

Streszczenie

Głównym celem rozprawy było opracowanie procedur badawczych i algorytmów numerycznych do wyznaczania rzeczywistej wytrzymałości betonu konstrukcyjnego obiektu budowlanego wraz z ich implementacją w procesie budowlanym mostu typu extradosed. Zakres pracy obejmuje rozpoznanie metody dojrzałości (ang. maturity method), badania laboratoryjne betonów i zapraw, badania terenowe betonu wbudowanego w przeszło mostowe oraz obliczenia numeryczne rozkładu temperatury betonu w przestrzeni jedno i dwuwymiarowej.

W pracy zdefiniowano pojęcie ośrodka, jakim jest beton, omówiono proces hydratacji cementu i opisano podstawowe parametry termofizyczne betonu. Przedstawiono sposoby określania wytrzymałości betonu na ściskanie, z podziałem na normowe badania niszczące próbek i odwiertów rdzeniowych oraz metodę oceny rozwoju wytrzymałości na bazie pomiarów temperatury betonu.

Badania eksperymentalne obejmowały pomiary wytrzymałościowe przeprowadzone na próbkach wykonanych z zaprawy oraz próbkach betonowych, dojrzewających w stałych temperaturach, w kąpeli wodnej. Doświadczenia wykonano dla dwóch typów cementu: portlandzkiego i hutniczego. W efekcie sformułowano zalecenia dotyczące określania energii aktywacji i temperatury odniesienia oraz sporządzono krzywe przyrostu wytrzymałości na ściskanie w funkcji wskaźnika dojrzałości.

Wiedza zdobyta w badaniach laboratoryjnych pozwoliła na wdrożenie metody dojrzałości do oceny wytrzymałości na ściskanie elementów konstrukcyjnych mostu extradosed, betonowanego nawisowo. Wybrane sekcje mostu monitorowano w trzech etapach: latem, jesienią i wczesną wiosną (w czerwcu, wrześniu i marcu). Na podstawie zarejestrowanych temperatur betonu i próbek pobranych do badań walidacyjnych, określono rzeczywistą wytrzymałość wbudowanego betonu wysokowartościowego i możliwe terminy rozpoczęcia sprężania konstrukcji.

Celem prognozowania rozkładu temperatury w twardniejącym betonie sformułowano równania przewodnictwa ciepła w betonie i zaimplementowano je w autorskim programie z użyciem metody różnic skończonych i programie metody elementów skończonych. Parametry termo-chemicznego modelu twardniejącego betonu zidentyfikowano w badaniach doświadczalnych oraz na podstawie własnych propozycji wynikających z analizy rozpatrywanego betonu. Następnie przeprowadzono symulacje numeryczne rozkładu temperatury w czasie i w przestrzeni jedno oraz dwuwymiarowej. Uzyskano dużą zgodność wyników numerycznych i doświadczalnych. W efekcie, znajomość pól temperatury pozwoliła na sporządzenie map rozkładu wytrzymałości na ściskanie betonu wysokowartościowego wbudowanego w przeszło mostu.

Abstract

The main aim of the study was to develop research procedures and numerical algorithms to determine the actual strength of structural concrete with their implementation in the construction process of the extradosed bridge. The scope of the dissertation includes recognition of the maturity method, laboratory tests of concretes and mortars, fields test of concrete bridge superstructure and numerical calculations of the concrete temperatures distribution in one- and two-dimensional space.

At the beginning, the concept of concrete medium was defined. The author discussed the process of cement hydration and described the basic thermo-physical parameters of concrete. The methods of determination of concrete compressive strength with division into standard destructive test of specimens and cores as well as non-destructive way in form of maturity method are presented.

Experimental studies included strength measurements of mortar and concrete specimens cured in water baths. Two types of cement: portland and slag were analysed. As a result, recommendations for determining the datum temperature and activation energy were formulated. The strength-maturity relationships for two types of concrete were drawn.

The knowledge obtained in laboratory tests has allowed the implementation of maturity method to estimate strength of cast-in-situ concrete box of the extradosed bridge. The considered object was built with balanced cantilever method using movable scaffolding system (MSS). The bridge sections were monitored in three stages: in summer, autumn and early spring (in June, September and March). Based on recorded temperatures of concrete and the validation concrete specimens, the actual strength of in-place concrete and the possible dates of prestressing were determined.

In order to predict the temperature distribution in the hardening concrete, the heat conductivity equations were formulated and implemented in the author's program using the finite difference method and program based on the finite element method. Parameters of the thermo-chemical model of hardening concrete were identified in experimental studies and on the basis of own propositions resulting from the analysis of the concrete under consideration. Afterwards, numerical simulations of the concrete temperature distribution in time and in one- and two-dimensional space were carried out. A high agreement between the numerical results and experimental measurements was obtained. As a result, knowledge of the temperature fields allowed to plot a map of the concrete compressive strength distribution in the bridge span.