

## **Kształtowanie mrozoodporności betonu domieszkami polimerowymi**

### **Streszczenie**

Jednym z kluczowych czynników wpływających na trwałość konstrukcji betonowych w warunkach klimatu umiarkowanego jest oddziaływanie cyklicznych procesów zamrażania i rozmrażania. Głównym mechanizmem uszkodzeń mrozowych betonu jest obecność wody w jego mikrostrukturze oraz jej przemiany fazowe. Zamrażana woda zwiększa swoją objętość, generując ciśnienie w porach kapilarnych i prowadząc do powstawania naprężeń wewnętrznych przekraczających wytrzymałość zaczynu cementowego na rozciąganie. W konsekwencji dochodzi do inicjacji mikropęknięć, które w wyniku wielokrotnego oddziaływania cykli zamrażania i rozmrażania prowadzą do uszkodzeń struktury i stopniowej utraty nośności elementów betonowych.

Powszechnie stosowaną metodą zwiększania odporności betonu na oddziaływanie ujemnych temperatur jest napowietrzanie mieszanki betonowej przy użyciu domieszek chemicznych, którego skuteczność bywa ograniczona przez wrażliwość procesu na czynniki technologiczno-materiałowe oraz problemy z kompatybilnością z innymi domieszkami chemicznymi. Wobec powyższych ograniczeń coraz większe zainteresowanie zbudzają alternatywne domieszki polimerowe, takie jak mikrosfery i superabsorbenty, umożliwiające bardziej kontrolowane kształtowanie mikrostruktury betonu.

Celem badań była ocena skuteczności domieszek polimerowych w zwiększaniu mrozoodporności betonów oraz określenie ich wpływu na właściwości fizyczne i mechaniczne materiału. W pracy zastosowano trzy rodzaje domieszek polimerowych: mikrosfery, superabsorbenty o kształcie nieregularnym oraz superabsorbenty o kształcie regularnym. Domieszki te poddano badaniom wstępnym obejmującym analizę mikrostruktury, uziarnienia, zdolności absorpcji oraz wpływu na lepkość zaczynu cementowego, a następnie badaniom właściwym dotyczącym właściwości mieszanki betonowej i betonu.

W ramach badań określono właściwości fizyczno-mechaniczne betonów oraz ich charakterystykę porowatości z wykorzystaniem pomiarów absorpcji, ilościowej analizy przeprowadzonej na próbkach zgładów, porozymetrii rtęciowej oraz mikrotomografii komputerowej. Oceniono mrozoodporność betonów po 150 cyklach zamrażania i rozmrażania z zastosowaniem trzech metod badawczych (metody zwykłej, spowolnionej oraz spadku wytrzymałości na rozciąganie przy zginaniu). W celu przeprowadzenia kompleksowych analiz wpływu domieszek polimerowych na właściwości betonów, badania przeprowadzono również na betonach z tradycyjną domieszką napowietrzającą oraz betonie wzorcowym, bez domieszki.

Na podstawie uzyskanych wyników potwierdzono skuteczność domieszek polimerowych w zwiększaniu mrozoodporności betonu, szczególnie w przypadku mikrosfer oraz superabsorbentów o kształcie nieregularnym, przy czym w przypadku superabsorbentów odnotowano większą zmienność wyników. Wykazano, że trwałość mrozowa betonu zależy nie tylko od objętości i rozmieszczenia porów, lecz również od dynamiki procesu chłodzenia oraz właściwości sorpcyjno-desorpcyjnych polimerów. Zaobserwowano odmienne mechanizmy kształtowania struktury porowej w porównaniu z tradycyjnym napowietrzaniem. Dodatkowo wykazano zależność pomiędzy obrazami mikrostruktury SEM a mrozoodpornością betonu, co umożliwiło opracowanie modelu klasyfikacyjnego opartego na uczeniu maszynowym, osiągającego dokładność powyżej 80%.