

Wincenty FORTUNAT

Wyniki badań nad sprężeniem i odprężaniem się marmuru z kamieniołomu Dębnik

UWAGI OGÓLNE

Każda skała poddana działaniu sił zewnętrznych ulega odpowiedniemu odkształceniu. Jest to powszechne zjawisko, dotyczy ono wszystkich ciał fizycznych. Doskonale sztywnych, to znaczy nieodkształcalnych ciał nie znamy. Odkształcenie ciała jest wynikiem przesunięć jego cząstek względem siebie. Ażeby dokonać przesunięć cząstek, wbrew ich siłom międzycząstkowym, potrzebne są pewne siły. Z faktu istnienia odkształcenia wynika wniosek, że wewnątrz ciała obciążonego zostają wzbudzone siły, które przeciwdziałając siłom międzycząstkowym, dokonują przesunięcia cząstek. W czasie przesunięć cząstek — siły wewnętrzne wykonują pewną pracę. Praca ta, w myśl zasady równoważności pracy i energii, przemienia się w równoważną energię potencjalną — zwaną energią sprężystą sił wewnętrznych.

Każda część skały w obrębie górotworu znajduje się pod wszechstronnym ciśnieniem otaczającego ją masywu. Zależnie od wielkości ciśnienia skała znajduje się w określonym stanie sprężenia i odpowiednim stanie odkształcenia.

Charakterystyczną cechą skał jest z reguły powolny przebieg zmian stanu sprężenia i stanu odkształcenia, towarzyszących zmianom układu sił górotworu. Z chwilą wydobycia skały ze złoża, to jest z chwilą zwolnienia jej z działania ciśnienia górotworu, rozpoczyna się proces powolnego odprężania się skały i zaniku odkształceń sprężystych. Czas odprężania się skały zależy od różnych czynników, głównie od wielkości sprężenia, własności fizycznych i mechanicznych skały oraz od czasu, w którym skała znajdowała się w stanie sprężenia. Obserwacje poczynione w czasie prac górniczych i w kamieniołomach wskazują, że w szczególnych warunkach proces odprężania się skały może przybrać charakter gwałtowny, wybuchowy.

Drugą cechą charakterystyczną skał jest to, że nawet małe jej odłamki zachowują sprężenie i odprężają się w sposób bardzo powolny. Z badawczego punktu widzenia jest to cecha ważna, gdyż umożliwia wykonywanie badań na małych próbkach doświadczalnych.

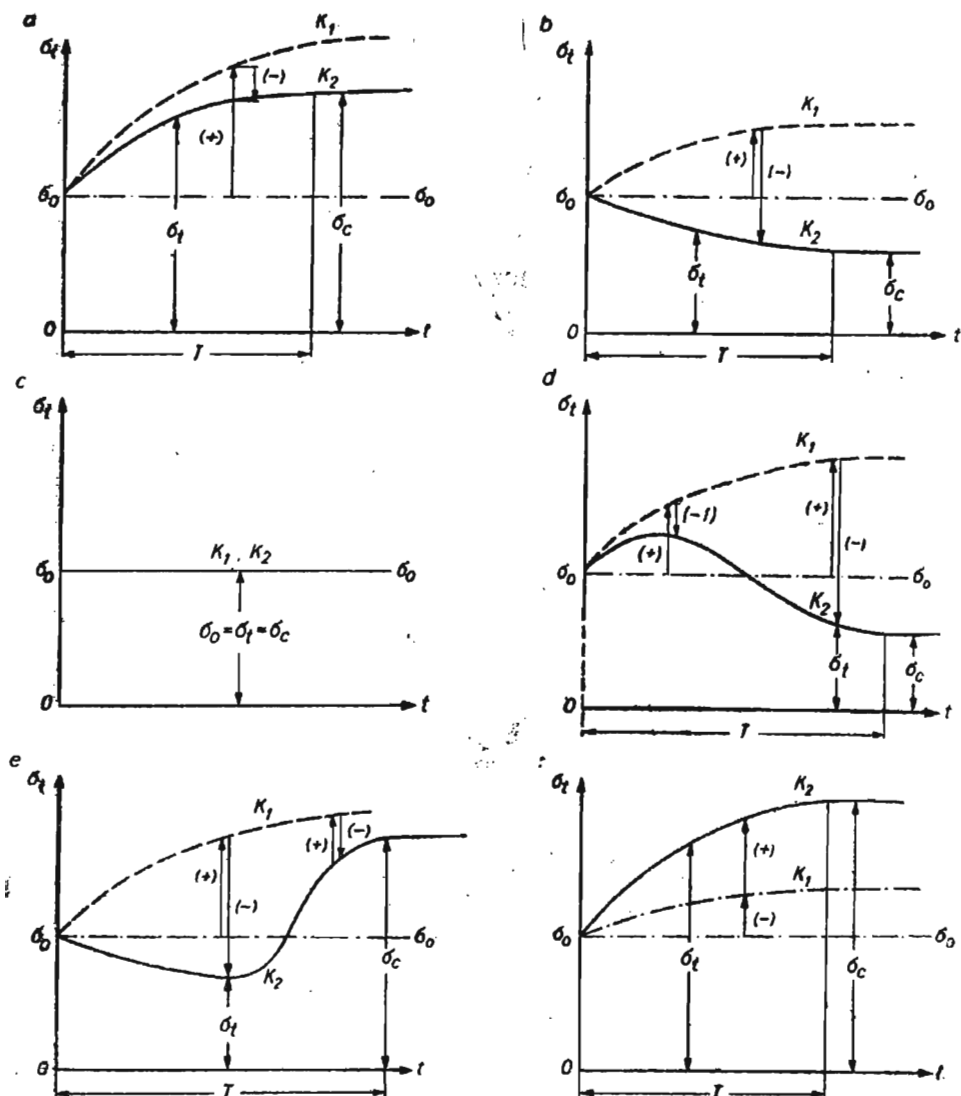


Fig. 1. Zmienność wytrzymałości w czasie odprężania się skały

Variability of rock resistance during unstraining of rock

K_1 — krzywa odprężania; K_2 — krzywa wytrzymałości; σ_0 — wytrzymałość skały w chwili wydobywania jej ze złoża; σ_t — wytrzymałość chwilowa; σ_c — wytrzymałość rzeczywista po całkowitym odprężeniu; T — czas przebiegu procesów w świeżej skale

K_1 — curve of unstraining; K_2 — curve of resistance; σ_0 — rock resistance at time of mining; σ_t — momentary resistance; σ_c — real resistance after complete unstraining; T — course of processes in freshly mined rock

Sprężenie i odprężanie się skał przejawia się w formie różnych zjawisk, które od dawna są obserwowane w pracach górniczych, w kamieniołomach i przy obróbce kamienia. Zjawiska te, jeśli były tłumaczone, to różnie. Dopiero w ostatnich latach prace kilku badaczy, a przede

wszystkim prace prof. F. Kieslingera (1960), rzuciły nowe światło na istotę tych ciekawych zjawisk, otwierając nowe drogi do dalszych ściślejszych badań.

*
*
*

Zakład Geologii Inżynierskiej I.G. przeprowadza badania wstępne nad sprężeniem i odprężaniem się niektórych skał (wapień, piaskowiec, doloMIT). Badania te mają na celu poznanie intensywności sprężenia i przebiegu procesu odprężania się badanych skał i tym spowodowanej zmienności ich wytrzymałości doraźnej na ściskanie.

Przystępując do badań, przyjęto założenie, że w próbkach przygotowanych do kolejnych badań w kilkumiesięcznych odstępach czasu zachodzą równocześnie dwa procesy: odprężanie się skały oraz pewne zmiany fizyczne, strukturalne lub chemiczne, spowodowane działaniem atmosferycznym. W celu wyróżnienia wpływu tych procesów na wytrzymałość badanych skał, część próbek pokryto szczelną powłoką parafinową. Wyniki badań wykazały słuszność przyjętego założenia. Jednoczesne badania wykonane na próbkach parafinowanych marmuru dębnickiego i na próbkach nie parafinowanych wykazują, że wytrzymałość próbek parafinowanych jest większa od wytrzymałości próbek nie parafinowanych; różnice wynoszą 3,5 do 32% (tabele 2, 3, 4).

Rozpatrując zjawisko sprężenia skał ze statycznego punktu widzenia, za miarę siły sprężenia można przyjąć siłę zewnętrzną, obciążającą daną skałę i wywołującą w niej naprężenie ścisające równe jej sprężeniu. Zgniecenie próbki sprężonej przy badaniach wytrzymałościowych jest wynikiem działania dwóch sił: nacisku tłoka prasy na próbkę i siły jej sprężenia. Im większe jest sprężenie, tym mniejszy nacisk tłoka dokonano zgniecenia próbki, tym mniejsza jest wytrzymałość badanej skały na działanie zewnętrznej siły ścisającej.

W wyniku powyższego rozumowania nasuwa się wniosek, że skała świeżo wydobyta ze złoża z racji największego sprężenia ma najmniejszą wytrzymałość oraz że wytrzymałość skały w miarę jej odprężania się wzrasta. Wniosku tego jednak nie można uogólnić dla wszystkich skał, gdyż odprężanie się skały nie zawsze jest jedynym czynnikiem kształtującym jej wytrzymałość. Jednocześnie z odprężaniem się skały mogą w niej zachodzić inne procesy, spowodowane działaniem powietrza lub uaktywnieniem sił wewnętrznych, dokonujących zmian strukturalnych w chwili, gdy odprężenie skały osiągnie pewną wielkość. Wpływ tych procesów na wytrzymałość skały może być dodatni lub ujemny i różnej wielkości w stosunku do sprężenia. W kształtowaniu się wytrzymałości skały po wydobyciu jej ze złoża, zależnie od intensywności zachodzących w niej procesów, co z kolei zależne jest od składu mineralnego skały i jej własności fizycznych i mechanicznych, mogą zajść następujące przypadki:

1. Czynnikiem decydującym o zmienności wytrzymałości świeżo wydobytej skały jest jej odprężanie się; wpływ innych czynników jest stosunkowo mały lub zerowy (fig. 1a). W przypadku tym, w miarę odprężania się skały, wzrasta jej wytrzymałość w sposób ciągły aż do ukończenia procesu odprężania. W chwili tej wytrzymałość skały osiąga stałą,

rzeczywistą wielkość. Każdorazowa wytrzymałość chwilowa, jak i rzeczywista, jest większa od wytrzymałości początkowej, tj. wytrzymałości w chwili wydobycia skały ze złoża.

Rzędne poszczególnych punktów krzywej K_1 na figurze 1, liczone od prostej $\sigma_t = \sigma_0$, przedstawiają wielkość odprężenia dokonanego do chwili odpowiadającej tej rzędnej. Krzywa K_2 przedstawia zmienność wytrzymałości skały w czasie zachodzących w niej procesów. Odcięta T przedstawia czas trwania procesów zachodzących w skale, liczony od chwili wydobycia jej ze złoża.

2. Spadek wytrzymałości początkowej skały, spowodowany działaniem powietrza lub innych procesów strukturalnych, jest większy od wzrostu wytrzymałości spowodowanego odprężaniem się skały (fig. 1b). W przypadku takim każdorazowa wytrzymałość chwilowa, jak i wytrzymałość stała skały, jest mniejsza od jej wytrzymałości początkowej.

3. Wzrost wytrzymałości początkowej skały wskutek jej odprężenia się jest w każdej chwili zrównoważony ujemnym wpływem innych procesów, dokonujących się równocześnie z odprężaniem (fig. 1c). Jest to przypadek wyjątkowy.

4. Może również zająć przypadek złożony, to znaczy taki, gdy w kształtowaniu się wytrzymałości skały świeżo wydobytej przeważa początkowo wpływ dodatni, a następnie wpływ ujemny dokonujących się w niej procesów (fig. 1d) lub odwrotnie (fig. 1e).

Zjawiska ujemnego wpływu działania powietrza na wytrzymałość świeżo wydobytej skały nie można uogólnić dla wszystkich skał. Istnieją również skały, które po wydobyciu ze złoża, poddane działaniu powietrza, wykazują wzrost wytrzymałości (fig. 1f). Zjawisko to szczególnie wyraźnie obserwować można w niektórych skałach. Na przykład B. Gierlach (1955) podaje, że wapień pińczowski w chwili wydobycia jest miękki, jego początkowy stopień twardości wynosi 2 do 2,5. W stanie tym wapień ów daje się łatwo obrabiać zwykłymi narzędziami stolarskimi; można go ciosać siekierą, ciąć piłą na sucho, strugać itd. Wystawiony na działanie powietrza twardnieje do stopnia 3÷4, a wytrzymałość jego wzrasta do 500 kg/cm². Pochodzi to stąd, że węglan wapnia CaCO₃, rozpuszczony w wodzie zawartej w porach wapienia (może w postaci Ca(HCO₃)₂), wydziela się w miarę wysychania wapienia i zespaja go.

Podobnie zachowują się wapień z Janikowa, Złotego Potoku, Kars oraz niektóre piaskowce.

ANALIZA DANYCH PROF. F. KIESLINGERA

F. Kieslinger (1956) podaje przykład następujący: granit ze Schrems (Austria), po wielokrotnym zamrożeniu w stanie nasycenia wodą, wykazał wzrost wytrzymałości o 300 kg/cm².

Podobne wyniki z badań na zamrażaniu granitów, wapieni i piaskowców otrzymywał niekiedy Buckley (T. I. Wojno, Z. Pentlakowa, 1956) oraz inni badacze. Zjawisko to nie miało dotychczas wytłumaczenia.

Odprężanie się skały daje wyjaśnienie tego pozornie paradoksalnego zjawiska. Wzrost wytrzymałości próbek wskutek odprężania się przewyższał w tych przypadkach ich osłabienie spowodowane zamrażaniem.

Wyniki takie świadczą o tym, że badania te były wykonywane na próbkach nie odprężonych. Przy badaniach wykonywanych na próbkach odprężonych otrzymanie takich wyników byłoby niemożliwe. Jest to przykład tego, do jak błędnych wyników dojść można, jeśli w badaniach nie uwzględni się właściwości odprężania się skał.

F. Kieslinger podaje następujący przykład: próbki skały, poddane badaniu na ściskanie po 14, 105 i 150 dniach od wydobycia skały ze złoża, wykazały odpowiednio wytrzymałość — 1505, 1978 i 2188 kG/cm². Po wniesieniu tych wartości w układ współrzędnych t, σ_t otrzymamy krzywą wytrzymałości K_2 , przedstawioną na figurze 2. Jest to granit lub inna skała bardzo zwięzła o dużej wytrzymałości, dla której wpływ działania powietrza jest bardzo mały lub zerowy. Próbki parafinowane dałyby krzywą kształtu K_1 lub krzywa ta pokrywałaby się z krzywą K_2 .

Równaniu krzywej K_2 damy postać trójmianu stopnia drugiego

$$\sigma_t = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 \quad (1)$$

Czas odprężania T oraz wytrzymałość stałą otrzymamy, przyrównując pierwszą pochodną funkcji (1) względem czasu t do zera

$$\frac{d\sigma_t}{dt} = a_1 + 2a_2 \cdot t = 0$$

stąd

$$T = -\frac{a_1}{2a_2} \quad (2)$$

$$\sigma_c = a_0 - \frac{a_1^2}{2a_2} + \frac{a_1^2}{4a_2} \quad (3)$$

Parametry a_0, a_1 i a_2 możemy obliczyć na podstawie danych współrzędnych. Po wykonaniu tych obliczeń równanie krzywej wytrzymałości opiewać będzie

$$\sigma_t = 1407,10 + 211,28 t - 10,94 t^2 \quad (4)$$

stąd

$$T = -\frac{a_1}{2a_2} = -\frac{211,28}{-2 \cdot 10,94} = 9,7 \text{ miesięcy}$$

$$\sigma_c = 1407,10 + 211,28 \cdot 9,7 - 10,94 \cdot 9,7^2 = 2427 \text{ kG}^2$$

Tabela 1

Zmienność wytrzymałości w czasie

t miesiące	σ_t kG/cm ²	$\Delta\sigma_t$ kG/cm ²	t miesiące	σ_t kG/cm ²	$\Delta\sigma_t$ kG/cm ²
0	1407,10	—	6	2280,94	90,94
1	1607,44	200,34	7	2350,00	69,06
2	1785,90	178,46	8	2397,18	47,18
3	1942,48	156,58	9	2422,48	25,30
4	2077,18	134,70	9,7	2427,18	4,70
5	2190,00	112,82	—	$\Sigma\Delta\sigma_t = 1010,08$	

Wytrzymałości chwilowe σ_t , jakie próbka w kolejnych jednomiesięcznych odstępach czasu osiąga, obliczone wzorem (4), zestawiono w tabeli 1.

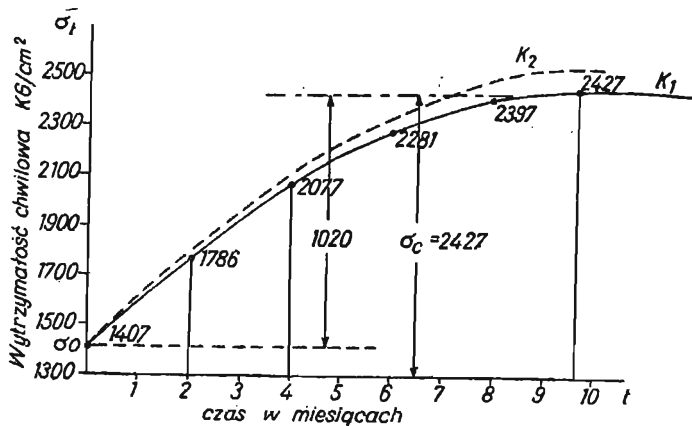


Fig. 2. Wykres krzywej wytrzymałości o równaniu: $\sigma_t = 1407,10 + 211,28t - 10,94t^2$

Diagram of curve of resistance, according to equation: $\sigma_t = 1407.10 + 211.28t - 10.94t^2$

WYNIKI BADAŃ NAD SPRĘŻNIEM I ODPREŻANIEM SIĘ MARMURU DĘBNICKIEGO

Marmur dębnicki jest to wapień droбноziarnisty o zabarwieniu czarnoszarym, pochodzącym z domieszek bitumicznych, z żyłkami i skupieniami kalcytu. Różnokierunkowe użyłkowanie kalcytowe było w niektórych przypadkach powodem znacznie większych rozbieżności wyników badań (tablica I). Wyniki takie (ujęte w nawiasy w tabelach 2 i 3) wyeliminowano z obliczeń.

Zbadane próbki wycięto z trzech bloków pobranych każdy z innego łomu. Próbki wycięto z bloków piłą korundową na mokro. Część próbek, po wysuszeniu z wody pobranej przy cięciu, zaparafinowano. Badania wytrzymałościowe wykonano według PN-54/B-04110. Wyniki badań zestawiono w tabelach 2, 3 i 4. Przebieg procesów zachodzących w próbkach w czasie ich odprężania się przedstawiają wykresy na figurach 3, 4 i 5.

MARMUR DĘBNICKI, BLOK 1

Z tabeli 2 wynika, że próbki parafinowane wykazują w tym samym czasie większą wytrzymałość aniżeli próbki nie parafinowane. Różnica wynosi 3,5 lub 5%. Wpływ działania powietrza na wytrzymałość świeżo wydobytej skały jest w rozpatrywanym przypadku nieduży.

Wykres 3 wskazuje początkowo łagodny wzrost wytrzymałości.

Wzrost ten w czasie od 3.III do 14.X wynosi $1149 - 1020 = 129 \text{ kg/cm}^2$ dla próbek nie parafinowanych i $1189 - 1020 = 169 \text{ kg/cm}^2$ dla próbek parafinowanych. W czasie tym zachodzą w próbce dwa rodzaje procesów: odprężanie i procesy wywołane działaniem powietrza; o wytrzymałości decyduje odprężanie się próbki.

Tabela 2

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie marmuru dębnickiego

(blok 1, łom I, głęb. 16 m. data wydobywania: 3.III.1961 r.)

Seria badań	Data badania	Powłoka	Znak próbki	σ_t kG/cm ²	śr. σ_t kG/cm ²
pierwsza	30.IV.1961	bez	a	1098	1055
		bez	b	1012	
		bez	c	(641)	
druga	14.X.1961	bez	a	1242	1149
		bez	b	(864)	
		bez	c	1055	
		parafinowa	A	1351	1189
		parafinowa	B	1024	
trzecia	23.XII.1961	bez	a	817	850
		bez	b	819	
		bez	c	(725)	
		bez	d	913	
	3.I.1962	parafinowa	A	859	892
		parafinowa	B	925	

Następnie, w czasie znacznie krótszym, od 14.X. do 23.XII., występuje znaczny spadek wytrzymałości i to zarówno dla próbek parafinowanych, jak i dla próbek nie parafinowanych rzędu: 1189—892 = 297 kG/cm² dla próbek parafinowanych; 1149—850 = 299 kG/cm² dla

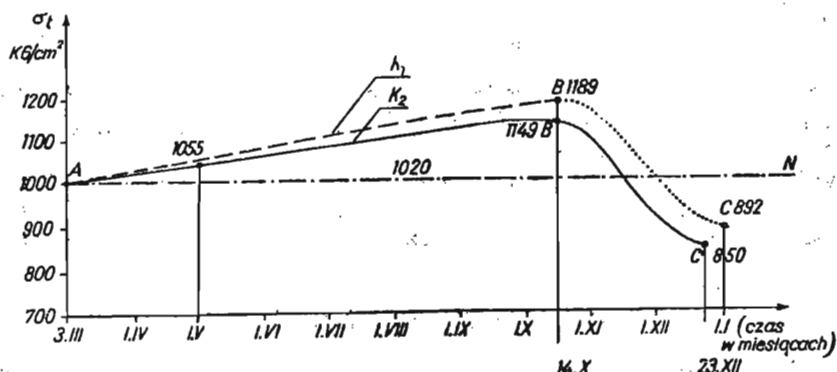


Fig. 3. Wykres zmienności wytrzymałości marmuru dębnickiego (blok 1) w czasie od 3 III do 23 XII

Diagram of variability of resistance of Dębnik marble (Block 1), during period from March 3 to December 23

próbek nie parafinowanych. W czasie tym zachodzą w próbkach trzy rodzaje procesów: odprężanie, procesy wywołane działaniem powietrza oraz procesy strukturalne, uaktywnione w chwili osiągnięcia odprężenia około 1189—892 = 297 kG/cm².

Rzeczywista wytrzymałość danej skały nie będzie się dużo różnić od 850 kG/cm^2 , dokładne jej oznaczenie wymaga dalszych badań. Nie było to jednak celem badań. Głównym celem było poznanie procesów zachodzących w skale w czasie jej odprężania się oraz ocena błędu, jaki obciąża wyniki badań wytrzymałościowych, wykonanych na próbkach nie odprężonych. W dniu 14.X. otrzymano wytrzymałość chwilową $\sigma_t = 1149 \text{ kG/cm}^2$, 23.XII. otrzymano $\sigma_t = 850 \text{ kG/cm}^2$. Różnica wynosi 299 kG/cm^2 , co stanowi około 26%. Zależnie od własności skały, intensywności sprężenia i różnicy czasu badań, różnice wyników badań mogą być znacznie większe. W przykładzie F. Kieslingera wytrzymałość z końcem pierwszego miesiąca po wydobyciu skały wynosiła $\sigma_t = 1607 \text{ kG/cm}^2$, wytrzymałość rzeczywista wynosi $\sigma_c = 2427 \text{ kG/cm}^2$, różnica wynosi 820 kG/cm^2 , tj. około 51%.

MARMUR DĘBNICKI, BLOK 2

Wyniki badań zestawiono w tabeli 3, przebieg procesów zachodzących w próbkach w czasie ich odprężania się przedstawiono na figurze 4.

Tabela 3

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie marmuru dębnickiego
(blok 2, łom II, głęb. 20 m, data wydobywania: 3.III.1961 r.)

Seria badań	Data badań	Powłoka	Znak próbki	σ_t kG/cm ²	Śr. σ_t kG/cm ²
pierwsza	30.IV.1961	bez	a	831	893
		bez	b	955	
		bez	c	(763)	
druga	14.X.1961	bez	a	880	844
		bez	b	807	
		bez	c	(771)	
		parafinowa	A	1021	1112
		parafinowa	B	1203	
trzecia	23.XII.1961	bez	a	1098	1258
		bez	b	1202	
		bez	c	1474	

Wytrzymałość próbek parafinowanych oznaczona w drugiej serii badań jest o 268 kG/cm^2 , to jest o 31,7% większa od wytrzymałości próbek nie parafinowanych.

Wykres na fig. 4 wykazuje łagodny spadek wytrzymałości w czasie od 3.III. do 14.X. Spadek ten wynosi $900 - 844 = 56 \text{ kG/cm}^2$. W czasie tym ujemny wpływ powietrza na wytrzymałość próbek przeważa nad ich odprężeniem. Następnie, w czasie od 14.X. do 23.X., próbki wykazują intensywny wzrost wytrzymałości, spowodowany uaktywnieniem procesów strukturalnych w chwili osiągnięcia odprężenia $1112 - 900 = 212 \text{ kG/cm}^2$. W czasie tym wytrzymałość wzrasta o 414 kG/cm^2 , to jest o 49%.

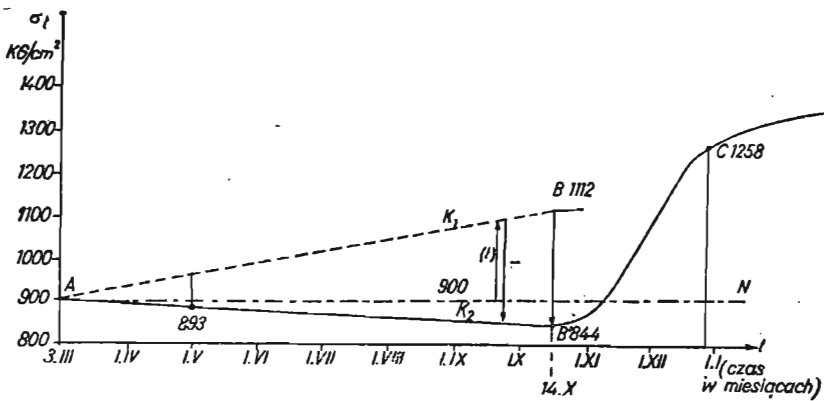


Fig. 4. Wykres zmienności wytrzymałości marmuru dębnickiego (blok 2) w czasie od 3 III do 23 XII

Diagram of variability of resistance of Dębnik marble (Block 2), during period from March 3 to December 23

MARMUR DĘBNICKI, BLOK 3

Wyniki badań zestawiono w tabeli 4. Wytrzymałość próbek parafinowanych oznaczona w drugiej serii badań jest o 178 kG/cm², tj. o 21,8% większa od wytrzymałości próbek nie parafinowanych.

Tabela 4

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie marmuru dębnickiego
(blok 3, łom III, głęb. 16 m, data wydobywania: 3.III.1961)

Seria badań	Data badań	Powłoka	Znak próbki	σ_t kG/cm ²	śr. σ_t kG/cm ²
pierwsza	30.IV.1961	bez	a	(491)	850
		bez	b	(510)	
		bez	c	850	
druga	14.X.1961	bez	a	861	815
		bez	b	864	
		bez	c	769	
		parafinowa	A	930	993
		parafinowa	B	1055	
trzecia	23.XII.1961	bez	a	1252	1135
		bez	b	1059	
		bez	c	1093	

Wykres wytrzymałości przedstawiony na fig. 5 jest analogiczny do wykresu wytrzymałości próbek bloku 2 i niewiele różni się od niego.

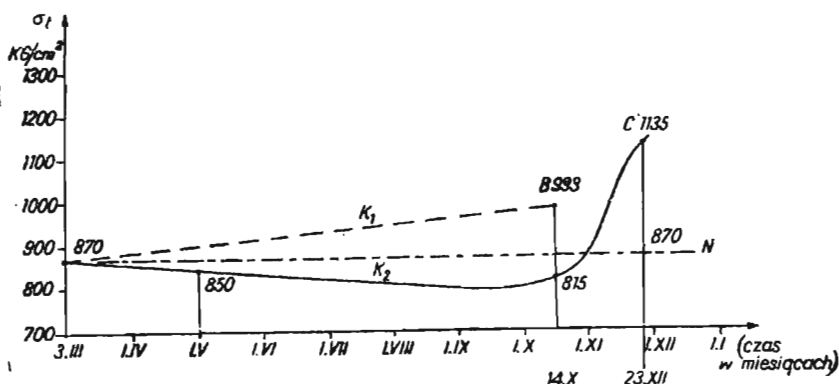


Fig. 5. Wykres zmienności wytrzymałości marmuru dębnickiego (blok 3) w czasie od 3 III do 23 XII

Diagram of variability of resistance of Dębnik marble (Block 3), during period from March 3 to December 23

WNIOSKI

Wyniki badań wstępnych wykazują, że w skale świeżo wydobytej ze złoża, jednocześnie z jej odprężaniem się, zachodzą mogą procesy fizyczno-chemiczne, wywołane działaniem powietrza oraz procesy strukturalne, wzbudzone w chwili, gdy odprężenie osiągnie pewną określoną wielkość. Intensywność, przebieg oraz czas trwania tych procesów zależą od wielkości sprężenia i własności skały: jej składu mineralnego, budowy cząstek, sił międzycząstkowych, struktury i tekstury, co z kolei wiąże się z jej genezą, wiekiem i jej dalszymi procesami geologicznymi. Każdy z tych czynników wywiera pewien wpływ na wytrzymałość skały, jak i na inne jej własności fizyczne i mechaniczne. Jednocześnie z przebiegiem wymienionych procesów wytrzymałość skały ulega ciągłym zmianom. Dopiero po ukończeniu tych procesów wytrzymałość skały osiąga stałą wartość.

Wykonując badania wytrzymałości skały w czasie dokonujących się w niej procesów, otrzymujemy jej wytrzymałość chwilową, ważną tylko w czasie wykonywania badania. Badania wytrzymałości tej samej skały, wykonane w różnych czasach przed zakończeniem procesów w niej zachodzących, dają różne wyniki. Różnice tych wyników mogą przekraczać 50%, zależnie od wielkości sprężenia, własności skały oraz czasu wykonania badań. Wytrzymałość chwilowa, jako wartość zmienna w czasie, nie określa rzeczywistej wytrzymałości badanej skały i może prowadzić do błędnej oceny jej wartości technicznej.

Wytrzymałość chwilowa, oznaczona w różnych odstępach czasu, charakteryzuje przebieg procesów zachodzących w skale po jej wydobywaniu ze złoża. Poznanie tych procesów oraz ich przebiegu ma duże znaczenie dla wyjaśnienia różnych zjawisk obserwowanych w przyrodzie, w pracach górniczych, w kamieniołomach i przy obróbce kamienia oraz zezwala na różne wnioski praktyczne. Na przykład z wykresu zmienności

wytrzymałości i wykresu zmienności stopnia twardości skały w czasie jej odprężania się można oznaczyć właściwy czas obróbki kamienia. Problem ten jest bardzo ważny w technice kamieniarskiej. Poznanie zmienności własności świeżo odsłoniętych skał, w których drąży się wyrobiska górnicze, może dać praktyczne wskazówki do usprawnienia tych prac¹.

Jednocześnie z odprężaniem się skały ulegają zmianom również i inne własności skały, jak: twardość, ścieralność, porowatość, ciężar objętościowy. Zagadnienia te wchodzi w zakres szczegółowych badań Zakładu Geologii Inżynierskiej.

Zakład Geologii Inżynierskiej IG
Nadesłano dnia 16 lutego 1962 r.

PIŚMIENNICTWO

- FORTUNAT W. (1960) — Z badań nad sprężeniem i odprężaniem się skał (na podstawie pracy prof. F. Kieslingera), *Geologia za granicą*, Inst. Geol., 1, nr 2, p. 67—71. Warszawa.
- GIERYCH B. (1955) — Od kamieniołomów do architektury. Biuro Stud. i Proj. Wzorc. Budow. Miejskiego. Warszawa.
- KIESLINGER F. (1956) — *Geologie und Bauwesen*. Jahrg. Springer Verlag Wien, 24, p. 96—111, nr 2. Wien.
- WOJNO T. I., PENTLAKOWA Z. (1956) — *Własności techniczne skał*. Wyd. Geol. Warszawa.

Винценты ФОРТУНАТ

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МРАМОРА ИЗ КАРЬЕРА В ДЕМБНИКЕ НА СЖАТИЕ И РАСТЯЖЕНИЕ

Резюме

Каждая часть породы в пределах выработки находится в состоянии сжатия и соответственном состоянии деформации. С моментом выемки породы из месторождения начинается процесс ее растяжения и исчезновения упругой деформации.

Для изучения интенсивности сжатия, протекания процесса растяжения и вызванного этим изменения временного сопротивления сжатию, произведены испытания мрамора из карьера в Дембнике. Дембникий мрамор, это мелкозернистый известняк, в результате

¹ Chodzi o własności stale, rzeczywiste badanych skał. Badania te należy wykonywać na próbkach całkowicie odprężonych. Ten podstawowy warunek nie jest dotychczas przestrzegany przy badaniach.

битуминозных примесей черно-серого цвета, с кальцитовыми прожилками и скоплениями. Бегущие в разных направлениях кальцитовые прожилки (Таблица 1), в некоторых случаях, привели к более значительным расхождениям результатов испытаний.

Испытанные образцы были высечены из трех блоков взятых в различных участках карьера. Часть образцов парафинировано целью изучения воздействия воздуха на прочность породы во время растяжения. Результаты испытания сопоставлены в таблицах 2, 3 и 4. Изменчивость прочности породы во время растяжения представлена графически на рис. 3, 4 и 5.

Результаты испытаний доказывают, что в породе только что добытой из месторождения, одновременно с ее растяжением могут происходить физико-химические, вызванные воздействием воздуха и структурные процессы, вызванные внутренними силами возбуждающимися в моменте, когда растяжение достигает некоторой определенной величины. Во время протекания этих процессов прочность породы является изменчивой величиной и только после их закончения прочность достигает постоянное значение.

Испытания прочности той же породы, производящиеся в разное время до закончения протекающих в нее процессов, дают различные результаты. Расхождения этих результатов могут превышать 50%. Одновременно с этими процессами изменяются также другие свойства породы, а именно: твердость, стираемость, пористость, объемный вес, насыщаемость и др.

Изучение процесса растяжения пород существенно для усовершенствования горных и карьерных работ. С целью определения постоянных, действительных свойств пород испытания следует производить на образцах совершенно разжатых. Это принципиальное условие до сих пор не соблюдается при испытаниях пород.

Wincenty FORTUNAT

RESULTS OF RESEARCH ON STRAINING AND UNSTRAINING OF MARBLE FROM DĘBNIK QUARRY

S u m m a r y

Within a rock complex, each type of rock is under strain and in a corresponding state of deformation. From the moment of removal of a rock from its stratum, unstraining sets in and its elastic deformation disappears.

In order to determine the intensity of this straining, the course of unstraining and the changes in momentary resistance to pressure of the rock during this process of unstraining, the author carried out tests using samples of marble taken from the Dębnik quarry. This Dębnik marble is a finegrained limestone of dark-grey colour caused by bituminous admixtures, with veinlets and concentrations of calcite. In several instances, the diversely directed calcite veinlets (Plate I) caused considerable divergences in the results of tests.

The samples tested were cut from three marble blocks, each derived from a different part of the quarry. Part of these samples were coated with paraffine in order to determine the effect of air upon the resistance of the rock during the period of its unstraining. The author presented the results of these tests in Tables 2,

3 and 4. The changes in rock resistance during unstraining are shown in Figs. 3, 4 and 5.

The tests indicate that rock freshly mined from its bed may undergo, simultaneously with its unstraining, physico-chemical reactions caused by the action of air, as well as by structural processes brought about by inner stresses developing at the moment when unstraining reaches some determined magnitude. Each of these processes bears on the resistance of the rock sample. During the period that these processes take place, the rock resistance is a variable; it becomes a constant after these processes are terminated.

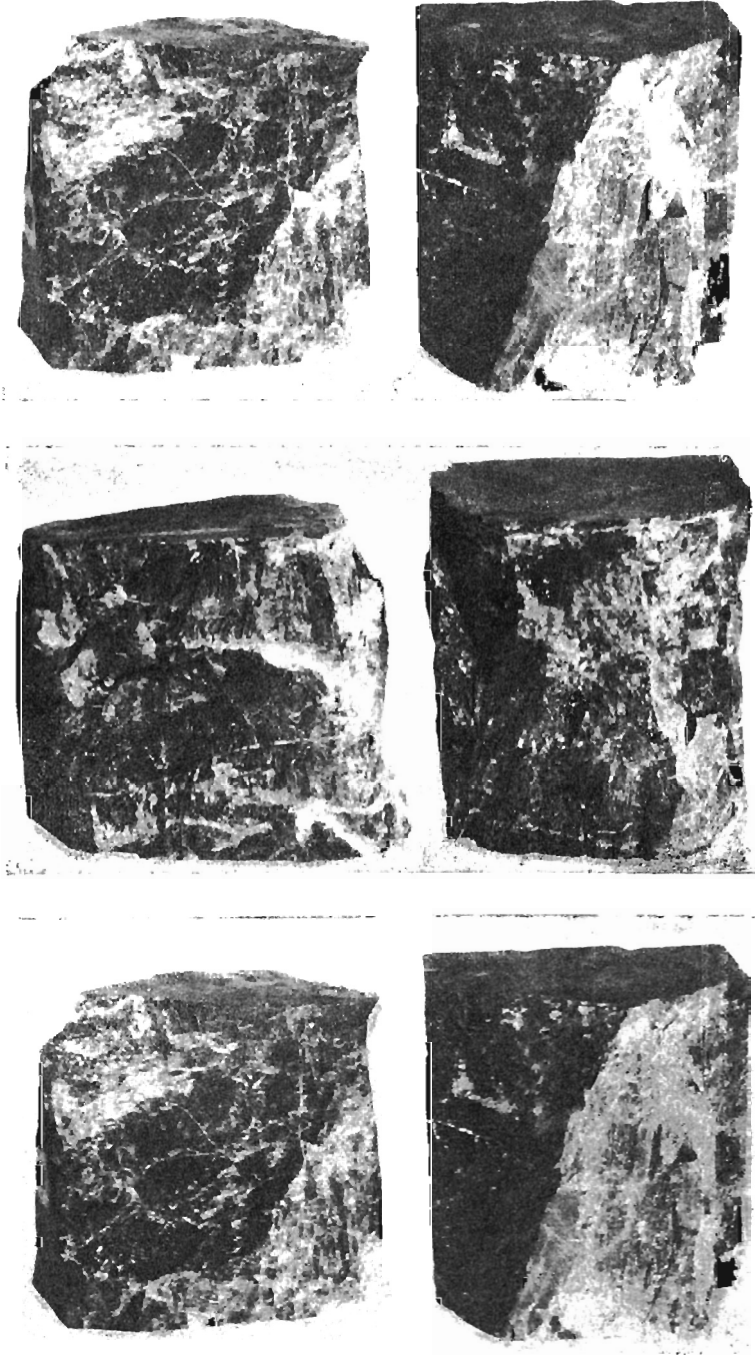
Using identical rock samples and carrying out the resistance tests at different periods before the processes mentioned above are terminated, different results are obtained; these differences may exceed 50%. Simultaneously with the course of the processes discussed, other properties of the rock are also subject to changes, such as: hardness, abrasiveness, porosity, volumetric weight, permeability, etc.

For improving quarry activities and sculptural work, the appreciation of the necessity of unstraining the rock is an essential matter.

In order to determine the real constant properties of rocks, tests should be undertaken using fully unstrained samples. Hitherto, this fundamental condition is not taken into consideration in rock tests.

TABLICA I

Kilka przykładów próbek marmuru dębnickiego po ich zgnieceniu
Several examples showing samples of Dębnik marble after crushing



Wincenty FORTUNAT — Wyniki badań nad spleźeniem i odprężaniem się marmuru z kamienio-
łomu Dębnik