

Относно влиянието на динамични въздействия върху механичните свойства на някои скали с предимно кристализационни структурни връзки

Елка Аврамова-Тачева

Аврамова-Тачева, Е. 1975. О влиянии динамического воздействия на механические свойства некоторых пород преимущественно с кристаллизационными структурными связями. — *Инж. геол. и гидрогеол.*, 1, 18—26.

Лабораторные исследования трех петрографических видов пород — андезита, андезитового туфа и перлита показывают существенные разносторонние изменения прочностных и деформационных показателей этих пород при динамическом воздействии с постоянными параметрами. Степень этих изменений находится в прямой зависимости от пористости пород. Эффект динамического воздействия сильнее выражен при низких статических сжимающих напряжениях и увеличивается при наличии воды в поровом пространстве. Он выражается, в основном, в уплотнении с частичным разрушением структурных связей и с увеличением лабильности структуры породы.

Адрес: Болгарская академия наук, Геологический институт, София 1113.

Avramova-Tacheva, E. 1975. On the Influence of Dynamic Effects on the Mechanical Properties of Some Rocks with Predominantly Crystallizational Textural Bonds. — *Engineering Geology and Hydrogeology*, 1, 18—26.

Laboratory investigations of three petrographic types of rocks — andesite, andesite tuff and perlite — point to considerable changes with different directions in the strength and deformation indices of these rocks in case of dynamic effect with constant parameters. These changes are in straight dependence of the porosity of the rocks. The dynamic effect is better expressed in the case of low static pressure stresses and increases when there is water in the pore space. It is expressed mainly in compaction with partial failure of textural bonds and increasing of the liability of the texture of the rock.

Address: Bulgarian Academy of Sciences, Geological Institute, Sofia 1113.

Въпросът за влиянието на различни динамични въздействия върху якостните и деформационните свойства на скалите възниква освен от теоретичен интерес също и в съвременната инженерностроителна практика при оценка устойчивостта на склонови масиви, на откоси на открити минни изработки или пътни и жп. магистрали, на скални и земни масиви под фундаменти на съоръжения с динамичен режим на работа. Източник на динамични въздействия могат да бъдат сеизмични прояви, взривни работи,

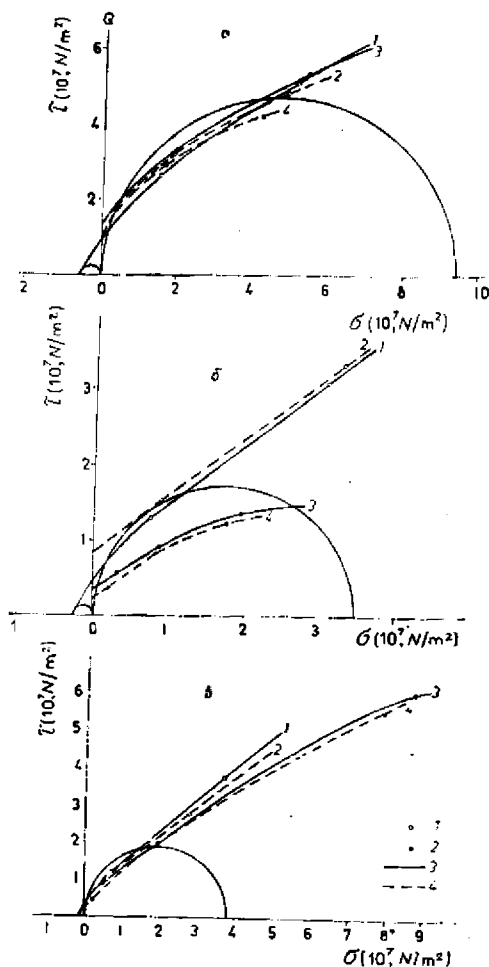
водни удари, транспортни средства, различни видове багери, трошачни инсталации, турбини и други механизми.

Някои данни за влиянието на динамични въздействия върху якостните показатели предимно на по-слаби пластични седименти (Демин, Александров, 1964; Thiers and Seed, 1969; Илиев, 1974) показват понижаване на съпротивлението им на срязване при вибрации в сравнение с това при статично натоварване.

За установяване на насоките и величината на измененията в якостните и деформационните свойства на по-здрави скали с преобладаващи кристализационни структурни връзки при динамично натоварване се проведеха известен обем целенасочени лабораторни изследвания върху три петрографски вида скали — андезит, андезитов тuff и перлит от района на гр. Джебел, Източни Родопи. Някои физични показатели на тези скали са посочени в табл. 1. Данните в последните две графи на таблицата се отнасят за пробните тела, изпитвани във водонапито състояние.

Хомогенността и изотропността на скалните проби осигурява добра паралелност на пробните тела и възможност за съпоставяне на получените резултати.

Експериментите се изпълниха върху цилиндрични пробни тела с диаметър 42 mm по публикувана вече методика (Манев, Аврамова, 1965; Аврамова, Станчева, 1966; Вутков, Аврамова, 1969). Използувана е хидравлична изпитателна машина ZD-20 с пулсиращо устройство. На изпитване се подложиха пробни тела в две състояния — въздушно сухо и водонапито — при необходимия в случая контрол на водното съдържание. Осъществиха се за всеки показател — якост на натиск, якост на опън, якост на срязване и деформационни показатели, паралелни изпитвания при два режима на натоварване: а) нарастващо статично; б) нарастващо статично при непрекъснато



Фиг. 1. Якостни диаграми на андезит (а), андезитов тuff (б) и перлит (в)

1 — във въздушно сухо състояние; 2 — във водонапито състояние; 3 — статично натоварване; 4 — статично натоварване с динамично въздействие

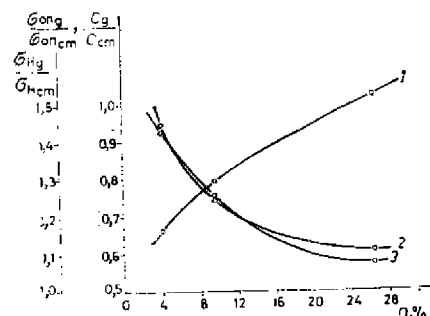
Fig. 1. Strong diagram of andesite (a), andesite tuff (б) and perlite (в)

1 — in air-dry condition; 2 — in water saturated condition; 3 — static loading; 4 — static loading with dynamic action

динамично въздействие с параметри: среден динамичен товар $P_m = 5 \times 10^3 \text{ N}$, постоянна амплитуда $P_a = \pm 2 \times 10^3 \text{ N}$ ($a = 0,06 \text{ mm}$) и честота $f = 800 \text{ min}^{-1}$ (13,3 Hz)¹. Посочените параметри отговарят на вертикално действащи

динамични товари в границите или до два пъти по-големи от обикновено предаваните в скални масиви от различни механизми и моделират сравнително най-неблагоприятните условия в масива — непосредствено под източника на динамичното въздействие. Влиянието на радиално разпространяващите се хоризонтални колебания, които са затихващи, е пренебрегнато при настоящите експерименти, като се предполага, че е по-слабо. То, както и по-детайлната проверка на влиянието на величината на всеки един от параметрите на динамичния товар при различни по генезис, състав и структура скали са предмет на отделно изследване.

Получените данни при изследванията показват, че механичните показатели на твърди скали, в които преобладават здрави кристализационни структурни връзки, се изменят под



Фиг. 2. Зависимост на изменението на якостта на натиск (1) и якостта на опън (2) на въздушно сухи образци и на кохезията на водонасити образци (3) от пористостта на изследваните скали

Fig. 2. Dependence of change of the compression strength (1) and the tensile strength (2) of air-dry samples and of the cohesion of water saturated samples (3) from the porosity of the investigated rocks

влияние на динамичното въздействие. Това изменение е разнопосочно и с различна величина при изследваните петрографски видове. То е по-силно изразено за деформационните показатели и за образците във водонапито състояние.

Таблица 1

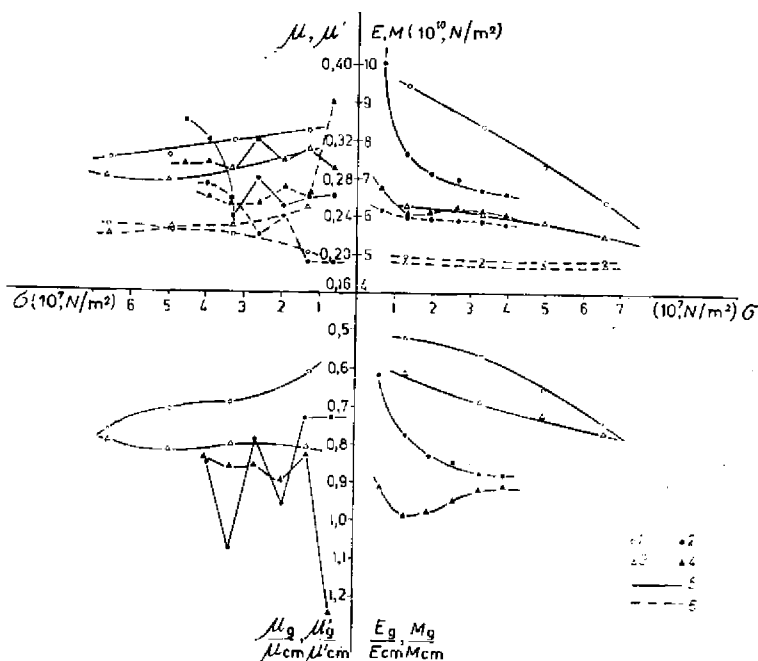
Петрографски вид	Специфична плътност ρ_s , g/cm ³	Обем на плътност ρ_n , g/cm ³	Обем на порите n , %	Водно съдържание w , %	Степен на водонаситеност S_r
Андезит	2,75	2,64	4,00	1,40	0,93
Андезитов туф	2,45	1,80	26,50	13,40	0,91
Перлит	2,40	2,17	9,60	2,08	0,47

При прилагане на динамичното натоварване върху пробни тела във въздушно сухо състояние якостта на натиск се увеличава в сравнение с тази само при статичен товар с 16 до 52%. Якостта на срязване за андезита и андезитовия туф също нараства. При по-ниски нормални напрежения, например в интервала $50-100 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, кохезията се увеличава със 17—18%. При образците от перлит влиянието е обратно (фиг. 1). Ъгълът на вътрешно триене практически не се влияе от динамичното

¹ В експериментите непосредствено участва техн. Ст. Станчев, за прецизната работа на когото авторът изказва своята искрена благодарност.

въздействие. Якостта на опън намалява от около 6% за андезита докъм 35—39% при образците от андезитов туф.

Във водонепитото състояние изследваните скали намаляват якостта си при прилагане на динамичния товар — с 16—33% за якостите на натиск и опън и до 43% за кохезията.



Фиг. 3. Изменение на деформационните показатели на андезит при динамично въздействие

1 и 2 — модул на линейната еластичност E и коефициент на Поасон μ' във въздушно сухо (1) и водонепитото (2) състояние; 3 и 4 — деформационен модул M и коефициент на напречната деформация μ във въздушно сухо (3) и водонепитото (4) състояние; 5 — статично натоварване; 6 — статично натоварване с динамично въздействие

Fig. 3. Change of deformational indices of andesite in case of dynamic action

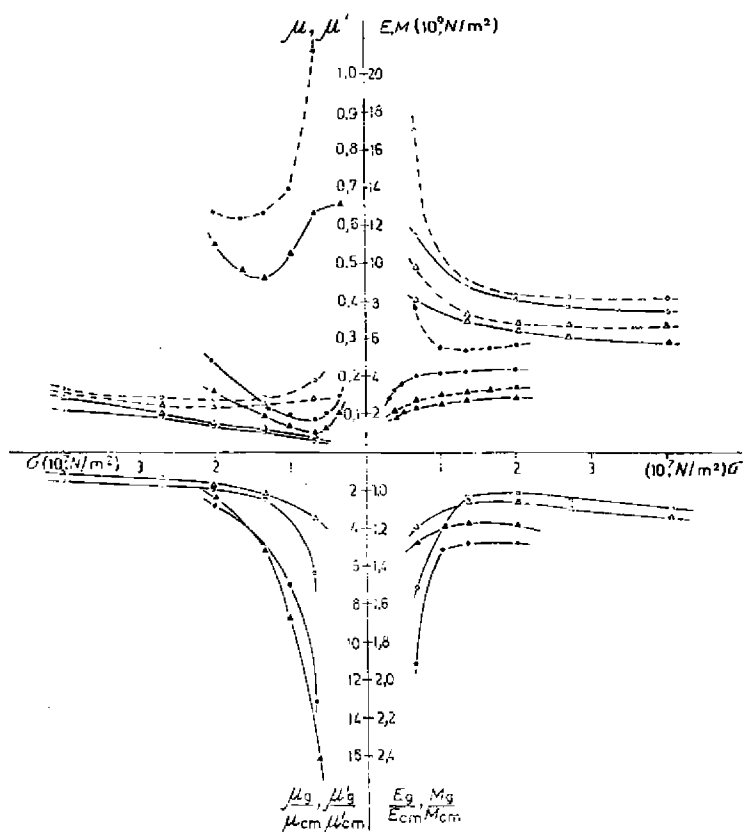
1 and 2 — modulus of elasticity in compression E and Poisson's coefficient μ' in air-dry (1) and water saturated (2) condition; 3 and 4 — deformational modulus M and coefficient of lateral deformation μ in air-dry (3) and water saturated (4) condition; 5 — static loading; 6 — static loading with dynamic action

Очертава се връзка между величината на изменение на якостните показатели при втория режим на натоварване и тяхната пористост. Особено добре тя е изразена за якостта на натиск и опън във въздушно сухо състояние и за кохезията на водонепитите образци (фиг. 2).

Дешифрирането на влиянието на динамичното натоварване върху деформационното поведение на същите скали се оказва значително по-сложно. Един по-детайлен анализ на експерименталните данни и кривите на изменението на отделните деформационни показатели под влияние на динамичното въздействие в сухо и водонепитото състояние, отразени на фиг. 3, 4 и 5,

показва определено, че това въздействие внася изменения в механизма на деформиране и разрушаване на скалите.

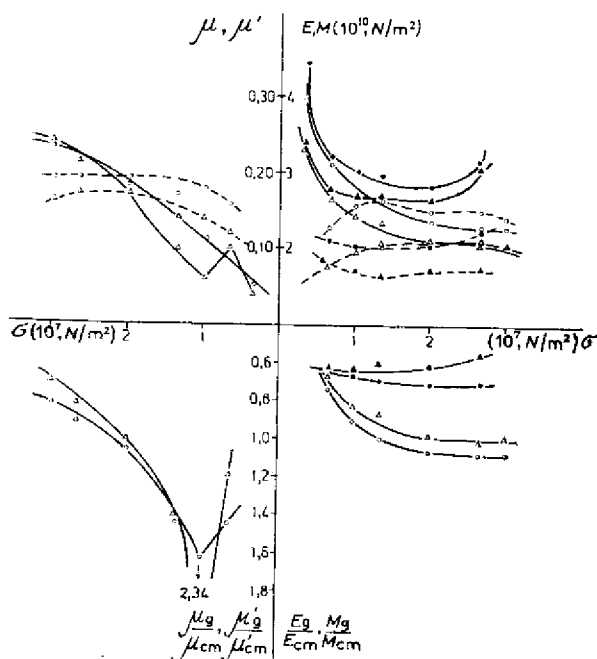
Андезитът, който е с най-голяма плътност и якост, понижава стойностите на деформационния модул и модула на еластичност при прила-



Фиг. 4. Изменение на деформационните показатели на андезитов туф при динамично въздействие. Означенията, както на фиг. 3
 Fig. 4. Change of deformational indices of andesite tuff in case of dynamic action. Designations are shown on fig. 3

гане на динамичен товар както в сухо, така и във водонапито състояние. Измененията в стойностите на двата модула отразяват съответно измененията и на пълната, еластичната и остатъчната деформация и на тяхното съотношение. При това по-голямо е изменението на модула на еластичност. Той намалява до известен предел, който почти не се влияе от величината на статичния товар (фиг. 3). Плавното намаление на коефициента на Поасон и на коефициента на напречната деформация при нарастване на статичния товар във въздушно сухо състояние свидетелствува за постепенно частично разрушаване на структурни връзки и уплътняване на скалата. Във водонапито състояние механизмът на деформиране се изменя.

Начупените криви за μ (μ') = f (σ) сочат неравномерно, на импулси разрушаване на структурни връзки, следвано от уплътняване. Пиковите в изменението на μ (μ_{cm}) със стойности, близки до единица (0,96 и 1,08), показват състояние, на максимална плътност на частично нарушената струк-



Фиг. 5. Изменение на деформационните показатели на перлит при динамично въздействие. Означенията, както на фиг. 3

Fig. 5. Change of deformational indices of perlite in case of dynamic action. For designation — see fig. 3

тура, при която динамичното въздействие не внася съществени изменения. Останалите интервали в хода на тази крива са на скокообразно (импулсивно) разрушение на структурни връзки. Ефектът на това импулсивно деформиране се усилва вероятно от еластичните импулси на водата в поровото пространство.

При съвсем еднаква постановка на експеримента андезитовият туф показва различно от това на андезита деформационно поведение при двата режима на натоварване. Динамичното въздействие при него има добре изразен двустранен ефект — уплътняване (еластично и необратимо), което води до увеличаване на стойностите на двата модула и едновременно с това увеличаване на подвижността на структурните елементи, вероятно свързано с разрушаване на структурни връзки, водещо до рязко нарастване на напречните деформации. За по-интензивно разрушаване на структурни връзки при прилагане на динамичен товар свидетелствуват наблюдаваните микропукнатини с направление, успоредно на натоварването в

пробните тела при значително по-ниски напрежения от разрушаващите Кривите на изменение на деформационните показатели при прилагане на динамично натоварване следват стойности над единицата (фиг. 4). Влиянието на динамичното въздействие е по-голямо при водонаситените образци, като водата повишава еластичността на андезитовия туф въпреки силното нарастване на деформациите му. При самите експерименти значителните колебания на показанията на индикаторите, синхронизирани с колебанията в динамичното натоварване, създаваха впечатление, че е подложена на изпитване система, в която градивните елементи не са свързани или са свързани с еластични пружини. Това деформационно поведение насочва към предположението, че в андезитовия туф съществуват, макар и в подчинено съотношение, и друг тип структурни връзки — водноколоидни или циментационни от разтворимо във вода вещество, най-вероятно карбонатно.

Перлитът, който по плътност попада между андезита и андезитовия туф, показва и междинно деформационно поведение. Проявеният при андезитовия туф двустранен ефект на динамичното въздействие при перлита във въздушно сухо състояние се проявява с преобладаване на едната или другата страна в отделни интервали на напреженията. При ниските напрежения преобладава повишаването на подвижността на системата скала и частично разрушаване на структурни връзки, а при по-високите — уплътняващия ефект. Кривите на изменение на деформационните показатели се разполагат от двете страни на линията на единицата (фиг. 5). Във водонапито състояние динамичният товар води до намаляване на стойностите на деформационния модул и модула на еластичност. Трябва да отбележим, че перлитът има голяма затворена пористост, поради което степента му на водонасищане е под 0,5.

Фиг. 6. Зависимост на изменението на деформационните показатели при динамично въздействие от пористостта на изследваните скали при статично напрежение $1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

1 — модул на линейна еластичност E ; 2 — деформационен модул M ; 3 — коефициент на Пойсон μ ; 4 — коефициент на напречната деформация μ'

Fig. 6. Dependence of change of deformational indices in case of dynamic action from the porosity of investigated rocks in condition of static stress $1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$

1 — modulus of linear elasticity E ; 2 — deformational modulus M ; 3 — Poisson's coefficient μ ; 4 — coefficient of lateral deformation μ'

Потвърждение на връзката на степента на изменение и на деформационните показатели на изследваните скали с пористостта им са графиките на фиг. 6, съставени за статично напрежение $1 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ при въздушно сухо състояние на пробните тела.

При микроскопски изследвания¹ на шлифи от андезитовия туф и перлита преди изпитване и след деформационно изпитване във въздушно сухо състояние при нарастващо статично натоварване с постоянно дина-

¹ Микроскопските изследвания извърши н. с. Н. Рускова, за което авторът ѝ е особено задължен.

мично въздействие се долавят микроструктурни изменения. В андезитовия туф, съставен от основна стъклена маса, слабо разкристализирала, с плагиоклазови кристалокласти, след изпитването се наблюдава субпаралелна вълнообразна оптическа ориентировка на основната маса. Тази ориентация на гравивните елементи на скалата може да се свърже с посочения уплътняващ ефект на динамичния товар и големите изменения на коефициента на Поасон и коефициента на напречната деформация. В шлифите от перлит след изпитването се установява освен първичната яйцевидна напуканост допълнително наложена неориентирана напуканост, която се явява резултат от частични местни нарушения на структурни връзки и обуславя нарастването на коефициентите на Поасон и на напречната деформация. Установените микроструктурни изменения в двете скали потвърждават тълкуванията на експерименталните данни.

Изложените резултати от осъществените изследвания показват, че динамичните въздействия предизвикват съществени изменения в якостните и деформационните показатели и на твърди скали с преимуществено кристализационни структурни връзки. Степента на тези изменения е в зависимост от пористостта на скалата. Ефектът на динамичното въздействие е по-силно изразен при ниски статични натискови напрежения и обикновено се засилва от наличието на вода в поровото пространство.

Литература

1. Аврамова, Е., Ц. Станчева. 1966. Лабораторно определяне на деформационните показатели на твърди скали при едноосен натиск. — *Труд. геол. Бълг., сер. инж. геология и хидрогеология*, V.
2. Вутков, В., Е. Аврамова. 1969. Метод и апарат за водонасищане на скални образци. — Сб. доклади от научни сесии на НТС по водно дело.
3. Демин, А. М., Б. К. Александров. 1964. *Определение устойчивости откосов уступов на карьерях КМА*. М., ИГД „А. А. Скочинского“.
4. Илиев, Ил. 1974. Влияние на геоложкия строеж на склоновете върху тяхната сеизмоустойчивост. — *Изв. Геол. инст., сер. инж. геология и хидрогеология*, 23.
5. Манев, Г., Е. Аврамова. 1965. Изследвания върху някои от якостните показатели на скалите в лабораторни условия. — *Труд. геол. Бълг., сер. инж. геология и хидрогеология*, IV.
6. Thiers, G. R. and H. B. Seed, 1969. Strength and stress — strain characteristics of clays subjected to seismic loading conditions. — *Spec. techn. Publ., U.S.A.*, 450.

Обсърнена на 29. VI. 1974 г.

Accepted June 29, 1974.

On the Influence of Dynamic Effects on the Mechanical Properties of some Rocks with Predominantly Crystallizational Textural Bonds

Elka Avramova-Tacheva

(Summary)

In order to determine the tendencies and the extent of the changes of the mechanical indexes of rocks with predominantly crystallizational textural bonds under dynamic effects laboratory investigations of three petrographic types of rocks — andesite, andesite tuff and perlite have been carried out. Specimens were tested in air-dry and saturated state under two regimes of loading — a/ increasing statical, and b/ increasing statical with an incessant dynamic effect with constant parameters.

The results of the experiments carried out show that the dynamic effects lead to considerable changes with different directions of the strength and deformation indices of the investigated rocks. The extent of these changes is in a straight dependence of the porosity of the rocks. The influence of the dynamic effect is better expressed with low static stresses and usually increases with the presence of water in the pore space. This influence is manifested in two results — compaction with partial failure of the textural bonds and increasing in the lability of the rock structure. The microscopic investigations show that the established changes of the mechanical indices of rock under dynamic effect are also connected with some microtextural changes in them.