

E xperimentální A nalýza N apětí

2004

VLIV CYKLŮ ZMRAZOVÁNÍ A ROZMRAZOVÁNÍ NA MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI BETONU

CHANGES OF MATERIAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE UNDER THE FREEZE- THAW LOADING

Tomáš Doležel¹, Petr Konvalinka²

This paper presents the damage of concrete and its dependence on different strength grades of plain concrete under the action of load and freeze-thaw cycles and analyzes changes of material characteristics of concrete in compression. The loss of compressive strength of concrete specimens subjected to loading was determined. Experimental results show that material characteristics of concrete specimens is strongly influenced by the damage process of freeze-thaw cycles, which is of great importance to durability of concrete under comprehensive conditions.

Keywords *compression, concrete, freeze-thaw loading, compressive strength*

1. Úvod

Skutečnost, že cyklické změny teplotního zatížení ovlivňují kvalitu a životnost betonových konstrukcí je velmi dobře znám [1], [2]. Mnoho výzkumů se zabývá takovým zatěžováním vzorků a zkoumáním jejich teplotních a vlhkostních charakteristik. Vliv cyklického zatížení na materiálové charakteristiky v tlaku, zejména na modul pružnosti betonu v prostém tlaku není předmětem tak častého zájmu. Tento příspěvek si klade za cíl porovnat vybrané materiálové charakteristiky betonu dvou různých pevností (C25/30 a C45/55).

2. Vzorky a experiment

Všechny zkoušky materiálových charakteristik betonu v tlaku byly provedeny na přístroji GROND DSM 2500 (obr. 2.1) na katedře stavební mechaniky ČVUT v Praze.

¹ Ing. Tomáš Doležel: ČVUT Fakulta stavební; Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, ČR, tel.: +420224355417, e-mail: tomas.dolezel@fsv.cvut.cz

² Doc.Ing. Petr Konvalinka, CSc ČVUT Fakulta stavební; Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, ČR, tel.: +420224354499; e-mail: conwa@fsv.cvut.cz



Obr. 2.1. Zkušební stroj GROND DSM 2500

Zkušební stroj se skládá z tuhého zatěžovacího rámu o maximální kapacitě 2 500 kN. Maximální zdvih zatěžovacích desek je 100 mm. Zatěžovací rám je opatřen hydraulickým servomechanismem, který se používá k zatěžování vzorků za účelem měření změkčení při zkoušce řízené deformací na vzorku. Pro zatěžování vzorků byla použita konstantní zatěžovací rychlost 1×10^{-5} m/s.

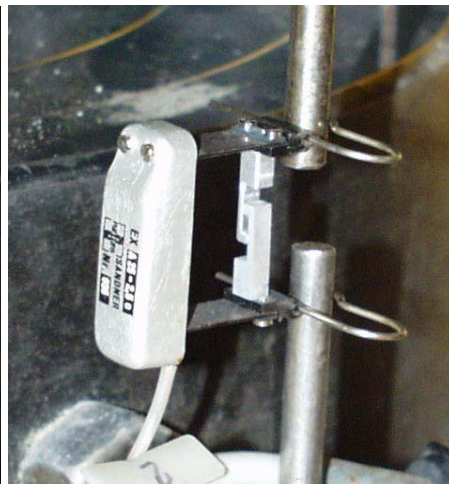
2.1 Měření deformací

Osové deformace byly měřeny pomocí tenzometrických snímačů deformací. Snímače byly osazeny na dvou protějších stranách vzorku a symetricky ve čtvrtinách kruhových zatěžovacích desek zkušebního stroje.

Jako snímače deformací na vzorcích byly použity snímače INOVA PXA 50 (obr. 2.2.), které měly měřicí základnu rovnu 100mm. Pro měření deformací na kovových zatěžovacích deskách zkušebního zařízení byly použity snímače SANDNER EXA s měřicí základnou 25mm (obr. 2.3).



Obr. 2.2.. INOVA PXA 50



Obr. 2.3. SANDNER EXA

Oddělená čtení ze dvou snímačů na vzorku a čtyř snímačů na zatěžovacích deskách byla zaznamenávána po celou dobu měření, z důvodu zjištění co nejpřesnějších deformací na vzorku během testu. Výsledky měření byly opraveny o deformace způsobené nedokonalým dosednutím zatěžujících desek na vzorek [3]. Tyto deformace vznikají v důsledku nedokonalé rovinnosti a neparalelnosti zatěžovaných ploch na vzorku a sednutí zatěžovacích desek. Korekce provedl přímo měřící software. Korekční metoda je podrobně popsána v [5].

2.2 Příprava vzorků

Přípravě vzorků byla věnována velká pozornost. Pro výrobu byly použity ocelové krychlové formy (150x150x150 mm). Po naplnění forem betonem byly vzorky hutněny vibrátorem po dobu 30 sekund. Aby se zabránilo vysušení vzorků, byly po dva dny uchovány ve formách přikrytých vlhkou látkou. Po demontáži forem byly vzorky na dobu 28 dnů umístěny ve vodní lázni. Potom se vzorky přemístily do uzavřených plastových pytlů, pro zvlhčení bylo také do pytlů přidáno malé množství vody. 48 hodin před počátkem zatěžování střídáním cyklů zmrazování - rozmrazování byly vzorky vyjmuty z plastových pytlů a ponechány na vzduchu.

Složení betonu pevnosti C25/30 je v tabulce 2.1. Maximální velikost zrna kameniva byla 16 mm, nebyly přidány žádné přísady, vodní součinitel (w/c) byl 0,41.

Portlandský cement CEM I Králův Dvůr	340 kg/m ³
Říční štěrk (zakulacená zrna) :	
Frakce 8 – 16 mm	658 kg/m ³
Frakce 4 – 8 mm	448 kg/m ³
Frakce 0 – 4 mm	722 kg/m ³
Voda	140 l/m ³

Tab. 2.1. Betonová směs pevnosti C25/30

Složení betonu pevnosti C45/55 je v tabulce 2.2. Maximální velikost zrna kameniva byla 16 mm, nebyly přidány žádné přísady, vodní součinitel (w/c) byl 0,41 [4], [3].

Portlandský cement CEM II Králův Dvůr	440 kg/m ³
Říční štěrk (zakulacená zrna) :	
Frakce 8 – 16 mm	720 kg/m ³
Frakce 4 – 8 mm	340 kg/m ³
Frakce 0 – 4 mm	783 kg/m ³
Voda	180 l/m ³

Tab. 2.2. Betonová směs pevnosti C45/55

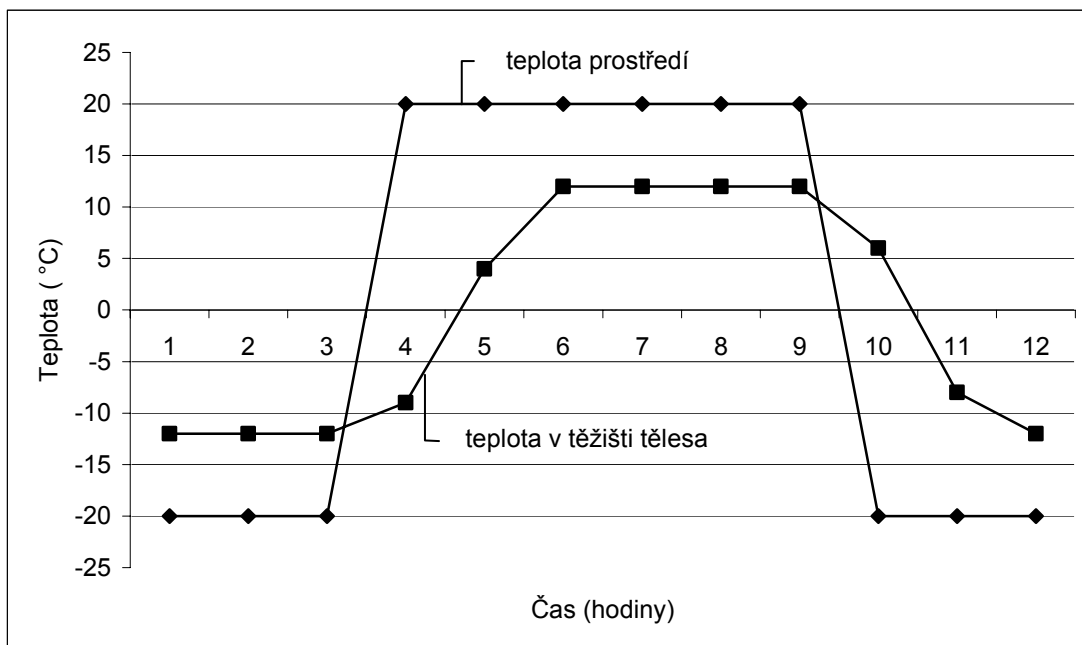
Stáří betonu při testování bylo v rozmezí čtyř až pěti měsíců. V tomto stáří, při zkoušce jednoosého tlaku na krychlích 150x150x150 mm byla průměrná pevnost 56,4 MPa pro beton C25/30 a 71,1 MPa pro beton C45/55.

Velká pozornost byla kladena na rovnost a paralelnost zatěžovaných ploch, proto bylo nutné vrchní části všech vzorků zakoncovat pomocí cementového tmelu.

Způsob lití betonu byl dán tvarem ocelové formy a byl rovnoběžný se směrem zatěžování. Významné rozdíly ve výsledcích testu mohou vzniknout při paralelním a kolmém zatěžování na směr lití [3].

2.3 Zmrazovací a rozmrazovací cykly

Nejprve byly vzorky umístěny do mrazícího zařízení o teplotě -20°C a poté do vodní lázně o teplotě +20°C. Měřené teploty uvnitř vzorků při celém zmrazovacím-rozmrazovacím cyklu se měnily od -12°C do 12°C. Graf 2.3 zobrazuje typický teplotní profil vzorku v průběhu 12 hodin.

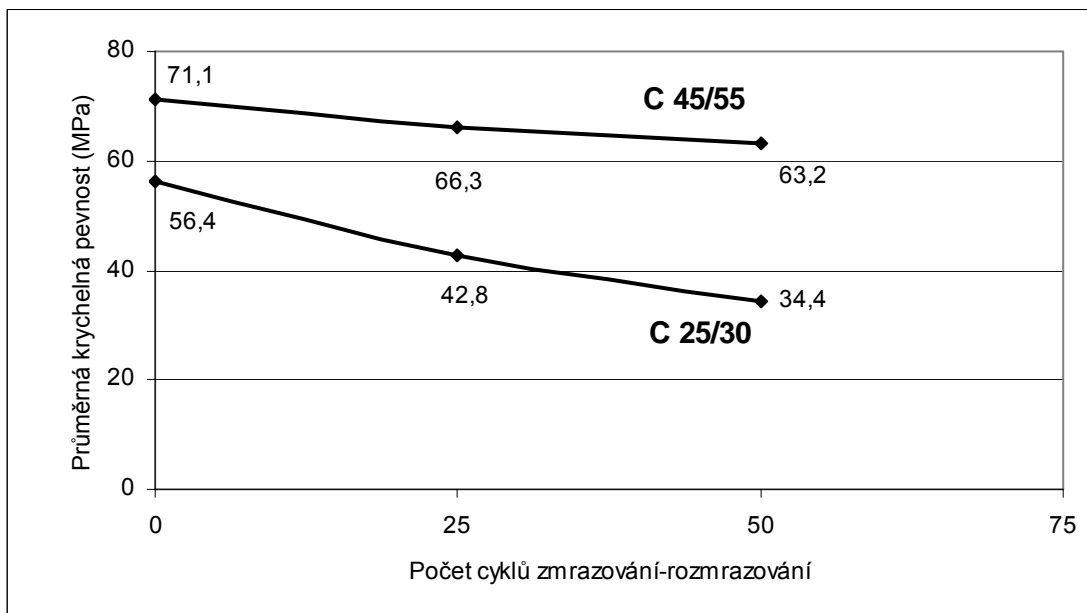


Graf 2.3. Typický teplotní profil

Byly testovány tři skupiny vzorků. Každá skupina se skládala ze tří krychlí. První skupina nebyla zatěžována, druhá skupina byla zatížena 25 cykly zmrazování a rozmrazování a třetí skupina byla zatížena 50 cykly zmrazování a rozmrazování.

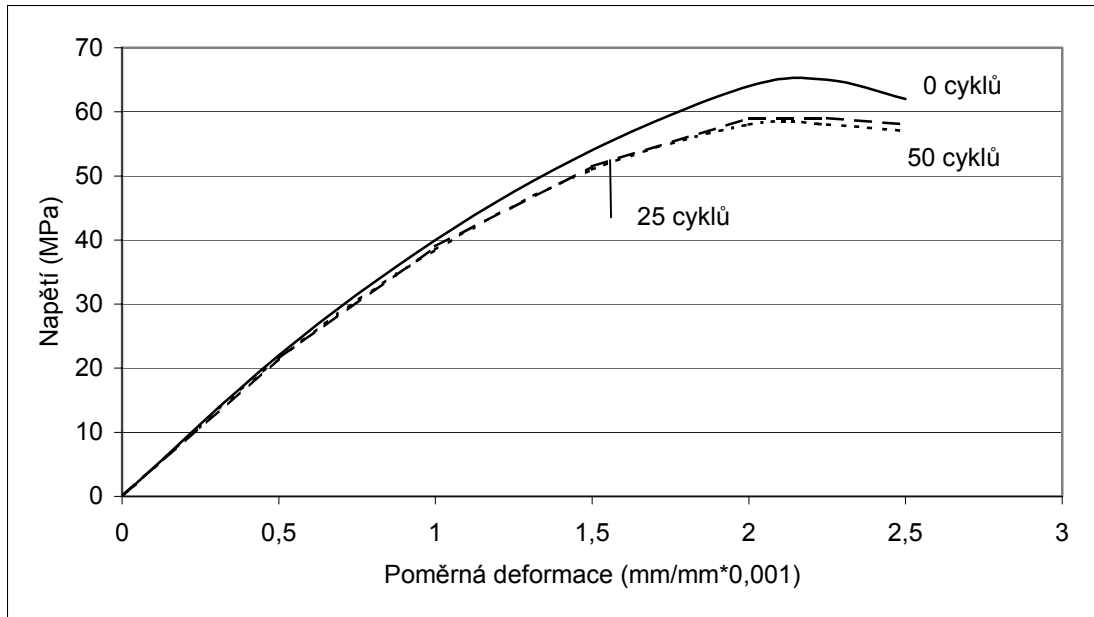
3. Výsledky

Výsledky pevnosti v tlaku jsou znázorněny v grafu 3.1. Z grafu můžeme vyčíst, že vzorky z betonu C45/55 mají daleko vyšší schopnost odolávat cyklům zmrazování a rozmrazování než vzorky z betonu C25/30. Úbytek pevnosti v tlaku po 50 cyklech zatěžování je u betonu vyšší pevnosti 12% a u betonu nižší pevnosti 40%.

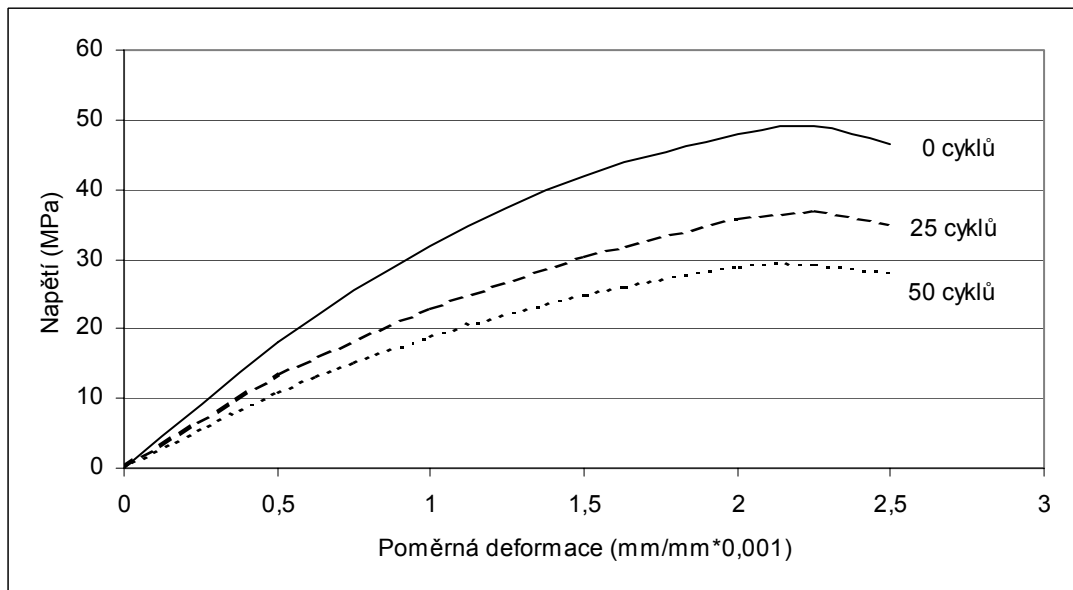


Graf 3.1. Krychelné pevnosti betonu

Podobné výsledky dostáváme u pracovního diagramu betonu v tlaku. Z grafu 3.2 a 3.3 je zřejmé, že beton C45/55 odolává cyklickým změnám teploty velmi dobře. Pokles maximální hodnoty činí pouze 9%.



Graf 3.2. Pracovní diagram betonu C45/55 v tlaku pro různý počet cyklů zmrazování a rozmrazování



Graf 3.3. Pracovní diagram betonu C25/30 v tlaku pro různý počet cyklů zmrazování a rozmrazování

Nebyly zjištěny téměř žádné rozdíly u betonu vyšší pevnosti mezi zatěžováním 25 a 50 cykly. Daleko větší změny v odolnosti při změně teploty byly zjištěny u betonu nižší pevnosti, kde došlo k poklesu maximálního napětí v pracovním diagramu o 25% po 25 cyklech a o 40% po 50 cyklech zatěžování.

4. Závěr

Experimentálně byly zjišťovány materiálové charakteristiky dvou rozdílných pevnostních tříd prostého betonu po zatížení cyklickými účinky teploty s cílem zjištění závislosti mezi počtem cyklů zatěžování a krychelnou pevností a modulem pružnosti v tlaku. Na základě provedených experimentů můžeme učinit tyto závěry:

- pevnost v tlaku betonu C45/55 se po 50 cyklech zmrazování snížila na 88% pevnosti referenčních zkušebních těles
- je zřejmé že mráz poškozuje beton nižší pevnosti mnohem více, pevnost v tlaku u betonu C25/30 po 50 cyklech zmrazování klesla na 60% pevnosti referenčních těles
- pracovní diagram vzorků obou pevnostních tříd betonu má podobnou tendenci jako krychelné pevnosti

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu MSM 210000004 financovaného prostřednictvím MŠMT ČR.

Literatura

[1] Sun, W., Zhang, Y. M., Yan, H. D., Mu, R.: Damage and damage resistance of high strength concrete under the action of load and freeze-thaw cycles, Cement and Concrete Research, No. 29, 1999, pp.1519-1523.

[2] Neville, A., Aitcin, P.-C.: High performance concrete – an overview, Materials and Structures, No. 206, 1998, pp.111 – 117.

[3] Van Mier, J. G. M.: Strain softening of concrete in uniaxial compression, Report of the Round Robin Test, RILEM TC 148-SSC, 1984.

[4] Konvalinka, P.: Influence of the testing technique on stress-strain diagram of concrete, CTU Reports, Contributions to mechanics of materials and structures, eds.: Bittnar and Šejnoha, CTU Prague, 2000, pp. 205-212.

[5] Vonk, R. A.: A micromechanical investigation of softening of concrete loaded in compression, Heron 38 (3), 1993.