

Jan Antoni RUBIN
Politechnika Śląska, Gliwice

WPLYW MORFOLOGII POROWATOŚCI KOMPOZYTÓW ŁUPKOPORYTO – CEMENTOWYCH NA ICH WYBRANE CECHY FIZYKOMECHANICZNE

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań własnych autora, dotyczących możliwości kształtowania lekkich kompozytów łupkoporyto – cementowych. Badania objęły głównie wyznaczenie ważniejszych właściwości technicznych, takich jak porowatość, gęstość pozorną, nasiąkliwość masową, wytrzymałość na ściskanie, a także stężenie naturalnych radionuklidów oraz ekshalację radonu. Strukturę tych kompozytów modyfikowano poprzez doziarnianie elporitem, a także poprzez zastosowanie różnych spoiw cementowych.

THE INFLUENCE OF THE POROSITY MORPHOLOGY OF THE RED BURNT SHALE AND CONCRETE COMPOSITES ON THEIR CHOSEN PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS

Summary. In this paper the results of author's different own researches were presented, concerning possibilities of shaping lightweight slate – cement's composites. The researches were done on the most important properties of lightweight composites like porosity, volume density, mass absorbability, compressive strength and also concentration of natural radionuclide's and exhalation of radon. The structure of these composites was modified by adding with elporite, and also across the use of different cements.

1. Wprowadzenie

Nagromadzone na składowiskach Górnego Śląska odpady z przemysłu wydobywczego węgla kamiennego oraz energetyki zawodowej stanowią spore obciążenie dla tutejszego środowiska naturalnego człowieka [6]. Skala, a także zasięg tego zjawiska zależą od bardzo wielu czynników, w tym przede wszystkim od ilości i rodzaju omawianych odpadów, jak również od ich składu chemicznego i granulometrycznego oraz stężenia naturalnych radionuklidów w nich zawartych. Niektóre z tych odpadów są klasyfikowane przez EPA (Environmental Protection Agency) jako odpady szczególnie niebezpieczne, które muszą być zagospodarowane w szczególny sposób. Oprócz aspektu ekologicznego występuje tutaj także

aspekt ekonomiczny związany ze składowaniem tychże odpadów i wynikające z tego faktu wysokie opłaty dla ich „producentów”.

Kroki postępowania przy ocenie możliwości zastosowania ww. odpadów w szeroko pojętym budownictwie, zalecane przez Katedrę Procesów Budowlanych Politechniki Śląskiej, to:

- a) określenie poziomu stężeń naturalnych pierwiastków promieniotwórczych;
- b) określenie zawartości metali ciężkich oraz związków szkodliwych;
- c) określenie pozostałych istotnych cech technicznych.

W niniejszym referacie przedstawiono wyniki badań prowadzonych pod kątem możliwości kształtowania kompozytów lekkich kruszywowych o matrycach cementowych, na bazie odpadów przemysłowych, takich jak: łupkoporyt ze zwałów (KWK Rydułtowy i KWK Jowisz) oraz kruszywo żuźlowo – łupkowe (stara hałda k. Rybnika), jak również elporyt (żużel z Elektrowni Rybnik). Celem badań było określenie wpływu porowatości kompozytów na intensywność ekshalacji radonu oraz na wybrane cechy fizykomechaniczne (gęstość pozorna, nasiąkliwość wagowa i wytrzymałość na ściskanie).

2. Promieniotwórczość naturalna

Spośród naturalnych pierwiastków promieniotwórczych występujących w przyrodzie istotne znaczenie ze względu na poziom tła naturalnego w środowisku mieszkalnym człowieka mają [1]:

- ♦ potas K-40 (okres półrozpadu $T_{1/2} \approx 1,32 \times 10^9$ lat);
- ♦ uran U-238 (okres półrozpadu $T_{1/2} \approx 4,50 \times 10^9$ lat) wraz z izotopami promieniotwórczymi szeregu uranowego (np. Ra-226, $T_{1/2} \approx 1599$ lat);
- ♦ tor Th-232 (okres półrozpadu $T_{1/2} \approx 1,41 \times 10^{10}$ lat) wraz z izotopami promieniotwórczymi szeregu torowego.

Rozpad promieniotwórczy wspomnianych wyżej izotopów jest źródłem cząstek alfa i beta oraz promieniowania gamma. Od stężenia naturalnych radionuklidów w zewnętrznej warstwie skorupy ziemskiej oraz w surowcach i materiałach budowlanych zależy moc dawki promieniowania gamma zarówno na otwartym terenie, jak i wewnątrz obiektów kubaturowych.

3. Wskaźniki aktywności

Określenie zanieczyszczeń promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych polega na wyznaczeniu sumarycznej aktywności występujących w nich radionuklidów (tzn. potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-232) oraz pośrednio wielkości emisji gazowego radonu Rn-222 i porównaniu wyników z wymaganiami zawartymi w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 2.01.2007 r. [3]. Wyznaczenie stężenia naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w badanych surowcach i materiałach pozwala na wyliczenie tzw. wskaźników aktywności.

We wspomnianym powyżej Rozporządzeniu Rady Ministrów RP [3] oraz Instrukcji ITB № 234 [2] wskaźniki aktywności zdefiniowane są dwiema zależnościami:

$$f_1 = \frac{S_K}{3000} + \frac{S_{Ra}}{300} + \frac{S_{Th}}{200} \quad (1)$$

$$f_2 = S_{Ra} \quad (2)$$

gdzie: S_K , S_{Ra} , S_{Th} – stężenie potasu, radu i toru w badanych surowcach lub materiałach budowlanych, w [Bq/kg].

Wartości wskaźników aktywności (1) i (2) w surowcach i materiałach budowlanych, stosowanych w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi oraz inwentarza żywego, nie mogą przekraczać o więcej niż 20% wartości $f_1 = 1,0$ oraz $f_2 = 200$ Bq/kg.

4. Morfologia radonu

W przyrodzie występują trzy emanacje radonowe: aktywna, torowa i radowa [1]. Najważniejszym izotopem radonu jest radon Rn-222. Radon jest bezbarwnym i bezwonny gazem szlachetnym, należącym do rodziny głównej helowców. Pochodzi on bezpośrednio od najbardziej rozpowszechnionego izotopu radu Ra-226, który jest ósmym z kolei członem szeregu uranowego (uran U-238). Rozpad radu można przedstawić w postaci jak niżej:



Z zapisu powyższego wynika właśnie, iż rad jest nietrwały i może wyemitować cząstkę alfa, wydzielając w każdym zaistniałym akcie rozpadu 4,87 MeV energii. Czas połowicznego

rozpadu radonu Rn-222 wynosi 3 dni, 19 godzin i 12 minut. W przeważającej części promieniowanie wszystkich izotopów radonu podczas ich rozpadu przypada na cząstki alfa.

Niektóre substancje, takie jak np. węgiel aktywny – pochłaniają energicznie radon. Radon, obecny w powietrzu wentylowanym, jest tą częścią atomów tego pierwiastka, która zdołała się uwolnić ze struktur mineralnych (głównie z podłoża gruntowego, ale w mniejszym stopniu również z materiałów budowlanych). Proces uwalniania się radonu z minerałów jest ułatwiony przez fakt, iż w momencie rozpadu radu dochodzi do emisji wspomnianej już cząstki alfa, a nowo utworzony atom radonu zostaje odrzucony siłą odrzutu w przeciwnym kierunku. Dzięki temu odrzutowi nowo powstały atom radonu może przebyć drogę od minimum ok. 20 nm w obrębie struktury minerału, do maksimum ok. 0,1 mm w powietrzu. Atomy radonu, które siłą odrzutu zostały wyrzucone poza ziarno mineralne do przestrzeni porowej, tworzą tzw. frakcję uwolnioną w sposób bezpośredni. Liczba atomów radonu uwolnionych z ziaren mineralnych dzięki odrzutowi alfa jest tym większa, im krótsza jest droga do przestrzeni porowej. Jeżeli atomy radu są rozmieszczone równomiernie w obrębie ziarna mineralnego, to długość tej drogi zależy głównie od średnicy tychże ziaren.

Pewnego rodzaju uzupełnieniem frakcji uwolnionej w sposób bezpośredni jest tzw. frakcja uwolniona pośrednio. Zjawisko to polega na tym, iż część nowo utworzonych atomów radonu zdolna jest przelecieć przestrzeń porową i wbić się w kolejne ziarno mineralne. Pozostawiają one za sobą kanał wlotowy będący rezultatem upłynnienia lub też odparowania minerału na drodze swego przelotu. Kanał ten ułatwia wsteczną migrację do przestrzeni porowej.

Przejście gazowego radonu do przestrzeni porowej jest pierwszym etapem jego migracji w środowisku. Dotyczy to w mniejszym lub większym zakresie wszystkich porowatych ciał mineralnych, w których występuje rad Ra-226.

Wielkości ekshalacji radonu z przedmiotowych próbek kompozytowych wyznaczono z zależności [4]:

$$E_{Rn} = \frac{S_{Rn} \cdot V_k \cdot \lambda_{Rn}}{F_{pr} \cdot (1 - e^{-\lambda_{Rn} \cdot t})} \quad (4)$$

gdzie: E_{Rn} – ekshalacja radonu z próbki, [Bq/m²h]; S_{Rn} – pomierzone stężenie radonu, [Bq/m³]; V_k – objętość komory pomiarowej, [m³]; λ_{Rn} – stała rozpadu Rn-222 = $7,56 \times 10^{-3}$, [1/h]; F_{pr} – powierzchnia całkowita próbki, [m²]; t – czas ekspozycji próbki w komorze pomiarowej, [h].

5. Badania laboratoryjne

Ze względu na brak frakcji piaskowych (fr. 0÷2 mm) łupkoporytów ze zwałów zastosowano w omawianych kompozytach w tym charakterze elporyt. Poza tym wykorzystano łupkoporyt ze zwałów frakcji 2÷16 mm (KWK Jowisz) oraz cement portlandzki CEM I 32,5. W pierwszym etapie wykonano i przebadano następujące kompozyty (wykonywane z mieszanki o konsystencji plastycznej V-2):

- A/3, A/4, A/5 – stosunek wagowy cement: kruszywa (100% elporytu) odpowiednio 1:3, 1:4, 1:5;
- B/3, B/4, B/5 – stosunek wagowy cement: kruszywa (50% fr.0÷2 mm (elporyt) i 50% fr 2÷16 mm (łupkoporyt)) odpowiednio 1:3, 1:4, 1:5;
- C/3, C/4, C/5 – stosunek wagowy cement : kruszywa (33% fr.0÷2 mm (elporyt) i 67% fr 2÷16 mm (łupkoporyt)) odpowiednio 1:3, 1:4, 1:5;

Współczynnik przewodności cieplnej λ dla omawianych kompozytów w stanie powietrzno – suchym kształtował się na poziomie $0,32 \div 0,56$ W/(m·K).

Wybrane wyniki badań zaprezentowano w tablicy 1.

Tablica 1

Wybrane cechy techniczne omawianych kompozytów cementowych [5]

Ozn.	f_c [MPa]	ρ_p [kg/dm ³]	n_w [%]	Wskaźniki aktywności:	
				f_{1max} [-]	f_{2max} [Bq/kg]
A/3	7,1	1,335	30,40	0,625	143,35
A/4	4,8	1,303	36,01	0,603	143,11
A/5	4,6	1,286	33,83	0,615	151,36
B/3	19,6	1,742	18,58	0,687	162,32
B/4	13,5	1,739	19,83	0,675	161,82
B/5	9,4	1,655	20,24	0,628	159,25
C/3	29,4	1,600	15,90	0,627	153,00
C/4	20,2	1,640	13,76	0,626	151,00
C/5	14,0	1,510	18,27	0,759	189,00

gdzie: f_c – wytrzymałość na ściskanie kostek 15×15×15 cm, [MPa];

ρ_p – gęstość pozorna, [kg/dm³];

n_w – nasiąkliwość wagowa, [%].

$f_{1\max}$ i $f_{2\max}$ – maksymalne wartości wskaźników aktywności (wartość zasadnicza powiększona in plus o wartość niepewności rozszerzonej – odpowiednio Δf_1 i Δf_2).

W dalszych badaniach wykorzystano cementy CEM I 32,5R, CEM II/A-S 32,5R i CEM II/B-S 32,5R oraz CEM III/A 32,5N. Zastosowano również 30% dodatki mączek mineralnych – glinianej MG i piaskowej MP oraz pyłu krzemionkowego PK – jako zamienników cementu portlandzkiego CEM I 32,5R. Stos okrucowy skomponowano z (wagowo): 70% elporytu (fr. 0÷2 mm) oraz łupkoporytu ze zwałów w ilości 20% (fr. 2÷4 mm) i kruszywa żużlowo – łupkowego w ilości 10% (fr. 4÷8 mm).

Badania opisane w pracy [4] obejmowały:

- pomiary porowatości porozymetrem rtęciowym (model Carlo Erba 2000),
- oznaczenie wybranych cech technicznych (na walcach $H = \varnothing = 8$ cm),
- pomiary stężenia radonu S_{Rn} metodą Pico-Rad (przy użyciu analizatora LSC typu Tri-Carb 1900 TR),
- pomiary stężeń radu S_{Ra} w omawianych kompozytach (przy użyciu spektrometru półprzewodnikowego HPGe CANBERRA).

Wyniki omawianych badań i oznaczeń zaprezentowano w tablicach 2÷4.

Symbole badanych serii i mieszanek oznaczają: „C3” – kompozyty kształtowane przy użyciu cementów ze zróżnicowaną zawartością granulowanego żużla wielkopiecowego (CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM III/A), ilość cementu = constans; „C/I” – kompozyty kształtowane przy użyciu zróżnicowanej ilości cementu portlandzkiego CEM I; „C30” – kompozyty kształtowane przy użyciu cementu portlandzkiego z dodatkiem 30% różnych mączek mineralnych, ilość spoiwa = constans.

Tablica 2

Betony serii „C/I” – zróżnicowana ilość cementu portlandzkiego CEM I [4]

Lp.	CECHY TECHNICZNE	Jednostki	Symbol betonu				
			C5/I	C4/I	C3/I	C2/I	
1.	Wskaźniki aktywności:	f_{1max}	[–]	0,735	0,735	0,663	0,603
		f_{2max}	[Bq/kg]	94,76	92,34	83,60	77,56
2.	Stężenie radonu, S_{Rn} :	[Bq/m ³]	79,02 ± 5,86	69,00 ± 4,24	48,87 ± 4,15	31,88 ± 2,67	
3.	Ekshalacja radonu, E_{Rn} :	[Bq/m ² h]	0,5276 ± 0,0391	0,4607 ± 0,0283	0,3263 ± 0,0277	0,2129 ± 0,0178	
4.	Objętość całkowita porów, V_{cp}	[mm ³ /g]	91,98	105,73	114,02	140,91	
5.	Powierzchnia właściwa porów, F_{wp}	[m ² /g]	0,25	0,87	1,62	2,83	
6.	Średni promień porów, P_p	[nm]	1981,9	78,6	63,0	79,3	
7.	Porowatość względna, P_w	[%]	12,32	15,01	11,63	12,96	
8.	(F_{wp} / V_{cp})	[1/pm]	2,72	8,23	14,21	20,08	
9.	Gęstość pozorna, ρ_p	[kg/dm ³]	1,222	1,282	1,337	1,377	
10.	Nasiąkliwość wagowa, n_w	[%]	32,91	30,01	27,83	24,18	
11.	Wytrzymałość na ściskanie, f_c	[MPa]	4,41	6,20	8,77	9,32	

Tablica 3

Betony serii „C3” – stała ilość spoiwa cementowego (cementy żuźlowe) [4]

Lp.	CECHY TECHNICZNE	Jednostki	Symbol betonu				
			C3/I	C3/IIA	C3/IIB	C3/IIIA	
1.	Wskaźniki aktywności:	f_{1max}	[–]	0,663	0,699	0,699	0,723
		f_{2max}	[Bq/kg]	83,60	89,11	89,57	95,85
2.	Stężenie radonu, S_{Rn} :	[Bq/m ³]	48,87 ± 4,15	78,78 ± 5,00	83,31 ± 5,18	87,84 ± 5,37	
3.	Ekshalacja radonu, E_{Rn} :	[Bq/m ² h]	0,3263 ± 0,0277	0,5260 ± 0,0334	0,5563 ± 0,0346	0,5865 ± 0,0359	
4.	Objętość całkowita porów, V_{cp}	[mm ³ /g]	114,02	130,52	124,44	119,19	
5.	Powierzchnia właściwa porów, F_{wp}	[m ² /g]	1,62	3,62	3,64	3,66	
6.	Średni promień porów, P_p	[nm]	63,0	63,0	54,2	31,3	
7.	Porowatość względna, P_w	[%]	11,63	19,70	16,42	17,40	
8.	(F_{wp} / V_{cp})	[1/pm]	14,21	27,74	29,25	30,71	
9.	Gęstość pozorna, ρ_p	[kg/dm ³]	1,337	1,331	1,324	1,312	
10.	Nasiąkliwość wagowa, n_w	[%]	27,83	26,32	27,18	27,38	
11.	Wytrzymałość na ściskanie, f_c	[MPa]	8,77	8,64	8,51	8,38	

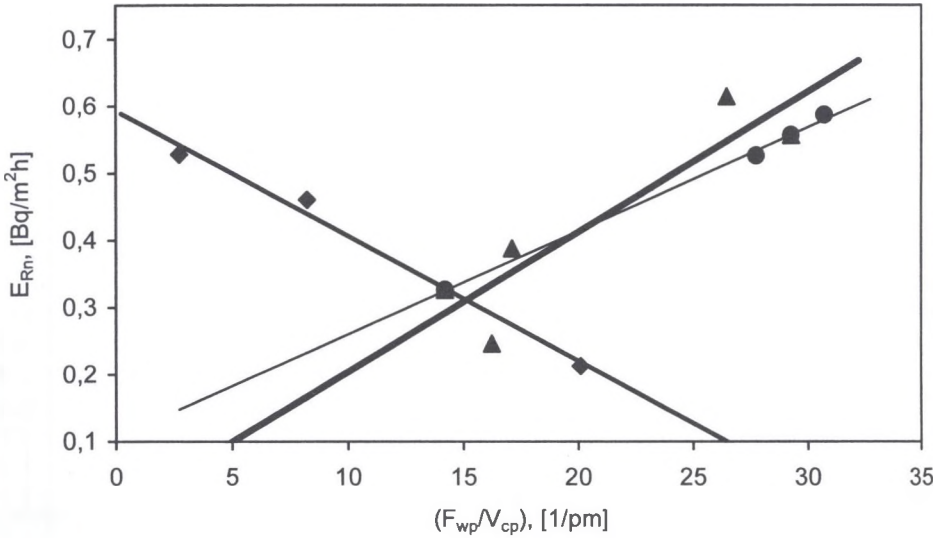
Tablica 4

Betony serii „C30” – stała ilość spoiwa cementowego (z dodatkiem mączki mineralnej) [4]

Lp.	CECHY TECHNICZNE	Jednostki	Symbol betonu					
			C3/I	C3/IMG	C3/IPK	C3/IIB	C3/IMP	
1.	Wskaźniki aktywności:	f_{1max}	[-]	0,663	0,687	0,663	0,699	0,686
		f_{2max}	[Bq/kg]	83,60	84,36	83,91	89,57	86,34
2.	Stężenie radonu, S_{Rn} :	[Bq/m ³]	48,87 ± 4,15	36,89 ± 2,98	58,14 ± 4,68	83,31 ± 5,18	91,92 ± 6,63	
3.	Ekshalacja radonu, E_{Rn} :	[Bq/m ² h]	0,3263 ± 0,0277	0,2463 ± 0,0199	0,3882 ± 0,0312	0,5563 ± 0,0346	0,6137 ± 0,0443	
4.	Objętość całkowita porów, V_{cp}	[mm ³ /g]	114,02	99,19	78,32	124,44	120,97	
5.	Powierzchnia właściwa porów, F_{wp}	[m ² /g]	1,62	1,61	1,34	3,64	3,20	
6.	Sredni promień porów, P_p	[nm]	63,0	78,8	39,2	54,2	31,4	
7.	Porowatość względna, P_w	[%]	11,63	14,08	10,49	16,42	16,93	
8.	(F_{wp} / V_{cp})	[l/pm]	14,21	16,23	17,11	29,25	26,45	
9.	Gęstość pozorną, ρ_p	[kg/dm ³]	1,337	1,296	1,373	1,324	1,321	
10.	Nasiąkliwość wagowa, n_w	[%]	27,83	27,59	21,60	27,18	24,23	
11.	Wytrzymałość na ściskanie, f_c	[MPa]	8,77	5,63	8,22	8,51	6,36	

6. Analiza wyników

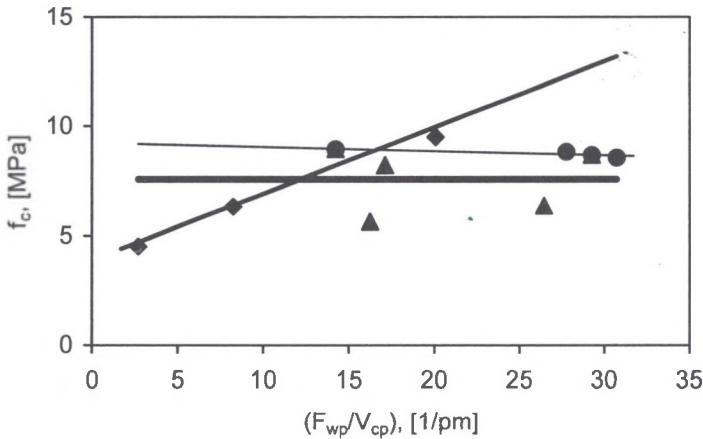
Spośród parametrów charakteryzujących porowatość kompozytów łupkoporyto – cementowych wartość liczbowa stosunku powierzchni właściwej porów (F_{wp}) do objętości całkowitej porów (V_{cp}) wykazuje największą korelację z wartościami wybranych cech technicznych. Jednak tylko w jednym przypadku (kompozyty serii „C/I”) stwierdzono istnienie realistycznych korelacji, zgodnych z fizyczną oceną opisywanych zjawisk. W pozostałych seriach takich korelacji brak. Współzależność między omawianymi wielkościami zilustrowano na rys. 1, 2 i 3. Jako skład wyjściowy przyjęto skład mieszanki, z której wykonano próbki o symbolu C3/I.



Rys. 1. Zależność pomiędzy porowatością kompozytów (F_{wp}/V_{cp}) a wielkością ekshalacji radonu E_{Rn} :

- – kompozyty serii „C3”, $\{E_{Rn} = 0,0154(F_{wp}/V_{cp}) + 0,1057; k = 1,00\}$;
- ◆ – kompozyty serii „C/I”, $\{E_{Rn} = -0,0186(F_{wp}/V_{cp}) + 0,5925; k = 0,99\}$;
- ▲ – kompozyty serii „C30”, $\{E_{Rn} = 0,0209(F_{wp}/V_{cp}) - 0,0045; k = 0,91\}$

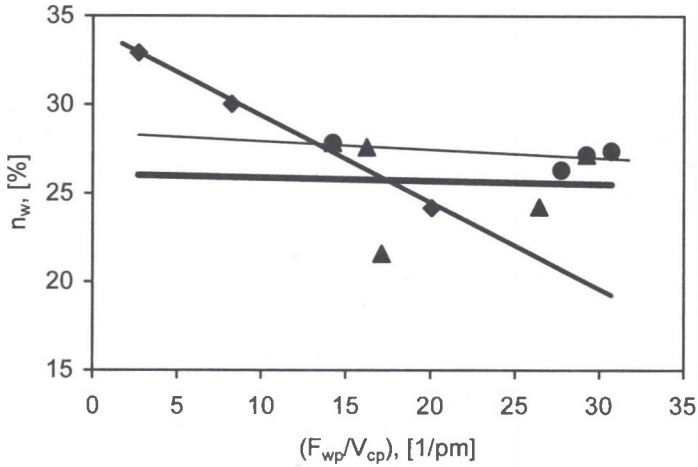
Fig. 1. The dependence among the porosity of concretes (F_{wp}/V_{cp}), and with the size exhalation of radon E_{Rn}



Rys. 2. Analiza metodą regresji liniowej zależności wytrzymałości na ściskanie f_c od porowatości kompozytów (F_{wp}/V_{cp}):

- ◆ kompozyty serii „C/I”, $\{f_c = 0,3037(F_{wp}/V_{cp}) + 3,8874; k = 0,97\}$;
- kompozyty serii „C3”, $\{f_c = -0,1960(F_{wp}/V_{cp}) + 9,2496; k = 0,86\}$;
- ▲ kompozyty serii „C30”, $\{f_c = -0,0005(F_{wp}/V_{cp}) + 7,5777; k = 0,002\}$

Fig. 2. The analysis with the method of the regress of the lineal dependence of the compression strength f_c from the porosity of concretes (F_{wp}/V_{cp})



Rys. 3. Analiza metodą regresji liniowej zależności nasiąkliwości wagowej n_w od porowatości kompozytów (F_{wp}/V_{cp})

◆ kompozyty serii „C/I”, $\{n_w = -0,4885(F_{wp}/V_{cp}) + 34,2580; k = 1,00\}$;

● kompozyty serii „C3”, $\{n_w = -0,0473(F_{wp}/V_{cp}) + 28,3840; k = 0,57\}$;

▲ kompozyty serii „C30”, $\{n_w = -0,0185(F_{wp}/V_{cp}) + 26,0680; k = 0,05\}$

Fig. 3. The analysis with the method of the regress of the lineal dependence absorbability of balance- n_w from the porosity of concretes (F_{wp}/V_{cp})

7. Podsumowanie

- Wzrost ilości łupkoporytu w przebadanych kompozytach (przy stałej zawartości cementu) wpływa w sposób istotny na wzrost wytrzymałości na ściskanie tychże.
- Analizując uzyskane wyniki, można dostrzec realną współzależność pomiędzy strukturą wewnętrzną badanych mediów próbnych a wydzielaniem się z nich radonu, ale tylko w przypadku kompozytów serii „C/I”. Wynika to z porowatej struktury kompozytów łupkoporyto – cementowych oraz z zawartej w nich odpowiedniej ilości i o określonym wymiarze porów efektywnych, odpowiedzialnych za transport radonu; co w funkcji czasu wiąże się ze stałą rozpadu tego promieniotwórczego gazu.
- Także współzależność porowatości omawianych kompozytów opisanych parametrem (F_{wp}/V_{cp}) z wytrzymałością na ściskanie i z nasiąkliwością wagową charakteryzuje się wysoką korelacją liniową, ale również tylko w kompozytach serii „C/I”.
- W kompozytach kształtowanych przy użyciu spoiwa z dodatkiem różnych mączek mineralnych otrzymane na wykresach korelacji są fizycznie nieuzasadnione.

- Wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla wszystkich przebadanych próbek kompozytowych nie przekroczyły wielkości dopuszczalnych.

LITERATURA

1. Encyklopedia Techniki: „Energia jądrowa”. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa 1970.
2. Instrukcja № 234/2003 pt. „Badania promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych”. ITB. Warszawa 2003.
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2.01.2007 r. w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów. DzU № 4, poz. 29.
4. Rubin J.A.: Technologiczne kształtowanie struktury betonów lekkich kruszywowych z warunku promieniotwórczości naturalnej. Rozprawa Doktorska. Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa, Gliwice 2001.
5. Rubińska-Jonczy B., Rubin J.A.: Wpływ pyłu krzemionkowego na niektóre cechy betonów elporytowo – łupkowych. XXXIX Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB, Krynica 1993.
6. Rubińska-Jonczy B., Rubin J.A.: Wykorzystanie odpadów z górnictwa i energetyki w budownictwie. Międzynarodowa Konferencja Naukowa: „Problemy ochrony środowiska w warunkach wejścia do Unii Europejskiej”. Wodzisław Śląski 2002.

Recenzent: Prof. dr inż. Lesław Brunarski