

BADANIA PARAMETRÓW MATERIAŁOWYCH PRÓBEK BETONOWYCH Z DODATKIEM TUFÓW ZEOLITOWYCH I PLASTYFIKATORA
(THE RESEARCH ON THE MATERIAL PARAMETERS OF CONCRETE SAMPLES WITH THE ADDITION OF ZEOLITE TUFFS AND PLASTICIZER)

dr inż. Jacek SZULEJ, Politechnika Lubelska, Wydział Budownictwa i Architektury, Katedra Mechaniki Budowli, tel. (081)5384437, e-mail: j.szulej@pollub.pl
st. kpt. dr inż. Paweł Ogródnik, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Zakład Mechaniki Stosowanej, tel. (022)5617544, e-mail: pogródnik@sgsp.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wstępne wyniki drugiego etapu badań parametrów materiałowych betonowych próbek z dodatkiem tufów zeolitycznych i plastyfi katora. Część pierwsza badań została już przedstawiona na konferencji Krynica 2014, gdzie przedstawiono wyniki badań parametrów tłumienia żelbetowych płyt ze zmodyfikowanym spoiwem i parametry materiałowe zmodyfikowanego betonu bez dodatku plastyfi katora. Próbk i poddane badaniom posiadały zmodyfikowane spoiwo, w którym część cementu zastąpiono zeolitem (stosowano 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dodatek zeolitu). Określono cechy materiałowe zmodyfikowanego betonu takie jak: wytrzymałość na ściskanie (po 3, 7, 14, 28 dniach), mrozoodporność, nasiąkliwość, ścieralność oraz wartości modułu Younga i współczynnika Poissona.

Summary: The aim of the article is to present the selected material characteristics of modified concrete. The modification consisted in replacing the part of cement with zeolite, which is a relatively new component of a concrete mix. In the research, the zeolite tuffs, derived from the deposits located in Ukraine, were used. The data contained in the article is the result of the second stage of the research on material parameters of the concrete samples with the addition of zeolite tuffs and plasticizer. The first part of the studies is shown in the works [11, 12], where the tests results of the damping parameters of concrete plates with the modified binder, and of material parameters of modified concrete without the addition of plasticizer, are demonstrated. The samples subjected to tests had a modified binder, in which the part of cement was replaced by zeolite (0%, 10%, 20%, 30%, 40% of zeolite). The following material characteristics of modified concrete were determined: compressive strength (after 3, 7, 14, 28 days), compressive strength after 150 cycles of freezing and thawing, water penetration under pressure, abrasion, as well as the values of Young's modulus and Poisson's ratio.

Wstęp: Światowy rozwój coraz bardziej skomplikowanych konstrukcji o znacznych rozpiętościach i małej sztywności wymusza poszukiwanie nowych lub modyfikację znanych już materiałów o lepszych parametrach. Mając to na uwadze postanowiono rozpoznać cechy materiałowe zmodyfikowanego betonu. Modyfikacja polega na zastąpieniu części cementu zeolitem, czyli stosunkowo nowym składnikiem mieszanki betonowej. Cechy wytrzymałościowe betonów z dodatkiem różnych rodzajów zeolitu znajdującego się w różnych regionach świata są już częściowo rozpoznane, brakuje jednak badań odnoszących się do tufów zeolitycznych pochodzących ze złóż zlokalizowanych na Ukrainie. Kolejnym argumentem skłaniającym do stosowania tufów zeolitycznych jako suplementu cementu jest przyjazny środowisku sposób ich pozyskiwania.

Informacje wstępne o właściwościach, zastosowaniu tufów zeolitycznych: Zeolity to grupa glinokrzemianów o unikalnych właściwościach fizykochemicznych, przez co znajdują bardzo liczne zastosowania praktyczne. Właściwości te wynikają w głównej mierze z ich specyficznej budowy wewnętrznej. W przestrzennym glinokrzemianowym szkieletcie istnieją wolne przestrzenie w postaci komór i kanałów o ściśle określonych rozmiarach molekularnych. Jeśli dodamy do tego odporność chemiczną, wysoką termostabilność, bardzo dobre właściwości katalityczne, sorpcyjno-jonowymiennie i molekularno sitowe to nie dziwi fakt, iż zeolity są niezwykle istotnym materiałem posiadającym liczne zastosowania w technologiach chemicznych, inżynierii i ochronie środowiska, rolnictwie i budownictwie.

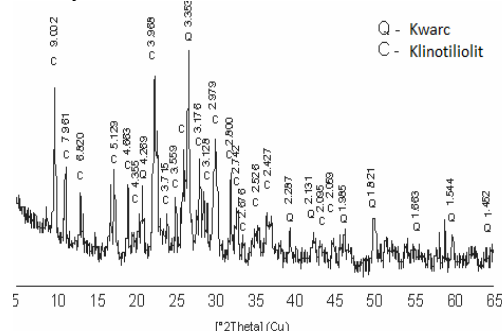
W przyrodzie znanych jest ponad 100 odmian różnego rodzaju minerałów zeolitycznych. Najbardziej rozpowszechnionym minerałem zeolitycznym i zarazem najczęściej wykorzystywanym jest klinoptilolit. Krystalizuje on w układzie jednoskośnym o grupie przestrzennej C2/m i parametrach komórki elementarnej: a=1,766 nm, b=1,726 nm, c=0,720 nm, β=116,4°. Najczęściej podawana formuła krystalograficzna wzoru klinoptilolitu ma postać (K₂,Na₂,Ca)₃[Al₆Si₃₀O₇₂].24H₂O.

Zeolity naturalne a zwłaszcza klinoptilolit wchodzą w reakcję z Ca(OH)₂ jest w stanie utworzyć typowe żelowe produkty hydratacji (C-S-H, C-A-H). Zawartość Ca(OH)₂ w produktach hydratacji zmniejsza się znacznie, co jest przyczyną zwiększonej odporności chemicznej i niższej porowatości układów z cementem zawierającym klinoptilolit. Dlatego też minerał ten stanowi naturalny cenny dodatek pucolanowy do produkcji betonu.

W literaturze dostępne są wyniki badań próbek betonowych z dodatkiem tufów zeolitycznych pochodzących ze złóż występujących na świecie, dowodzą one znacznej efektywności naturalnego zeolitu oddziałującego pozytywnie między innymi na:

- penetrację wodną,
- stopień korozji oraz skurcz betonu,
- zwiększenie wytrzymałości i trwałości,
- odporność na korozję.

Opis badań Do badań wpływu zeolitu na cechy materiałowe zmodyfikowanego betonu wybrano klinoptilolit pochodzący ze złoża tufów zeolitycznych w Sokyrnytsya (obwód Zakarpacki, Ukraina). Dyfraktogram składu mineralnego tej skały przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Dyfraktogram składu mineralnego tufu zeolitycznego

W składzie chemicznym dominują: SiO₂ 68,02 % i Al₂O₃ 12,92 % tworzące szkielet struktury klinoptilolitu, którym towarzyszą: CaO 3,71 %; K₂O 3,36 %; MgO 0,75 % Na₂O 0,69 % - pełniące rolę kationów jonowymiennych kompensujących nadmiar ładunku szkieletu.

Wykonano pięć serii próbek betonowych, w których skład wchodziły próbki sześciennie (15cm x 15cm x 15cm) i walcowe (d=15cm, h=30cm), które zawierały te same ilości kruszywa, wody i plastyfi katora, różniły się natomiast ilością cementu i zeolitu (zawierały 0%, 10%, 20%, 30%, 40% udział zeolitu zamiast cementu). Szczegółowe dane materiałowe dotyczące wykonanych serii próbek przedstawia tabela 1, natomiast rys 2 pokazuje przykładową serię próbek zaraz po zafornowaniu.

Tabela 1. Zestawienie danych materiałowych dotyczących wykonanych serii próbek

Nr serii próbek	I	II	III	IV	V
Rodzaj cementu	I 32.5				
Udział zeolitu (% masy cementu)	0	10	20	30	40
Udział plastyfi katora (% masy cementu)	0,5				
Wymiary ziaren kruszywa naturalnego otoczkowego (mm)	2 - 8				
Wymiary ziaren piasku (mm)	1 - 2				



Rys. 2. Przykładowa seria próbek betonowych wykonanych w laboratorium



Rys. 3. Probki walcowe z naklejonymi tensometrami

Celem badań było określenie jak największej ilości cech materiałowych zmodyfikowanego betonu. Badania przeprowadzono w Laboratorium Budownictwa Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej. Określając moduł Younga i współczynnik Poissona wykorzystano tensometry, które naklejano na próbki walcowe. Przykładowe modele z naklejonymi tensometrami pokazuje rys. 3.

Zakres badań obejmował badania normowe określające:

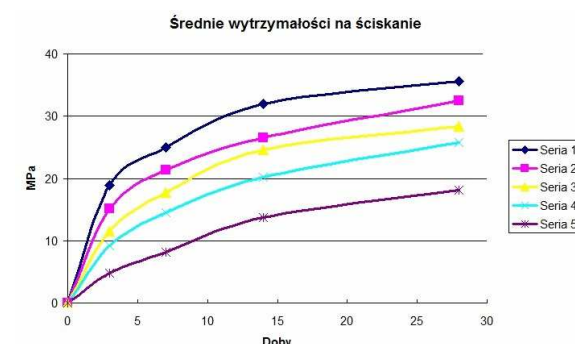
- wytrzymałości betonu na ściskanie (po 3, 7, 14, 28 dniach),
- moduły Younga,
- współczynniki Poissona,
- ścieralność,
- wytrzymałość na ściskanie po cyklach zamrażania i odmrażania,
- przenikalność wody pod ciśnieniem

Wybrane parametry materiałowe betonowych próbek

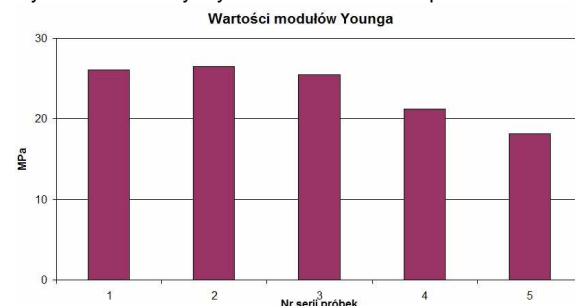
Wytrzymałość na ściskanie mierzono na próbkach sześciennych 15cm x 15cm x 15cm, po 3, 7, 14 i 28 dniach.

Wartości modułu Younga określano wykorzystując tensometry naklejane na próbki walcowe równoległe do kierunku działania siły. Współczynniki Poissona określano wykorzystując względne odkształcenie prostopadłe do kierunku działania siły i względne odkształcenie równoległe do kierunku działania siły. Odkształcenia mierzono dzięki przyklejonym na modelach walcowych, tensometrom. Poziom ścieralności określano wykorzystując tarcze Boehmego. Średnie wartości pokazanych niżej parametrów materiałowych otrzymano badając

każdorazowo trzy próbki. Wyniki przeprowadzonych badań zestawiono na rysunkach 4, 5, 6 i 7.



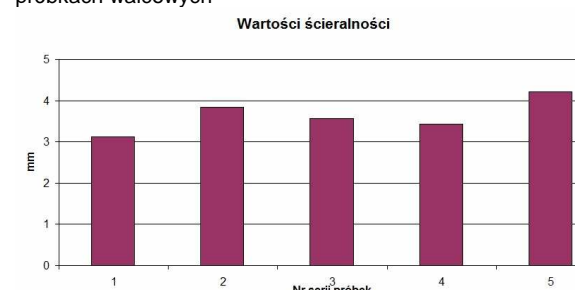
Rys. 4. Średnie wytrzymałości na ściskanie próbek serii 1 do 5



Rys. 5. Średnie wartości modułów Younga określone na próbkach walcowych serii 1 do 5



Rys. 6. Średnie wartości współczynników Poissona określone na próbkach walcowych



Rys. 7. Średnie wartości ubytku próbek sześciennych określone przy ścieralności

WNIOSKI

Próbki serii 1 (próbki bazowe) wykazywały największe wartości wytrzymałości na ściskanie, natomiast próbki serii 2 charakteryzowały się nieco niższymi wartościami. Różnice te były coraz mniejsze im dłuższy był okres dojrzewania próbek betonowych. W celu dokładnego rozpoznania poziomu wytrzymałości na ściskanie istnieje potrzeba przeprowadzenia badań z 5% udziałem zeolitu. Maksymalną wartość modułu Younga wynoszącą 26,5 GPa wykazały próbki serii 2, nieco mniejsze wartości wytrzymałości, bo około 26 GPa, osiągnęły próbki serii 1 i 3. Badania wykazały, że maksymalną wartość współczynnika Poissona wynoszącą 0,186 osiągnęły próbki betonowe z 20% zawartością zeolitu. Próbk i serii 2 i 4 charakteryzowały się wartościami współczynnika Poissona wynoszącymi 0,18. Jeśli chodzi o poziom ścieralności to najmniejszy ubytek wymiarów wynoszący 3,12 mm osiągnęły próbki serii 1, natomiast dodatek 10% zeolitu spowodował ubytek sięgający 3,83 mm. Próbk i betonowe serii 3 i 4 osiągnęły poziom ścieralności wynoszący około 3,5 mm.



PL-BY-UA
2007-2013

Program Współpracy Transgranicznej
Polska- Białoruś - Ukraina 2007 - 2013

Badania zostały sfinansowane z projektu Nr IPBU.01.01.00-06-570/11-00.