

*Andrzej Nierobisz, Wojciech Masny*

## METODA OBLICZANIA WSKAŹNIKA SZCZELINOWATOŚCI *RQD* NA PODSTAWIE WYNIKÓW BADAŃ WYKONANYCH HYDRAULICZNYM PENETROMETREM OTWOROWYM

### Streszczenie

Podstawową cechą masywu skalnego, odróżniającą go od małych próbek, jest występowanie powierzchni nieciągłości i spękań, które powodują jego podzielność na mniejsze bloki. W polskich kopalniach węgla przestrzenną orientację powierzchni spękań określa się najczęściej w formie tak zwanej róży spękań. Oprócz przestrzennej orientacji spękań i szczelin ważna jest ich liczba w stosunku do rozpatrywanej długości, powierzchni czy też objętości masywu skalnego.

Jednym z najczęściej stosowanych liniowych wskaźników szczelinowatości, zawartych w zasadach doboru obudowy odrzwiowej wyrobisk korytarzowych kopalń węgla (Rułka K. i inni 2000) oraz w przepisach warunkujących zastosowanie obudowy kotwiovej (Rozporządzenie... 2002), jest wskaźnik podzielności rdzenia *RQD* (*Rock Quality Designation*) opracowany przez Deere'a.

Praktyka projektowania obudowy kotwiovej ostatnich trzynastu lat wykazała, że uzyskane wartości *RQD* nie odzwierciedlały warunków *in situ*. Zauważono, że wartości te w dużym stopniu zależą od techniki wiercenia oraz sposobu transportu rdzenia do laboratorium. Ponadto, zdarzało się, że wykonano bezrdzeniowo otwór do badań penetrometrycznych. W związku z tym zaszła konieczność określania *RQD* inną metodą.

Autorzy na podstawie zależności podanej przez A. Kidybińskiego (Kidybiński A. i inni 1999) zaproponowali metodę określania *RQD* na podstawie badań penetrometrycznych. W celu określenia zasadności tej metody została przeprowadzona analiza statystyczna. Potwierdziła ona wiarygodność otrzymanych wyników. Stwierdzono, że liczba 29 oznaczeń jest wystarczająca, aby na poziomie istotności  $\alpha = 0,1$  i przy dokładności oznaczenia  $d = 0,1$  określić empiryczną zależność między *RQD* obliczonym na podstawie oględzin rdzenia i metodą penetrometryczną

$$RQD = WdRQDp$$

gdzie *Wd* – wskaźnik dopasowania należący do przedziału (0,67–1,23), średnia 0,95.

Nie ma również podstaw do odrzucenia stwierdzenia, że wyniki badań szczelinowatości uzyskane na podstawie oględzin rdzenia oraz badań penetrometrycznych pochodzą z jednej populacji.

Aspektem praktycznym prezentowanej metody jest możliwość określania szczelinowatości górotworu dwoma równoważnymi, niezależnymi metodami. Istnieje tym samym możliwość dokładniejszego projektowania wyrobisk podziemnych.

W celu zwiększenia precyzji metody są prowadzone dalsze badania.

### Method of scaling of slit index *RQD* on base of result of research executed hydraulic gap penetrometer

#### Abstract

Basic feature of rocky massif, distinguishing it from small samples, is occurrence of surface of discontinuity and cracks, which cause its divisibility on smallest blocks. In Polish coal mines three-dimensional orientation of cracks surface is defined in the form of so called rose of cracks. Except three-dimensional orientation of discontinuity and slits is important its number relatively to treat length slots, surface as well as capacity of rocky massif.

One of most often linear slit index applicable, included in principles of casings coal corridor selections (Rulka K. and other 2000 ) and in regulations stipulating employment casing (Disposition of Minister of Economy from 28 June 2002), is index of core divisibility *RQD* (Rock Quality Designation) processed by Deere.

It has exerted practice of project design of casing last thirteen years, that obtained values *RQD* did not mirror conditions in situ. It noticed, that these values depend on technique of drilling and manner of transport of core to laboratory. Besides, it happened, that it execute without – core opening for penetrometrical researches. Thus, necessity has reached of *RQD* definition by other method.

Authors on base of dependence served by A. Kidybiński (Kidybiński A. and other 1999) have suggested method of *RQD* definition on base of penetrometrical researches. Statistic analysis has been carried for this determination of legitimacy of method. It has confirmed credibility of received result. It ascertain, that number of 29 designations is sufficing, in order to at the level of essentiality  $\alpha = 0.1$  and at accuracy of designation  $d = 0.1$  define empirical dependence between *RQD* calculated behind assistance of survey of core and penetrometrical method

$$RQD = WdRQDp$$

where *Wd* – fitting index from (0.67–1.23), average 0.95.

It does not exist also bases for rejection of affirmation, that results of slitting research on base of survey of core and penetrometrical researches are from one population.

Practical aspect of presented method is capability of definition of rock slit by two equivalent, independent methods. It exists same exact project design of underground excavation.

Farthest research are led for boost of precision of method.

## WPROWADZENIE

Podstawową cechą masywu skalnego, odróżniającą go od małych próbek, jest występowanie powierzchni nieciągłości i spękań, które powodują jego podzielność na mniejsze bloki. Opracowano wiele systematycznych podziałów powierzchni nieciągłości w skałach, w których uwzględniono różne cechy powierzchni spękań, ich genezę, regularność i częstotliwość oraz kierunek w stosunku do głównych linii anizotropii skały, rozwartość, rodzaj i stopień wypełnienia szczeliny (Kidybiński A. i inni 1999).

W polskich kopalniach węgla określa się przestrzenną orientację powierzchni spękań najczęściej na podstawie tak zwanej róży spękań, czyli wykresu dającego informację o zmierzonych azymutach biegu powierzchni spękań, wielkości kątów upadu oraz częstotliwości występowania spękań w poszczególnych klasach azymutu.

Oprócz przestrzennej orientacji spękań i szczelin ważna jest ich liczba w stosunku do rozpatrywanej długości, powierzchni czy też objętości masywu skalnego. W miarę bowiem zagęszczenia spękań maleje wytrzymałość i wzrasta odkształcalność górotworu. Wyróżnia się następujące wskaźniki szczelinowatości (zagęszczenia szczelin):

- **liniowe**, wyrażające liczbę spękań na jednostkę długości linii rozpoznawczej (np. rdzenia otworu wiertniczego, linii pomiarowej wyznaczonej na ociosie wyrobiska itp.),
- **powierzchniowe**, wyrażające sumaryczną długość śladów spękań na jednostkę powierzchni skały (np. ociosu chodnika, ściany kamieniołomu itp.) (Pilecki Z. 2002),

- **przestrzenne**, wyrażające sumaryczną powierzchnię szczelin na jednostkę objętości skały (np. określoną dla kubatury odcinka wyrobiska chodnikowego) (Pilecki Z. 2002).

Jednym z najczęściej stosowanych liniowych wskaźników szczelinowości, uwzględnionych w zasadach doboru obudowy odrzwiowej wyrobisk korytarzowych kopalń węgla (Rułka K. i inni 2000) oraz w przepisach warunkujących zastosowanie obudowy kotwiowej (Rozporządzenie... 2002) jest wskaźnik podzielności rdzenia *RQD* (*Rock Quality Designation*) opracowany przez Deere'a, wyrażony zależnością (Kidybiński A. i inni 1999)

$$RQD = \frac{L_p}{L_t} 100, \% \quad (1)$$

gdzie:

$L_p$  – całkowita sumaryczna długość odcinków rdzenia o długości większej od podwójnej średnicy rdzenia, cm;

$L_t$  – całkowita długość rdzenia, cm.

Na podstawie trzynastoletniej praktyki projektowania obudowy kotwiowej stwierdzono, że uzyskane wartości *RQD* nie odzwierciedlały warunków *in situ*. Zauważono, że wartości te zależą w dużym stopniu od techniki wiercenia oraz sposobu transportu rdzenia do laboratorium. Ponadto, zdarzało się, że otwór do badań penetrometrycznych wykonano bez uzyskania rdzenia. W związku z powyższym konieczne było określenie *RQD* inną metodą, na przykład opisaną poniżej.

## 1. ANALIZA PORÓWNAWCZA METOD OBLICZANIA WSKAŹNIKA SZCZELINOWATOŚCI *RQD*

Do określenia wskaźnika szczelinowości *RQD* autorzy wykorzystali wyniki badań penetrometrycznych, posługując się zależnością podaną przez A. Kidybińskiego (Kidybiński A. i inni 1999)

$$SP = \sqrt{\frac{AF}{W_o R_{C\acute{s}r}}} \quad (2)$$

gdzie:

$SP$  – wskaźnik szczelinowości obliczony na podstawie wyników badań penetrometrycznych;

$A$  – amplituda wytrzymałości skał, tj. różnica między średnią wartością  $R_{C\acute{s}r}$  a minimalną  $R_{Cmin}$  na rozpatrywanym odcinku długości otworu, MPa;

$F$  – liczba spadków wartości  $R_C$  poniżej średniej (łącznie ze średnią) na rozpatrywanym odcinku długości otworu;

$W_o$  – liczba pomiarów w otworze na rozpatrywanym odcinku długości otworu;

$R_{C\acute{s}r}$  – średnia wytrzymałość na rozpatrywanym odcinku długości otworu, MPa.

W związku z koniecznością przeliczenia uzyskanych wartości na wartości  $RQD$  autorzy zaproponowali następującą zależność

$$RQDp = (1 - SP)100, \% \quad (3)$$

Dokonana analiza zmian wartości  $RQDp$  wykazała, że obliczone wartości wskaźnika szczelinowatości na podstawie badań penetrometrycznych są zgodne z wartościami uzyskiwanymi w rzeczywistych warunkach panujących w górotworze. Logiczne jest, że w miarę wzrostu iloczynu licznika we wzorze (2), na który składa się amplituda wytrzymałości oraz liczba spadków  $R_C$  poniżej średniej, wartość  $RQDp$  zmniejsza się. Rozpatrując wartość  $F$ , można stwierdzić więc, że duża liczba spadków poniżej  $R_{C\bar{s}}$  spowodowana jest znaczną liczbą szczelin, a to w połączeniu z amplitudą wytrzymałości  $A$ , rzutuje na zmniejszanie się  $RQDp$ .

Jeżeli natomiast wytrzymałość skał  $R_{C\bar{s}}$  wzrasta, wartość  $RQDp$  także zwiększa się, tzn. pośrednio potwierdzony zostaje fakt, że mocne skały wykazują mniejszą szczelinowatość. W związku z powyższym postawiono tezę, że wzory (2) i (3) są prawidłowe.

W celu sprawdzenia powyższego założenia, na podstawie wyników badań wykonanych w GIG [4–25], przeprowadzono analizę porównawczą wskaźnika  $RQD$  obliczonego metodą oględzin rdzenia oraz metodą penetrometryczną. Uzyskano zbiór 59 wyników (tzw. populacja generalna). Następnie dla każdego przypadku obliczono tzw. wskaźnik dopasowania wyrażony wzorem

$$Wd = \frac{RQD}{RQDp} \quad (4)$$

gdzie:

- $RQD$  – wskaźnik szczelinowatości określany na podstawie oględzin rdzenia, %;
- $RQDp$  – wskaźnik szczelinowatości określany na podstawie badań penetrometrycznych, %.

W związku ze stwierdzonymi znacznymi różnicami w wartościach  $RQD$ , określonymi jedną i drugą metodą, wyselekcjonowano zbiór 29 wyników (tabl. 1) na podstawie następujących kryteriów:

- jeżeli rdzeń dostarczony do badań był w kawałkach i nie można było określić  $RQD$ , a jednocześnie wskazania penetrometru były większe od 10 MPa, to przyjmowano, że rdzeń został uszkodzony podczas wykonywania otworu lub transportu, a wyniki odrzucano jako mało wiarygodne,
- współczynnik zmienności (Bobrowski D. 1986) wskaźnika dopasowania  $Wd$  wyrażony za pomocą zależności, nie jest większy od 30%

$$v = \frac{\sigma}{Wd_{\text{średnie}}} 100, \% \quad (5)$$

gdzie:

- $\sigma$  – odchylenie standardowe wskaźnika  $Wd$ ,
- $Wd_{\text{średnie}}$  – średnia arytmetyczna wskaźnika dopasowania.

**Tablica 1.** Wyniki badań wskaźnika szczeliny otrzymanego metodą oględzin rdzenia i metodą penetrometryczną

Lp.	Kopalnia, numer i odcinek otworu	A	F	Wo	Rc śred.	SP	RQDp %	RQD %	Wskaźnik dopasowania $Wd = RQD / RQDp$	Źródło informacji
1	Bytom II otw. nr 3 odc. 0–3 m	17,7	9	20	28,1	0,53	47	56	1,20	[14]
2	Bytom II otw. nr 3 cały otw.	14,1	36	54	23,7	0,63	37	35	0,95	[14]
3	Bytom II otw. nr 4 odc. 0–3 m	12	12	21	19,2	0,60	40	37	0,92	[14]
4	Bytom II otw. nr 4 cały otw.	10,8	35	54	18,0	0,62	38	26	0,68	[14]
5	Makoszowy, otw. nr Gp-41/501, odc. 0–3 m	25,2	20	59	58,8	0,38	62	81	1,31	[5]
6	Bolesław Śmiały otw. nr 09/B cały otw.	35,7	26	74	53,7	0,48	52	53	1,02	[11]
7	Bolesław Śmiały otw. nr 1 odc 0–3 m	10,7	33	45	13,7	0,76	24	18	0,75	[10]
8	Bolesław Śmiały otw. nr 1 cały otw.	12,5	57	99	15,5	0,68	32	28	0,89	[10]
9	Bolesław Śmiały otw. nr 2 odc. 0–3 m	27,7	31	59	38,5	0,61	39	64	1,67	[10]
10	Bolesław Śmiały chodnik 09/B cały otw.	30,3	21	67	48,9	0,44	56	48	0,86	[11]
11	Jankowice, otw. nr T-133 odc. 0–3 m	15,2	18	30	31,2	0,54	46	50	1,09	[7]
12	Jankowice otw. nr T-133 cały otw.	23,4	22	60	39,4	0,47	53	44	0,82	[7]
13	Silesia otw. nr T-426 odc. 0–3 m	17,8	13	26	35,8	0,50	50	38	0,76	[18]
14	Silesia otw. nr T-426 cały otw.	18,7	33	52	29,5	0,63	37	23	0,63	[18]
15	Bolesław Śmiały otw. nr 258 odc. 0–3 m	18	19	30	23,6	0,70	30	19	0,62	[16]
16	Bolesław Śmiały otw. nr 258 cały otw.	35,7	73	145	39,3	0,68	32	45	1,39	[16]
17	Jankowice otw. nr T-55 odc. 0–3 m	18,1	21	30	29,7	0,65	35	44	1,28	[6]
18	Jankowice otw. nr T-55 cały otw.	16,5	39	60	28,1	0,62	38	43	1,14	[6]
19	Wieczorek otw. nr 722/2 cały otw.	9,2	77	119	14,0	0,65	35	24	0,69	[24]
20	Wieczorek otw. nr 707/2 odc. 0–3 m	26,6	20	43	27,8	0,67	33	31	0,93	[24]
21	Wieczorek otw. nr 707/2 cały otw.	24,3	57	110	25,5	0,70	30	38	1,28	[24]
22	Wieczorek otw. nr 1 cały otw.	18,4	69	92	20,8	0,81	19	14	0,75	[12]
23	Wieczorek otw. nr 2 cały otw.	17	53	101	18,2	0,70	30	16	0,53	[12]
24	Wieczorek otw. nr G-746 odc. 0–3 m	12,3	15	30	17,1	0,60	40	28	0,70	[19]
25	Bolesław Śmiały otw. nr 9 cały otw.	53,4	55	118	55,8	0,67	33	25	0,75	[23]
26	Bolesław Śmiały otw. nr 10 odc. 0–3m	13	19	30	27,4	0,55	45	60	1,33	[22]
27	Bolesław Śmiały otw. nr 2 odc. 0–3 m	6,6	14	30	12,6	0,49	51	34	0,67	[21]
28	Halemba otw. GIG-1 odc. 0–3 m	28	30	57	36,0	0,64	36	34	0,94	[25]
29	Halemba otw. GIG-1 cały otw.	30,6	57	110	38,6	0,64	36	31	0,86	[25]

Dane zawarte w tablicy poddano analizie statystycznej. Przyjęto, że zbiór wyników wskaźnika dopasowania  $Wd$  (kolumna 10, tabl. 1) stanowi próbę losową populacji generalnej. Dla tej próby wyznaczono następujące parametry (Daniek J. 1977):

- średnią arytmetyczną: 0,95;
- odchylenie standardowe: 0,28;
- wariancję: 0,078;
- współczynnik zmienności: 29,5%;
- przedział ufności: (0,67–1,23).

W celu zbadania wiarygodności otrzymanych wyników wyznaczono konieczną liczbę oznaczeń wskaźnika dopasowania  $Wd$  przy założonym poziomie istotności  $\alpha = 0,1$  i dokładności  $d$  równej 0,1 z zależności (Daniek J. 1977)

$$n_k = \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{d^2} \quad (6)$$

gdzie:

- $n_k$  – konieczna liczba obserwacji,
- $t_{\alpha}^2$  – wartość krytyczna rozkładu  $t$ -Studenta dla danego stopnia istotności  $\alpha$  i liczby stopni swobody  $r$ ,
- $S^2$  – wariancja,
- $d$  – dokładność obserwacji.

Po podstawieniu do wzoru (6) następujących danych:  $t_{\alpha}^2 = 2,92$ ,  $S^2 = 0,078$  i  $d = 0,1$ , uzyskano konieczną liczbę obserwacji wskaźnika dopasowania  $Wd$  wynoszącą  $n_k = 23$ . Z powyższego wynika, że liczba koniecznych obserwacji jest mniejsza od rzeczywiście wykonanych ( $n = 29$ ), więc uzyskane wyniki można uznać za wiarygodne, przy założonym poziomie istotności  $\alpha = 0,1$ .

Na podstawie powyższych rozważań określono empiryczną zależność między  $RQD$  i  $RQDp$

$$RQD = Wd RQDp \quad (7)$$

gdzie  $Wd$  – należy do przedziału (0,67–1,23), średnio można przyjmować  $Wd = 0,95$ .

Aby wnioskowanie statystyczne dotyczące populacji generalnej wyników badań szczelinowatości górotworu na podstawie badań próby było w pełni wiarygodne należy sprawdzić, czy wyniki badań uzyskane na podstawie oględzin rdzenia i metodą penetrometryczną pochodzą z jednej populacji, czy też z dwóch różnych.

W celu odpowiedzi na powyższe pytanie z tablic rozkładu  $t$ -Studenta (Daniek J. 1977) wyszukuje się  $t_{\alpha}$ , przy  $n_1 + n_2 - 2$  stopniach swobody ( $\alpha = 0,1$ ,  $r = 29 + 29 - 2 = 56$ ). Test ten wylicza się ze wzoru

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (8)$$

gdzie:

$\bar{x}_1$  – średnia arytmetyczna pierwszej próby,

$\bar{x}_2$  – średnia arytmetyczna drugiej próby,

$n_1$  – liczebność pierwszej próby,

$n_2$  – liczebność drugiej próby,

$S_1^2$  – wariancja pierwszej próby,

$S_2^2$  – wariancja drugiej próby.

Nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy, jeżeli spełniony jest warunek

$$|t| < t_{\alpha; n_1 + n_2 - 2} \quad (9)$$

W wyniku obliczeń powyższy warunek w rozpatrywanym przypadku jest spełniony, tzn.

$$|0,47| < 1,684 \text{ (dla } r = 40)$$

więc nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy, że obie próby pochodzą z jednej populacji.

## 2. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA

### Przykład 1

Należy obliczyć wskaźnik szczelinowatości  $RQD$  mając dane wyniki badań penetrometrycznych oraz pomiary długości odcinków rdzenia. Uzyskane w badaniach penetrometrycznych (rys. 1) dane, na przykład dla odcinka 0–3 m, są następujące:

$$R_{C \dot{s}r} = 25,1 \text{ MPa};$$

$$R_{C \min} = 16,4 \text{ MPa};$$

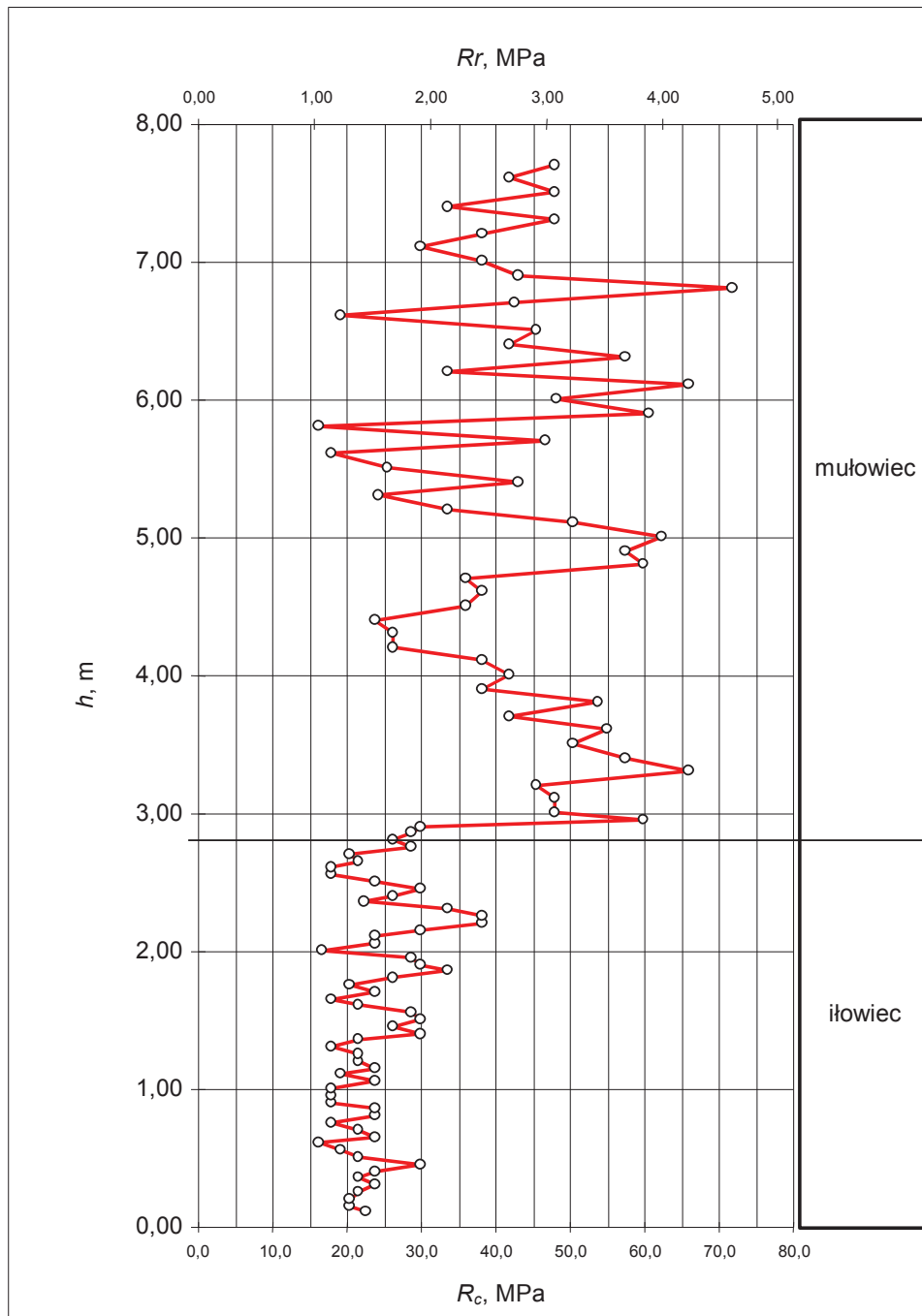
$$A = R_{C \dot{s}r} - R_{C \min} = 25,1 - 16,4 = 8,7 \text{ MPa};$$

$$F = 38;$$

$$W_O = 59,$$

podstawia się do wzorów (2) i (3) i otrzymuje się  $SP = 0,47$  i  $RQD_p = 53\%$ . W wyniku pomiarów długości odcinków rdzenia (rys. 2) i zastosowania wzoru (1) otrzymujemy wynik dla odcinka 0–3 m:  $RQD = 61\%$ .

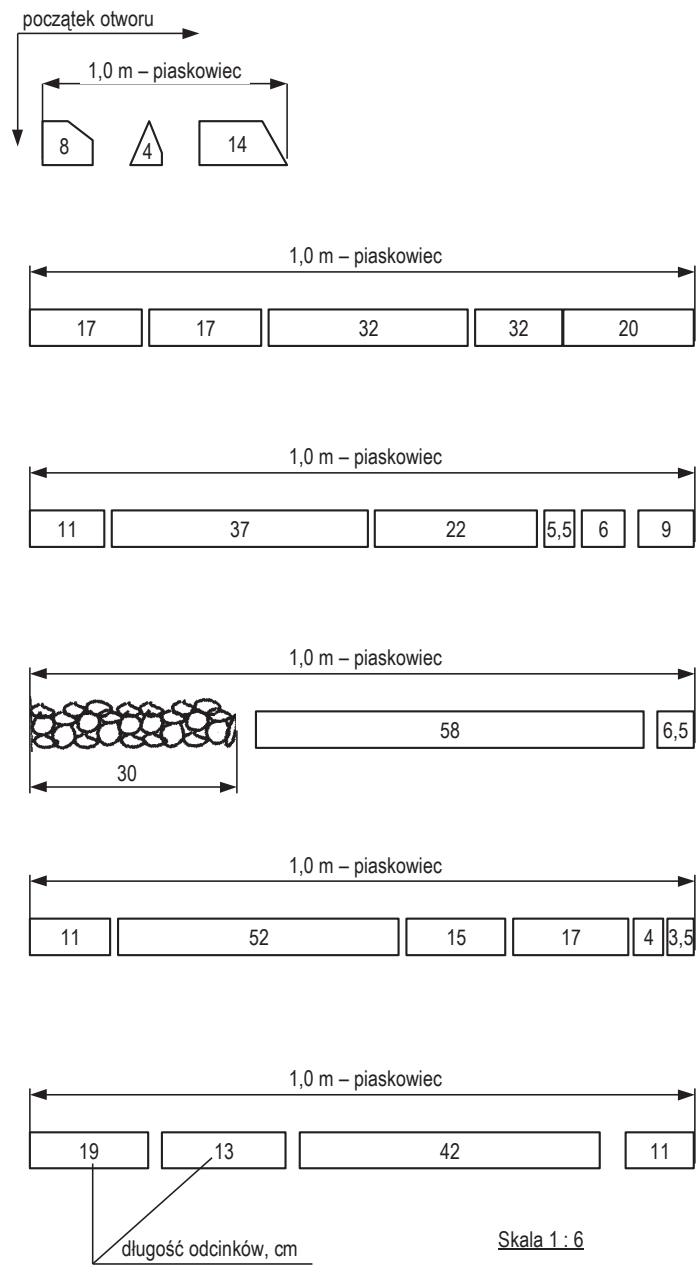
Ze względów bezpieczeństwa wydaje się zasadne przyjęcie do dalszych obliczeń projektowych wartości mniejszej, jeżeli oczywiście nie istnieją wątpliwości co do jej wiarygodności.



**Rys. 1.** Wyniki badań penetrometrycznych (KWK Bolesław Śmiały):  $R_c$  – wytrzymałość na ściskanie,  $h$  – odległość od stropu pokładu,  $R_r$  – wytrzymałość na rozciąganie

**Fig. 1.** Results of penetrometrical researches (KWK Bolesław Śmiały):  $R_c$  – compressing resistance,  $h$  – distance from sling,  $R_r$  – stretching resistance





Rys. 2. Opis rdzenia  
Fig. 2. Core description

**Przykład 2**

Należy obliczyć wskaźnik szczelinowatości przy braku rdzenia, a jedynie na podstawie badań penetrometrycznych. Dane, na przykład dla odcinka 0–3 m (rys. 3), są następujące:

$$R_{C\dot{s}r} = 39,4 \text{ MPa};$$

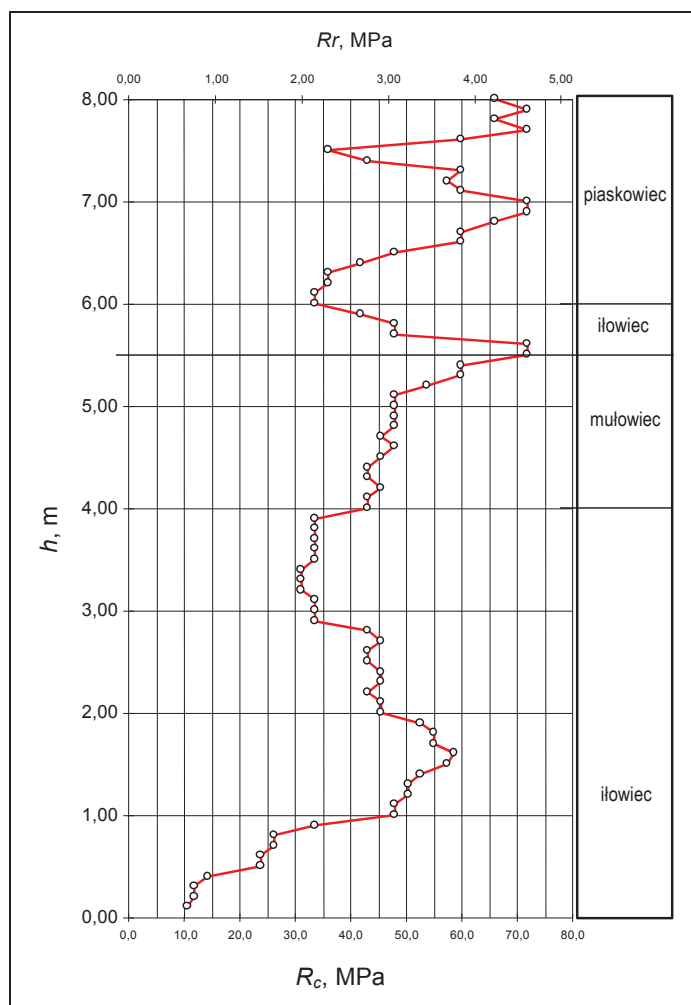
$$R_{C\min} = 10,8 \text{ MPa};$$

$$A = R_{C\dot{s}r} - R_{C\min} = 39,4 - 10,8 = 28,6 \text{ MPa};$$

$$F = 11;$$

$$W_O = 30.$$

Korzystając ze wzorów (2) i (3) otrzymuje się  $SP = 0,52$  i  $RQDp = 48\%$ .

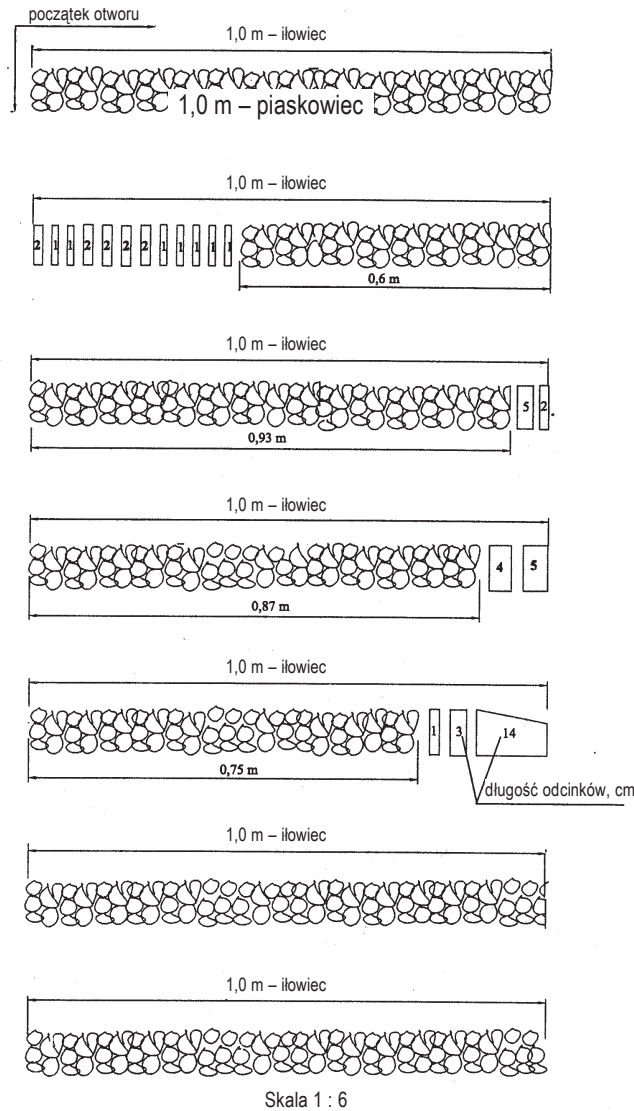


**Rys. 3.** Wyniki badań penetrometrycznych (KWK Wieczorek):  $R_c$  – wytrzymałość na ściskanie,  $h$  – odległość od stropu pokładu,  $R_r$  – wytrzymałość na rozciąganie

**Fig. 3.** Results of penetrometrical researches (KWK Wieczorek):  $R_c$  – compressing resistance,  $h$  – distance from sling,  $R_r$  – stretching resistance

**Przykład 3**

Rdzeń dostarczony do badań laboratoryjnych jest w postaci rumoszu skalnego (rys. 4). Jeżeli wyniki  $RQD$  uzyskane na podstawie oględzin rdzenia skonfrontuje się z obliczoną wartością  $RQD_p$  (jak w przykładzie 2) może okazać się, że są one nieporównywalne. Można więc sformułować zalecenie, że jeżeli stan górotworu *in situ* różni się od stanu rdzenia, to należy przyjmować  $RQD$  określone penetrometrem lub inną metodą. Wygląd rdzenia w tym przypadku należy kojarzyć z techniką wiercenia i sposobem transportu.



**Rys. 4.** Opis rdzenia rozdrobnionego  
**Fig. 4.** Core divided on smaller pieces description

## PODSUMOWANIE

W artykule omówiono nową metodę obliczania wskaźnika szczelinowatości górotworu  $RQD$ . Potrzeba opracowania takiej metody wyniknęła z wieloletniej praktyki projektowania obudowy kotwiowej w kopalniach węgla. Na podstawie analiz usunięto następujące wnioski:

- Podstawę metody stanowią wyniki badań uzyskane hydraulicznym penetrometrem otworowym, z wykorzystaniem spadków wytrzymałości górotworu poniżej średniej (2), które są przeliczane na wskaźnik szczelinowatości  $RQDp$  (3).
- Analiza statystyczna zebranych wyników potwierdziła ich wiarygodność. Liczba 29 (tabl. 1) oznaczeń jest wystarczająca, aby na poziomie istotności  $\alpha = 0,1$  i przy dokładności oznaczenia  $d = 0,1$  określić empiryczną zależność między  $RQD$  uzyskanym na podstawie oględzin rdzenia i metodą penetrometryczną

$$RQD = Wd RQDp$$

gdzie  $Wd$  – wskaźnik dopasowania należący do przedziału (0,67–1,23), średnia 0,95.

- Nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy, że wyniki badań szczelinowatości uzyskane na podstawie oględzin rdzenia oraz z badań penetrometrycznych pochodzą z jednej populacji.
- Aspektem praktycznym prezentowanej metody jest możliwość określania szczelinowatości górotworu dwoma równoważnymi, niezależnymi metodami. Istnieje tym samym możliwość dokładniejszego projektowania wyrobisk podziemnych.
- W celu zwiększenia precyzji metody są prowadzone dalsze badania.

## Literatura

1. Bobrowski D. (1986): *Probabilistyka w zastosowaniach technicznych*. Warszawa, Wydaw. Naukowo-Techniczne.
2. Daniek J. (1977): *Statystyka matematyczna dla potrzeb górnictwa*. Skrypt szkoleniowy. Katowice, GIG.
3. Kidybiński A. (1982): *Podstawy geotechniki kopalnianej*. Katowice, Wydaw. Śląsk.
4. Kidybiński A. i inni (1998): *Wyniki badań geotechnicznych oraz sposób wzmacniania skrzyżowania ściany XII w pokł. 405/3 z chodnikiem podścianowym dla zastosowania przesyłu kąowego*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
5. Kidybiński A. i inni (1999): *Projekt przykotwienia łuków stropnicowych w chodniku 004 w pokł. 501*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
6. Kidybiński A. i inni (2001): *Projekt obudowy kotwiowej dla chodnika nadścianowego Z-2 i dowerzchni Z-2 w pokł. 413/1+2 wraz z nadzorem autorskim*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
7. Kidybiński A. i inni (2001): *Projekt obudowy kotwiowej dla chodnika odstawczego i pochylni Z-2 w pokł. 411/1 wraz z nadzorem autorskim*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
8. Nierobisz A. i inni (2002): *Badania i projekt samodzielnej obudowy kotwiowej i podporowo-kotwiowej wyrobiska w pokładzie 509 poziom 380 zlokalizowanego*

- w filarze ochronnym szybów głównych. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
9. Nierobisz A. i inni (1998): *Badanie penetrometryczne i określenie parametrów geomechanicznych skał stropowych, spągowych i węgla dla pokładu 308, parcela pomiędzy uskokami „Emil” i „Wojciech” oraz na północ od chodnika 302*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  10. Nierobisz A. i inni (1998): *Badanie penetrometryczne i określenie parametrów geomechanicznych skał stropowych, spągowych i węgla dla pokładu 314, poz. 300, parcela pomiędzy uskokami „Mokierski”, „Hucisko”, „IV”*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  11. Nierobisz A. i inni. (1998): *Określenie parametrów geomechanicznych skał stropowych i węgla pokładu 325 w chodniku 09/B*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  12. Nierobisz A. i inni (2002): *Monitoring obudowy kotwiowej w rozcince 327 dla ściany 308 pokład 620*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  13. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2000): *Badanie parametrów geomechanicznych skał w części wschodniej pokł. 620 w aspekcie zastosowania obudowy kotwiowej dla rozrzedzania obudowy ŁP*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  14. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2000): *Projekt przykątowania luków stropnicowych w pochylni badawczej I i chodniku badawczym II pokład 418, w celu wyeliminowania dodatkowej obudowy wzmacniającej na skrzyżowaniu ściany 436 z chodnikiem badawczym II oraz ściany 439 z pochylnią badawczą I*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice GIG (niepublikowana).
  15. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2001): *Analiza warunków geotechnicznych i opracowanie projektu optymalnego sposobu utrzymania stateczności chodnika kierunkowego nr 6 w pokładzie 304 poz. IV-VI (podścianowy ściany nr 306)*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  16. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2001): *Badania penetrometryczne w chodniku nr 406, pokład 324/3 dla doboru obudowy*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  17. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2001): *Projekt przykotwienia stropnic obudowy specjalnej Arnall dla dowierzchni ściany nr 156 w pokładzie 315 wschód*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  18. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2001): *Weryfikacja projektu przykotwienia stropnic obudowy specjalnej Arnall dla dowierzchni ściany nr 156 w pokładzie 315 wschód*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  19. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2002): *Badania parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych górotworu wraz z projektem kotwienia skrzyżowania ściana-chodnik i projektem wzmocnienia obudowy za frontem ściany 307 w pokładzie 620*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  20. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2002): *Badania parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych górotworu wraz z projektem obudowy podporowo-kotwiowej dla chodnika technologicznego w pokładzie 510 (warstwa podstropowa)*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
  21. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2002): *Badania penetrometryczne w chodniku nr 413, pokład 324/3 dla doboru obudowy*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).

22. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2002): *Badania penetrometryczne w chodniku nr 501, pokład 325 dla doboru obudowy*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
23. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2002): *Badania penetrometryczne w chodniku nr 509, pokład 325 dla doboru obudowy*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
24. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2002): *Badania penetrometryczne w stropie przekopu poz. 550 KWK Wieczorek*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
25. Nierobisz A., Grim A., Nazim J. (2002): *Projekt obudowy podporowo-kotwiowej dla przecinki rozruchowej ściany 4 i 5 w pokładzie 413/2/H zgodnie z obowiązującymi przepisami wraz z kalkulacją kosztów obudowy*. Dokumentacja pracy badawczo-usługowej. Katowice, GIG (niepublikowana).
26. Pilecki Z. (2002): *Wyznaczanie parametrów górotworu na podstawie klasyfikacji geotechnicznych*. Kraków, Wydaw. Drukrol.
27. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. Zał. nr 3, Dz.U. nr 139 poz. 1169 z dnia 2 września 2002.
28. Rułka K. i inni (2000): *Uproszczone zasady doboru obudowy korytarzowych wyrobisk przygotowawczych*. Katowice, GIG.

**Recenzent:** prof. dr hab. inż. Antoni Kidybiński