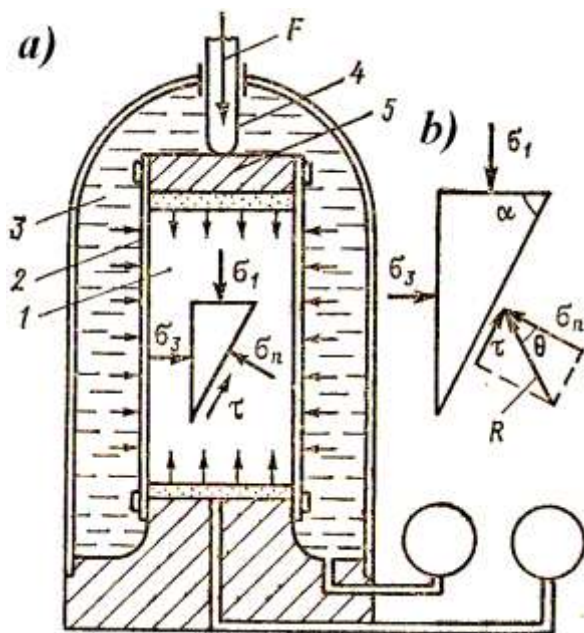
$$\tau_{ui} = C + \sigma_i t g \varphi \quad (41)$$

Bu ýerde, C we φ – gönüniň parametrleri.

Tozan görnüşli toýun teýgumlaryň süýşmä garşylyk kanuny şeýle häsiýetlendirilýär: baglanyşýan teýgumlaryň süýşmä garşylygynyň çägi, onuň doly mäkämleşdirilenden soňky normal naprýaženiýäniň birinji derejesiniň funksiýasy bolýar.

28. Üçokly gysyşda teýgumlaryň süýşmä garşylygy

Üçokly gysyşda teýgumlaryň synagyny stabilometrde geçirilýär (14-nji surat). Bu ýerde, silindriki teýgum nusgasy (1), daşy rezin gabyk bilen örtülen (2), öňünden hemmetaraplaýyn P_3 basyşly suwuklyk (3) bilen täsir edilen. Soňra ştogyň (4) üsti bilen porşene (5) teýguma berlen basyş P_1 bilen dik ýük F täsir edýär. P_1 we P_3 basyşlar nusgada esasy naprýaženiýeleri σ_1 we σ_3 döredýär. σ_1 dartgynlygyny köpeldip, nusganyň ýapgyt üst boýunça süýşme görnüşine, ýa-da beýikliginiň kiçelmeginiň netijesinde gapdal direlmegine eýe bolýar we nusganyň bozulmagyna sezewar bolýar.



14-nji surat: Nusga teýgumlaryň üçokly tejribesi üçin stabilometriň shemasy.

1- silindriki nusga teýgumy; 2- rezin örtügi; 3 – suwuklyk;
4 – ştok; 5 – porşen.

Nusganyň bozulýan pursadyndaky esasy dartgynlygyny bilip Moruň dartgynlygynyň tegelegi gurulýar (15-nji surat). Şolar ýaly birnäçe bahalarynda synag geçirilýär we Moruň egiji tegelegini σ_3 tapýarlar. Desganyň teýkärlerinde döreýän σ_1 bilip, tegelege galtaşýan gönini geçirýäris. Ol göni baglanyşýan teýgumlar üçin koordinatalar okunyň başlangyjyndan çepde ýerleşýär we P_c aralykda ýerleşýär. Alnan grafik takmynan baglanyşýan teýgumlaryň süýşmä garşylyk grafigine meňzeş (13-nji surat).

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} = \sin \varphi \quad (44)$$

Baglanyşýan teýgumlar üçin, öň belenenip geçilişi ýaly, baglanyşma basyşy hemmetaraplaýyn gysyş güýji ýaly seredilýär we P_e deň (15-nji suratda görkezilen). σ_1 we σ_3 dargyňlary P_e goşup, baglanyşýan teýgumlaryň deňagramlylyk çäginin şertini alýarys.

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2P_e} = \sin \varphi \quad (45)$$

30. Meýdan şertlerinde teýgumlaryň deformirlenmesini we berkligini kesgitlemegiň häsiýetnamasy. Statiki ýükleriň meýdan şertlerindäki synagynyň barlagy

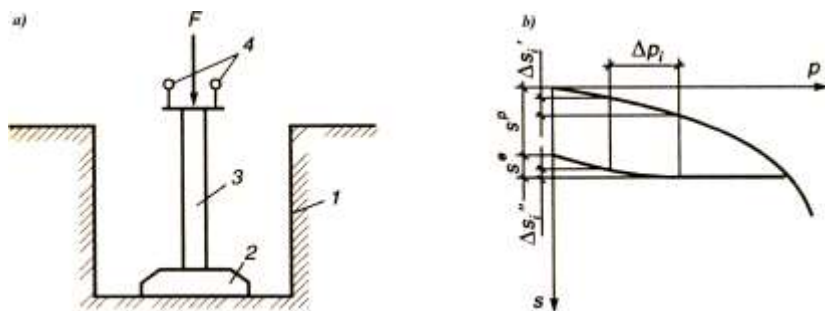
Nusgalaryň tejribehanalarda alnan netijeleri, teýgumlaryň deformirlenmek we berklik häsiýetnamalaryny tebigy ýagdaýdaky şertini hemme wagtda doly görkezip bilmeýär. Şonuň üçin desgalar we binalar taslananda tejribehanalarda alnan netijeler bilen bilelikde teýgumlaryň synagyny ýerinde tebigy ýaklarynyň şertlerinde hem geçirilýär.

Teýgumlaryň deformirlenýän we berklik alamatlarynyň häsiýetnamalaryny kesgitlemek üçin Statiki ýükleriň meýdan şertlerindäki synagynyň barlagy ulanylýar. Şeýle synaglar gaýa gaty daş jynslaryň çat açmaklygyny derňemekligiň esasy usullaryny takyk anyklamak üçin geçirilýär (S.B.Uhowyň 1975-nji ýyldaky işi esas bolup durýar).

Teýgumlaryň deformirlenýän alamatynyň häsiýetlerini kesgitlemek üçin şurfdä ýä-da guýylarda (skwažina) ştamlaryň gaty inwentarlarynda synag geçirilýär. Şurflarda $0,5 \div 1,0 \text{ m}^2$, guýylarda (skwažina) bolsa 600 sm^2 meýdanynda synag geçirilýär. 16-njy (a) suratda synagyň prinsipial shemasy

görkezilendir. İşlenilip bejerilen düýbe (1) tämizlenen düşegiň esasyňa şamp (2) gurnalýar we oňa sütün (3) arkaly tapgyrlaýyn köpelyän ýük (F) goýular. Her bir tapgyrdan soňra goýulýan ýük, oňki çökündi düzleşenden soň indiki ýük berilýär. Teýgumlaryň esasynyň çökmekligi, şampyň (s) aşagyndaky asyda pama berkidilen progibomer (4) bilen ölçenilýär. Konstruksiýalaryň dürli görnüşlerinde ýükleriň goýluşy we çökmekligiň ölçegi dürli shemalarda (görnüşlerde) ýerine ýeritilýär.

Düýp boýunça ştambyň basyşyny $p=F/A$ we degişlilikde onuň çökmekliginiň (s) düzgünleşen bahalaryny bilip, barlag gurup bolýar, ol basyş ösdürilende (şaha ýük goýlanda) ýa-da ol peseldilende (şahadan ýük aýrylanda) 16-njy (b) suratda görkezilendir.



16-njy surat. *Teýgumlaryň meýdan şertlerinde gysylmada synagy.*

a- synag shemasy; b- synagyň netijeleriniň grafiği.

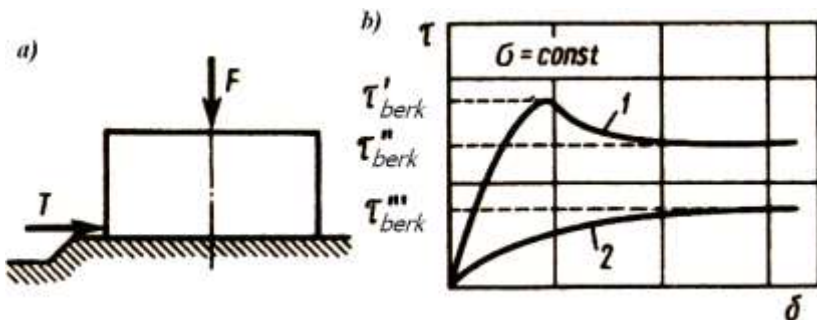
Bu egri çyzygyň başlangyç bölegi, ol baglanyşygyň çyzykly deformirlenýän moduly, teýgum teýkärleriniň modul deformasiýasy aşakdaky formula boýunça hasaplanýar:

$$E = \frac{\omega b(1 - \nu^2)\Delta p_i}{\Delta s_i} \quad (46)$$

Bu ýerde ω - gaty ştambyň görnüşine bagly koefisiýent (tegelek ştamblar üçin $\omega=0,78$; inedördil (kwadrat) ştamblar üçin $\omega=0,88$); b - ştambyň ini ýa-da diametri; ν - teýgumlarda Puassonyň koefisiýenti, adaty 0,25 diýip kabul edilýär; Δp_i , Δs_i -baglylykda çyzykli baglanyşygyň $s=f(p)$ çälerinde basyşyň ösdürilişi we çökmeklik.

Egerde, (46) formulada şaha ýük goýlan görnüşi boýunça Δs_i bahasy alnanda, onda teýgumlaryň modul deformesiýasynyň ýüklene ululygyny alarys, egerde şahadan ýük aýrylan görnüşi boýunça Δs_i bahasy alnanda, onda teýgumlaryň modul deformesiýasynyň ýüküniň peselme ululygyna eýe bolar, käwagtlar oňa maýyşgaklyk moduly hem adyny berýärler.

Teýgumlaryň süýsmä garşylygynyň häsiýeti kesgitlenende 17-nji (a) suratda görkezilen prinsipial shema ulanylýar. Adaty $0.5 \div 1.0 \text{ m}^2$ meýdanly beton şampy esasa (ýa-da gaýa dag daş jynslara betonlana ýagdaýynda) gurnalýar. Oňa öňki ýa-da başga usul bilen gysyjy güýç (F) we tapgyrlaýyn çökmeklikden esasynda düzgünleşenden (stabilirleşenden) soňra – (T) süýsüriji güýç goýulýar. Barlag wagtynda şampyň gorizonta (gapdal) we wertika (dik) ýerini üýtmetme hasaba alynýar. Ýüklenmeden gorizonta (gapdal) ýerini üýtmetmäniň (τ) egri çyzygynyň baglanyşygynyň häsiýetlendirmesi 17-nji (b) suratda görkezilendir. 1-nji egri çyzyk baglylykda dykyz çägelere ýa-da teýgumlaryň kiçi çat açýan gaty dag daş jynslarynda, 2-nji egri çyzyk bolsa ýumşak çägelere ýa-da teýgumlaryň güýçli çat açýan (bölünýän) gaty dag daş jynslarynda geçirilen synaglarynyň netijeleridir.



17-nji surat. *Meýdan şertlerinde teýgumlaryň süýşmä synagy.*

a – teýgumlaryň süýşmä synagynyň shemasy;

b – teýgumlaryň süýşmä synagynyň nejeleriniň grafigi.

Birinji ýagdaýda berkligiň iki kriteriýa häsiýeti bellenilýär: τ'_{berk} - süýşmä garşylygynyň iň ýokary we τ''_{berk} - saklanyp galýan (1-nji egri çyzyk), ikinji ýagdaýda bolsa 2-nji egri çyzykda görnüşi ýaly diňe saklanyp galýan süýşmä garşylygy τ'''_{berk} görkezilen. Ol şampyň teýgum teýkärleriniň ýumurylmagynyň dürli häsiýetleri bilen baglanyşyklydyr. Dykyz çägenderde ýa-da teýgumlaryň kiçi çat açýan gaty dag daş jynslarynda ýumurylma, teýgumlaryň süýşýän zolagynda dykzylygyň dargamagy (dialatansiýasy) bolup geçýär, ol şampyň galmaklygy boýunça anyklanylýar. Ýumşak çägenderde ýa-da teýgumlaryň güýçli çat açýan (bölünýän) gaty dag daş jynslarynda süýşmede teýgumlaryň goşmaça dykyzlanmasy (kotraktasiýasy) bolup geçýär we şampyň ýeri üýtgände çökýär.

Teýgumlaryň berklik häsiýetnamasyny kesgitlemek üçin meýdan şertlerinde çylşyrymlylygy diňe bir köpçülikleýin eksperimentlerde däl, eýsemde bu synag τ_{berk} we σ bahalaryny, ýany süýşmä garşylygyň grafiginiň diňe bir nokadyň ýerleşişini kesgitlemäge mümkinçilik berýär.

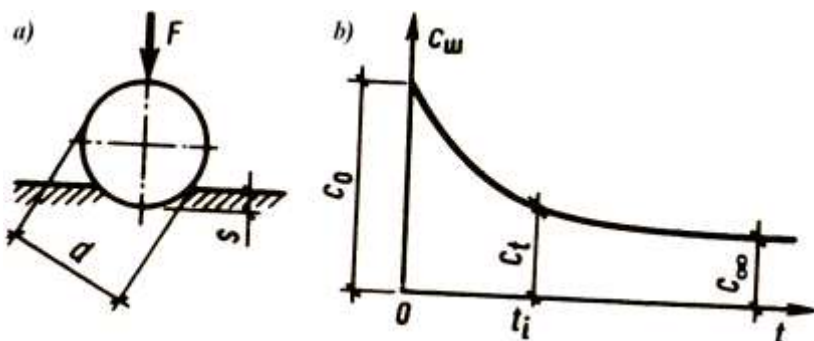
31. Meýdan şertlerinde teýgumlaryň şarikli stampda synaglary

N.A. Sitowiç tarapyndan baglanyşýan teýgumlaryň sepleşmesini kesgitlemek üçin şarikli usullarynyň barlagy hödürlenipdi. Bu usulyň düýp manysy, d diametrli şarigiň kömegi bilen teýgumlara F güýç berilýär we s şampyň çökmekligi ölçenýär (18-nji (a) surat). Şeýlelikde akademik A.Ýu. Işlinskiýniň çözgüdiňe baglylykda sepleşme ($0,005 < s/d < 0,1$ bolanda) aşakdaky formula boýunça hasaplanylýar:

$$c_s = 0,18 \frac{F}{\pi ds} \quad (47)$$

Şeýlelikde, alnan sepleşmäniň bahasy, $\varphi < 5^0$ bolanda şepbeşik has az dykyzlanýan teýgumlar üçin süýşme synagyna kesgitli baglydyr (ýagly toýunlar, doň teýgumlar we ş.m.). Teýgumlaryň içki sürtülme burçynyň bahasy uly bolanda W.G.Berezanew (47) deňlemäniň sag bölegine keseldýän koeffisiýent M girizmegi maslahat berýär. Şeýlelikde, $\varphi = 0^0$ bolanda $M=1$; $\varphi = 10^0$ bolanda $M=0,61$; $\varphi = 20^0$ bolanda $M=0,28$; $\varphi = 30^0$ bolanda $M=0,12$.

Şarikli usulda geçirilen synagda, teýgumlaryň berklik alamatlarynyň ýüküň täsiriniň wagta baglylykda üýtgemegini kesgitlemek üçin amatlydyr. Wagtyň geçmegi bilen s çökmeklik ýokarlanýar, (47) aňlatma baglylykda şarikli sepleşme peselýär. Ol bolsa mgnowinniý berklik c_0 düşüňjani girizmeklige mümkinçilik berýär, ýüküň köp wagtyň dowamyndaky täsirine $t-c_t$ baglylykdaky berklik we uzak dowamly wagtda ýüküň täsirinde uzakwagtlaýyn berklik c_∞ çäginde sepleşmesine ymtylýar (18-nji (b) surat).



18-nji surat. Şarikli ştampda geçirirlen synag.

a – şarikli ştampda geçirilen synagyň shemasy;

b - şarikli ştampda geçirilen synagynyň uzakwagtlayyn berkliginiň egri çyzygy.

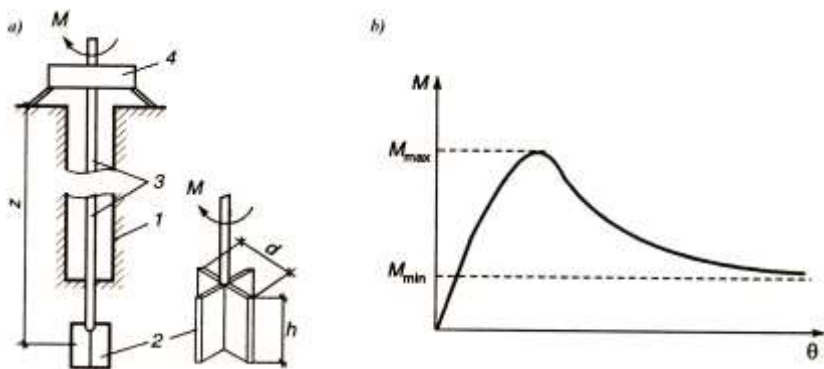
Şarikli usulda geçirilen synagda düzgünleşen (stabilizirleşen) çökündiniň kiçi ululugynda hem teýgumlaryň deformasiýasynyň modulyny kesgitlemek bolýandygyny, Z.G. Ter-Martirosýan anyklady we ol aşakdaky formula boýunça hasaplanýar ($s/d < 0,005$ bolanda):

$$E_m = \frac{3(1-\nu^2)F}{4s\sqrt{s(d-s)}} \quad (48)$$

32. Teýgumlaryň meýdan şertlerinde aýlanyp kesiş usulynyň synagy

Bu usul toýun teýgumlary, gyrmançalary (laýlary) we torfly teýgumlary 10÷12 m çuňlukda süýsmä garşylygyny kesgitlemek üçin niýetlenýär. Onuň üçin guýynyň zaboýyna (1) (zaboý-synag etmek üçin gazylan çukur) dört tarapy ýasylan ganatly (2) synag enjamyny h çuňlukda (zaboýyň çuňlugyndan uzyn bolmaly) göýberilýär. Ganatly enjam ýörite aýlanýan gural (4) bilen ştanga (3) berkidilýär. Ganatly enjemyň adaty diametri (d) 60÷100 mm bolýar ($h/d=2$ gatnaşyk saklanmaly).

Okuň töwereginde ganatly enjemy aýlap, teýgumlaryň ahli üsti boýunça silindr görnüşli kesilmegi amala aşyrylýar. Towlaýan momentiň M_{\max} täsirinde uly bolmadyk aýlanýan burçuň (θ rad) bahasyna ýetmegi, teýgumlaryň bozulmadyk ýagdaýynyň kesilýändigini barada maglumat berýär. Indiki ganatly enjemyň aýlanmagy (adaty $4\div 5$ doly aýlow) towlaýan momentiň hemişelik bahasynyň gurnalmagyna getirýär (19-njy (b) surat), ol teýgumlaryň bozulan ýagdaýyndaky süýşmä garşylyga gabat gelýär. Ol teýgumlaryň iň ýokarky we saklanyp galan süýşmä garşylygynyň düşünjesine fiziki gabat gelýär, ol 17-nji suratda görkezilen.



19-nji surat. *Teýgumlaryň meýdan şertlerinde aýlanyp kesiş usulynyň synagy.*

a - teýgumlaryň meýdan şertlerinde aýlanyp kesiş usulynyň synagynyň shemasy;

b - teýgumlaryň meýdan şertlerinde aýlanyp kesiş usulynyň netijeleriniň grafigi.

Onda süýşmä garşylygyň τ'_{berk} - iň ýokary we τ''_{berk} - saklanyp galýan bahalary aşakdaky formula boýunça kesgitlenýär:

$$\tau'_{berk} = \frac{M_{\max}}{B}; \quad \tau''_{berk} = \frac{M_{\min}}{B} \quad (49)$$

Bu ýerde $B = \frac{\pi d^2 h}{2} \left(1 + \frac{d}{3h} \right)$.

Aýlanyp kesiş usul bilen alnan süýsmä garşylygy, teýgumlaryň berkliginiň umumylaşdyrylan görnüşini ýagny, seplesmäni hem-de sürtülmäni öz içine alýar. Ýagly toýunlar üçin $\varphi < 5^\circ$ bolanda $\tau'_{berk} = c$. Beýleki ýagdaýlarda saklanyp galýan seplesmäniň garşylygy nula deň ($c \approx 0$) kabul edip, φ bahasynyň aşakdaky formula boýunça hasaplamak mümkin:

$$\tau''_{berk} = \xi \sigma_{zg} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (50)$$

Bu ýerde ξ - teýgumyň rahat ýagdaýyndaky gapdal basyşynyň koeffisiýenti;

σ_{zg} - ganatli enjamynyň ortasyndaky deňliginde teýgumlaryň ýokarsynda ýatan gatlaklarynyň tebigy basyşy.

Soňky ýagdaýda seplesmegiň ululygy bolýar:

$$c = \tau'_{berk} - \tau''_{berk} \quad (51)$$

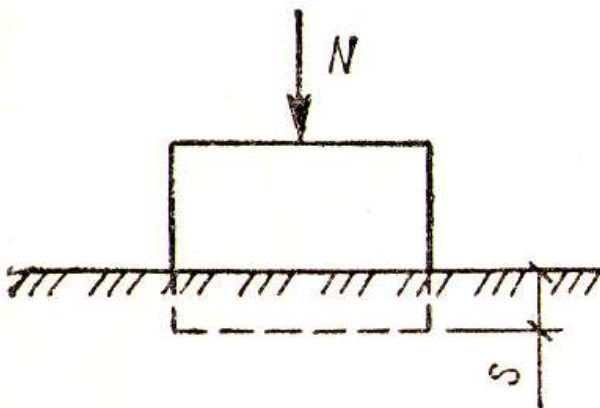
Ýu.G.Trofimenkowiň we L.N.Worobkowiň synaglarynyň beren netijelerine görä, $h/d=2$ we ganatly enjamynyň ýokary çuňlygy zaboýdan 5d-den kiçi bolmaly däl. $M=f(\theta)$ baglanyşygyň başlangyç (çyzykly) bölegini ulanyp, teýgumyň deformasiýasynyň modulyny aşakdaky formula boýunça hasaplamak mümkin:

$$E = \frac{M}{\theta d^3} \quad (52)$$

Bu ýerde θ - M towlaýan momentde ganatly enjamynyň aýlaýan burçy.

33. Teýgumlaryň dartgynlyk ýagdaýy. Teýgumlaryň dartgynlyk ýagdaýynyň fazasy

Goý, pugtalyk strukturasyna eýe bolan teýgum üstüne, ýük ýüklenen berk şamp gurnalan bolsun (20-nji surat). Ol ýüküň täsiri astynda teýgum toplumynda orun üýtgetme bolup geçýär, orun üýtgetme esasa düşýän basyşyň täsirinde köpeliýär.

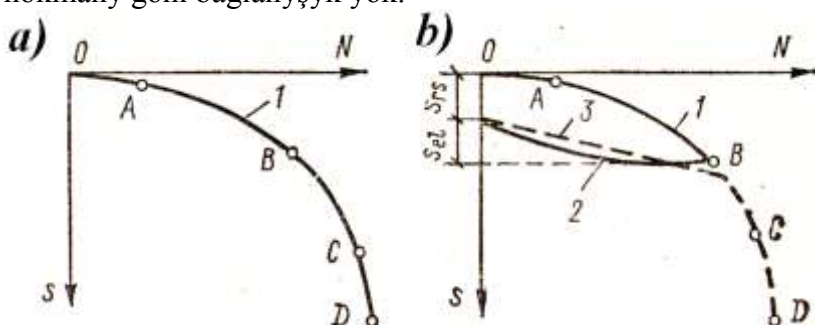


20 –nji surat: Şamp bilen teýgumy derňemegin şemasy.

Şonuň täsirinde bolsa teýgum öňki bar bolan dartgynlaryň üstüne goşmaça dartgynlar täsir edip (teýgumlaryň öz massasynyň täsirinde) deformasiýa berýär (çökýär). Şampyň çökmeginiň S deformasiýasynda integral aňlatma emele gelýär. Ýüküň köpelmeginde çökmeklik 1-nji egri çyzyga baglylykda (21-nji surat) ösýär.

Ol ergini şertleýin dört aralyga OA , AB , BS , SD bölýäris. OA aralykdaky ýük, şampyň aşagyndaky Teýgumlaryň pugtalyk strukturasynyň P_{str} çäginde geçmeýär. Ol dartgynlyklaryň esasynda süýşgüntligi öçürýän maýyşgak çöküntgi emele gelýär. Ol şampyň esasyndaky Teýgumlaryň dartgynlyk ýagdaýyndaky fazasyna fazalaryň maýyşgak deformasiýasy diýilýär. Ýöne, onuň bilen bilelikde köp däl möçberdäki zonalarda plastiki deformasiýa we dykyzlandyryş

deformasiýa hem emele gelýär. Bulary göz önüne tutup, şeýle netijä gelýäris, ol fazada ýük bilen çökmekligiň arasynda hökmany göni baglanyşyk ýok.



21 –nji surat: *Goýlan ýükden şamp bilen çökmekligiň baglylygynyň grafigi.*

Haçan-da, şampyň düýbüniň hemme böleginiň basyşy teýgumlaryň pugtalyk strukturasynyň çäginde geçse, esasydykzlandyryş deformasiýasy döräp başlaýar, ony basyşyň köpelmegi bilen göni ösüş edip kabul edýäris. Eger-de, (21-nji suratdaky 1-nji egri çyzyk). AB bölümdäki ýükiň üýtgeýän çägindeki dykzlandyryş deformasiýasy şol bir görüme ösende, görkezilen egri bölüm göniçyzyk görnüşinde bolardy, emma ol beýle däl. Ol basyşda, az möçberdäki teýgumlaryň pugtalyk strukturasynyň bozulmagy, diňe şampyň düýbüniň birleşýän töwereginiň (birleşýän ýerleri) dykzlandyryşy emele gelýär. Öol wagtda teýgumdaky şampyň gyrasynyň aşagyndaky dartgynlylygynyň bir ýere jemlenmeginiň emele gelýän ýerinde plastiki deformasiýasy (süýşme deformasiýasy) döräp başlaýar we AB bölümiň egri çyzygyny çuňlaşdyrýar. Esasdaky ol teýgumlaryň dartgynlylyk ýagdaýyndaky fazasyna fazalaýyn dykzlandyryş we ýerli süýşme diýilýär.

Plastiki deformasiýanyň zonasyndaky basyşyň köpelmegi bilen gapdal taraplara dargap ugraýar we ol zonada teýgumlaryň dykzlanmagy bolup geçýär. Şonuň esasynda (21-nji suratdaky 1-nji egri çyzyk) BS aralygyň radiusy kiçelýär. Ol

bölümde ýerli süýşme has köp derejede döreýär. Şonuň üçin *BS* bölümdäki esasyň dartgynlylyk ýagdaýyndaky fazasynda fazalaýyn süýşme deformasiýanyň okgunly ösüşiniň we dykyzlandyryşyň (şol sanda, plastiki deformasiýanyň zonasynyň gapdallary boýunça dykyzlandyryş emele gelýär) döremegi bolup geçýär.

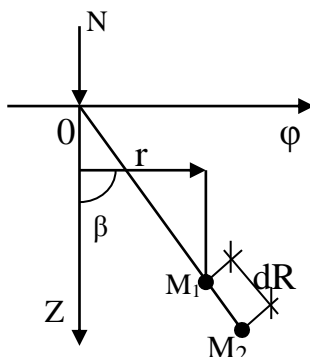
Soňundan, *N* ýükiň köpelmegi bilen binýatlaryň aşagynda gönimel çökmeklik, teýgumlaryň esasdan gapdala we ýokary süýşmeklik basyş esasynda gysylp çykmaklyk döreýär (30-njy we 31-nji suratlar). Ol egri çyzykda, çökmekligiň esasynda dik *SD* çyzyk emele gelýär, oňa basyşyň esasynda gysylp çykma fazasy diýilýär.

Şonuň esasynda, teýgumlaryň pugtalyk strukturasyny takmynan dartgynlylyk ýagdaýynyň fazasyny dört bölege bölýärler:

1. Maýyşgak;
2. Dykyzlanan we ýerli süýşme;
3. Ýerli süýşmäniň okgunly ösüşi we plastiki deformasiýanyň zonasynyň gapdallary boýunça dykyzlandyrlan;
4. Basyş esasynda gysylp çykmaklyk.

34. Jemlenen güýçleriň täsirindäki döreýän teýgumlaryň dartgynlylygy

Gorizonta tekizlikde goýlan *O* nokada täsir edýän dik jemlenen güýçlere *N* seredeliň. Ol tekizligiň aşagynyň tükeniksiz syrylýan ýarym giňişligiň çyzykly-deformirlenýän üstüne düşýär (22-nji surat).



22-njy surat: ýarymgiňişlikde M_1 we M_2 nokatlaryň ýerleşşi.

N güýjüň täsirinde ýarymgiňişligiň hemme nokatlarynda çylşyrymly dartgynlylyk ýagdaýy döreýär.

Goý, M_1 nokadyň ýerleşişinde (22-nji surat) koordinatalar başlangyjyndaky nokada goýlan N güýçler bilen R we β polýar koordinatalary hasaplanýar. N güýjüň täsirinde M_1 nokat R radiusyň ugruna S_1 ululyga orun üýtgetýär (S_1 ululygy R radiusa ters proporsional diýip kabul etmek mümkin). Şol bir wagtyň özünde R radius şol bir bahalarynda β burçuň dürli ululyklarynda nokatda orun üýtgetme birmeňzeş däldir. Örän köp orun üýtgetme nokaty Z okuň üstünde ýatan burç, ýagny, $\beta=0$ bolanda döreýär. Bulary göz önüne tutup, M_1 nokadyň R radius boýunça orun üýtgetmesini (N güýjüň ýakynynda ýerleşýän zonalaradan başga) kabul etmek bolýar, ol deň:

$$S_1 = \frac{\alpha_1}{R} \cos \beta \quad (53)$$

Bu ýerde, α_1 – proporsionallýk koeffisiýenti. Ol baglylyk araçäkli şerti kanagatlandyrýar. Indi, R radiusyň

dowamynda ýerleşen M_2 nokada seredeliň. Goý, M_2 nokat M_1 nokatdan αR aralykda ýerleşen. Ýazylan aňlatmadan ugur alyp, R radius ugur boýunça orun üýtgeýän M_2 nokady tapýarys:

$$S_2 = \frac{\alpha_1}{R + \alpha R} \cos \beta \quad (54)$$

Şol ýagdaýda, Teýgumlaryň otnositel deformasiýasy αR kesikde bolýar:

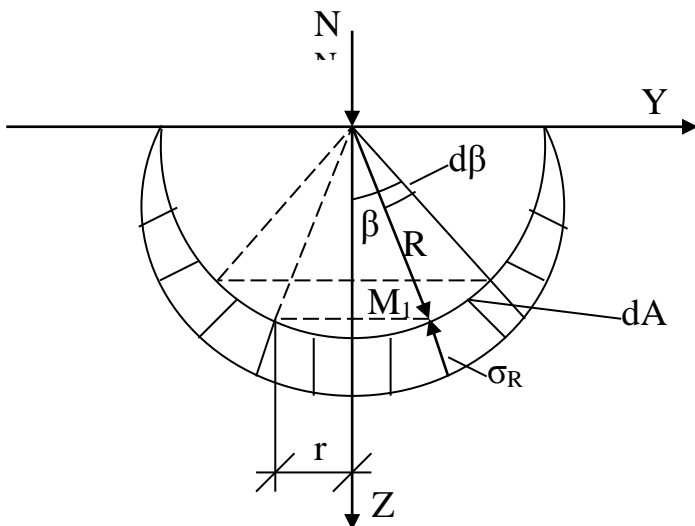
$$\xi_R = \frac{S_1 - S_2}{\alpha R} = \frac{\alpha_1 \cos \beta}{R^2 + \alpha R \cdot R} \quad (55)$$

R^2 ululyk bilen deňeşdirilende, $R \propto R$ ululyk az bolanlygy sebäpli, dartgyn bilen deformasiýanyň arasyndaky göni baglanyşygy göz öňüne tutup R radiusyň ugruna perpendikulýar meýdana täsir edýän gysyş dartgynlyk üçin aňlatmany tapýarys (Teýgumlaryň agyrlık güýjüni hasaba almazdan):

$$\sigma_R = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2}{R^2} \cos \beta \quad (56)$$

Bu ýerde, α_2 – dartgyn bilen deformasiýanyň arasyndaky proporsionallyk koeffisiýenti.

$\alpha_1 \cdot \alpha_2$ koeffisiýentiniň köpeltmek hasylyny tapmak üçin ýarymgiňişligiň böleginiň ýarymşar üstüni alýarys (23-nji surat).



23 –nji surat: *R radiusly ýarymşar üst boýunça güýjenmäniň paýlanylyşy.*

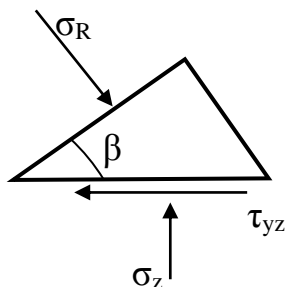
Kesilip alnan elementleriň täsir edýän hemme güýçleriň Z okdaky proyeksiýasynyň deňagramlyk deňligini düzýäris.

$$N - \int_0^{\pi/2} \sigma_R \cos \alpha dA = 0$$

Deňligi çözüp alýarys:

$$\sigma_R = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{N}{R^2} \cos \beta \quad (57)$$

σ_R dartgyn αA ýapgyt meýdança täsir edýär (surat 18).



24-nji surat: *M nokatda täsir edýän dartgyn.*

Dik okdaky hemme güýçleriň proyeksiýasynyň deňligini düzýäris:

$$\frac{\sigma_z dA}{\cos \beta} - \sigma_R \cos \beta dA = 0$$

$$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{N}{R^2} \cos^3 \beta$$

$$\cos \beta = \frac{z}{R} \quad (22\text{-nji surata seret}),$$

alýarys:

$$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} N \frac{z^3}{R^5}$$

$R^2 = r^2 + z^2$ göz önüne tutup, alýarys:

$$\sigma_z = \frac{kN}{z^2} \quad (58)$$

Bu ýerde,

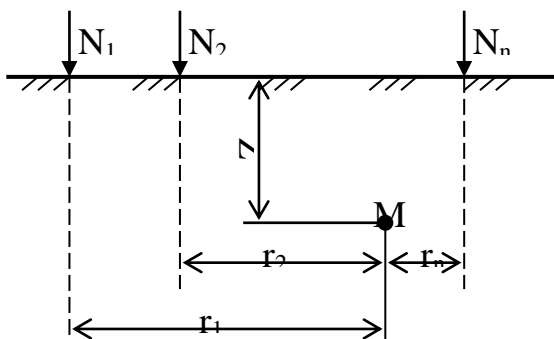
$$K = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{1}{\left[1 + (r/z)^2\right]^{5/2}};$$

Meňzeşlikde, M_1 nokatdaky dartgynlygynyň galan baş düzümini tapmak bolýar.

35. Birnäçe jemlenen güýçleriň täsiri

Eger-de, çyzykly-deformirlenýän ýarymgiňişligiň üstüne birnäçe güýç (25-nji suratdaky N_1, N_2, \dots, N_n) goýlan dartgynlyk bilen deformasiýanyň arasyndaky göni proporsionallygy ulanyp, M dürli nokadyň G_z bahasyny ýönekeý goşmaklyk usuly bilen tapýarys:

$$\sigma_z = \frac{K_1 N_1}{z^2} + \frac{K_2 N_2}{z^2} + \dots + \frac{K_n N_n}{z^2} \quad (59)$$



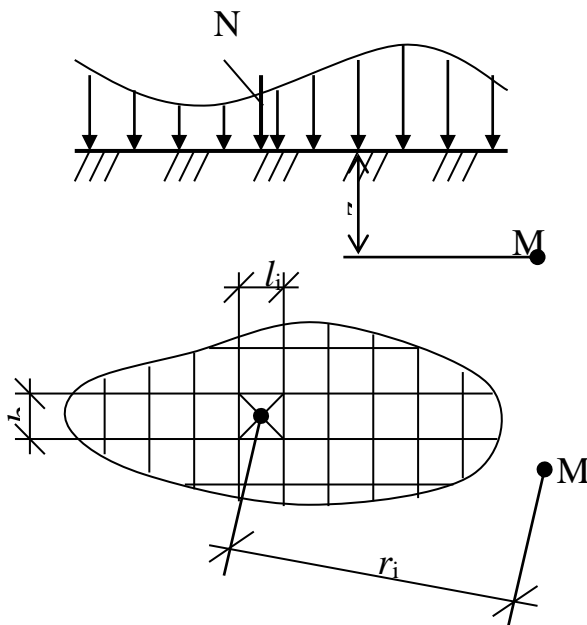
25 – nji surat: *birnäçe jemlenen güýçleriň täsirindäki hasabyň shemasy.*

36. Dürli ýaýradylan güýçleriň täsiri

Goý, izotrop çyzykly-deformirlenýän ýarymgiňişlik üste A meýdançanyň çägenide ýaýradylan basyş goýlan bolsun (26-njy surat). Ýük goýlan meýdançany gapdallary b_i we l_i bolan uly bolmadyk gönüburçlyklara bölmek mümkin we örän çylşyrymly figuralar onuň kontury boýunça döreýär. Ýaýradylan i çäkdäki gönüburçluk birnäçe ýakynlaödyrylan basyşlary, N_i deň täsir ediji ortasyna goýlan ol basyş bilen çalyşmak mümkin. Ol dartgynlary jemläň ýaýradylan ýerli ýükleriň täsirinde döreýän dartgynlygyny σ_z tapýarys:

$$\sigma_z = \sum \frac{K_i N_i}{z^2} \quad (60)$$

Bu ýerde, $K_i = \frac{r_i}{z_i}$ gatnaşygyna baglylykda koeffisiýent.



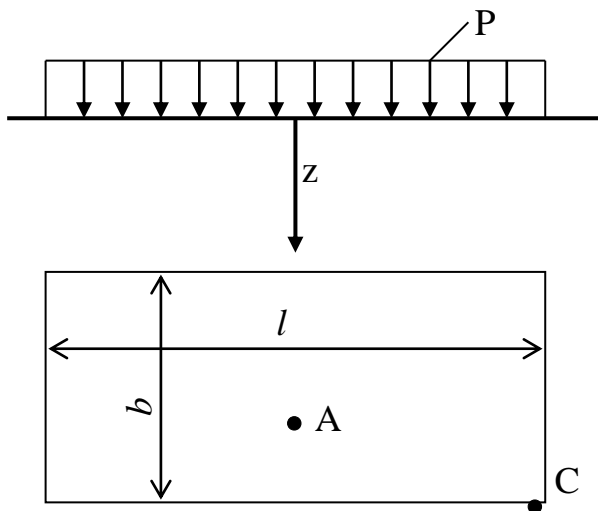
26-njy surat. Dürli ýaýradylan ýükiň täsiri.

37. Deňderejede ýerli ýaýradylan basyşyň täsiri

Eger-de, bize izotrop çyzykly-deformirlenýän ýarymgiňişligiň üsti boýunça ýaýradylan basyş kanuny belli bolsa, onda ýönekeý jemlemäni integrallaşdyрма bilen çalyşmak mümkin. Integrallaşdyrylandan soňky derejede ýaýradylan basyşda gönüburçly meýdan boýunça ýüküň bahasy G_z , gönüburçly meýdanyň ýüküniň ortasynyň aşagynda ýerleşen A nokat üçin, bolýar (27-nji surat):

$$\sigma_{\pi} = \alpha \rho \quad (61)$$

Bu ýerde, $\alpha - \eta = \frac{l}{b}$ we $\xi = \frac{27}{b}$ bahalaryna baglylykdaky kabul edilýän koeffisiýent; p - deňderejede ýaýradylan basyş.



27-nji surat. *Gönüburçli meýdança goýlan deňderejede ýaýradylan ýüküň täsiri.*

Gönüburçly meýdança goýlan ýükde burçly nokatlaryň Gz bahalaryny (mysal üçin, S nokatda, (27-nji surat) tapanymyzda, α bahasy D.E.Polşiniň görkezişi ýaly, $\eta = \frac{l}{b}$ we ζ ululyklara baglylykda tor (tablisa) boýunça kabul etmek mümkin. Bu ýagdaýda $\zeta = \frac{z}{b}$ bolýar. nokatlaryň Burçy boýnça dartgyn aşakdaky $G_z=0,25 \alpha P$ formula boýunça hasaplanylýar:

$$\sigma = 0,25\alpha p \quad (62)$$

Eger-de, ýük teýguma gaty binýatlardan berilýän (düşýän) bolsa, onda simmetriki ýüklenmede Teýgumlaryň üst bölegindäki çökmeklik, binýatlaryň aşagynda deň derejede bolýar. Ol hem öz gezeginde binýatlaryň aşagy boýunça basyşyň deňderejesiz paýlanmagyna getirýär, şeýlelikde binýatlaryň töweregindäki Teýgumlaryň üstüniň çalt deňderejesiz deformasiýa bermegine täsir edýär. Bu meseläni teoretiki çözmekde Bussineskiniň obsolýut gaty ştap usulynda ýerine ýetireni boýunça anyklaýarys. Ol aşakdaky aňlatmany berýär:

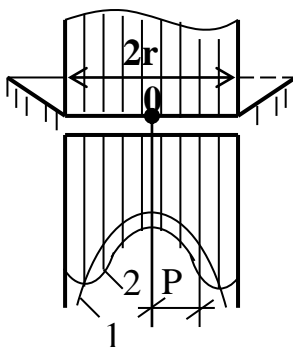
$$\rho_s = \frac{\rho_m}{2\sqrt{1 - \frac{\rho^2}{r^2}}} \quad (63)$$

Bu ýerde ρ_p – tegelek binýatlaryň aşagy boýunça basyşynyň ρ aralykdan onuň

ortasyna çenli, $\rho < r$ bolanda (bu ýerde r -binýatlaryň aşagynyň radiusy);

ρ_m – binýatlaryň aşagy boýunça orta basyş.

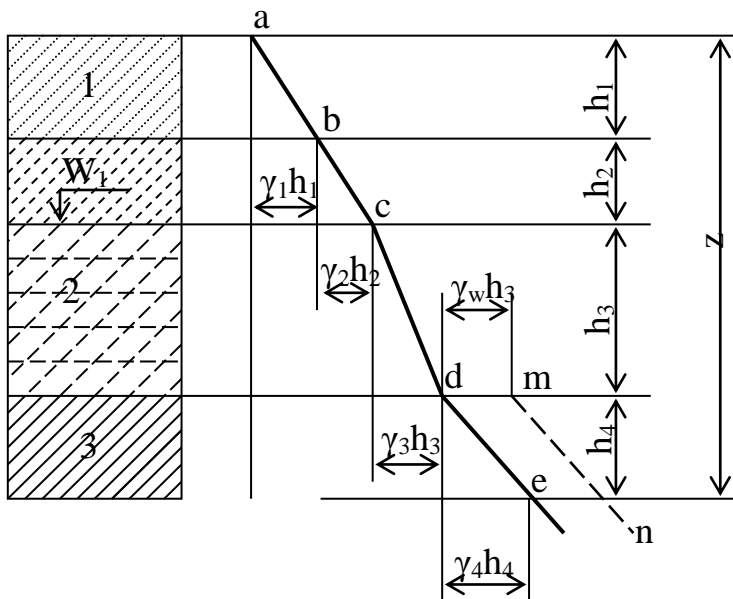
Bu ýagdaýda teoretiki berkitme (kontakt) basyşy gyralary boýunça ($\rho=r$ bolanda) tükeniksiz uly bolýar. Emma şeýle basyşy teýgum kabul edip bilenok, maýyşgak (plastiki) deformasiýanyň ösmegi bilen birikme (kontakt) basyş dargaýar, netijede aşagynyň gyralarynda peselýär we beýleki bölegindäkiler köpeliýär (28-nji surat, sedlo görnüşli 2-nji epýura).



28-nji surat. Berikme (kontakt) basyşyň epýury bilen bilelikde görkezilen gaty şampyň aşagyndaky teýgum üstüniň deformasyýasy.

38. Teýgumlaryň öz agramynyň täsirindäki dartgynlyk

Häzirki zaman usullarynyň gözlegi bilen teýgum esasyň hakyky dartgynlyk ýagdaýyny gös-göni dogry anyklamak mümkin däl. Köp ýagdaýlarda yokarsynda ýerleşen Teýgumlaryň agramynyň täsiri boýunça dik güýjenmäni tapmak, anyklamak bilen çäklendirilýär. Çuňlugy boýunça bir jynsly Teýgumlaryň dartgynlylygynyň epýurasy üçburç görnüşli bolýar; gatlaklaýyn ýerleşdirilende döwür çyzykly epýura emele gelýär (29-njy suratdaky a,b,c,d,e çyzyklar).



29-njy surat. *Teýgumlaryň öz agramynyň täsirindäki güýjenmäniň σ_{zg} epýury.*

Z çuňlukda ýerleşen Teýgumlaryň agramynyň täsirindäki dik güýjenmäni tapmak üçin, teýgum sütüni şol çuňlukda birlik meýdanyň esasynda kesip alýarys we sütüniň agramyndan jemlenen güýjenmäni (σ_{zg}) tapýarys:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (64)$$

Bu ýerde n – z çuňlugyň çägendäki dürli görnüşli gatlaklaryň sany;

γ_i – i gatlakdaky Teýgumlaryň udel massasy;
 h_i – i gatlagyň galyňlygy.

39. Teýgumlaryň dartgynlylyk ýagdaýyndaky çäginin teoriýasy.

Deňagramlylyk çägendäki şert

Teýgum massiwiniň (toplumynyň) dartgynlylyk ýagdaýynyň çägi çalaja goşmaça güýjüň täsir etmeginde ýa-da Teýgumlaryň berkliginiň çalaja peselmegi bilen deňagramlylygy düýpgöter bozulmagyna – teýgum massiwiniň durumlylygynyň ýitmegine (onuň üstüniň typmagyna, süýşme deformasiýasynyň ösmegine, tebigy strukturasynyň bozulmagyna) getirýär. Bar bolan deňagramlylygynyň bozulmagy binýatlaryň aşagyndan Teýgumlaryň gysylp çykmagyna, süýşmegine, konstruksiýanyň ýeriniň üýtgemegine eltýär. Teýgumlaryň deňagramlylyk çäginin teoriýasynda, desgalaryň teýkärlerindäki teýgumlaryň durumlylyk, eňnitlerde teýgumlaryň durumlylyk, germew konstruksiýalaryna (direg diwany, tonnelleriň germewleri) teýgumlaryň basyşyny anyklamak we dürli ankerleme işlerine we germew konstruksiýalaryna teýgumlaryň garşylygynyň üýtgemeklik meselelerine seredilýär.

Teýgumlaryň deňagramlylyk çäginin şerti esasy dartgynlylygy bilen ürgün teýgumlaryň içki sürtülme burçunyň ululygynyň arasyndaky gatnaşygynyň baglylygy boýunça tapylýar:

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_1(1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)}$$

Bu ýerde σ_3 we σ_1 – esassy dartgynlylygy, ol $\sigma_3 < \sigma_1$ çäklendirilen dartgynlylygy ýagdaýyna baglydyr.

Trigonometriki üýtgemeler geçirip, alýarys:

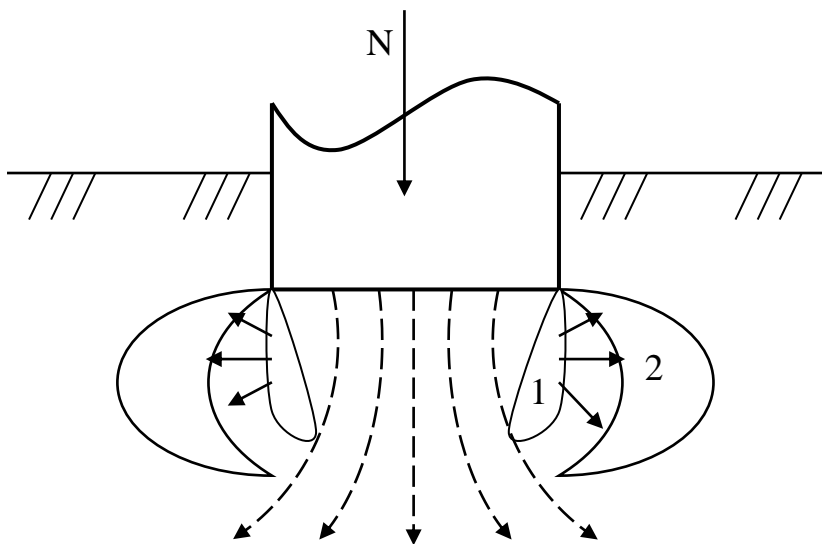
$$\frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (65)$$

40. Gaty şampda teýgum teýkärleriniň dartgynly ýagdaýynyň çägininň ösüşi

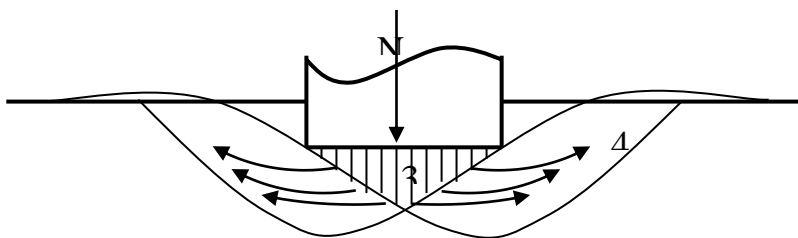
Gaty şampyň gyralarynyň aşagynda güýjenmäniň konsentrasiýasy (toplanmasy) bolup geçýär (28-nji surat). Has köp dik dartgynlylygy şampyň aşagynyň gyralarynyň uly bolmadyk zonalarynda teýgumlaryň dartgynly ýagdaýynyň döremeginde emele gelýär (30-njy surat). Bu zonada maýyşgaklyk deformasiýa (süýşme deformasiýa) ösýär. Ýüküň ösdürilmegi bilen 1-nji zona ulalýar. Emma 2-nji zonanyň dartgynly çägininň dykylanmagy bilen gapdallarynda ýerleşen teýgumlaryň gorizonta garşylygy oňa päsgel berýär. Bu garşylyk ýuwaş-ýuwaşdan ösmek bilen belli bir ululyga barýar, oňa bolsa teýgumlaryň gowşak (passiw) garşy durmasy (ýa-da teýgumlaryň gowşak basyşy) diýilýär (bu ýagdaýda, entek teýgumlaryň garşylygy uly (maksimal) bolanlygy üçin dartgynly ýagdaýyň çägi döremeýär). Teýgumlaryň gapdal (gorizonta) garşylygynyň ulalmagy süýşme zonanyň ösmegini peseldýär, emma esasy zonasyndaky uly bolmadyk dartgynlykda gapdal taraplary boýunça teýgumlaryň hemme uly deformasiýasy dowam edýär.

Süýşme zonanyň araçägininň gapdal tarapa üýtgemegi *ABS* aralykdaky ýük bilen çökmekliginň arasyndaky baglanyşygy görkezýän egri çyzygyň gitdigiçe ulalýandygy (gönä baglylykda) bolup geçýär (21-nji surat).

Süýşme zonanyň ulalmagy bilen şampyň düýbüninň käbir çuňlugynda (31-nji surat) ýadronyň dykylanmagy (3) bolup geçýär, ýene-de ýüki ulaltmak bilen 4-nji çäkde üstün üznüksiz typmagy döreýär we esasyda teýgumlaryň durumlylygynyň ýitirmegine eltýär. Bu ýerde teýgum esasynyň durumlylygynyň ýitýän wagtyndaky ýüküni anyklamak esasy mesele bolup durýar.



30-njy surat. *Süýşme zonasynyň döremegi.*



31-nji surat. *Basyşyň täsirinde binýatlaryň aşagyndan teýgumlaryň çogup çykmagy (wypor).*

41. Eňňitleriň durumlylygynyň bozulmagynyň (hatardan çykmagynyň) esasy görnüşleri

Nowalary (kotlowanlary) işläp bejermekde tekçeli meýdançalary dik planlaşdyrmakda, galdyrmalary we oýmak işleri gurnalanda, ýapgytlarda desgalar galdyrylanda we ýene-de birnäçe ýagdaýlarda eňňitleriň teýgum toplumyna baha bermeli bolýar. Içi boş eňňitlerde gurnamak işleri gurluşygyň has gymmata düşmegine eltýär. Öwürüm eňňitlerde bolsa awariýa bolmagyna getirýär. Esasy mesele eňňitlerde gurnamak işleriniň oňat çözügütlerini tapmak bolup durýar.

Eňňitleriň durumlylygyny ýitirmeginiň esasy sebäpleri bolup durýar:

- nowalary (kotlowan), kiçi ýaplary (tranşéalary) eňňitleri ýuwmak we başga görnüşlerde işläp bejermek bilen teýgum toplumlarynyň adaty daýançlaryny düzetmek;
- eňňitlerde daşky güýçleriň köpelmegi (desgalary galdyrmak ýa-da eňňitlerde materiallaryň ammarlaryny galdyrmak we ş.m.);
- öwürüm eňňitlerde gurnamaklyga ýol bermezlik;
- teýgumy doly suw çekijiligini gazanmany gurnalanda, onuň öýjükleriniň suwdan dolmaklygy netijesinde teýgumy udel massasynyň artmagy bilen durumlylygyny ýitirmegi;
- teýgum esasyna suwuň täsir etmegi bilen;
- eňňit üsti bilen çykýan suwuň gidrodinamiki basyşynyň köpelmegi;
- ýerasty suwlarynyň derejesiniň galmagy bilen, şeýle hem doňmagy we eremegi bilen ýumşamaklyk netijesinde teýgum yzgarlanylanda onuň sürtülmesiniň we ýapyşmasynyň peselmegi;
- ulagyň gatnawy, gazyklaryň kakylmagy, seýsmiki güýjüň emele gelmegi netijesinde dinamiki täsir.

42. Diňe sürtülmede eňnit teýgumlaryň durumlylygy

Eňnekdäki ürgün teýgum bölejikleriniň durumlylygyna seredýäris. Onuň üçin eňniğiň üstünde ýatan A nokatdaky gaty bölejikleriň deňagramlylygynyň deňlemesini düzýäris (32-nji surat). Ol bölejikleriň agramyny F iki düzüme bölýäris: N – eňnidiň üstüne normal we T -oňa galtaşýan. Olardan başga-da bölejiklere T' sürtülme güýji täsir edýär. Ol ýagdaýda:

$$N=F\cdot\cos\alpha; T=F\cdot\sin\alpha; T'=f\cdot N.$$

Bu ýerde f – teýgum bilen teýgum bölejikleriniň sürtülme koeffisiýenti, ol içki sürtülme burçunyň tangensine deň ($f=\operatorname{tg}\varphi$).

BS eňnit üçin çäklendirilen deňagramlylyk şertinde proyeksiýa güýjiň deňlemesini gurýarys.

$$F\cdot\sin\alpha - F\cdot\cos\alpha \cdot\operatorname{tg}\varphi=0$$

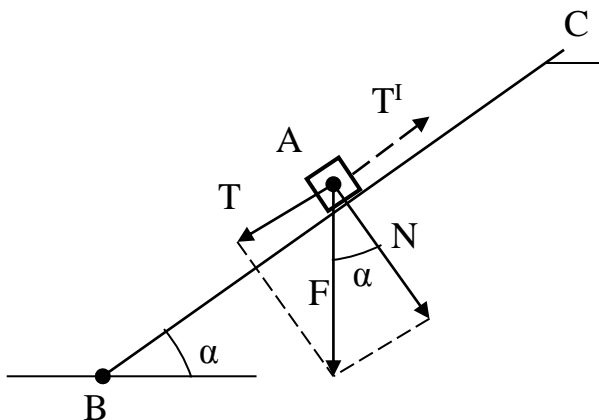
Bu ýerden alýarys:

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\varphi \quad \text{ýa-da} \quad \alpha = \varphi$$

Şeýlelikde, eňnitedäki ürgün teýgumlaryň burçunyň çägi onuň içki sürtülme burçuna deňdir. Ol burça käbir ýerlerde adaty eňnidiň burçy diýilýär (ol diňe ürgün teýgumlara degişlidir).

A nokatdaky bölejikleri saklaýan eňnidiň durumlylygyny üpjün edýän güýç, süýşüriji güýçden köp bolmaly. Ynamdarlyk koeffisiýentini γ_n bilen belgileýäris. Onda

$$\gamma_n \operatorname{tg}\alpha \leq \operatorname{tg}\varphi \quad (66)$$



32-nji surat. Ürgün teýgumlarda eňňitleriň durumlylygyny hasaplamagyň shemasy.

43. Diňe ilteşip bilijiligi bolan teýgumlaryň dik eňňidiň durumlylygy

Tozan-palçyk görnüşli teýgumlar köplenç özüniň içki sürtülme burçy örän pes bolýar, şonuň üçin meseläniň ýakynlaşdyrma çözgüdinde hasaba alynmaýar. Şol wagtda dik eňňidi saklaýan, ol teýgumlaryň ilteşmeklik ukyby bar. Nähili çuňlukda kotlowan gazylanda teýgumy dik eňňit boýunça işläp bejermelidigi gurluşykçylar üçin esasy mesele bolup durýar.

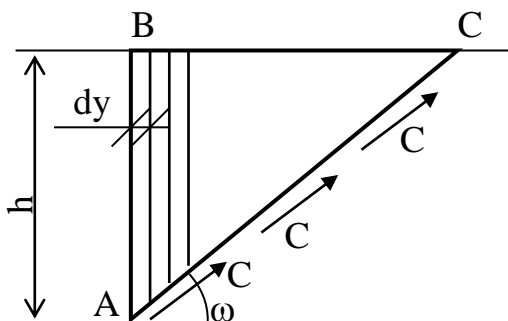
AB dik eňňit teýgumlaryň h beýiklikdäki durumlylyk ukybyna seredýäris (33-nji surat). w burç boýunça AS üstde gorizontál geçirýäris. A we S nokatlaryň arasy ýapgyt tekizligi emele getirýär. Bu ýapgyt tekizligiň hemme ýerinde udel ilteşme güýji (C) täsir edýär. ABS prizmany dy galyňlykda dik

elementlere bölýäris. A nokatda süýşýän güýçleriň intensiwnostyna seredýäris. Hemme gyradaky elementleriň dy galyňlygy $dF = \gamma \cdot h \cdot l \cdot dy$ bolýar we ýapgyt meýdança boýunça güýşüriji güýç aşakdaky formula deň bolýar:

$$dT = \gamma h \cdot \sin \omega \cdot l \cdot dy$$

bu ýerde γ – teýgumlaryň udel massasy l -çyzgynyň perpendikulýar tekizligindäki

prizmanyň ölçegi, geljekki meselelerde düşürilip galýar.



33-nji surat. Diňe ilteşip bilijiligi bolan ($\varphi=0$) teýgumlaryň eňňitdäki durumlylygynyň hasabynyň shemasy.

Bu bölekdäki saklaýygy güýç diňe udel güýjüň ilteşmesi bilen şertlendirilýär:

$$dT^1 = \frac{C}{\cos \omega} dy$$

ol ýagdaýda bu bölekdäki ynamdarlyk koeffisiýenti

$$\gamma_n = \frac{dT^1}{dT} = \frac{2C}{\gamma \cdot h \cdot \sin 2\omega}$$

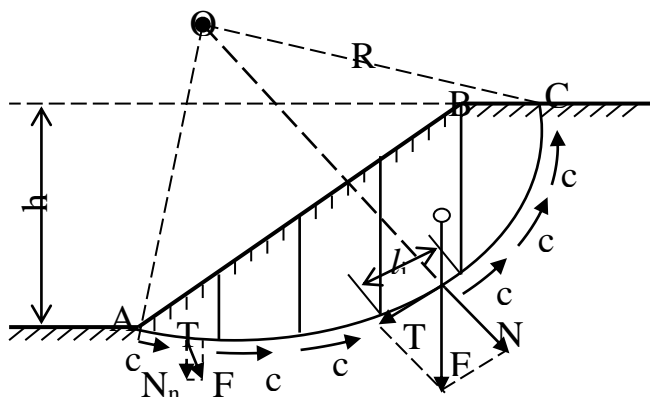
γ_n iň kiçi bahasy $\sin 2\omega$ uly kesgitlemesinde $2\omega=90^\circ$ çenli ýetip bilýär. Diýmek, durumlylygyň erbet şertinde $\omega=45^\circ$ deňdir. Bu ýagdaýda $\gamma_n=1$ bolanda, ýagny, deňagramlylygyň çakli şertindäki eňňidiň dik beýikligi

$$h = \frac{2C}{\gamma} \quad (67)$$

Bu ýerde h -eňňidiň mümkin bolan iň uly (maksimal) beýikligi.

44. Tegeleksilindriki üstün typmagynda ýakynlaşma usuly

Bu usulyň ulanylmagy indikilere eltýär. AB eňňitde O aýlanan merkezi goýýarys (34-nji surat). Tegelek silindriki üste A nokatdan R radius geçirýäris. ABS prizmany n bölege dik tekizlik boýunça bölýäris. Onuň daşky ýükleri bilen bölekleriň agyrylyk güýjüni jemleýäris we deňtäsiredijä typmak üsti geçirýäris. Ol güýji F_i her bölek üçin iki düzüme paýlaýarlar: N_i – berlen üstün typmagyna normal täsir we T_i – ol üste galtaşma täsiri. Ondan başga-da hemme üstün typmagy boýunça teýgumlaryň ilteşmesini hasaba alýarlar. Ynamdarlyk koeffisiýentini saklaýan güýjüň momentiniň



34-nji surat. Tegeleksilindriki üstün typma usuly boýunça eňňitleriň durumlylyk hasabynyň shemasy.

süýşürýän güýjüň momentine gatnaşygy ýaly hasaplaýarlar. Eger-de ol aňlatmany gysgaltsak R , onda alýarys:

$$\gamma_n = \frac{M_{rt}}{M_s} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i f_i + \sum_{i=1}^n C_i l_i + \sum_{i=1}^n T_{i,rt}}{\sum_{i=1}^{\gamma} T_{i,3}} \quad (68)$$

Bu ýerde f_i, C_i – degişlilikde i uçastkadaky üstüň typmagynyň içki sürtülmesiniň

koeffisiýenti we udel ilteşmesi;

l_i – i uçastkadaky duga üstüniň typma uzynlygy;

$T_{i, rt}$ – prizmanyň hereketine garşy ugrukdyrylan galtaşma;

$T_{i, s}$ – prizmanyň hereketiniň ugruna ugrukdyrylan galtaşma;

$\gamma - T_{i, s}$ süýşüriji güýje gelýän bölekleriň sany.

45. Teýgumlaryň aktiw basyşy we passiw serpikdirmesi barada düşünje.

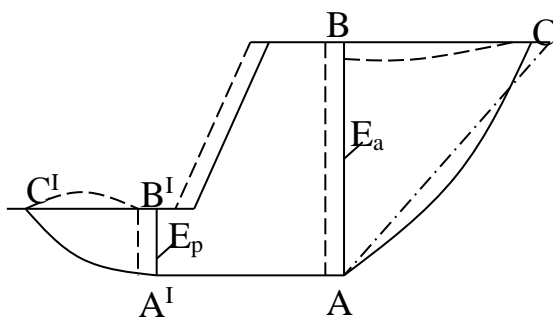
Direg diwaryna bolan teýgumlaryň basyşyny anyklamak

Haçanda eňňidiň durumlylygy gerek bolan ýapgytlygy üpjün edip bilme, eňňiti düşäp bolmaýar, şonuň üçin ony saklamak üçin direg diwaryny gurnaýarlar. Direg desgasy teýgumy saklamak bilen onuň tarapyndan basyşa sezewar bolýar, oňa bolsa aktiw basyş diýilýär.

Ýumşak teýguma galdyrylan direg desgasyňa seredeliň (35-nji surat). Ol AS typma üst boýunça ýerleşen teýgumy saklaýar, ol teýgum diwary süýşürmek we agtarmak üçin

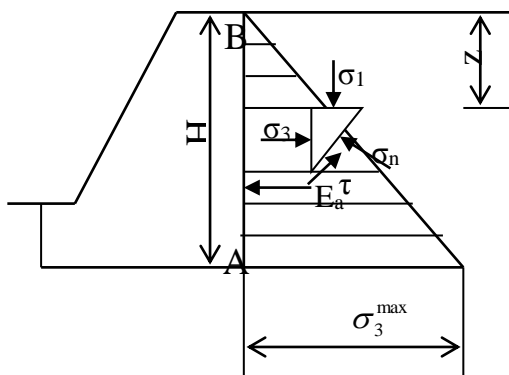
ymtylýar. *ABS* prizmada direk diwarynyň uly bolmadyk derejede orun üýtgetmeginde (süýsmegi) deňagramlylygynyň çägi gelip ýetýär, şol ýagdaýda-da direk diwarynda teýgumlaryň aktiw basyşy döreýär.

Direk diwary teýguma gömülenligi sebäpli, *AB* uçastkanyň çäginde onuň orun üýtgetmegi teýgumdaky basyşyň ösmegi bilen utgaşyp gidýär. Direk diwarynyň aşagyň (onuň binýatlarynyň) süýsmekligine teýgumlaryň garşylygynyň ösmekligi, *ABS* prizmada dartgynly ýagdaýyň çägi döreýänçä dowam edýär (ol ýagdaýda teýgumlaryň garşylygy ýokary (maksimalno). Haçan-da desganyň elementi teýgumy basanda ol teýgumlaryň maksimal basyşyna passiw serpikme (ýa-da teýgumlaryň passiw basyşy) diýilýär.



35-nji surat: *Direk desgasyňa aktiw E_a we passiw E_p teýgumlaryň basyşynyň ösmeginiň shemasy.*

46. Dik absolýut ýylmanak direg diwary gorizontál gömülende ürgün teýgumlaryň ($c=0$) basyşyny anyklamak



36-njy surat. *Ideal ürgün teýgumlaryň basyşy.*

Direg desgasynyň yzyndaky gyalalarynyň golaýyndaky süýşüriji (döwüji) prizmadan kesilip alnan yönekeý prizmanyň deňagramlylyk çäginin şertine seredeliň (36-njy surat). σ_3 we σ_1 arasyndaky gatnaşyk (65) şertleşik deňlemä deňdir. z çuňlukdaky $\sigma_1 = \gamma \cdot z$ ululyga deň. Bu ýerden

$$\sigma_3 = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (69)$$

σ_3 ululyk z çuňluga göni proporsionaldyr, beýleki ululyklar bolsa birjynsly teýgumlar üçin hemişelikdir. Direg diwarynda teýgumlaryň basyşynyň epýurasy üçburçlygy emele getirýär (36-njy surat). Bu epýuryň meýdany direg diwaryň üstüne teýgumlaryň deňtäsir ediji aktiw basyşyna E_a deň gelýär.

$$E_a = \frac{\sigma_3^{\max} \cdot H}{2}$$

E_a aňlatma üçin (69) deňlemedäki σ_3^{max} bahasyny ýerine $z=H$ ýagdaýda goýýarys. Onda

$$E_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (70)$$

Deňtäsir ediji E_a nokadynyň ýerleşýän ýeri σ_3 basyş epýurynyň basyş merkezinde bolýar. Teýguma basyş beriji deňtäsirediji passiw serpikdiriji konstruksiýanyň H çuňlugynda ýerleşende, bolýar:

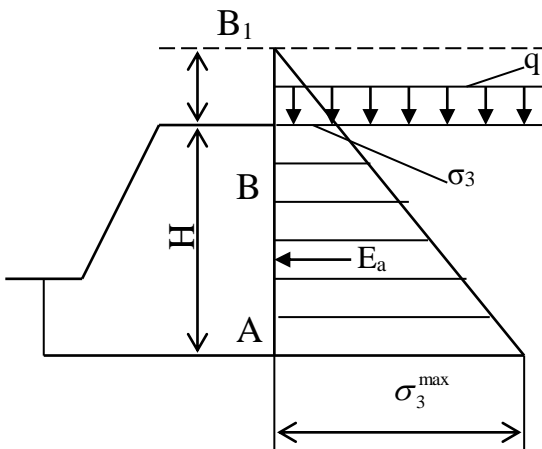
$$E_p = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (71)$$

(71) deňlemäni ulananda asgynlyk (habardarlyk) bilen çemeleşmeli, sebäbi deňagramlylyk çäginin teoriýasynyň çözümleriniň nokatlary has dagynyk ýerleşýär. Ýazgyny gysgaltmak üçin köplenç belgilenilýär:

$$\operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) = \lambda_a; \quad \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) = \lambda_p; \quad (72)$$

λ_a we λ_p degişlilikde aktiw we passiw basyşyň koeffisiýenti diýip aýdylýar.

47. Teýgumlaryň üstünde ýerleşen deňderejede ýaýradylan ýüküň hasaby



37-nji surat. *Deňderejede ýaýradylan ýükleri göz önünde tutmak bilen ideal ürgün teýgumlaryň basyşy.*

Goý, teýgumlaryň üstünde deňderejede ýaýradylan ýüki (q) ýerleşdireliň (37-nji surat). Bu ýüküň täsirini teýgum gatlagynyň $h = \frac{q}{\gamma}$ galyňlygynyň täsiri bilen çalşyp bolýar.

h we $H+h$ çuňlukdaky σ_3 bahasyny tapýarys:

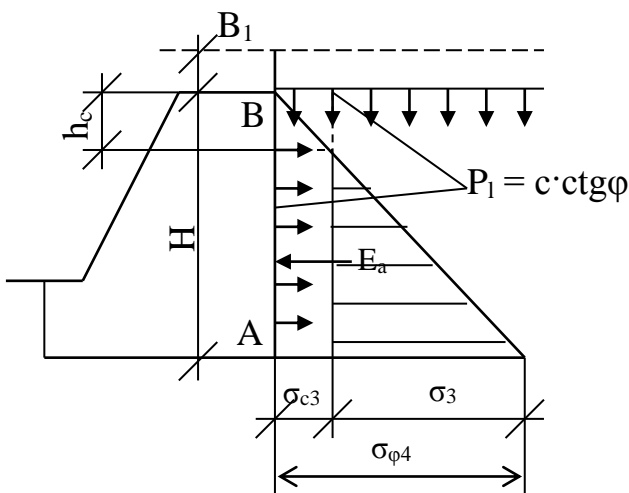
$$\sigma_3^1 = \gamma \cdot h \cdot tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$$

$$\sigma_3^{max} = \gamma \cdot (H + h) \cdot tg^2(45 - \frac{\varphi}{2}) \quad (73)$$

Bu bahalar bilen direg diwaryna aktiw basyşyň epýury gurulýar we jemleme aktiw basyşy E_a AB esasy trapesiýanyň meýdany hökmünde anyklanylýar:

$$E_a = \frac{\sigma_3^1 + \sigma_3^{max}}{2} H = \frac{\gamma}{2} (H^2 + 2Hh) \cdot \text{tg}^2(45 - \frac{\varphi}{2}) \quad (74)$$

**48. Dik absolýut ýylmanak direk diwary gorizonta
gömülende ilteşýän teýgumlaryň ($\varphi \neq 0$ we $c \neq 0$) basyşyny
anyklamak**



38-nji surat. *Ilteşýän teýgumlaryň basyşy.*

Teýgumlaryň üstüne we teýgumlaryň direk diwary boýunça goýlan $P_e = c \cdot ctg \varphi$ birleşýän (kontakty) ilteşmäni hemmetaraplaýyn güýjüň baglanyşygynyň täsiri bilen çalyşýarys (38-nji surat). z çuňlukda σ_3 üçin deňleme düzýäris. Deňlige baglylykda, P_e baglaşdyryjy güýji hasaba almak bilen, bolýar:

$$\sigma_3 = \gamma(z + h) \cdot tg^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) - P_e \quad (75,a)$$

(51,a) deňligiň bahasyna $h = P_e / \gamma$ we $P_e = c \cdot ctg \varphi$ goýýarys. Onda:

$$\sigma_3 = \gamma(z + \frac{c \cdot ctg \varphi}{\gamma}) \cdot tg^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) - c \cdot ctg \varphi$$

Bu ýerden trigonometriki üýtgetmek ýoly bilen alýarys:

$$\sigma_3 = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) - 2c \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \quad (75)$$

(69) bilen (75) ýerine goýup, belleýäris, (75) ilteşmäni hasaba almazdan ürgün teýgumlaryň basyşyny, (69) bolsa teýgum ilteşmek häsiýete eýe bolmak bilen basyş intensiwligini birnäçe esse peseldýän görkezijiniň häsiýetnamasydyr. Şeýlelikde ol deňligi indiki görnüşde aňlatmak bolar:

$$\sigma_3 = \sigma_{\varphi 3} - \sigma_{c3} \quad (76)$$

Bu ýerde

$$\sigma_{\varphi 3} = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$$

$$\sigma_{c3} = 2c \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$$

49. Teýgumlaryň deformasiýasynyň tebigaty we görnüşleri

Esasa goýlan ýüküň täsiri astynda binýatlaryň üsti bilen teýgum esasyda dartgynlyk ýagdaý döreýär, ol binýatlaryň we onuň töweregindäki teýgum üstüniň orun üýtgemegine (çökmegine) getirýän deformasiýanyň ösmegine eltýär.

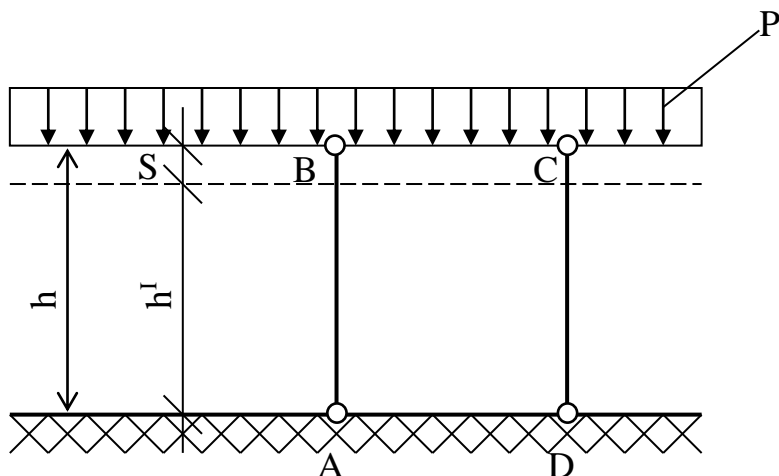
Teýgum gaty bölejiklerden, boşlukdan, suwdan doldurylan we howadan (suwuk we gaz) ybarat bolandygy sebäpli, onuň deformirlenmeginiň ösmegi görkezilen düzümiň deformatiwligine baglydyr.

Adaty bolşy ýaly, binýatlaryň çökmekligi hasaplanylanda çökmeklikdäki deformasiýanyň dykyzlanmagynyň we şekiliň (formanyň) üýtgemek deformasiýanyň integrallygyna seredilýär. Maýysgak deformasiýadan göwrümiň üýtgemeginde diňe howanyň ýapyk çişmek (gaz) deformasiýasyna seredilýär, sebäbi gaty

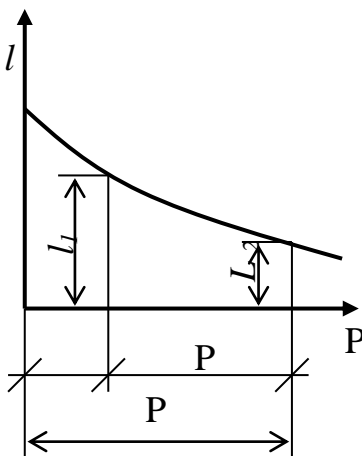
bölejikleriň we suwuň göwrüminiň deformasiýasy dykyzlygyň galyndy deformasiýasyndan mün esse azdyr.

50. Tutuş (ýaýradylan) ýükler goýlanda teýgumlaryň üstki gatlagynyň ahyrky çökmekligini anyklamak

Goý, h galyňlykdaky gysylmaýan dagdaş (skalnoý) jynsly teýgum gatlagynyň üstüne tutuş (ýaýradylan) ýük (örän uly aralyga ýaýradylan) p intensiwlikli goýlan bolsun (39-njy surat). Bu ýagdaýda teýgum hiç hili mümkinçiliksiz gapdal tarapa ulalmak gysylmasyna sezewar bolýar. Ol dik ýüküň täsiriniň kompression synagyndaky teýgumy dykyzlandyrmagyň birölçegli meselesine dogry gelýär. Şonuň üçin seredilýän teýgumlaryň gatlagynyň deformasiýasyny anyklamak üçin, ol teýgumlaryň kompression egri çyzygyny ulanmak bolýar (40-njy surat).



39-njy surat. *Tutuş (ýaýradylan) ýükler ýüklenen teýgum gatlagy.*



40-njy surat. *Kompression egri çyzyk.*

(10), (11) deňligi göz öňüne tutup, ýük goýulandan öňki we soňky ýagdaýyndaky teýgumlaryň gaty bölejikleriniň göwrüminiň deňlemesinden deformasiýanyň deňlemesini düzýäris.

$$\frac{1}{1 + e_1} Ah = \frac{1}{1 + e_2} Ah^1 \quad (77 \text{ a})$$

Bu ýerde $e_1 - p_1$ basyşyň täsirinde dykyzlandyrylan tebigy teýgumlaryň öýjükliliginiň başlangyç koeffisiýenti, ol teýgumlaryň hususy agramynyň orta dartgynlygyna deň (tebigy dartgynlylygyň täsirinde);

e_2 – goşmaça p basyş (tebigy basyşyň üstüne) goýlandan soňky teýgumlaryň öýjüklilik koeffisiýenti, ol kompression egri çyzyk boýunça hasaplanylýar (40-njy surat);

A – esasyň meýdany;

h^1 – teýgum gatlagynyň ahyrky galyňlygy (dykyzlanandan soňky ýagdaýynda).

(77 a) deňlemäni çözmek bilen, tapýarys:

$$h^l = h(l + l_2) / (l + l_1) \quad (77 \text{ b})$$

39-njy surat boýunça (77 b) aňlatmany göz önüne tutup:

$$s = h - h^l = h(l_1 - l_2) / (l + l_1) \quad (77 \text{ ç})$$

(27) formula baglylykda, gysylmak koeffisiýenti

$$m_0 = \frac{(e_1 - e_2)}{(p_2 - p_1)} = \frac{e_1 - e_2}{p}$$

Bu ýerden

$$e_1 - e_2 = m_0 p$$

(77 ç) aňlatmada $e_1 - e_2$ bahalaryny goýup, tapýarys:

$$S = h \frac{m_0}{1 + e_1} p$$

(30) formula baglylykda, bu aňlatmanyň droby otnositel gysylmaklygyň koeffisiýenti m_v bolýar. Onda,

$$S = h \cdot m_v \cdot p \quad (77)$$

Eger-de teýgumlaryň otnositel gysylmaklyk koeffisiýentini modul deformasiýanyň E_0 üsti bilen aňlatsak, onda alýarys:

$$S = h \cdot (\beta / E_0) \cdot p \quad (78)$$

Bu ýerde β – teýgumlaryň gapdal tarapa ulalmagynyň koeffisiýentine bagly bolan koeffisiýent.

51. Gatlaklaýyn jemlemegiň usuly boýunça binýatlaryň ahyrky çökmekligini anyklamak

Ýerli ýükleriň täsirindäki teýgumlaryň dartgynlylygy esasyň çäklerinde siňişýär we çuňlaşdygyça onuň intensiwligi peselýär. teýgumlaryň haýsy hem bolsa bir gatlagynyň üstüne goýlan belli bolan dik ýüküň çökmekligini (77) formula boýunça hasaplamak bolýar. Şeýlelik-de, onuň galyňlygynda esasyň çuňlugy boýunça güýjenmäniň ýuwaşlyk bilen üýtgemegini birnäçe hatar gatлага bölmek bolýar we her gatlak üçin aýratyn dartgynlylygy hasaplanylýar. Ol bolsa gatlaklaýyn jemlemegiň usuly diýip kabul edilýär.

Binýatlaryň çökmekligi gatlaklaýyn jemlemegiň usulynda hasaplanylanda, başda binýatlaryň aşagy düýbi boýunça ýaýradylan goşmaça orta basyşy ρ_0 tapmaly:

$$\rho_0 = \rho_{II} - \sigma_{zg,o} = \rho_{II} - \gamma d_n \quad (79)$$

Bu ýerde ρ_{II} - deformasiýa boýunça hasaplanylanda hasaba alnan ýükden binýatlaryň aşagy (düýbi) boýunça orta basyş;

$\sigma_{zg,o}$ – binýatlaryň düýbünüň deňligindäki tebigy dartgynlylygy;

γ – tebigy relýefden d_n binýatlaryň goýlan çuňlugynyň çägendäki teýgumlaryň udel massasy.

(39) formula boýunça ρ_0 bahasyny ýüklenilýän meýdanyň ortasynyň aşagynyň dürli çuňlugyndaky güýjenmäni σ_{zp} anyklaýarys we σ_{zp} epýuryny gurýarys (41-nji surat) σ_{zp} ululyk çuňluga gitdigiçe peselýär, şonuň üçin teýgumlaryň deformasiýasy aşaky bölekde has az bolan ýerine çenli bolan galyňlykda alnan gatlagda hasaplamak ýeterlikli hasaplanylýar.

Adaty teýgumlar üçin gysylýan teýgumlaryň galyňlygyny H_g çuňluga çenli dartgynlylygy σ_{zp} tebigy güýjenmäniň 20% geçmese norma hasaplanylýar, ýagny:

$$\sigma_{zp}^l \leq 0,2 \sigma_{zg}^l \quad (80)$$

Bu ýerde $\sigma_{zg}^l - H_g$ *çuňlukdaky tebigy dik dartgynlylygy*.

(57) şerte baglylykda $E_0 \leq 0,5$ Mpa modul deformasiýa bilen güýçli gysylýan teýgumlar goýlanda, deformasiýany hasaplaýarlar:

$$\sigma_{zp}^l \leq 0,1 \sigma_{zg}^l \quad (81)$$

Gysylýan galyňlygyň çäginde σ_{zg} bahany tapyp, soňra teýgum gatlagy bölýärler. Uly galyňlygyň aýratyn böleklerini h_i galyňlyk gatlagla bölmeli, ol bölekler 0,4 b-den uly bolmaly dälär (bu ýerde b-binýatlaryň düýbünüň ini). Her gysylýan galyňlygyň gatlagynyň orta basyşyny $\sigma_{zp,i}$ bilip, aýratyn gatlaklaryň üstüniň çökmekliginiň jemi görnüşinde binýatlaryň çökmekligi S tapylýar (77-nji formula seret).

$$S = \sum_{i=1}^n h_i m_{vi} \sigma_{zp,i} \quad (82)$$

Bu ýerde n – gysylýan galyňlygyň çäklerindäki teýgum gatlaklarynyň sany;

h_i – teýgumlaryň i gatlagyndaky galyňlyk;

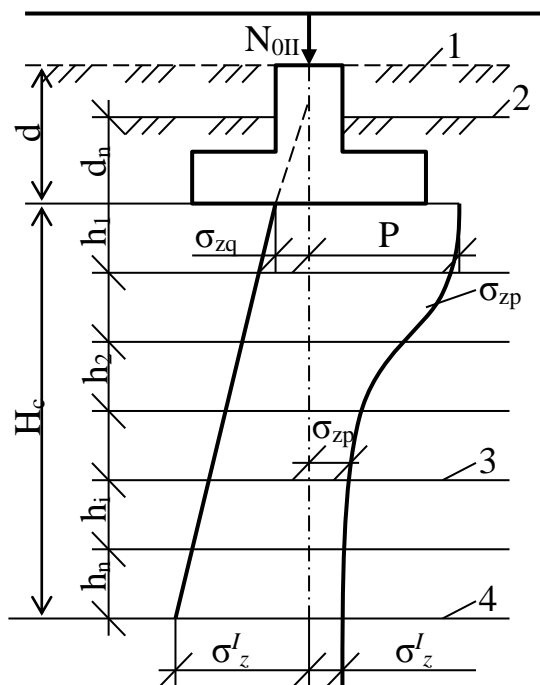
m_{vi} – teýgumlaryň i gatlagyndaky otnositel gysylma koeffisiýenti.

(34) aňlatma baglylykda m_v bahasyny çalşyp, hem-de bahalaryň önüne jemleme goýup, alýarys:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{h_i \sigma_{zp,i}}{E_{0,i}} \quad (83)$$

Bu ýerde β – teýgumlaryň gapdal tarapa çişmeginiň koeffisiýentine v bagly bolan koeffisiýent;

$E_{0,i}$ – i gatlakdaky teýgumlaryň deformasiýasynyň moduly.

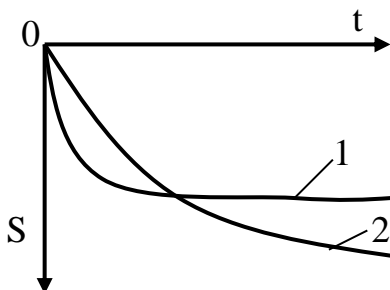


41-nji surat. Gatlaklaýyn jemleme usuly boýunça binýatlaryň çökmekliginiň hasabynyň shemasy.

1- dökülen gumuň üstüniň planlaşdyrylyşy; 2-tebigy relýef üsti; 3-teýgumlaryň i gatlagynyň düýbi (aşagy); 4- gysylýan gatlagyň aşaky araçägi.

Dartgynly ýagdaýa we teýgumlaryň häsiýetine baglylykda σ baglylygyň çylşyrymlydygy sebäpli hemme teýgumlar üçin normany $\beta=0,8$ edip kabul etmek maslahat berilýär.

52. Wagtyň geçmekligi bilen çökmekligiň üýtgemegi



42-nji surat. *Teýgum nusgasynyň wagtyň geçmekligi bilen çökmekliginiň grafigi.*

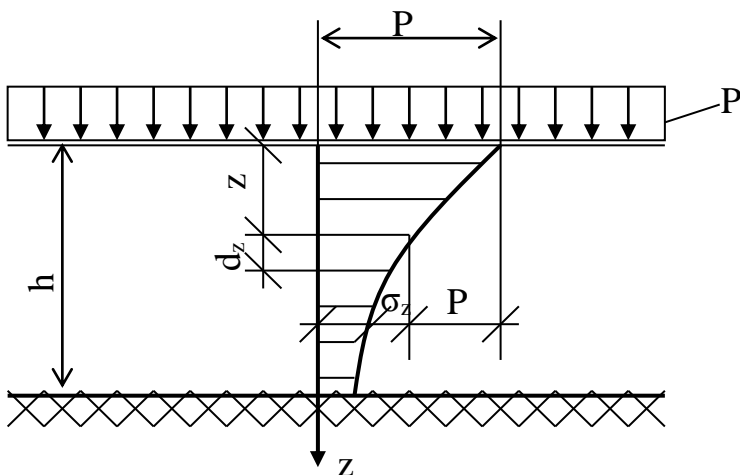
Binýatlaryň çökmekligi birbada şol wagtyň dowamynda bolup geçmeýär, wagtyň geçmegi bilen bolsa ýuwaş-ýuwaşdan çökmeklik dowam edýär, ony tozanly-palçyk (toýun) görnüşli teýgumlarda gurlan desgalaryň gurluşygynyň tejribesi görkezýär. Käbir ýagdaýlarda çökmekligiň ösüşi birnäçe, onýyllarça we hat-da ýüzýyllarça dowam edýär.

Çägeli teýgumlarda galdyrylan jaýlaryň çökmekligi, esasan gurluşyk dowam edýän wagtynda bolup geçýär. 42-nji suratda bir ölçegli guralda bir bada güýç goýlanda wagtyň geçmegi bilen çäge nusgasynyň (1) we toýun nusgasynyň (2) çökmekliginiň grafigi görkezilendir.

Suw bilen doly doýurylan tozanly-toýun görnüşli teýgumlaryň çökmekliginiň ýuwaşlyk bilen ösmegi indikiler bilen şertlendirilen, ol teýgumlaryň hemme öýjükleri sykylmaýan (aýrylmaýan) suwlar bilen doly doldurylan bolsa onda onuň öýjükleriniň göwrümlerini kiçeltmek işleri diňe dykyzlandyryş deformasiýasyny ösdürmek ýoly bilen käbir suw düzümleri aýyrmak (gysyp çykarmak) usulynda gazanmak bolar. Bu ýerde belläp geçmeli meseleleriň biri hem tozanly-toýun görnüşli teýgumlaryň suwgeçirijiliginiň ujypsyz bolandygy sebäpli, öýjüklerden suwy gysyp çykarmak işi örän

ýuwaşlyk bilen bolup geçýär. Şeýlelikde, eger-de doly suw bilen doýurylan tozanly-toýun görnüşli teýgumlaryň çökmekligini anyklamak talap edilse, onda onuň wagtyň geçmegindäki deformasiýasyny teýgum öýjüklerinden suwy gysyp çykarmaklyk bilen baglanyşykly filtrleýji konsolidasiýa-ýuwaşlyk bilen dykyzlanmagyň prosesi hökmünde seretmek hökmandyr.

Tutuş deňderejede ýaýradylan ýük goýulandan soňra teýgum mümkinçilik boldugyça düzümindäki suwuň öýjüklerden ýokarlygyna gysyp çykaryşyna baglylykda dykyzlanýar (43-nji surat). Ýük goýulandan soňra tizden-tiz teýgumlaryň hemme çuňlugynda ρ deň bolan basyş döreýär, ol hem öz gezeginde teýgumlaryň öýjüklerindäki asuda suwlara goýlan güýji geçirýär. Basyşyň täsirinde suw gysylyp ýokarlygyna çykýar, soňra basyşyň bir bölegi suwa (ρ_w) geçirýär, beýleki bölegi teýgum skletinde dartgynlylygy (σ_z)



43-nji surat. Çökmekligiň ösüşini anyklamak üçin hasaply shema.

döredýär. Teýgumlaryň hemme çuňlugynda aşakdaky deňlik saklanýar:

$$\sigma_z + \rho_w = \rho \quad (84)$$

z çuňlukda ýönekeý teýgum gatlagyny d_z bölýäris. Bu ýagdaýda gatlagyň bellenen wagtyndaky (dt) suwuň harçlandyrylyşynyň köpelmegi (q) teýgumlaryň öýjükliiliginiň (n) kiçelmegine deňdir. Şeýlelikde,

$$\frac{dq}{dz} = -\frac{dn}{dt}$$

Laminar filtrlenmäniň we kompreslemäniň kanunyny ulanmak bilen üýtgedilenden soňky düzülen deňleme aşakdaky görnüşde bolýar:

$$C_v \frac{d^2 \sigma_z}{dz^2} = \frac{d\sigma_z}{dt} \quad (85)$$

Bu ýerde C_v – formula boýunça hasaplanylýan konsolidasiýasy

$$C_v = \frac{Kf}{m_v \cdot \gamma_w} \quad (86)$$

Bu ýerde K_f – teýgumy filtrlemegiň koeffisiýenti;

m_v – teýgumlaryň otnositel gysylmagynyň koeffisiýenti;

γ_w – suwuň udel massasy.

Bu deňlemäniň funksiýasynyň bahasy ýük goýulyp başlanan wagtyndan ähli kesikler üçin Furýeniň hatary görnüşinde tapylýar:

$$\sigma_z(t) = \rho \left[1 - \sum_0^m \frac{4}{(2m+1)\pi} \sin \frac{\pi(2m+1)z}{2h} e^{-(2m+1)^2 \cdot N} \right] \quad (87)$$

Bu ýerde m – natural hataryň položitel bitin sany;

e – natural logarifmiň esasy;

$$N = (\pi^2 c_v / 4h^2)t \quad (88)$$

h – gatlagyň galyňlygy;

t – ýük goýulyp başlandan başlan wagty.

Eger-de, ýük goýlup başlandan başlan wagty (t) boýunça dz gatlakda dartgynlylygy (σ_z) belli bolsa, (54) aňlatmany ulanyp gatlagyň deformasiýasyny hasaplaýarys:

$$ds = m_v \cdot \sigma_z \cdot dz$$

Bu aňlatmadan 0-dan h aralyk çägene çenli integral alyp t wagty aralygynda gatlak galyňlygynyň h çökmekligini tapýarys:

$$s_t = m_v \int_0^h \sigma_z dz$$

Bu aňlatmada σ_z bahasyny goýup we integrirläp alýarys:

$$S_t = hm_v \rho \left[1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \dots \right) \right] \quad (89)$$

Çökmekligiň konsolidasiýasynyň derejesi (U) barada düşünje girizýäris, ol rahatlaşmadyk (nestabilizirowannoý) S_t bölegiň rahatlaşan (ahyrky) S bölegine bolan gatnaşygyna deňdir:

$$U = \frac{S_t}{S} \quad (90a)$$

Formula baglylykda (U) bahasy (89) aňlatmany (77) aňlatma bölünende alynýar. Onda biziň meselämiz üçin alýarys:

$$U = 1 - \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-N} + \frac{1}{9} e^{-9N} + \dots \right) \quad (90)$$

U we N ululyklar funksional baglanyşyklydyr. N her bahasy üçin U bahasyna baglylykda tapmak mümkin we U we N baglylygyna tablisa düzülýär (5-nji tablisa).

66-njy formula üçin N -iň bahasy.

5-nji tablisa

U	N ýagdaýy üçin		
	0	1	2
0,1	0,02	0,12	0,005
0,2	0,08	0,25	0,02
0,3	0,17	0,39	0,06
0,4	0,31	0,55	0,13
0,5	0,49	0,73	0,24
0,6	0,71	0,95	0,42
0,7	1,00	1,24	0,69
0,8	1,40	1,64	1,08
0,9	2,09	2,35	1,77
0,95	2,80	3,17	2,54

55-nji tablisa boýunça N bahasyny (88) aňlatmany ulanyp, berlen konsolidasiýanyň filtrlenmesiniň derejesi (U) üçin t tapmak aňsatdyr, onda

$$t = (4h^2 / \pi^2 c_v) N \quad (91)$$

Bu ýagdaýda hasaplanylanda konsolidasiýanyň derejesi berilýär we tapylýar:

$$S_t = U \cdot S \quad (97)$$

Edebiýatlar

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşawyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Nurgeldiýew N. Orazdurdyýew D. Umumy inžener geologiyasy. Aşgabat, 2008.
11. Далматов В.И. Механики грунтов, основания и фундаменты. М., строиздать, 1988.
12. Журнажи В.А., Николаев В.В. Механики грунтов, основания и фундаменты. М., Высшая школа, 1967.
13. Ким Б.П., Мелентьев Б.Н., Топлыев И.Х. Методические указания для выполнения лабораторных работ по курсу МГ, ОиФ. часть 1 и 2. Ашгабат, 1989.

14. Сытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс). М., Высшая школа, 1983.
15. Ухов С.Б., Семенов В.В. и др. Механики грунтов, основания и фундаменты. М., Высшая школа, 2007.
16. Швесов Г.М. Инженерная геология, механика грунтов, основание и фундаменты. М., 1987.

M A Z M U N Y

Sözbaşy	7
1 Giriş	10
2 Teýgumlaryň emele gelişi	14
3 Teýgumlaryň düzüm bölekleri	15
4 Teýgumlaryň gaty bölejikleriniň gysgaça klassifikasiýasy.....	16
5 Teýgumlardaky suwuň görnüşi we onuň häsiýetleri	17
6 Teýgumlaryň strukturasy we teksturasy	18
7 Teýgumlaryň zire düzümi we onun kesgitleniş usullar	22
8 Zireleriň möçberleýin parçalary	24
9 Teýgumlaryň esasy fiziki ýagdaýynyň häsiýetnamasy	26
10 Teýgumlaryň häsiýetnamasynyň hasaplanylşy	27
11 Teýgumlaryň yzgarlylygynyň häsiýetleri we plastiklik mukdary	33
12 Tozan görnüşli toýun teýgumlaryň akyjylyk görkezijileri boýunça ýagdaýy	33
13 Dykzlyk gurluşy boýunça ürgün teýgumlaryň häsiýeti	34
14 Teýgumlaryň mehaniki esasy kanunalaýyklygy	34
15 Teýgumlaryň gysylmasy	35
16 Kompresion baglylygy	36
17 Otnositel gysylmanyň koeffisiýenti	37
18 Dykzlandyrmagyň kanyny we teýgumlaryň çyzykly deformirlenmesi	39
19 Teýgumlaryň deformasiýasynyň modulyny hasaplamak	39

20	Teýgumlaryň berlen synagy boýunça onuň deformasiýasynyň modulyny tapmak.....	41
21	Teýgumlaryň suw siňdirijiligi barada gysgaça maglumat	42
22	Laminar süzme kanuny	43
23	Başlangyç gradiýent barada düşünje	43
24	Effektiw we bitarap basyş barada düşünje	45
25	Teýgumlaryň süýşmä garşylygy barada düşünjeler	45
26	Ürgün teýgumlaryň süýşmä garşylygy. Kulonyň kanuny	46
27	Baglanyşýan teýgumlaryň süýşmä garşylygy	48
28	Üçokly gysyşda teýgumlaryň süýşmä garşylygy.....	49
29	Nokatdaky dartgynlyk ýagdaýynyň çägi	51
30	Meýdan şertlerinde teýgumlaryň deformirlenmesini we berkligini kesgitlemegiň häsiýetnamasy. Statiki ýükleriň meýdan şertlerindäki synagynyň barlagy	52
31	Meýdan şertlerinde teýgumlaryň şarikli şampda synaglary	56
32	Teýgumlaryň meýdan şertlerinde aýlanyp kesiş usulynyň synagy	57
33	Teýgumlaryň dartgynlyk ýagdaýy. Teýgumlaryň dartgynlyk ýagdaýynyň fazasy	60
34	Jemlenen güýçleriň täsirindäki döreýän teýgumlaryň dartgynlygy	62
35	Birnäçe jemlenen güýçleriň täsiri	67
36	Dürli ýaýradylan güýçleriň täsiri	67
37	Deňderejede ýerli ýaýradylan basyşyň täsiri	69
38	Teýgumlaryň öz agramynyň täsirindäki dartgynlyk	71
39	Teýgumlaryň dartgynlyk ýagdaýyndaky çäginin teoriýasy. Deňagramlyk çägindeki şert.....	73

40	Gaty şampda teýgum teýkärleriniň dartgynly ýagdaýynyň çäginäň ösüşi	74
41	Eňňitleriň durumlylygynyň bozulmagynyň (hatardan çykmagynyň) esasy görnüşleri	76
42	Diňe sürtülmede eňňit teýgumlaryň durumlylygy	77
43	Diňe ilteşip bilijiligi bolan teýgumlaryň dik eňňidiň durumlylygy	78
44	Tegelekslindriki üstün typmagynda ýakynlaşma usuly	80
45	Teýgumlaryň aktiw basyşy we passiw serpidirmesi barada düşünje. Direg diwaryna bolan teýgumlaryň basyşyny anyklamak	81
46	Dik absolýut ýylmanak direg diwary gorizonta gömülende ürgün teýgumlaryň ($c=0$) basyşyny anyklamak	83
47	Teýgumlaryň üstünde ýerleşen deňderejede ýaýradylan ýüküň hasaby	85
48	Dik absolýut ýylmanak direg diwary gorizonta gömülende ilteşýän teýgumlaryň ($\varphi \neq 0$ we $c \neq 0$) basyşyny anyklamak	86
49	Teýgumlaryň deformasiýasynyň tebigaty we görnüşleri.....	87
50	Tutuş (ýaýradylan) ýükler goýlanda teýgumlaryň üstki gatlagynyň ahyrky çökmekligini anyklamak	88
51	Gatlaklaýyn jemlemegiň usuly boýunça binýatlaryň ahyrky çökmekligini anyklamak	91
52	Wagtyň geçmekligi bilen çökmekligiň üýtgemegi	94
53	Edebiýatlar	99
54	Mazmuny	101