



Пән: Тау жыныстарының физикасы

Дәріс тақырыбы: Жыныстардың серпімділік қасиеті . Жыныстардың пластикалық және реологиялық қасиеттері. (9-10 дәріс)



Жоспар:

1. Жыныстардың серпімділік қасиеті
2. Тау-кен жыныстарының серпімділік параметрлерінің анизотропия коэффициенттері
3. Тау-кен жыныстарын құрайтын серпімділік фазасының параметрлері
4. Жыныстардың пластикалық және реологиялық қасиеттері.



Жыныстардың серпімділік қасиеттерін бағалайтын басқа параметрлер – **кернеулер арасындағы және соған сәйкес серпімді деформациялар арасындағы пропорционалдық коэффициенттер.**

Егер жыныс көлемі кернеулік күйде болса, онда барлық әсер етуші кернеулермен пайда болатын деформацияларды есепке алу керек. $E = \sigma / \varepsilon$ - жыныстың бойлық серпімділік модулі (Юнг модулі)

$\tau = G \gamma$ - ысырылу модулі, τ кернеу мен соған сәйкес ысырылудың серпімді деформациясы γ арасында пропорционалдық коэффициенті;

ν - Пуассон коэффициенті;

$$\Delta d / d = \nu \Delta l / l$$

Бойлық серпімділік коэффициенті E және ысырылу коэффициенті G кернеу мен деформацияның негізгі сипаттамалары болып табылады.

Олар Пуассон коэффициентімен төмендегідей байланысқан



$$\blacktriangleright G = E / [2 (1 + \nu)]$$

$$\blacktriangleright K = E / [3 (1 - 2\nu)]$$

$$\blacktriangleright M = E (1 - \nu) / [(1 + \nu)(1 - 2\nu)]$$

Е, G және K модульдері, кернеу тәрізді паскальмен өлшенеді. Жыныстағы Юнг модулінің ең тура шамасы $10^3 \div 3 \cdot 10^5$ МПа аралығында. Пуассон коэффициенті - өлшем бірлігі жоқ шама, серпімділік теориясы бойынша созылу мәні $: 0 \leq \nu \leq 0,5$ аралығында болады, тау-кен жыныстары үшін $\nu = 0,2 \div 0,4$

Осыған байланысты ысырылу модулі G әрдайым Юнг модулінен кіші, ал K, E-ден үлкен болуы да, кіші болуы да мүмкін

Серпімділік модульдері жыныстардың деформацияға қарсыласуын сипаттайды, яғни жыныстың қаттылығын анықтайды.



Жыныстағы минералдардың серпімділік параметрлері жоғары болуы, жалпы жағдайда бүкіл жыныстың серпімділік параметрлерін өсіреді.

Анықтағанда, минералдардың қатты түйірлерінен құралған жыныс, мұндай түйірлері аз жынысқа қарағанда, жан-жақты қысым әсерінен аз деформацияланады. Себебі **көлемді қысу модулі** K -ге $\Delta V/V$ кері пропорционал, яғни, бірінші жағдайда K екіншіге қарағанда үлкен. Бізге белгілі, қара түсті минералдардың серпімділік модулі үлкен болып келеді. Мысалы, егер ортоклаздікі $E=6,3 \cdot 10^4$ МПа, ал плагиоклаздардікі - $2,8 \cdot 10^4 - 9 \cdot 10^4$ МПа, пироксендердікі - $14,4 \cdot 10^4 - 16 \cdot 10^4$ МПа, оливиндікі - $21 \cdot 10^4$ МПа болып келеді.

Кварцтың Юнг модулі шамамен 10^5 МПа-ға тең. Сондықтан **қышқыл** жыныстардан **негізгі және ультранегізгілерге** ауысқанда K және E -нің өсуі байқалады.

Бұл өз кезегінде **тығыздықтың өсуімен жыныстың серпімділік модулінің өсуіне** әкеліп соғады.



Жыныстың өлшемі $a=5$ см, $b=3$ см, $c=2$ см. Бір осьті созу кезіндегі a қабырға бойынша күш $F=500$ кг әсер етті. a қабырға $\Delta a = 0,003$ см ұлғайды, ал b қабырғасы $\Delta b=0,001$ см кеміді. Жыныстың Юнг модулін, Пуассон коэффициентін, жылжу модулін анықтаңыз ($1\text{кгс/см}^2=10^4\text{Па}$).

Жыныстың серпімді қасиеттерін анықтаңыз. Оның Юнг модулі $E = 15 \cdot 10^4$ МПа, $K=G$.

Жыныстың серпімді қасиеттерін анықтаңыз. Оның жылжу модулі $G = 15 \cdot 10^6$ Па, $K= E$

Қабатты жыныстарда серпімділік модулінің қабаттарға параллель және перпендикуляр болуынан, әр түрлі шамада болатыны байқалады.

Сонымен бұзылмаған қабатты жыныстардың Юнг модулінің шамасы перпендикуляр бағытқа қарағанда қабат бойында көп болады. Бұл жағдайда Юнг модулі бойынша анизотропия коэффициенті $k_{\text{ан}}$ көп жыныстар үшін 1,2-2 аралығында болады



Тау-кен жыныстарының серпiмдiлiк
параметрлерiнiң анизотропия
коэффициентерi

Жыныс	Юнг модулі E , 10^{-10} , Па		$k_{ан}$	Пуассон коэффициенті		$k_{ан}$
	E_{11}	$E_{\perp}$		ν_{11}	$\nu_{\perp}$	
Алевролит	2,67	1,72	1,55	0,25	0,29	0,86
Известняк	8,36	7,25	1,15	0,28	0,3	0,93



Тау-кен жыныстарын құрайтын серпімділік
фазасының параметрлері

Фаза	Е,МПа	ν	К,МПа
Минералдар	$10^3-3 \cdot 10^5$	0,07-0.47	$4 \cdot 10^2-6 \cdot 10^5$
Су	—	—	$2,2 \cdot 10^3$
Ауа	—	—	0,16
Мүз	$1,3 \cdot 10^4$	0,3-0,4	$1,4 \cdot 10^4$



Жыныстарға серпімділік шегінен асатын күшпен әсер ету қайтымсыз пластикалық деформацияны тудырады, яғни күш пен жыныс деформациясы шамасының арасындағы пропорционалдық жоғалады. Деформациясының өсу жылдамдығы күштер өскенде ғана емес, тұрақты немесе азайған күштермен әсер еткенде де ұлғаятыны байқалады.

Жыныстардағы пластикалық деформация түйір ішіндегі және түйір аралық сырғанаулардан туындайды (атомдардың кристаллдық тор ішінде бірінен біріне сырғанауы, түйірлердің күш әсерінен белгілі бір жарықтықпен және белгілі бір бағытта ысырылуы).



Түйір ішіндегі сырғанауда негізгі қызметті атқаратын дислокациалар - кристалл бөлігінің екіншісіне салыстырмалы немесе артық атомның жазықтық бойымен өтетін бұрмалау сызығына салыстырмалы ысырылуы. Бірақ түйір шекарасынан немесе жарықшықтығынан шыққан дислокация одан әрі қарай пластикалық деформацияға қатыспайды.

Түйір ішінде дислокация тығыздығы азайып пластикалық деформация өшеді. Сол үшін де жыныста деформацияны сақтап тұру үшін кернеуді өсіріп отыру керек. Пластикалық деформация дененің тұтастығын бұзбай өтеді. Бірақ жыныста қарастырылатын пластикалық, шынайы пластикалық түсінігіне дәл сәйкес келмейді, себебі нақтырақ айтсақ, жыныста қалдық деформация тудыратын бір қатар құбылыстарды (қысу, майыстыру, блоктардың өзара қозғалысы және т.б.), бұзу құбылыстарына (квазипластикалық) жатқызу керек.



Егер пластикалық деформация аймағындағы кернеу σ мен салыстырмалы деформация ε арасындағы байланысты $E^1 = f(\varepsilon) \neq \text{const}$ коэффициент арқылы берсек, онда E^1 деформацияның қиынды модулі деп аталатын және $E \geq E^1 \geq 0$ аралығында болады.

Деформацияның шекті қиынды модулі - пластикалық зонадағы (жыныстың бұзылу моментіне дейін) кернеудің өсуінің толық пластикалық деформацияға қатынасы пластикалықтың модулі деп аталады.

Идеал пластикалық дене үшін $E_{\text{пл}}$

Егер графиктің ақырғы нүктесін (үлгінің бұзылуы) координаты басымен түзу сызық арқылы қосса, онда пайда болған α^1 бұрыштың тангенсі толық деформация модулі $E_{\text{деф}}$ деп аталады. Ол максимал (бұзушы) кернеудің $\sigma_{\text{қысу}}$ толық салыстырмалы деформацияға қатынасына ε_6



Тау-кен жыныстарының пластикалылығы олардың минералдық құрамына байланысты.

Жыныста кварцтың қатты түйірлерінің болуы, дала шпатының пластикалығын кемітеді.

Көмірдің пластикалық қасиеті, оның құрамындағы көміртегінің мөлшерінен байланысты екендігі байқалады. Аз метаморфты көмірден антрацит өткенге дейін оның пластикалығы 30 есе азаяды.

Жыныстың пластикалығының өсуі, оның серпімділік модулінің кемуімен қатар жүреді. Ал Пуассон коэффициенті жыныстың пластикалықтың өсуімен бірге өсіп отырады.

Күштің жынысқа ұзақ әсері оның кернеулі-деформациясының күйін өзгертеді.

Егер жыныс бөлшектерінің еркін қозғалуы мүмкін болса, онда оның үздіксіз деформациялануы байқалады.

Сыртқы күштердің әсері тоқтамаса да, жыныста деформация шамасы шектеулі болса, кернеудің төмендеуі байқалады.

Тау-кен жыныстарындағы күштің әсерімен деформация мен кернеудің уақыт бойынша өзгеруі оның **реологиялық қасиеттері** арқылы беріледі.

Деформацияланған уақыт бойынша [әрдайым] өсуі жыныстың **сырғығыштығы (крип)** деп аталады.



Сырғыштық құбылыс дегеніміз - бұл да тау-кен жыныстарының пластикалық деформациялануы, тек белгілі бір уақыт аралағында болады. Сырғығыштың серпімділік шегінен аспайтын күштердің әсерінен де бола беруі мүмкін.

Сырғығыштық қисығы деформацияның үш негізгі сатысына сәйкес келетін үш бөліктен тұрады:

- I - жыныстың тұрақсыз сырғығыштығы;
- II- тұрақты күш кезінде пластикалық ағынның тұрақтанған күйі;
- III - деформация жылдамдығының өсуі және жыныстың бұзылу сәті.



Жыныстардың деформациялану жылдамдығы серпімді ε_E және ε_{II} пластикалық деформациялану жылдамдықтарының қосындысы болады

Сырғығыштың саздарға, аргиллиттерге, сазды тақтатастарға тән.

Кривой Рог жыныстары (кварцсерициттік тақтатаc, гидрогематиттік мүйізтас, арказды құмтас) бастапқы, бір сәттегі серпілуі деформацияның 20-35% құрайтын сырғығыштыққа ие, және де деформацияның көбі күш түсірілудің 1,5 - 2 сәйкесінде болады

Сырғығыштық күштің түсірілу бағытына байланысты.

Мысалы, сырғу деформациясы ε_{II} шамасының көбірегі қабатқа перпендикуляр күш түсірілген де байқалады, және де $\varepsilon_{II\perp} / \varepsilon_{II11}$ қатынасы 1,5-ге дейін жетеді. Бұл бағытта серпімді деформациясының да үлкен екені белгілі.



Егер $d\varepsilon/dt=0$ деп алсақ, яғни үлгідегі уақыт бойынша өзгермейтін деформация, онда кернеудің уақыт бойынша төмендеуі байқалуы тиіс.

Сырғығыштыққа кері мұндай құбылыс - жыныстың тұрақты деформациялануы кезінде кернеудің төмендеуі - кернеу релаксациясы деп аталады.

Релаксация дегеніміз пластикалық деформацияның өсуіне пропорционал келмейтін кернеу кезіндегі сырғығыштық. **Сырғығыштық және релаксация - реологиялық процестің екі түрде көрінуі.**

Бастапқы сәтте пайда болған релаксация кезінде серпімді деформация біртіндеп пластикалық деформацияға өтеді.

Нәтижесінде күш әсерін тоқтатқан да үлгі өзінің бастапқы қалпына келмейді, тіпті бастапқы кернеу жыныстың серпімділік шегінен аспаса да.



τ_0 - релаксация периоды, жыныстағы кернеу е есе азайатын уақыт. Көптеген тау-кен жыныстарының релаксация периоды өте үлкен. Мысалы, тасты грунттарда 100-1000 жыл, әйнекте - 100 жыл болса, суда $\tau_0 \approx 10^{-11}$ с.

Сондықтан күш түсіру уақыты аз кезде, жыныстың реологиялық R' (%) қасиеттерін сипаттау үшін жыныста белгілі бір t уақыт ретінде (апта, ай және т.б.) кернеудің төмендеуінің салыстырмалы көрсеткішін жиі пайдаланады.



Негізгі әдебиет тізімі

1. Арыстан И.Д. Лабораторные работы по курсу «Основы физики горных пород» (для специальностей 0201, 0202, 0206, 0586, 0634). Караганда, 2012.
2. Протосеня А. Ж., Тимофеев В. А. Геомеханика. - Спб.: Санкт-Петербург мемлекеттік тау-кен институты, 2018. - 117 б.
- 3 Баклашов и. в., Картозия Б.А., Шашенко а. Н., Барисов В. Н. Геомеханика: университеттерге арналған оқулық / в 2 т. геомеханикалық процестер. – М.: Мгги баспасы, 2014. - Т. – 249 Б.
4. Макаров А. Б. Практическая геомеханика: тау-кен инженерлеріне арналған нұсқаулық. – М.: "тау кітабы" баспасы, 2016. - 391 Б.
5. Оловянный А. Г. Некоторые задачи механики массивов горных пород – СПб.: «Көбейту ғылыми орталығы» ФГУП ВНИИ, 2013. - 234 б.
- 6 Казикаев Д.М. Геомеханика подземной разработки руд. - М.: МГМУ баспасы, 2015. - 542 Б.