

E xperimentální A nalýza N apětí

2004

MEASURING OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE CONTAINED DIFFERENT TYPES OF CEMENTS

MĚŘENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ BETONŮ OBSAHUJÍCÍ RŮZNÉ CEMENTY

Pavel Padevět¹

Paper present the results of measuring of material properties of young concrete. Structure of concrete is formed from a few hours after mixing to a few years. Rigid structure is created on place where concrete mixture was placed. Modulus of elasticity and strength increase when structure of cement paste is created between grains of aggregate. Strength and modulus of elasticity on principle influence of concrete properties and concrete structure using.

Rate of develop the properties of concrete influence on the proportion between cement, water, aggregates, and additives to concrete. Major role of develop the properties are on content water and cement in concrete, it's described so-called water-cement ratio. Type of cements is second agent influenced properties of concrete. With using Portland cement is increase of the strength faster then using cements type CEM II. Paper present results of testing the properties of concrete included different type of cements with expected strength 30MPa. Concrete were tested from 1 to 31 day old.

Keywords *young concrete, strength, modulus of elasticity, stress-strain diagram.*

Klíčová slova *Mladý beton, pevnost, modul pružnosti, pracovní diagram.*

1. ÚVOD

Vlastnosti betonu v době zrání závisí na způsobu ošetřování, teplotě a jiných vlivech. Jsou-li dodrženy konstantní podmínky teploty a beton je uložen po dobu zrání v ustáleném prostředí, potom vývoj pevnosti závisí na druhu betonové směsi [1],[2]. Článek svým obsahem navazuje na příspěvek Vývoj pevnosti u mladých betonů [3]. Jsou v něm popisovány experimenty s betonem pevnosti 30MPa, za použití cementu typu CEM II. V příspěvku jsou popisovány průběh a výsledky měření vývoje pevnosti a modulu pružnosti a zároveň je porovnávám povrch krystalické struktury betonové směsi v jednotlivých dnech zrání.

2. PŘÍPRAVA EXPERIMENTŮ

Provedené experimenty jsou zaměřeny na ověření a porovnávání vlastností mladých betonů. Pro tento experiment byl zvolen beton pevnostní třídy 30 MPA s použitím pojiva cementem CEM III.

¹ Ing. Pavel Padevět, Ph.D.: CTU in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics; Thákurova 7, 166 29 Prague 6, Czech Republic, tel.: +420224354484, e-mail: pavel.padevet@fsv.cvut.cz

Použití tohoto betonu je dáno pro masivnější konstrukce, vzhledem k tomu, že v betonu s CEM III vzniká na počátku méně hydratačního tepla.

Pro možnost porovnání vlastností betonů byla použita tělesa tvaru hranolů. K přípravě se použily ocelové formy, které zaručují stálost rozměrů těles. Vybetonovaná tělesa měla rozměr 100 x 100x 400mm (b x h x v). Výška v vylučuje možnost ovlivnění výsledných pevností vlivem vzniku příčných sil při zatěžování [4]. Receptura betonové směsi byla připravena podle tabulky 1. Vodní součinitel měl hodnotu 0,55. Tento beton tedy nepatří do skupiny vysokohodnotných betonů, u nichž je vodní součinitel menší než 0,4.

Složka	Množství (kg)
Písek 0-4	740
Kamenivo 4 – 8	340
Kamenivo 8 – 16	670
Cement CEM III 32,5	325
Voda	180

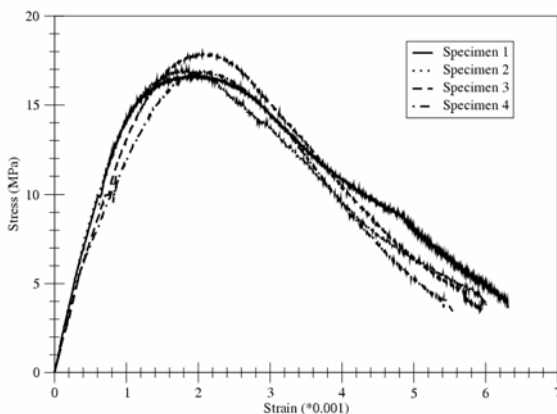
Tabulka č.1: Složky betonové směsi.

Po vyjmutí z forem druhý den po vybetonování byla tělesa uložena do vodní lázně. Jeden den stará tělesa byla zkoušena přímo po vyjmutí z formy. Stáří první sady těles při zkoušení byla od 26hodin do 29hodin. Tělesa 7, 14 a 31 dní stará byla uložena ve vodní lázni až do doby zkoušení. Teplota těles v době zrání byla +20°C.

V sériích 1, 3, 7, 14 dní byla zkoušena 4 tělesa. Série byly betonovány ze dvou záměsí betonu. Poslední série 31 den obsahovala 4 tělesa, kdy dvě z nich byla z první záměsí a druhá dvě byla z druhé záměsí betonu.

3. INSTRUMENTACE ZKOUŠEK

Zkoušky betonu byly provedeny na zkušebním zatěžovacím stroji DSM 2500. Měření betonu a osazení betonu snímači bylo koncipováno tak, aby bylo možné měřit deformace na povrchu těles i mimo tělesa tak, že bude měřitelná celková axiální deformace tělesa.



Obr. 1: Pracovní diagramy těles ve stáří 7 dnů.

Na tělese byly měřeny deformace pro získání Youngova modulu pružnosti. Měření bylo prováděno dvěma příložnými tenzometry umístěnými v axiálním směru. Na tělese byly umístěny snímače naproti sobě uprostřed výšky. Jejich odměrná délka byla 150mm. Tělesa 7, 14 a 31 dní stará byla před zkouškou ve zkušebním stroji předtížena na sílu odpovídající 1/3 pevnosti, pak odlehčena na upínací sílu a dále zatěžována silovým zatížením s řízením podle přírůstku deformace tělesa.

Mimo těleso byly měřeny 4 axiální deformace. Půdorysné umístění tenzometrických snímačů bylo po obvodu tělesa po 90°. Měření bylo provedeno snímači Sandner. Odměrná délka snímačů byla celá výška těles. Měření bylo prováděno na

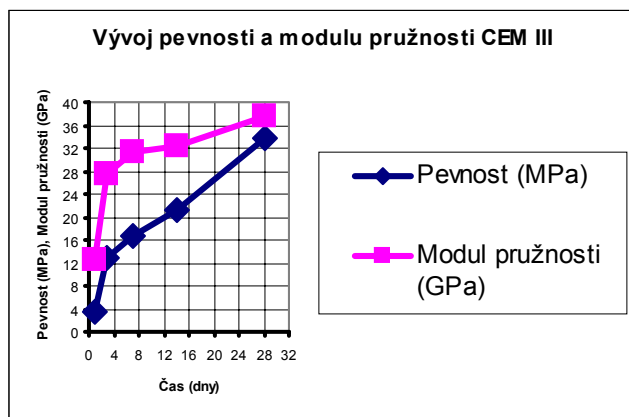
odměrných tyčkách. Pomocí snímačů Sandner byly měřeny tyto deformace v axiálním směru. Data měřená těmito snímači jsou vynesena do pracovních diagramů všech těles.

Pracovní diagramy získané z měření jsou například zobrazeny na obrázku 1. Obrázek č.1 zobrazuje 4 pracovní diagramy betonových těles testovaných ve stáří 7 dní. Průměrná pevnost těles v 1 dni byla 3,57MPa. Modul pružnosti po 24 hodinách dosahoval hodnoty 12,47GPa. 3 den pevnost betonu vzrostla na 13,0MPa a modul pružnosti se přiblížil výsledné hodnotě na 27,58, což je 73,6% hodnoty v 31 dnech.

V obrázku č.1 jsou zobrazeny pracovní diagramy ze 7 dne od vybetonování těles. Průměrná pevnost byla 16,7MPa a dosažená hodnota modulu pružnosti 31,3GPa tj. 83,6% 31deního modulu pružnosti. Průměrná pevnost ve 14 dnech byla 21,1MPa a průměrný modul pružnosti dosáhl hodnoty 32,4GPa. Ve stáří 31 dní byla průměrná pevnost 33,6MPa a průměrný modul pružnosti dosáhl hodnoty 37,46GPa.

4. VÝSLEDKY

V kapitole 2 byl popsán časový průběh experimentů. Během zrání betonu dochází ke změně modulu pružnosti. Tělesa z třetího dne vykazují nárůst pevnosti oproti prvnímu dni o 9,5MPa. Pevnost betonu sedmý a čtrnáctý den od vybetonování je vyšší oproti pevnosti první den o 13,1 a 17,6MPa. Nárůst pevnosti 7den je téměř lineární k pevnostem měřeným 3 den jak je vidět v obrázku č.2. Tento trend pokračuje i při zjištění pevnosti ve 14 dnech. Na obrázku 2 jsou zobrazeny naměřené průměrné pevnosti a moduly pružnosti dosažené v čase 1, 3, 7, 14 a 31 den. Grafy nárůstu pevnosti na obrázku 3 jsou proloženy křivkami určujícími závislost pevnosti a modulu pružnosti na čase. Graf závislosti pevnosti na čase pro beton pevnosti 30 MPa byl proložen logaritmickou křivkou, která nejlépe vystihuje průběh měřených hodnot mezi 1 a 36 dnem. Spolehlivost proložení naměřených bodů rovnicí (1) je 93,9%.



Obr. 2: Vývoj pevnosti a modulu pružnosti v čase.

křivka. Dosažená hodnota modulu pružnosti 31 den se shoduje s hodnotami měřených modulů pružnosti při zkoumání závislosti pevnosti betonu na teplotě [4]. Proměnnou v obou případech rovnic je stáří betonu.

Z první rovnice vyplývá, že počáteční pevnost v prvním dni je 2,82MPa. Počáteční modul pružnosti vyplývající z rovnice (2) je 15,82GPa.

$$R_c = 8,2042\ln(t) + 2,820 \quad (1)$$

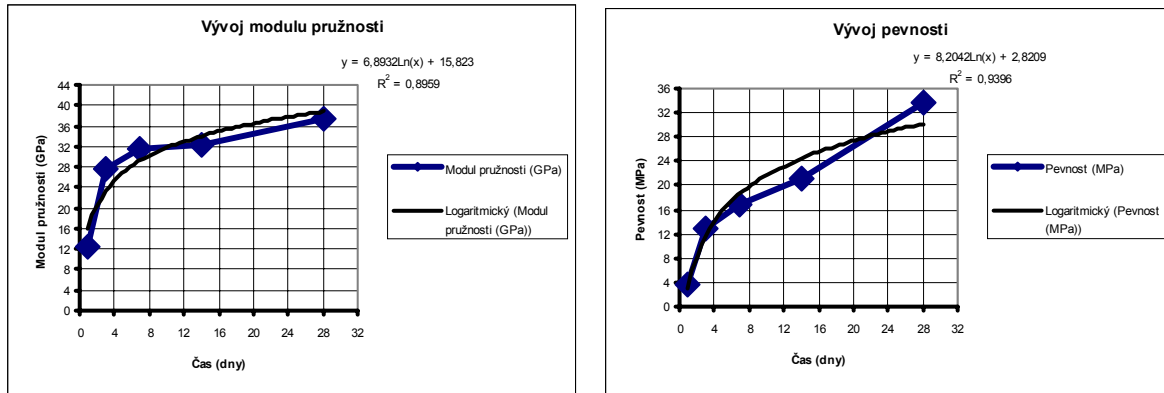
R_c pevnost betonu v tlaku (MPa).

t čas (dny).

$$E = 6,8932\ln(t) + 15,823 \quad (2)$$

E Youngův modul pružnosti (GPa).

Rovnice (2) popisuje nárůst modulu pružnosti ve vztahu k času. Jako nejvhodnější proložení naměřenými hodnotami byla zvolena logaritmická



Obr. 3: Pevnost a modul pružnosti.

ZÁVĚR

Vývoj vlastností betonu je ovlivněn typem cementu a jeho množstvím v betonové směsi, dále množstvím vody, prostředím v kterém dozrává. To je definováno teplotou a vlhkostí [4]. Provedená měření na betonu pevnosti 30MPa prokázala, že během zrání dochází od prvního dne ke zvyšování modulu pružnosti. Mezi naměřenými hodnotami pevností betonu v různých stádiích zrání bylo velmi dobře možné proložit křivku a stanovit funkční závislost mezi pevností příslušné třídy betonu [1]. Jestliže je pevnost v 31 dnech brána jako 100%, pak beton pevnosti 30MPa vyrobený ze směsi obsahující cement CEM III 32,5R, dosahuje ve stáří 7 dnů 49,7% a ve stáří 14 dnů 62,7% své konečné pevnosti. Z pozorování struktury pomocí elektronového mikroskopu bylo dosaženo náhledu nad zahušťováním struktury betonu v čase.

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR103/02/D071 Experimentální výzkum mechanických vlastností čerstvého betonu.

Literatura (References)

- [1] Neville, A.M., Mechanical properties of concrete, fourth edition, 1997, ISBN 0-470-23527-6.
- [2] Kanstad, T., Hammer, T. A., Bjontegaard, O., Mechanical properties of young concrete: Part I: Experimental results related to test methods and temperature effects, Materials and Structures, Volume 36-No.258, 2003, ISSN 1359-5997.
- [3] Padevět, P.: *Vývoj pevnosti u mladých betonů* - Staticko-konstruktivní a stavebno-fyzikální problémy stavebných konstrukcí, Tatranská Lomnica - Slovensko, 2003, 4 strany.
- [4] Padevět, P.: Testing of higher temperature loaded concrete in compression and observing its structure, Győr, Hungary, September 2003.