

VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ VLIVU OŠETŘOVÁNÍ TEPLOTOU NA TLAKOVOU PEVNOST, SMRŠŤOVÁNÍ A DOTVAROVÁNÍ UHPC

EVALUATION OF TESTS FOR THE EFFECT OF WARM CURING ON COMPRESSION STRENGTH, SHRINKAGE AND CREEP OF UHPC

Vladimír Příbramský

V příspěvku je uveden popis a vyhodnocení experimentálního ověření reologických vlastností patentované směsi ultra vysokohodnotného betonu (UHPC) ošetřovaného ve vodním prostředí při různých teplotách. Pro vyhodnocení je použit modifikovaný model B4, který je v současnosti považován za nejpokročilejší materiálový model pro predikci efektů smršťování a dotvarování a který je založen na velmi dobré shodě s velkým množstvím jak experimentálních měření, tak i měření na realizovaných konstrukcích. Z hlediska použití pro predikci chování UHPC se jeví model B4 jako nanejvýš vhodný, neboť popisuje dlouhodobé chování betonu na základě množství použitých příměsí a uvažuje také s možností zahřívání čerstvého betonu pro urychlení hydratace v průběhu ošetřování. Současný model B4 má řadu limitujících podmínek, které UHPC svými vlastnostmi často výrazně překračuje. V tomto článku jsou tyto limity modelu B4 identifikovány a je představena adaptace modelu B4 pro použití na směsi UHPC.

The paper presents a description and evaluation of results of an experimental verification of rheological properties of a patented mixture of ultra-high-performance concrete (UHPC). The specimens were cured in various regimes including temperature and in a water saturated environment. An adapted model B4 was used for the evaluation of the results. Model B4 is currently the most advanced rheological model for prediction of creep and shrinkage. It is based on a great compatibility with a large set of experimental results and measurements obtained from real structures and bridges. It also appears to be viable for use to predict creep and shrinkage UHPC, as it predicts long-term strains by incorporating the effect of the volume of additives and admixtures used in the fresh concrete. Model B4 also takes into account the thermal treatment of fresh concrete, which accelerates hydration of cement in its early age. Current model B4 contains several limiting assumptions, which are often exceeded by characteristics of a UHPC. In this paper, these limits are identified and a viable adaptation of model B4 is presented.

Reologické vlastnosti UHPC

Stejně jako u dotvarování a smršťování betonů běžných tříd je u UHPC významný vliv ošetřování betonu v raném stáří. Napařování povrchu betonových prvků či jejich umístění do prostředí s relativní vlhkostí blízké 100 % snižuje až 4× celkovou míru zpožděné deformace od dotvarování ve srovnání s prvky vystavenými okolnímu prostředí již několik hodin po betonáži. Novinkou a v současné době hojně zkoumanou a používanou metodou ošetřování prvků z UHPC je heat-treatment neboli umístění prvků do prostředí s teplotou mezi 60 až 90 °C a s vysokou relativní vlhkostí, které je pro prvky z UHPC ideální pro rychlý postup hydratace a s tím spojený zrychlený nárůst pevnosti a přetvoření od autogenního smršťování. Ve studii [1] byl zkoumán vliv ošetřování betonu teplotou v různém stáří a bylo prokázáno, že nezávisle na času aplikace

ošetřování teplotou se nárůst přetvoření od dotvarování zastavil po aplikaci ošetřování. Při teplotním ošetřování skokově vzrostla hodnota přetvoření na konečnou hodnotu a tam již na rozdíl od neošetřeného vzorku dále nenarůstala. Ošetřením se dosáhne dlouhodobé stálosti prvků pod provozním zatížením a pro předpjaté prvky nižších ztrát předpětí v důsledku nižší míry smršťování a dotvarování. Pro produkci předem předpjatých prvků je nezanedbatelný vliv možnosti odbednění a vneseení předpětí i 24 h po betonáži, což přináší efektivní využití zdrojů.

Ošetřování UHPC zvýšenou teplotou

Ošetřování betonů běžných tříd zvýšenou teplotou je pečlivě kontrolováno a maximální dovolená teplota ošetřování standardně nepřesahuje teplotu 60 °C. Důvodem je často diskutovaný

problém vznikajících druhotných formací ettringitu. Ettringit je minerál vznikající hydratací v časně fázi po betonáži, který je však citlivý na teploty vyšší než 70 °C. I při krátkodobém překročení této teploty (několik hodin) v raném stáří se ettringit rozloží na dílčí minerály, které zůstanou ve struktuře betonu. Při následném (zpožděném) vniku vody do struktury betonu dochází k druhotné krystalizaci ettringitu (DEF – delayed ettringite formation) za vzniku krystalické fáze ettringitu s větším objemem než ettringit původní. Tato vlastnost byla prokázána u hojně publikovaných poruch zejména předem předpjatých železničních pražců z betonu standardních pevností do 50 MPa. Nedávná studie [2] detailně popsala princip těchto objemových změn na železničních pražcích v Indii, kde po 6 až 9 letech po betonáži došlo k masivní degradaci velkého množství pražců, a to i těch, které