

Beton zbrojony włóknami pozyskanymi ze zużytych maseczek ochronnych

Concrete reinforced with fibers obtained from used protective masks

dr inż. Jacek Szpetulski (ORCID: 0000-0002-7892-476X), Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska, dr hab. inż. Bohdan Stawiski (ORCID: 0000-0002-9833-955X), Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Klaudia Michalska, studentka, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.3643

Streszczenie: Produkcja odpadów medycznych na świecie jest bardzo duża, co przekłada się na zaśmiecenie środowiska. W ostatnim czasie produkcja odpadów medycznych została znacznie zwiększona z powodu przeciwdziałania wirusowi SARS-CoV-2, który wywołuje chorobę zwaną COVID-19 i przyczynił się do powstania pandemii. W celu zapobiegania zarażeniu się wirusem SARS-CoV-2 stało się powszechne używanie maseczek ochronnych, a tym samym na wysypiskach przybyło w ogromnym stopniu odpadów w postaci zużytych maseczek. Wychodząc naprzeciw ochronie środowiska zaproponowano metodę przetwarzania maseczek ochronnych, w sposób umożliwiający ich powtórne użycie do produkcji fibrobetonu. W artykule zaprezentowano wyniki badań wytrzymałości na ściskanie i na rozciąganie betonu zbrojonego włóknami pozyskanymi ze zużytych maseczek ochronnych składających się z warstw włókniny polipropylenowej. Wyniki badań betonu zbrojonego włóknami stanowiącymi 0,05% objętości mieszanki betonowej oraz 0,2% objętości mieszanki betonowej porównano z wynikami betonu referencyjnego.

Słowa kluczowe: fibrobeton, maseczka ochronna, wytrzymałość betonu na ściskanie, wytrzymałość betonu na rozciąganie.

Abstract: The production of medical waste in the world is very large, which translates into environmental pollution. Recently, the production of medical waste has been significantly increased due to the counteraction of the SARS-CoV-2 virus, which causes the disease called COVID-19 and contributed to the creation of the pandemic. In order to prevent infection with the SARS-CoV-2 virus, it has become common to use protective masks, and thus a huge amount of waste in the form of used masks has arrived in landfills. To meet environmental protection, a method of processing protective masks was proposed in a way that allows their reuse for the production of fiber-reinforced concrete. The article presents the results of testing the compressive of concrete and the tensile strength of concrete reinforced with fibers obtained from used protective masks consisting of layers of polypropylene non-woven fabric. The test results of concrete reinforced with fibers constituting 0.05% of the concrete mix volume and 0.2% of the concrete mix volume were compared with the results of the reference concrete.

Keywords: fiber-reinforced concrete, protective mask, concrete compressive strength, concrete tensile strength.

1. Wprowadzenie

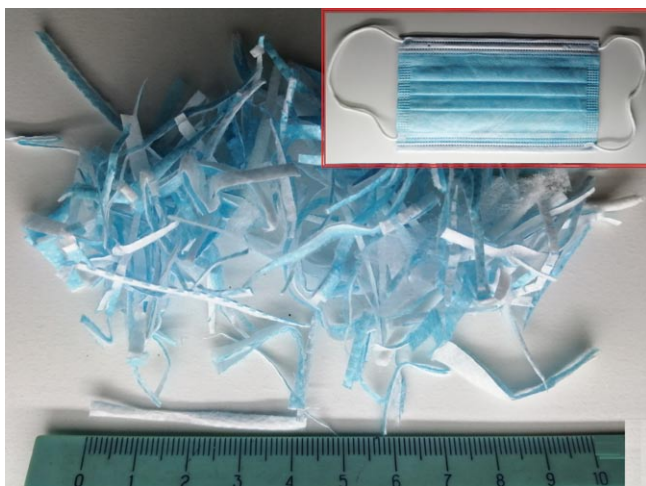
Rozwój cywilizacji na świecie przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska szczególnie przez wzrost odpadów, które nie ulegają biodegradacji. Obecnie duży nacisk kładzie się na powtórne wykorzystanie odpadów w celu zredukowania śladu węglowego. Naukowcy na całym świecie starają się wykorzystać w budownictwie powstające odpady np. opakowania PET po napojach [2, 11, 14, 17], odpady szklane [3], odpady odlewnicze [8], niedopałki papierosów [1], farby lateksowe [15], odpady medyczne [7, 13].

Szczególnie ważnymi odpadami są odpady medyczne, ponieważ w ostatnim czasie produkcja odpadów medycznych została znacznie zwiększona z powodu przeciwdziałania wirusowi SARS-CoV-2, który wywołuje chorobę

zwaną COVID-19 i przyczynił się do powstania pandemii. W przeciwdziałaniu rozszerzania się wirusa SARS-CoV-2 powszechne stało się wykorzystywanie w ochronie indywidualnej maseczek ochronnych, których zaleganie zwiększyło się na wysypiskach śmieci i pojawił się problem z ich utylizacją [4, 6, 12, 16].

Z dotychczasowych badań wynika, że po zastosowaniu włókien zbrojeniowych do mieszanki betonowej otrzymuje się fibrobeton, który charakteryzuje się podwyższoną wytrzymałością na rozciąganie, jest bardziej odporny na pękanie, powstawanie rys [5, 9, 10]. Fibrobeton z takim zbrojeniem przenosi również większe obciążenia ścinające [5].

Biorąc pod uwagę powyższe przesłanki właściwe jest przebadanie właściwości mechanicznych fibrobetonu zbrojonego



Rys. 1. Włókna pozyskane z ochronnych maseczek chirurgicznych, składających się z trzech warstw włókniny polipropylenowej

włóknami pozyskanymi ze zużytych maseczek ochronnych składających się z warstw włókniny polipropylenowej.

2. Badania wpływu włókien pozyskanych ze zużytych maseczek ochronnych na wytrzymałość betonu

Przygotowano recepturę betonu na kruszywie naturalnym o uziarnieniu od 0 do 16 mm z użyciem cementu CEM I 42,5R i wody o składzie: cement 350 kg/m³, piasek 0–4 mm – 568,1 kg/m³, żwir 0–16 mm – 1263,31 kg/m³, woda 196 l i zbrojenie rozproszone w postaci włókien z zużytych maseczek; beton bez zbrojenia rozproszonego oznaczono Bet1. Z betonu o takim składzie jak wyżej wykonano dwie mieszanki betonowe: serii Bet2 i Bet3 zawierające różną ilość zbrojenia rozproszonego z włókien po zużytych maseczkach: 0,05% objętości mieszanki betonowej – Bet2, oraz 0,2% objętości

mieszanki betowej – Bet3. Zbrojenie rozproszone w postaci włókien po zużytych maseczkach posiadało wymiary: szerokość około 3 mm i długość około 40 mm.

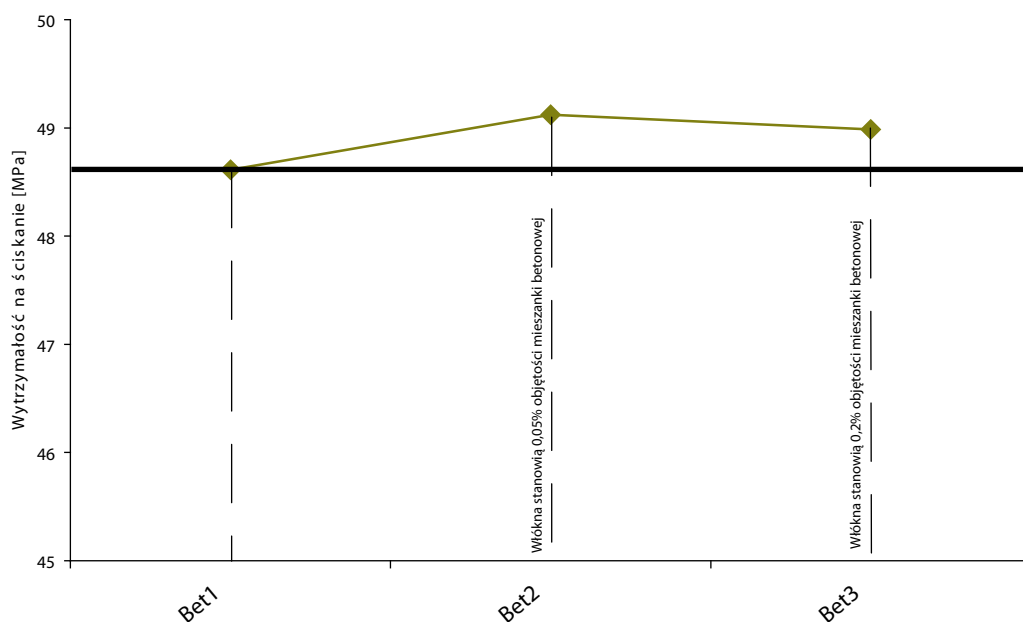
Włókna do zbrojenia betonu wycięto ręcznie nożyczkami z dużą dokładnością z maseczek ochronnych (rys. 1). Dla celów badawczych, w trosce o swoje zdrowie użyto nowych ochronnych maseczek chirurgicznych – jednorazowych. Składają się one z trzech warstw włókniny polipropylenowej. Po zakończeniu mieszania składników poszczególnych mieszanek betonowych sprawdzono ich konsystencję metodą opadu stożka [18] i stolika rozpluwowego [19]. Dla serii Bet1 otrzymano klasę konsystencji metodą opadu stożka S1, a dla serii Bet2 i Bet3 otrzymano klasę konsystencji S2. W przypadku badania konsystencji metodą stolika rozpluwowego dla każdej mieszanki betonowej serii Bet1–Bet3 otrzymano klasę konsystencji F3. Kolejnym etapem było zabetonowanie dwunastu form kostkowych 15x15x15 cm oraz sześciu form beleczkowych 10x10x50 cm zgodnie z normą [20]. Próbki zostały zagęszczane na stole wibracyjnym zgodnie z normą [21]. Dalej do 28 dni od dnia betonowania były pielęgnowane zgodnie z normą [21]. Badania betonu na ściskanie, zginanie oraz na rozciąganie przy rozłupywaniu wykonano zgodnie z normami [22, 23, 24].

3. Porównanie badanych parametrów mechanicznych betonu z różnym udziałem zbrojenia

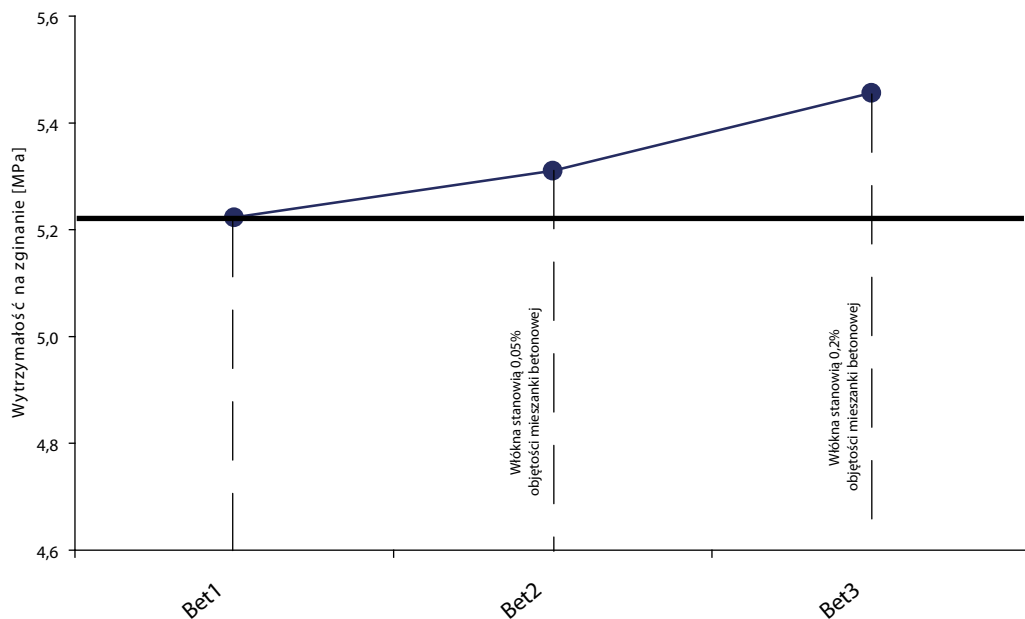
Badania wytrzymałości betonu bez zbrojenia i ze zbrojeniem włóknami z maseczek ochronnych (rys. 2) pokazują, że dodane włókna nie mają istotnego wpływu na ściskanie.

Z wykresu na rysunku 2 widać, że w bardzo małym stopniu korzystniej wypadają betony zbrojone włóknami.

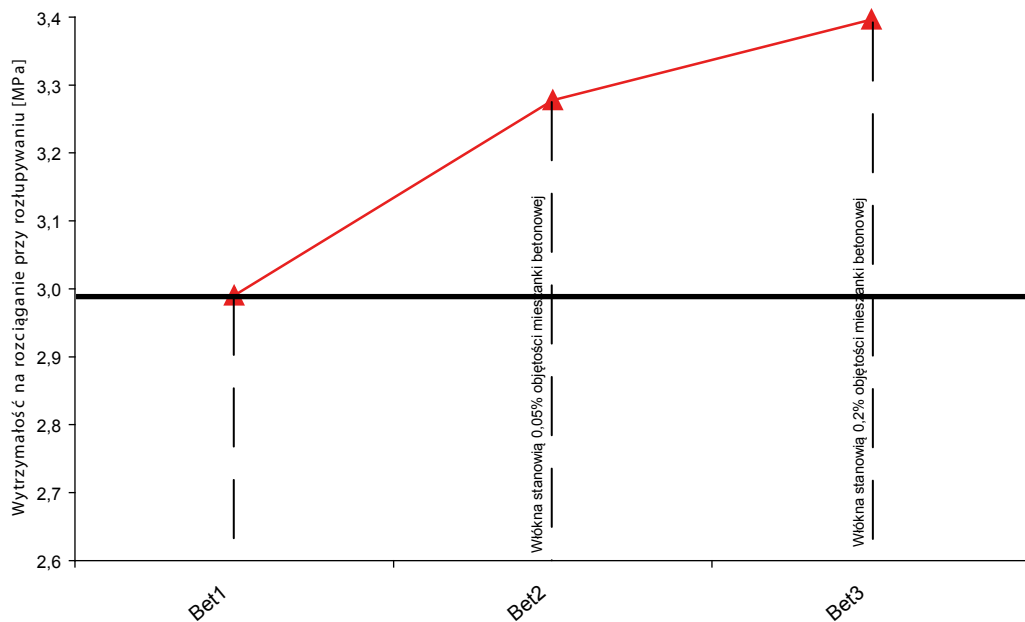
Rys. 2. Tendencja zmiany wytrzymałości na ściskanie betonu niezbrojonego – Bet1 i zbrojonego włóknami ze zużytych maseczek ochronnych: 0,05% objętości mieszanki betonowej – Bet2, 0,2% objętości mieszanki betonowej – Bet3



Rys. 3. Widoczna wyraźna tendencja wzrostu wytrzymałości betonu na rozciąganie przy zginaniu. Beton nie zbrojony – Bet1, zbrojony włóknami z maseczek ochronnych: 0,05% objętości mieszanki betonowej – Bet2, oraz 0,2% objętości mieszanki betonowej – Bet3



Rys. 4. Przyrosty wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu fibrobetonu zbrojonego włóknami z maseczek ochronnych: 0,05% (Bet2) oraz mocniej zbrojonego 0,2% objętości mieszanki betonowej (Bet3) w stosunku do betonu bez zbrojenia (Bet1)



Prezentowane wyniki na wykresie rysunku 3 otrzymano w badaniach beleczek na zginanie, dokładnie na rozciąganie przy zginaniu. W tym badaniu widać wyraźny wpływ zawartości włókien na wytrzymałość betonu na zginanie, wzrost udziału objętościowego włókien w mieszance betonowej przyczynił się do wzrostu wytrzymałości betonu na zginanie.

Podobny efekt przyrostu wytrzymałości betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu zaobserwowano wraz ze wzrostem objętościowego udziału włókien z maseczek w mieszance betonowej. Wyniki badania wytrzymałości betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu przedstawia wykres na rysunku 4.

Jak widać w obu eksperymentach badania wytrzymałości betonu na rozciąganie przy zginaniu i przy rozłupywaniu najkorzystniejsze wyniki uzyskano dla serii Bet3, w której

udział objętościowy włókien w mieszance betonowej wynosił 0,2%.

Rozproszone zbrojenie w postaci włókien ze zużytych maseczek przyczyniło się do wzrostu wytrzymałości na rozciąganie w stosunku do betonu niezbrojonego włóknami nawet przy zawartości objętościowej włókien w mieszance betonowej tylko na poziomie 0,05%.

4. Podsumowanie

Otrzymane wyniki badań pokazały, że beton zawierający zbrojenie rozproszone w postaci włókien pozyskanych ze zużytych maseczek ochronnych składających się z warstw włókniny polipropylenowej jest materiałem o obiecujących właściwościach mechanicznych.

Fibrobeton zawierający włókna pozyskane ze zużytych maseczek ochronnych ma lepszą wytrzymałość na rozciąganie niż beton niezbrojony włóknami. Beton taki można zastosować w elementach, gdzie zbrojenie rozproszone przejmie obciążenie rozciągające i przyczynia się do zmniejszenia skurczu. Zastosowanie betonu zbrojonego włóknami pozyskanymi z maseczek ochronnych może być przydatne do posadzek przemysłowych, które są podatne na zarysowania i pęknięcia. Posadzki takie często charakteryzują się licznymi rysami, a nawet siatkami rys.

Zastosowanie włókien pozyskanych z zużytych maseczek ochronnych do betonu jest bardzo korzystne dla środowiska, ponieważ produkcja maseczek ochronnych w postaci odpadu jest bardzo duża. Po pierwsze maseczki stały się podstawowym elementem ochrony naszego zdrowia ze względu na panujący wirus SARS-CoV-2, który wywołuje chorobę zwaną COVID-19 – przyczyniającą się do powstania pandemii, ale też duże ilości maseczek ochronnych wykorzystuje się podczas operacji chirurgicznych i innych zabiegów medycznych. Powstawanie tego typu odpadów jest procesem ciągłym dostarczającym zanieczyszczeń do środowiska. Odzyskiwane włókna do zbrojenia betonu stają się przydatnym surowcem wtórnym.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Alqattan E., Dissanayake H. N., Johnson L., Mohajerani A., Nguyen B. T., Rezaei A., Tanriverdi Y., Thomson G., Whitfield D., Wong K. K., Physico-mechanical properties of asphalt concrete incorporated with encapsulated cigarette butts., *Construction and Building Materials* 153, 2017, str. 69–80
- [2] Arun Kumar C., Ganesh Prabhu P., Pandiyaraj R., Rajsh P., Sasikumar L., Study on utilization of waste PET bottles fiber in concrete, *International Journal of Research in Engineering and Technology* 2/2014, str. 233–240
- [3] Bao Y., Gou H., Guo P., Meng W., Nassif H. New perspectives on recycling waste glass in manufacturing concrete for sustainable civil infrastructure, *Construction Building Materials* 257, 2020, str. 119579
- [4] Billah M. M., Das A. K., Islam M. N., Sarker A., COVID 19 pandemic and health care solid waste management strategy – A mini-review., *The Science of the Total Environment*, 778, 2021, str. 146220
- [5] Brandt A. M., *Cement Based Composites: Materials, Mechanical Properties and Performance*, Taylor and Francis, London and New York, 2009
- [6] Chang S. X., Nzediegwu C., Improper solid waste management increases potential for COVID-19 spread in developing countries, *Resources Conservation and Recycling*, 161, 2020, str. 104947
- [7] Cichosz S., Bednarska D., Koniorczyk M., Masek A., Performance of concrete containing recycled masks used for personal protection during coronavirus pandemic, *Construction Building Materials* 324 (21)2022, str. 26712
- [8] Fiore S., Zanetti M. C., Foundry Wastes Reuse and Recycling in Concrete Production, *American Journal of Environmental Sciences* 3(3)2007, str. 135–142
- [9] Glinicki M. A., *Beton ze zbrojeniem strukturalnym, XXV Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji*, Szczyrk, 2010
- [10] Jamroz Z., *Beton i jego technologie*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2008
- [11] Jang C.-I., Lee S.-J., Lee S.-W., Won J.-P., Long-term performance of recycled PET fibre-reinforced cement composites, *Construction and Building Materials*, 24, 2010, str. 660–665
- [12] Kusnierz S., Maj D., Mauer J., Nowakowski P., Sosna P., Disposal of Personal Protective Equipment during the COVID-19 Pandemic Is a Challenge for Waste Collection Companies and Society, A Case Study in Poland. *Resources*, 9/2020, str. 116
- [13] Li J., Lynch S.K., Roychand R., Saberian M., Zhang G. Preliminary evaluation of the feasibility of using polypropylene fibres from COVID-19 single-use face masks to improve the mechanical properties of concrete, *Journal of Cleaner Production* 296, 2021, str. 126460
- [14] Łukowski P., Rokicki G., Wiliński D., Application of fibres from recycled PET bottles for concrete reinforcement *Journal of Building Chemistry* 5/2016, str. 1–9
- [15] Nehdi M., Sumner J. Recycling waste latex paint in concrete, *Cement and Concrete Research*, 33, 2003, str. 857–863
- [16] Singh N., Tang Y., Zhang Z., Zheng C., COVID-19 waste management: Effective and successful measures in Wuhan. China, *Resources Conservation and Recycling* 163, 2020, str. 105071
- [17] Wiliński D., Zastosowanie odpadów PET do wzmacniania betonu, *Materiały Budowlane* 5/2012, str. 22–24
- [18] PN-EN 12350-2:2001: Badania mieszanki betonowej – Część 2: Badanie konsystencji metodą opadu stożka
- [19] PN-EN 12350-5:2001: Badania mieszanki betonowej – Część 5: Badanie konsystencji metodą stolika rozplywowego
- [20] PN-EN 12390-1:2001: Badania betonu – Część 1: Kształt, wymiary i inne wymagania dotyczące próbek do badania i form
- [21] PN-EN 12390-2:2019-07: Badania betonu – Część 2: Wykonanie i pielęgnacja próbek do badania wytrzymałości
- [22] PN-EN 12390-3:2019-07: Badania betonu – Część 3: Wytrzymałość na ścislenie próbek do badania
- [23] PN-EN 12390-5:2019-08: Badania betonu – Część 5: Wytrzymałość na zginanie próbek do badań
- [24] PN-EN 12390-6:2011: Badania betonu – Część 3: Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badań

KONFERENCJA NAUKOWA

WYZWANIA DLA OCHRONY DÓBR KULTURY
W CZASIE KONFLIKTU ZBROJNEGO
70-LECIE KONWENCJI HASKIEJ

Gdynia, 19 - 20 września 2024 r.



Akademia Marynarki Wojennej
im. Bohaterów Westerplatte



Projekt dofinansowany ze środków budżetu państwa
przez Ministra Edukacji i Nauki w ramach programu
„Doskonała Nauka II”

Zapraszamy na stronę konferencji: <https://odk.amw.gdynia.pl/konferencja-naukowa-wyzwania-dla-ochrony-dobr-kultury-w-czasie-konfliktu-zbrojnego-70-lecie-konwencji-haskiej-akademia-marynarki-wojennej/>