



Пән: Тау жыныстарының физикасы

Дәріс тақырыбы: Тау-кен жыныстары акустикалық қасиеттері мен бекемдігі. (13 дәріс)



Жоспар:

1. Тау-кен жыныстары үлгілерінің акустикалық қасиеттері
2. Тау-кен жыныстарының бекемдігі
3. Жыныстардың морттығы мен пластикалығы



Акустикалық қасиеттер, жыныста ауыспалы таңбалы серпімді деформацияның (серпімді толқындардың) таралу заңдылықтарын сипаттайды.

Серпімді толқындар тербелу жиілігі бойынша мынадай түрлерге бөлінеді:

инфрадыбысты – жиілігі 20 Гц-ке дейін,

дыбысты жиілігі 20-20000 Гц,

ультрадыбысты жиілігі 20 кГц-тен жоғары,

гипердыбысты жиілігі 1000 МГц-тен жоғары.



Серпімді деформация түрлеріне байланысты келесі толқындар түрлерін бөледі:

бойлық - заттағы көлемді қысу мен созылудың алма-кезек деформациясының таралуы;

көлденең - ысырылудың серпімді деформациясының таралуы.

Бойлық толқындар кез-келкен ортада-газда, сұйықтықта және және қатты денелерде таралады, себебі барлық заттар көлемді қысуға серпімді кедергілер тудырады.

Көлденең тоқындар тек қатты денелерге тән, өйткені сұйықта мен газдарда ысырылуға кедергі болмайды.

Толқындардың бұл екі түрі жыныстың бүкіл көлеміне таратылудан **көлеміді** деп аталады.



Тау-кен жынысының бетінде бөлшектер ерекше күйде болады, себебі бос жазықтыққа қарай жылжуына аз кедергілер кездестіреді.

Нәтижесінде онда, бөлшектердің эллипсоидалдық траектория бойынша қозғалуымен сипатталатын, *жазық беттік толқындар* пайда болады. *Беттік толқындар тек қатты денелерге тән.*

Жыныстың негізгі акустикалық параметрлері - *серпінді толқындардың таралу жылдамдығы, сіңіру коэффициенті және толқынды кедергілер*. Әртүрлі жыныстардың түйісу жерлерінде, өздеріне сәйкес коэффициенттерімен сипатталатын, шағылысу және сыну құбылыстары пайда болады.



Толқындардың таралу жылдамдығы

$$C_{\acute{a}} = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{[\rho(1+\mu)(1-2\mu)]}}; \quad C_{\hat{e}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{[2\rho(1+\mu)]}};$$

$$\mu = 0,25C_l = 0,92C_k$$

$$\mu = 0,25; C_k = 0,63 \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}};$$



Сонымен, серпімді толқындардың тау-кен жыныстарында таралу жылдамдығы, оның серпімділік қасиеттері мен тығыздығына байланысты.

Ол жиілігінен ешқандай байланысты емес, сондықтан зерттеу жұмыстары үшін кез-келген жиіліктегі толқындарды қолдануға болады. Пуассон коэффициентінің мәні 0,1-ден 0,45-ке дейін өзгергенде c_σ/c_k қатынасы 1,5-тен 3,3-ке дейін өседі екен. c_σ/c_k қатынасы сазды жыныстар үшін өте жоғары.

Бойлық толқындардың таралу жылдамдығы жыныстың Юнг модулі мен Пуассон коэффициентінің өсуімен арта түседі. Мысалы, Пуассон коэффициенті 0,1-ден 0,4-ке өзгергенде c_σ 45%-ке артады. Көлденең толқындардың таралу жылдамдығыда E -нің өсуімен артып, μ -дың өсуімен баяулайды (шамамен μ минимал шамасының максимал шамасына дейін өзгеркенде 1,2 есе).



Соған байланысты серпімді толқындар, Юнг модулі үлкен, қара түсті минералдардан құралған, кеуектілігі аз жыныстарда жылдам таралады. Мысалы, көлденең толқындардың таралу жылдамдығы габброда, перидотиттерде, базальтта, скарндарда 6000-7000 м/с-ке жетеді.

Көп фазалы жыныстардың акустикалық қасиеттері фазаларының акустикалық параметрлерімен байланысты

Фаза	Тығыздығы ρ_0 , кг/м ³	Бойлық толқынның жылдамдығы v_0 ,м/с	Сіңіру коэффициенті Θ , м ⁻¹	
			f=10 ² КГц болғанда	f =10 ⁴ КГц болғанда
Су	1000	1485	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$8,5 \cdot 10^{-1}$
Ауа	1,29	331	$1,24 \cdot 10^{-1}$	$1,24 \cdot 10^3$
Мұз	918	3200-3300	-	-



Кеуектілік жыныстың Юнг модулін едәуір төмендеткендіктен, кеуекті жыныстарда серпімді толқындардың таралу жылдамдығы да азаяды.

Қабатты жыныстарда серпімді толқындардың, қабаттарды бойлай және көлденең таралуының түрлі жылдамдықтары байқалады, және әрдайым $C_{\parallel} > C_{\perp}$.

Серпімді толқындардың шөгінді жыныстарда таралу жылдамдығының анизотропия коэффициенті 1,1-1,3 аралығында ($C_{\parallel} / C_{\perp}$)

Серпімді толқындардың тау-кен жыныстарында таралуы, басқа заттағыдай, таралу көзінен алыстаған сайын, қарқындылығы (амплитудасы) төмендеумен ілесе жүреді.



Көп жағдайда тербеліс қарқындылығының төмендеуі келесі себептерден болады:

Тербеліс қозғалысына ұшырайтын, жыныстың бөлшектерінің өзара үйкелісінен (серпімді емес) жыныстың бөлігінең, оны жылу энергиясына айналдыруынан;

Акустикалық энергия жыныс біртексіздігіне (кеуектерде, жарықшақтарда) шашырауынан.

Бойлық және көлденең толқындардың жылдамдықтарының қатынасы Пуассон коэффициенттінің функциясы ғана болып табылады

Есептеулерде көбінесе жыныстың тығыздығын, ондағы серпімді толқынның таралу жылдамдығына көбейтіндісін қолданады. Бұл z көрсеткіш *меншікті толқындық кедергі* деп аталады.



Бойлама толқынның таралу жылдамдығы $C_6=2500$ м/с, Пуассон коэффициенті $\mu=0,25$. Тау жыныстың өлшемі $a=10$ см, $b=4$ см, $c=20$ см, массасы $m=2$ кг. Юнг модулін, жылжу модулін, меншікті толқындық кедергісін анықтаңыз.

Жыныстың электр кедергісі $R=40$ кОм, өлшемі $a=1$ см, $b=4$ см, $c=8$ см. Жыныстың меншікті электр кедергісін анықтаңыз.

Тау жыныстарының диэлектрлік өтімділігін анықтаңыз. Жыныстың өлшемі $4 \times 50 \times 50$ мм. Жыныстың сыйымдылығы $C_x=120$ пФ.

Жыныстың электр кедергісі $R=30$ МОм, өлшемі $h=5$ см, $d=4$ см. Жыныстың меншікті электр кедергісін анықтаңыз.

$$\varepsilon = \frac{C_x \cdot d}{S \cdot \varepsilon_0}$$



Тау-кен жыныстарының бекемдігі - жыныстардың қазуға-технологиялық бұзылуға қарсылық көрсетуі. Бекемдік тау-кен жынысының қаттылық, тұтқырлық және серпімділік қасиеттеріне тікелей байланысты. Кен қазуға байланысты кенділікті өндірістік мәселелерді дер кезінде шешіп отыру үшін тау-кен жынысы белгілі бір қасиетіне қарай кластарға жіктелу қажет.

Сондай бір жіктелу - М.М.Протодьяконов (1874-1930 ж.ж.) жасаған тау-кен тараған жыныстардың бекемдік топтастырылуы, мұнда тау-кен жынысы бір-ақ көрсеткіш-бекемдік коэффициенті арқылы сипатталады. Айтылған топтастыруда барлық тау-кен жынысы беріктігіне қарай 10 категорияға жіктелген.



Бірінші категорияға бекемдік дәрежесі өте жоғары тау жыныстары $=20$ жатады, оныншыға - әлсіз батпақты жыныстар $=0,3$ жатады. Бекемдікті өрнектейтін коэффициент эталоны ретінде топталған топырақ текшесін бір осьтік бағытта сығылған кезде анықталған уақытша сығу кедергісі алынған. Сөйтіп топталған топырақтың бекемдік коэффициенті 1-ге тең болады.

Сонымен бекемдік коэффициенті дегеніміз тау-кен жынысының әрбір см^2 бетіне түскенде оны сындыратын килограмм күштің жүзден бір бөлігі екен. Ендеше тау-кен жынысының бекемдігі $f = 7$ дегеніміз оның әрбір см^2 ауданына 700 кг күш түскенге дейін сынбайтындық қасиеті.



Бекемдік коэффициенті негізінен жыныстың қысу күштерінен бұзылуын ғана көрсетеді, ал нақты жағдайларда созу және жару күштері жиі қолданылады. Сондықтан жыныстың технологиялық бұзылуының қиындығын көрсететін басқа көрсеткіш енгізу қажет. Ондай көрсеткішті акад. В.В.Ржевский ұсынған.



Бекемдік коэффициентін тәжірибе арқылы да анықтауға болады, мысалы, М.М.Протодьяконов (кішісі) ұсынған талқандау әдісі бойынша ГОСТ 21153-75.

Талқандау әдісінің мәні келесідей. Салмағы 40-60 г. бес жыныс кесегін алады. Әр кесекті 0,6 м биіктіктен тасталған, салмағы 2,4 кг гирямен ұсақтайды. Гиряны 5-15 рет тастаған соң, пайда болған майда кесектерді тесігі 0,5 мм електен өткізеді. Бес үлгіден алынған, мөлшері 0,5 мл-ден кем фракцияны диаметрі 23 мм өлшеуіш тостаққа салады. Өлшеуіш тостақтағы тозаңның биіктігін 1 (мм) өлшейді. Көбінесе динамикалық деп аталатын, бекемдік коэффициентін мына формула арқылы есептейді: $f = 20n/l$.



Жыныстардың пластикалығы және оған қарам-қарсы морттық қасиеттері оларды бұзу процестеріне әсерін тигізетіндіктен (мысалы, жыныстың пластикалығы майдалануы мен ұсақталуыдың қуат сыйымдылығын арттырады), тау-кен өндірісінде пластикалық пен морттықтың түрлі кен-технологиялық көрсеткіштерін қолданады.

Мысалы, пластикалықтың технологиялық көрсеткіші ретінде, бір ості қысу кезіндегі нақты жыныс үлгісін бұзудың меншікті жұмысының A_c , сондай беріктік шегі бар, идеал серпімді жынысты қысу арқылы бұзу кезіндегі серпімді жұмысынан A_c , қанша есе артық екенін анықтайтын параметр қабылдайды.



Бұзудың меншікті жұмысын кернеу-деформация диаграммасының ауданы бойынша пластикалық коэффициентін мына формула арқылы анықтайды.

$$k_{пл} = \frac{\text{пл.ОСД}}{\text{пл.ОАВ}} = \frac{2E}{E_{\text{деф}}} - 1$$

Жыныстың морттық қасиеттерін бағалау үшін А.А.Скочинский атындағы тау-кен ісі институтында Л.И. Барон морттық коэффициентін k_m ұсынған. Ол, таза серпімді аймақта үлгіні деформациялауға кеткен жұмыстың A_c үлгіні бұзуға кеткен толық жұмысқа A_T қатынасына тең.



Осы әдіс бойынша анықталған морттық коэффициенттер: мрамор үшін 0,13, әктас -0,23, КМА темірлі кварциті -0,38, джеспилита -0,5 болған.

Бір осьті қысу кезінде, беріктік шегінің өсуімен морттық коэффициенті артады

Тау-кен жыныстарының пластикалығы мен морттығын бағалайтын басқа да көптеген көрсеткіштер бар. Мысалы, морттық коэффициенттерді қысу және созу кезіндегі жыныстың беріктік шектерінің қатынастары арқылы есептейді, немесе серпімділік шегінің σ_E және қысу кезіндегі беріктік шегінің қатынасы арқылы σ_K



Жыныстың қаттылығы бір осьті қысу кезіндегі беріктік шегінен әрдайым жоғары, себебі ол жынысты жан-жақты қысу кезіндегі беріктігіне сәйкес келеді және көлемдік қысудың сипаты біршама дәрежеде жыныстың серпімді және пластикалы қасиеттерімен байланысты.

Тау-кен жыныстарының қаттылығы, жыныстың оған үшкір сайманның кіруіне кедергісін анықтайды, яғни нүктелі (түйісу) күш түсіру арқылы бұзуға қарсылық дәрежесі.

Минералдардың қаттылық дәрежесін анықтау үшін шкала ретінде он түрлі минерал алынған. Мұны алғаш ұсынған неміс ғалымының атына Моос шкаласы деп атайды. Моос шкаласындағы он минералдың ең жұмсағы бірінші, ең қаттысы оныншы болып номерленген. Әрбір үлкен номерлі минерал өзінен кейінгі әрбір кіші номерлі минералдың бетіне сызық түсіре алады.



Моос шкаласының эталоны (өлшеуіші) ретінде алынған он минерал мыналар:

Тальк Гипс Кальцит Фиорит Апатит Ортоклаз Кварц Топаз

Корунд Алмаз

статикалық $H_{ст}$ және динамикалық $H_{д}$ қаттылық деп бөлінеді және де $H_{ст} \neq H_{д}$.

Жыныстың пластикалығы артқан сайын оның қаттылығы төмендей береді 20-дан 5-ке дейін.

Жыныс қаттылығы, бұзу аспаптың әсерінен бұзылуға қарсылығын көрсететіндіктен, бұрғылау станоктың өнімділігін анықтайды.



Беріктігі жоғары және пластикалы деформациясы үлкен аймақты қамтитын жыныстар бірден бұзылмайды. Ондай жыныстар тұтқыр жыныстар болып табылады.

Бұзу кезіндегі тау-кен жыныстарының *тұтқырлығының* технологиялық көрсеткіші, жыныстың оның бөлшектерін ажыратуға тырысатын кедергі күштеріне пропорционал. Ол жыныстың пластикалық қасиеттерімен, созу және қысу кезіндегі беріктік шектерінің қатынасымен және жыныстың ысырылу кезіндегі беріктік шегінің мәнімен анықталады. Тұтқырлықты анықтаудың қабылданған белгілі бір әдісі жоқ.



Уатылғыштық жынысқа динамикалық күш түсіру арқылы уату процесінің энергия сыйымдылығын білдіреді және зерттеулер көрсеткендей пресс астында бір осьті қысылуының беріктік шегіне қарағанда, жынысты бұзудың динамикалық әдістерімен жақсы байланысты.

Жыныс уатылғыштығын анықтаудың қазіргі сынақ әдістері көбінесе жыныстық бірлік көлемін уатуға кеткен меншікті қуат шығынын есептеуге негізделген. Мысалы, Л.И.Борон ұсынған сондай әдістердің біреуі бойынша, жыныстың уатылғыштығы үлгіге 0,5 м биіктіктен салмағы 16 кг жүкті бір рет тастау арқылы анықталады. Уатылғыштық соққы нәтижесіндегі пайда болған диаметрі 7 мм ден кем бөлшектердің көлемі $V_{\max}$ бойынша анықталады. Мысалы, оңай уатылатын мартитті руда үшін $13,4 \text{ см}^3$, ал қиын уатылатын джеспилит үшін бар болғаны 2 см^3 .



Түрпілік, жыныстардың үйкелісі барысында аспаптарды тоздыру қабілеттілігін сипаттайды.

Ең түрпілік жыныстар, порфириттер, диориттер, граниттер және корундты жыныстар болып табылады.

Әктас пен мрамордың түрпілігі төмен.



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.