WŁAŚCIWOŚCI BETONU MODYFIKOWANEGO ZWIĄZKAMI KRZEMOORGANICZNYMI ORAZ NANOCELULOZĄ

Beton cementowy jest powszechnie stosowanym materiałem budowlanym, jednak ze względu na porowatość struktury jest podatny na różne formy agresji środowiskowej, co istotnie wpływa na jego trwałość. Kluczowym problemem związanym z trwałością betonu jest wnikanie do wewnątrz tego materiału wody i agresywnych jonów, wskutek czego dochodzi do degradacji materiału spowodowanej cyklicznym oddziaływaniem mrozu, korozją zbrojenia, karbonatyzacją czy wewnętrzną ekspansją etryngitu. Chociaż istnieje wiele metod ochrony betonu to w ostatnich latach coraz większe zainteresowanie badaczy przyciąga zabieg hydrofobizacji. Najczęściej jest ona wykonywana powierzchniowo natomiast w badaniach własnych dokonano również hydrofobizacji strukturalnej nowymi preparatami w postaci płynnych preparatów hydrofobizujących z nanocelulozą.

Problemem naukowym pracy był wpływ związków krzemoorganicznych, mieszaniny związków krzemoorganicznych i roztworu wodnego nanocelulozy krystalicznej, fibrylarnej lub płytkowej o kształcie prostokątnym oraz samego roztworu wodnego nanocelulozy płytkowej o kształcie prostokątnym na właściwości fizyczne, mechaniczne i chemiczne betonu. Celem badań było określenie, w jaki sposób zastosowane preparaty hydrofobizujące oraz domieszki wpływają na właściwości mające znaczenie w aspekcie trwałości betonu. Uzyskane wyniki dostarczyły nowej wiedzy na temat efektywności modyfikacji w zależności od rodzaju i ilości użytych związków krzemoorganicznych oraz nanocelulozy, jak również od wybranej metody hydrofobizacji.

W części studialnej rozprawy doktorskiej szczegółowo omówiono strukturę betonu, ze szczególnym uwzględnieniem jego mikrostruktury oraz jej wpływu na trwałość materiału. Przeanalizowano różne typy korozji, takie jak chlorkowa, siarczanowa, biologiczna oraz oddziaływanie cyklicznego zamrażania i rozmrażania, które powodują znaczącą degradację betonu. Istotnym elementem było omówienie mechanizmów hydrofobowej modyfikacji kompozytów cementowych, w tym metod opartych na szablonach, hydrofobizacji powierzchniowej oraz domieszkach strukturalnych. Skupiono się również na związkach krzemoorganicznych, analizując ich właściwości, czynniki wpływające na skuteczność oraz trwałość modyfikacji, a także ewentualne negatywne skutki ich stosowania. Dodatkowo, omówiono rodzaje, właściwości oraz metody produkcji nanocelulozy, a także przeanalizowano wpływ związków krzemoorganicznych oraz nanocelulozy na właściwości kompozytów cementowych.

W części badawczej przedstawiono wyniki badań niezbędnych do rozwiązania problemu naukowego. Dokonano kompleksowej analizy porównawczej wyników badań betonu modyfikowanego preparatami krzemoorganicznymi, roztworem wodnym nanocelulozy oraz nowo wytworzonymi środkami hydrofobizującymi. Najpierw skupiono się na dokładnym scharakteryzowaniu wytworzonej w ramach doktoratu nanocelulozy prostokątnej, w zakresie jej struktury, składu chemicznego oraz właściwości termicznych. Następnie zbadano właściwości zawiesin wodnych zawierających różne typy nanoceluloz, preparatów krzemoorganicznych i nowych środków hydrofobizujących z nanocelulozami, koncentrując się na ich lepkości i gęstości. W kolejnym etapie przeanalizowano ich wpływ na mieszankę betonową, badając jej konsystencję, gęstość i zawartość powietrza. Ostatni, najbardziej

obszerny etap, dotyczył badań stwardniałego betonu. Wykonano szereg badań właściwości fizycznych i mechanicznych, takich jak gęstość, porowatość, nasiąkliwość czy wytrzymałość. Szczególną uwagę poświęcono badaniom pod kątem trwałości betonu, w tym odporności na cykliczne działanie ujemnych temperatur, odporność na krystalizację soli i odporności na promieniowanie UV. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, a następnie porównano je z tematycznie powiązanymi wynikami badań przedstawionymi w literaturze krajowej i zagranicznej. Na tej podstawie sformułowano wnioski końcowe, które nie tylko podsumowują osiągnięcia badawcze, ale także wskazują na potencjalne kierunki dalszych badań.

Przeprowadzone badania wskazały, że aby jednocześnie osiągnąć zarówno mniejszą absorpcję wody, jak i satysfakcjonującą wytrzymałość, mrozoodporność oraz odporność na krystalizację soli, powinny być stosowane domieszki dwuskładnikowe. Dzięki nim powierzchnia betonu zostanie zabezpieczona przed nadmiernym wnikaniem wody, a struktura zaczynu cementowego będzie doszczelniona, co zredukuje porowatość kapilarną. Dodatkowo produkcja własna nanocelulozy prostokątnej ma istotny aspekt ekologiczny, ponieważ przyczynia się do redukcji odpadów makulaturowych, a zastosowanie tańszych domieszek może przynieść korzyści ekonomiczne w postaci obniżenia kosztów produkcji betonu.

Wyniki uzyskane w pracy wyraźnie potwierdziły tezę postawioną na początku rozprawy doktorskiej, zgodnie z którą beton modyfikowany związkami krzemoorganicznymi i nanocelulozą będzie charakteryzował się większą trwałością niż beton bez tego typu modyfikacji. Choć hydrofobizacja nie eliminuje wszystkich problemów związanych z oddziaływaniem czynników zewnętrznych na beton, to jej właściwe wykonanie może znacząco przedłużyć trwałość tego materiału. W efekcie prowadzi to do oszczędności zasobów naturalnych oraz przynosi korzyści zarówno ekonomiczne, jak i ekologiczne.