mgr inż. Monika Jaworska
Wydział Budownictwa i Architektury
Katedra Technologii i Organizacji Budownictwa
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Kielce, 12.02.2018

Streszczenie rozprawy doktorskiej:

Wpływ popiołów wapiennych i krzemionkowych na ekspansję siarczanową i mrozoodporność napowietrzonych zapraw i betonów.

Rozprawa doktorska pt. „Wpływ popiołów wapiennych i krzemionkowych na ekspansję siarczanową i mrozoodporność napowietrzonych zapraw i betonów" porusza bardzo istotną kwestię trwałości zapraw cementowych i betonów zawierających popioły lotne. Odpowiednio stosowany popiół lotny umożliwia wyprodukowanie wysokojakościowego betonu w sposób ekologiczny i ekonomiczny. Jednak należy pamiętać, że produkowany beton powinien przede wszystkim charakteryzować się trwałością. Często konstrukcje betonowe są narażone na niszczenie przez cykliczne zamrażanie z jednoczesnym lub naprzemiennym oddziaływaniem roztworów chemicznie agresywnych. Dlatego jest istotne, aby zbadać trwałość kompozytów cementowych poddanych połączonym procesom niszczenia tj. przez korozję siarczanową i niszczenie mrozowe. Podobny charakter mechanizmów niszczenia sugeruje wysoki stopień zagrożenia kompozytów z powodu wspólnego wystąpienia ciśnienia krystalizacji i ciśnienia hydraulicznego.

Głównymi celami rozprawy doktorskiej było: określenie wpływu popiołów lotnych wapiennych i krzemionkowych oraz ich mieszaniny na niszczenie mrozowe, korozję siarczanową oraz połączone niszczenie mrozowe i siarczanowe kompozytów cementowych; określenie wpływu środowiska na zmiany w mikrostrukturze zaczynu cementowego. Podjęto również próbę ustalenia optymalnej ilości popiołu wapiennego, krzemionkowego lub ich mieszaniny, jaką można wprowadzić do spoiwa, aby osiągnąć dobrą odporność siarczanową i zachować wysoką mrozoodporność kompozytów cementowych. Program badań został zaprojektowany zgodnie ze statystycznym planem eksperymentu dla mieszanin trójskładnikowych. Skład mieszanek dobrano na podstawie trójkąta Gibbsa obejmującego obszar do 40% zastąpienia cementu portlandzkiego przez popiół lotny wapiennym, krzemionkowy lub ich mieszaninę. Realizując założone cele opisano zmiany zachodzące w mikrostrukturze napowietrzonych zapraw oraz miejsca i sposób wytrącania produktów korozji siarczanowej w napowietrzonych i nienapowietrzonych zaprawach. Wykonano 28 serii zapraw i 6 serii betonów, które poddano czterem sposobom długotrwałego niszczenia. Wykonano badania świeżej mieszanki, badania odkształceń liniowych, zmian masy i wytrzymałości na ściskanie oraz badania mikrostruktury zapraw (za pomocą dyfrakcji

rentgenowskiej i mikroskopii skaningowej ze spektrometrem dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego).

Wyniki badań poddano analizie statystycznej opartej na simplexowym planie eksperymentu dla mieszanin trójskładnikowych.

Na podstawie analizy wszystkich wyników badań wyciągnięto następujące wnioski: popioły lotne wapienny i krzemionkowy znacząco poprawia odporność siarczanową kompozytów cementowych. Wstępne niszczenie mrozowe przyśpieszyło zniszczenie próbek w roztworze siarczanowym. Początkowe oddziaływanie siarczanu sodu nie wpłynęło znacząco na pogorszenie mrozoodporności nienapowietrzonych kompozytów cementowych w przeciwieństwie do napowietrzonych. Biorąc pod uwagę naturalne warunki eksploatacji, w których kompozyty cementowe są narażone na występowanie oddziaływania roztworów siarczanowych i cyklicznego zamrażania i rozmrażanie zaleca się stosowanie popiołów lotnych, jako dodatku do spoiwa w ilości nieprzekraczającej 20% oraz odpowiednie napowietrzenie. Dodatek 30% popiołu wapiennego oraz odpowiedni czas dojrzewania zapewnił doskonałą odporność siarczanową napowietrzonych i nienapowietrzonych betonów.

Zamykając ten etap doświadczenia, można wskazać kierunki przyszłych badań. Mianowicie, należy rozszerzyć badania kompozytów cementowych o różne zawartości powietrza, by móc wyznaczyć optymalne napowietrzenie pozwalające na uzyskanie największej trwałości. Konieczne jest również zbadanie trwałości betonów z różną zawartością mieszaniny popiołów lotnych w złożonych warunkach niszczenia.

Jaworska Monika

mgr inż. Monika Jaworska
Wydział Budownictwa i Architektury
Katedra Technologii i Organizacji Budownictwa
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

Kielce, 12.02.2018

Summary

The influence of calcium and siliceous fly ash on sulphate attack and frost resistance of air entrained mortar and concrete

The doctoral dissertation titled "The influence of calcium and siliceous fly ash on sulphate attack and frost resistance of air entrained mortar and concrete " raises a very important issue of the impact of fly ash on the durability of cement composites. The use of a suitable percentage of fly ash provides high-quality concrete produced in an ecological and economical way. It must nevertheless be remembered that the attention should primarily be focused on the durability of concrete. Some concrete structures are exposed to freezing and thawing cycles and to simultaneous or alternating attack of chemically aggressive solutions. In this regard, it is important to investigate the durability of cement composites under combined deleterious conditions. The sulphate attack and frost destruction combine due to the similar character of two mechanisms, i.e., the pressure of crystallization and hydraulic pressure, which lead to concrete failure.

The main aims of this dissertation were to determine the effect of high and low calcium fly ash additions and their mixture on mortar and concrete resistance to frost damage, sulphate attack and combined frost and chemical attack damage.

The microstructure of mortars and the location of sulphate attack products precipitated in air-entrained and non-air entrained mortars are described. Twenty eight series of mortars and six series of concrete were subjected to four methods of damage. Fresh mixture studies, linear deformation tests, mass changes and compressive strength and microstructural studies with scanning electron microscope and energy dispersive X-ray spectrometer were performed. The composition of the mixtures was selected on the basis of the Gibbs triangle covering the area up to 40% Portland cement replacement with low and high calcium fly ash additions or their mixture. The study results were analysed statistically using the experimental design for ternary mixtures.

Analysis of all the test results allowed formulating the following conclusions: fly ashes significantly improved the sulphate resistance of cement composites. The interaction of the initial frost damage and subsequent sulphate attack accelerated the destruction of all non- and air-entrained mortars. The interaction of the initial sulphate attack and subsequent frost deterioration did not accelerate the destruction of non-air entrained mortar. Most of the air-entrained mortars under those conditions failed earlier than those under frost deterioration alone. Optimal air entrainment of concrete made with Portland cement improved their durability under sulphate attack and under interactions of pre-frost and sulphate attack compared with the sulphate attack occurring alone. Considering the natural conditions in which cement composites are exposed to the influence of sulphate solutions and cyclic freezing and thawing, adequate air entrainment is recommended along with the fly ash used as an addition to the binder in an amount not exceeding 20%. A 30% addition of ash and adequate curing time ensured excellent sulphate resistance of air and non-air entrained concretes.

Future research will focus on extending the study of cement composites to cover the optimum air entrainment and fly ash mixture content for maximum durability.

Jaworska Monika