

Drobnokruszowy kompozyt mineralny zbrojony włóknami rozproszonymi.

Przedmiotem wynalazku jest drobnokruszowy kompozyt mineralny zbrojony włóknami rozproszonymi, jako rodzaj betonu, znajdujący zastosowanie w budownictwie do wytwarzania elementów narażonych na działanie dużych obciążeń takich, jak: elementy konstrukcyjne, posadzki przemysłowe, fundamenty płytowe, nawierzchnie dróg i pasów lotniskowych, elementy cienkościenne.

Znane i stosowane w budownictwie drobnokruszowe kompozyty mineralne zbrojone włóknami rozproszonymi, poza podstawowymi składnikami zwykłych betonów, zawierają dodatek krótkich włókien rozmieszczonych w całej objętości. Najczęściej stosowane włókna są wykonane z metali albo z polimerów, a także ze szkła i bazaltu. Drobnokruszowy kompozyt z włóknami rozproszonymi w porównaniu z betonem zwykłym, charakteryzuje się większą wytrzymałością na rozciąganie przy zginaniu, na ściskanie i na ścinanie oraz zwiększoną odpornością zmęczeniową i udarnościową, przy czym najkorzystniejsze parametry wytrzymałościowe posiada beton na bazie włókien stalowych.

W znanych drobnokruszowych kompozytach mineralnych, jako kruszywo jest stosowany piasek o wyselekcjonowanej, ograniczonej wielkości ziaren, którego pozyskiwanie polega na wyflukiwaniu przydatnych frakcji ze złoża w procesie zwanym hydroklasyfikacją. Ubocznym, niekorzystnym skutkiem procesu hydroklasyfikacji kruszywa, są zalegające

hałdy piasku odpadowego, powodujące degradację środowiska naturalnego. Piasek odpadowy posiada zróżnicowaną ziarnistość o wymiarach w zakresie 0,001 - 4 mm, przy czym stwierdzony statystycznie udział wagowy ziaren o wielkości w zakresie 0,001 – 0,125 mm wynosi  $2\% \pm 2\%$ , w zakresie 0,125 – 0,25 mm wynosi  $16\% \pm 4\%$ , w zakresie 0,25 - 0,5 mm wynosi  $36\% \pm 6\%$ , w zakresie 0,5 – 1 mm wynosi  $26\% \pm 3\%$ , w zakresie 1 – 2 mm wynosi  $17\% \pm 4\%$ , w zakresie 2 – 4 mm wynosi do  $3\% \pm 2\%$ .

Jeden ze znanych drobnokruszywowych kompozytów, jest ujawniony w międzynarodowym dokumencie patentowym nr WO9501316. Kompozyt składa się w procentach wagowych w ilości 25 - 52,5% z cementu portlandzkiego, w ilości 31,5 - 37,5% z drobnoziarnistego piasku o średniej wielkości ziarna 0,15 - 0,4 mm, w ilości 5,25 - 10% z krzemionki o średniej ważonej wielkości ziaren mniejszych niż 0,0005 mm, w ilości 5,25 - 20% z włókien stalowych o średniej długości od 10 - 14 mm, w ilości co najmniej 0,25% z superplastyfikatora (poliakrylanu) oraz w ilości 5,25 - 7,5% z wody.

Zastosowany w tym znanym kompozycie piasek o wąskim zakresie wymiarowym ziaren, także wiąże się z kłopotliwym procesem jego pozyskiwania i z hałdami zalegającego piasku odpadowego o wielkościach ziaren wykraczających poza wymagany zakres wymiarowy.

Celem wynalazku jest uzyskanie drobnokruszywowego kompozytu mineralnego opartego na piasku odpadowym po procesie hydroklasyfikacji, z wykorzystaniem wszystkich frakcji wymiarowych ziaren w nim zawartych.

Drobnokruszywowy kompozyt mineralny według wynalazku, składający się ze zmieszanej masy kruszywa z cementem, pyłami krzemionkowymi, superplastyfikatorem, wodą i stalowymi włóknami rozproszonymi, jest charakterystyczny tym, że zawiera w proporcjach wagowych cement w ilości 16,57 - 20,25%, piasek odpadowy z procesu hydroklasyfikacji o wielkości ziaren w zakresie 0,001 – 4,0 mm w ilości 61,93 - 75,70%, pyły krzemionkowe w ilości 0,83 - 1,01%, superplastyfikator w ilości 0,66 - 0,81%, włókna stalowe o długości w zakresie 45 - 55 mm i

średnicy w zakresie 0,72 – 0,88 mm w ilości 3,69 - 4,51% oraz wodę w ilości 6,31 - 7,71%.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest drobnokruszywowy kompozyt mineralny, w którym jako kruszywo zastosowano piasek odpadowy w pełnym zakresie wymiarowym ziaren z zalegających hałd po procesach hydroklasyfikacji, dzięki czemu jest możliwe wyeliminowanie znacznych kosztów rekultywacji obszarów, na których te hałdy zalegają. Taki kompozyt charakteryzuje się dobrą urabialnością mieszaniny składników oraz wyróżnia się wysoką wytrzymałością na rozciąganie przy rozłupywaniu, dużym statycznym i dynamicznym modułem sprężystości, a także dużą szczelnością i mrozoodpornością.

#### Przykład wykonania

Wykonano drobnokruszywowy kompozyt mineralny, złożony ze zmieszanych składników o zawartości w proporcjach wagowych:

68,82% piasek odpadowy,

18,41% cement CEM II 42,5R A-V,

0,92% pyły krzemionkowe,

0,74% superplastyfikator Betocrete 406 FM

4,10% włókna stalowe o długości 50 mm i średnicy 0,8 mm o haczykowatym kształcie

7,01% woda wodociągowa.

Zważone składniki sypkie, takie jak piasek odpadowy cement i pyły krzemionkowe w pierwszej kolejności poddano mieszaniu w mieszarce do betonu w czasie około 240 sekund, do uzyskania jednorodnej masy. Zastosowano piasek odpadowy zawierający udział wagowy ziaren o wielkości do 0,125 mm 1%, o wielkości 0,125 - 0,25 mm 16%, o wielkości 0,25 - 0,5 mm 36,8%, o wielkości 0,5 - 1 mm 25,9%, o wielkości 1 - 2 mm 16,7%, o wielkości 2 - 4 mm 3,7%.

Superplastyfikator dodano do wody i dokładnie wymieszano przez około 30 sekund, po czym mieszaninę dodawano stopniowo do

wymieszanych wcześniej składników sypkich w mieszarce do betonu, ciągle mieszając przez kolejne 600 sekund. W trakcie mieszania dodawano włókna stalowe stopniowo, w czasie 60 sekund w celu uniknięcia ich miejscowej koncentracji. Po dodaniu włókien mieszanie kontynuowano przez następne 300 sekund.

Podczas wykonywania wyrobu, mieszaniną kompozytu wypełniono formę do połowy wysokości i poddano wibrowaniu przez około 20 sekund, po czym formę wypełniono w całości. Po wypełnieniu formy, kompozyt poddano wibrowaniu przez kolejne 30 sekund. Wypełnioną formę przykryto folią budowlaną, aby zapobiec wyschnięciu wyrobu. Po upływie 24 godzin przy temperaturze wyższej niż +15°C i po rozformowaniu wyrób polano wodą i przykryto folią budowlaną na 28 dni.

Uzyskane właściwości wyrobu z drobnokruszywowego kompozytu według wynalazku zestawiono niżej w tabeli.

Właściwość			Wartość
Gęstość pozorna w stanie suchym	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	2290
Wytrzymałość na ściskanie	$f_{c, cyl}$	[MPa]	64,4
Wytrzymałość na ściskanie	$f_{c, cube}$	[MPa]	67,6
Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu	$f_{t, spl}$	[MPa]	7,3
Statyczny moduł sprężystości	$E_{cm}$	[GPa]	36,7
Dynamiczny moduł sprężystości	$E_d$	[GPa]	45,9
Pełzanie	$\varepsilon_p$	[%]	0,26
Skurcz	$\varepsilon_{cs}$	[%]	0,88
Odporność na ścieranie	$A$	[cm <sup>3</sup> /50cm <sup>2</sup> ]	9,0
Wytrzymałość resztkowa	$f_{Ri}$	[MPa]	$f_{R1} = 9,3$
			$f_{R2} = 8,8$
			$f_{R3} = 7,9$
			$f_{R4} = 7,0$
Wytrzymałość na ścinanie	$\tau$	[MPa]	12,9