

Լ.Ա. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, Վ.Վ. ՀՈՎԱԿԻՄՅԱՆ

**ՄՈՂԵԼԱՅԻՆ ՀԵՏԱԳՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՒՄ ՀԱՄԱՐԺԵՔ ՆՅՈՒԹԻ
ՖԻԶԻԿԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ**

Որոշվել են ծավալային ֆիզիկական մոդելավորման համար ընտրված համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական և դեֆորմացիոն բնութագրերը՝ նմուշների ուղիղ և եռառանցք կտրման եղանակով լաբորատոր փորձերի կատարման միջոցով: Կատարված լաբորատոր հետազոտությունները ցույց են տվել, որ առկա է շատ քիչ տարբերություն համարժեք նյութի սահքի դիմադրության ուղիղ կտրումից և եռառանցք փորձարկումից ստացված բնութագրիչների միջև: Ցույց է տրվել, որ ֆիզիկական մոդելավորման համար ընտրված համարժեք նյութի ամրության բնութագրերը (ներքին շփման անկյունը և կապակցվածությունը) հնարավոր է որոշել փոքր դեֆորմացիաների նկատմամբ զգայուն՝ ժամանակակից լաբորատոր ուղիղ կտրման և եռառանցք փորձասարքերի միջոցով:

Առանցքային բառեր. համարժեք նյութ, ուղիղ կտրում, եռառանցք սարք, ներքին շփման անկյուն, կապակցվածություն:

Ներածություն. Երկրամեխանիկական միջավայրում ընթացող մեխանիկական գործընթացների ուսումնասիրության համար հայտնի են տարբեր մեթոդներ՝ հիմնված բնական ուսումնասիրությունների, տեսական և վերլուծական նկարագրությունների, ինչպես նաև մոդելային հետազոտությունների կատարման վրա: Մոդելային հետազոտությունների դեպքում առանձնահատուկ նշանակություն ունի համարժեք նյութերի կիրառմամբ երկրամեխանիկական հետազոտությունների տարբեր փուլերի կատարումը ֆիզիկական մոդելավորման մեթոդներով, որոնք ներկայումս լայն տարածում են գտել լեռնային երկրամեխանիկական պրոցեսների ուսումնասիրություններում: Ֆիզիկական մոդելավորման էությունն այն է, որ տրված լեռնային ապարային զանգվածով ներկայացված երկրամեխանիկական միջավայրում ընթացող մեխանիկական գործընթացների, ապարային զանգվածում լարվածադեֆորմացիոն բնութագրերի ուսումնասիրությունների համար համարժեք նյութի օգտագործմամբ կատարվում են մոդելային հետազոտություններ: Մոդելի պատրաստման համար կիրառվում է համարժեք նյութ, որի մեխանիկական հատկություններն ընտրվում են՝ հաշվի առնելով հայտնի նմանության չափանիշները [1]:

Լեռնային ապարային զանգվածի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշները համարվում են գլխավոր գործոններից մեկը, որոնք բնութագրում են մոդելավորվող երկրամեխանիկական միջավայրում ընթացող գործընթացները: Մոդելավորման

հետազոտությունների հիմքում ընկած է լեռնային ապարային զանգվածի և համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերի միջև առկա հարաբերակցությունների ստեղծումը:

Նախկինում կատարված լաբորատոր և դաշտային փորձարկումներով որոշվել են Քաջարանի բացահանքի հարավարևմտյան կողում տարածվող ապարների, ինչպես նաև երկրաբանական խզվածքում առկա կավային և խախտված կազմությամբ նյութերի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը [2]:

Ֆիզիկական մոդելավորման դեպքում համարժեք նյութի ընտրությունը թողնում է զգալի ազդեցություն այս կամ այն խնդրի հստակ լուծման վրա: Ֆիզիկական մոդելավորմամբ լեռնային ապարային զանգվածում ուսումնասիրվող խնդրի լուծման և համարժեք նյութի ընտրության ժամանակ անհրաժեշտ է բարձրացնել ապարային զանգվածի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների որոշման ճշտությունը: Մեխանիկական գործընթացները մոդելավորելիս անհրաժեշտ է ապահովել համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը՝ ըստ նմանության չափանիշների. ըստ սեղմման, ձգման և սահքի՝ ամրության, նաև առաձգականության մոդուլը, ծավալային զանգվածը, կապակցվածությունը, պլաստիկությունը: Ֆիզիկական մոդելավորման ժամանակ անհրաժեշտ է մոդելի համարժեք նյութում և բնական պայմաններում ըստ մեծության պահպանել Պուասոնի գործակցի և ներքին շփման անկյան նմանությունը [3]: Ընդհանուր առմամբ հայտնի է, որ մոդելային հետազոտություններում դժվար է պահպանել համարժեք նյութի ամրության և դեֆորմացիոն հատկանիշները, ուստի խորհուրդ է տրվում առաձնացնել առաջնային և երկրորդական ցուցանիշները:

Համարժեք նյութի սահքի դիմադրությունը և ծավալային զանգվածը որոշվել են՝ համաձայն գործող նորմատիվային փաստաթղթերի պահանջների, մասնավորապես, օգտագործվել են նմուշների ուղիղ կտրման փոքր լարումների նկատմամբ զգայուն սարքեր (MatTest-ի թողարկած ուղիղ կտրման ժամանակակից զգայուն փորձասարքը):

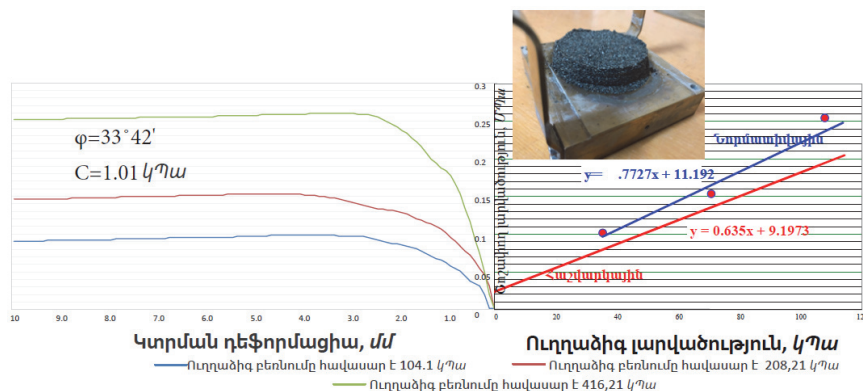
Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը. Ծավալային ֆիզիկական մոդելավորման ճշտության բարձրացման նպատակով առաջարկվում է որոշել ընտրված համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը՝ ժամանակակից լաբորատոր ուղիղ կտրման և եռառանցք կտրման փորձասարքերի միջոցով:

Ֆիզիկական մոդելավորման համար որպես համարժեք նյութ ընտրվել է գետի ավազը, որը կանխավ լվացվել է՝ կավային մասնիկների առկայությունը բացառելու համար, ինչը նշանակալից ազդեցություն ունի համարժեք նյութի կապակցվածության վրա: Փոքր մասշտաբի մոդելների վրա լաբորատոր փորձարկումների կատարման ժամանակ համարժեք նյութի պատրաստման համար խորհուրդ է տրվում կիրառել 0,20 մմ-ից ցածր հատիկներով մաքուր գետային լվացված ավազը (երբ ընտրված մասշտաբը փոփոխվում է 1:100-ից 1:500 սահմաններում):

րում) [3]: Համարժեք նյութի կապակցվածության բարձրացման համար որպես կապակցանյութ մեր կողմից ընտրվել է տրանսֆորմատորային յուղը:

Հետազոտության արդյունքները. Նորմալ լարվածության միևնույն արժեքի դեպքում կտրման սարքում համարժեք նյութի սկզբնական և վերջնական խտությունները նշանակալիորեն ազդում են մոդելավորման արդյունքների վրա: Կտրման սարքում համարժեք նյութի միջին խտությունը պետք է լինի հավասար մոդելում նյութի խտությանը, և այն կախված է խտացման ժամանակից: Այսպես, կտրման փորձասարքում սահքի դիմադրության անփոփոխ արժեքի ապահովման համար խորհուրդ է տրվում ապահովել համարժեք նյութի նախնական խտացում նվազագույնը 5 և ավելի բուլե տևողությամբ [4], իսկ ծավալային ստենդում գրավիտացիոն ուժերի ազդեցության տակ համարժեք նյութը թողնել 2 օր, ինչը լաբորատոր փորձերի կատարման ժամանակ պահպանվել է:

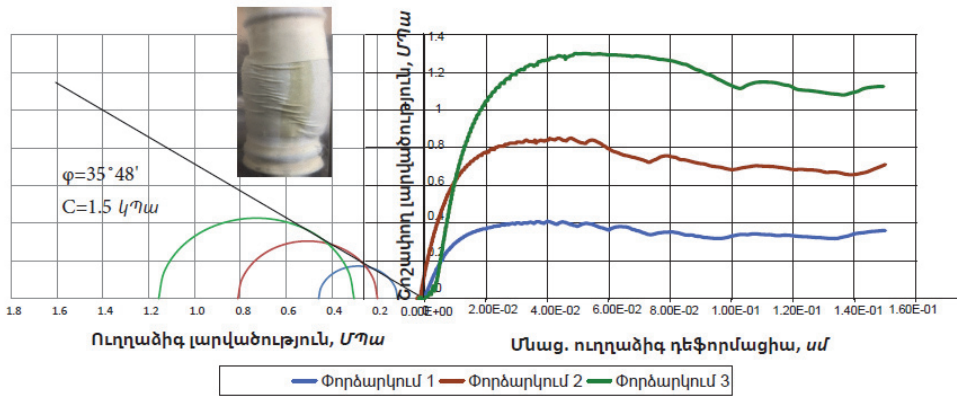
Աշխատանքում 98 : 2, 96 : 4, 94 : 6 և 92 : 8 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութերի սահքի դիմադրությունները, փոքր լարումների առկայության պայմաններում, որոշվել են ժամանակակից ուղիղ կտրման լաբորատոր զգայուն փորձասարքով, որով իրականացվում է ընտրված հաստատուն կտրման արագությամբ համարժեք նյութի ուղիղ կտրում, իսկ շոշափող լարվածության և դեֆորմացիայի արժեքները ներկայացվում են տվյալների թողարկման համապատասխան հարթակում: Ուղիղ կտրմամբ փորձը կատարվել է ASTM D 3080/3080M-11 ստանդարտի նորմատիվային պահանջներին համապատասխան: Նկ. 1-ում բերված է 96:4 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութի ուղիղ կտրմամբ սահքի ամրության որակական բնութագիրը:



Նկ. 1. 96:4 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութի ուղիղ կտրմամբ որակական բնութագիրը և տեսքը ուղիղ կտրումից հետո

Որոշվել են նաև վերևում բերված չորս տարբերակների համար համարժեք նյութերի ամրության բնութագրիչները՝ ըստ կոնսոլիդացված և դրենացված եռա-

ռանցք սեղմմամբ լաբորատոր փորձարկման, հաշվի առնելով մոդելային ստենդում գործող կողային ճնշման միջինացված արժեքը: 96:4 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութի եռառանցք կտրմամբ սահքի դիմադրության որակական բնութագիրը բերված է նկ. 2-ում:



Նկ. 2. 96:4 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութի եռառանցք փորձարկմամբ սահքի դիմադրության բնութագրերի որոշումը

98 : 2, 96 : 4, 94 : 6 և 92 : 8 հարաբերակցությամբ համարժեք նյութերի ֆիզիկական և դեֆորմացիոն բնութագրերը որոշվել են նորմատիվային ստանդարտներին համապատասխան, և բնութագրերի ամբողջական տեսքը ներկայացված է աղ. 1-ում:

Աղյուսակ 1

Համարժեք նյութի ֆիզիկական և դեֆորմացիոն բնութագրերը

Հարաբերակցություն, %	Ծավալային զանգված, $q/սմ^3$	Տեսակարար կշիռ, $q/սմ^3$	Լցվածքի ծավալային զանգված, $q/սմ^3$	Հարաբերական խտություն, %	Հատիկաչափական կազմ, մմ		Ծակուտ. գործակից	Յունգի մոդուլ, ՄՊա	Պոասոնի գործակից
					D10	D60			
98:2	1.68	2.79	1.42	54.62	0.30	0.70	0.55	34.050	0.331
96:4	1.70						0.60	30.300	0.353
94:6	1.74						0.64	27.750	0.320
92:8	1.80						0.66	25.900	0.343

Համարժեք նյութի ամրության բնութագրիչները՝ ստացված լաբորատոր գերզգայուն փոքր լարումների նկատմամբ ուղիղ կտրման և եռառանցք փորձերի արդյունքում, ներկայացված են աղ. 2-ում:

Համարժեք նյութի ամրության բնութագրերը՝ որոշված ուղիղ կտրման և եռառանցք փորձերի արդյունքում

Համարժեք նյութի կազմը	Կապակցա- նյութի պարունա- կությունը ըստ քաշի, %	Ներքին շփման անկյունը, աստ.		Կապակցվածությունը, $q^* \text{ ուժ/սմ}^2$		Ծավալային զանգված, $q/\text{սմ}^3$
		Ուղիղ կտրմամբ փորձարկում	Եռառանցք կտրմամբ փորձարկում	Ուղիղ կտրմամբ փորձարկում	Եռառանցք կտրմամբ փորձարկում	
գետային ավազ, տրասֆոր- մատորային յուղ	2	33.07	35.95	0.19	0.55	1.68
	4	33.42	35.2	1.01	1.5	1.7
	6	31.23	33.65	1.79	3.6	1.74
	8	30.47	32.3	3.77	5.35	1.8

Եզրակացություն. Առաջարկվել է ֆիզիկական մոդելավորման համար ընտրված համարժեք նյութի ֆիզիկամեխանիկական և դեֆորմացիոն բնութագրիչները որոշել փոքր լարումների նկատմամբ զգայուն ուղիղ և եռառանցք կտրման լաբորատոր փորձասարքերով: Եռառանցք սեղմմամբ (հաշվի առնելով կողային ճնշումը) նմուշի կտրման դեպքում ստացվում են ավելի բարձր ներքին շփման անկյուն և կապակցվածություն՝ համեմատած ուղիղ կտրումից ստացված արդյունքների հետ: Մեր կողմից առաջարկվում է համարժեք նյութի ամրության և դեֆորմացիոն բնութագրերը որոշել նմուշի ուղիղ կտրման մեթոդով, իսկ արդյունքների բարձր հուսալիության ապահովման համար այն համեմատել նմուշի եռառանցք կտրմամբ ստացված արդյունքների հետ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Глушихин Ф.П., Кузнецов Г.Н., Шклярский М.Ф. Моделирование в геомеханике. – М.: Недра, 1991. – 240 с.
2. Մանուկյան Լ.Ա., Հովակիմյան Վ.Վ. «Զանգեզուր ՊՄԿ» ՓԲԸ Քաջարանի բացահանքի հարավարևմտյան կողմի լեռնային զանգվածի վիճակի ռեյթինգային գնահատում// ՀԱՊՀ «Լրաբեր». Գիտ. հոդվածների ժողովածու.- Երևան, 2020.- էջ 448-458 :
3. Насонов И.Д. Моделирование горных процессов. – М.: Недра, 1978.- 254 с.
4. Панюков П.Н., Ржевский В.В., Истомин В.В., Гальперин А.М. Геомеханика отвалных работ на карьерах. – М.: Недра, 1972.-182 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 26.11.2021:

Л.А. МАНУКЯН, В.В. ОВАКИМЯН

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЭКВИВАЛЕНТНОГО МАТЕРИАЛА В МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Для объемного физического моделирования определены физико-механические и деформационные свойства образцов выбранного эквивалентного материала методом лабораторных испытаний одноплоскостного и трехосного срезов. Результаты лабораторных исследований показали незначительную разницу между характеристиками одноплоскостного и трехосного срезов. Показано, что прочностные свойства (угол внутреннего трения и сцепление) выбранного эквивалентного материала для физического моделирования можно определить с помощью новейших лабораторных приборов одноплоскостного и трехосного срезов, которые обладают большой чувствительностью к малым значениям срезных усилий.

Ключевые слова: эквивалентный материал, одноплоскостной срез, трехосный прибор, угол внутреннего трения, сцепление.

L.A. MANUKYAN, V.V. HOVAKIMYAN

**DETERMINING THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF THE
EQUIVALENT MATERIAL IN MODEL INVESTIGATIONS**

For volumetric physical modeling, the physical-mechanical and deformation properties of the equivalent material for 3D physical modeling by direct and triaxial shear equipment in laboratory conditions are determined. The results of laboratory tests showed an insignificant difference between characteristics obtained from direct and triaxial shear tests. It has been found that the strength properties of the equivalent material, such as internal friction angle and cohesion, could be defined by modern, laboratory direct and triaxial equipment which possesses high susceptibility to small shear strains.

Keywords: equivalent material, direct shear, triaxial equipment, internal friction angle, cohesion.