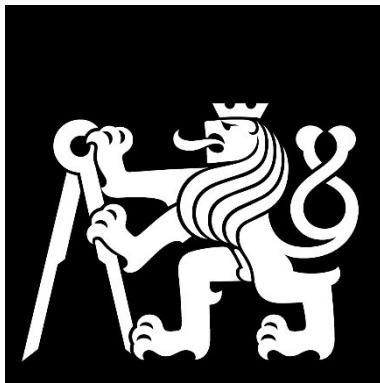


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ



Katedra betonových a zděných konstrukcí

Petr Hájek

Porovnání mechanických vlastností cementu od různých dodavatelů

Bakalářská práce

2019



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Petr Jméno: Hájek Osobní číslo: 460451

Zadávající katedra: Katedra betonových a zděných konstrukcí

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Porovnání mechanických vlastností cementu od různých dodavatelů

Název bakalářské práce anglicky: Comparison of mechanical properties of cement from different suppliers

Pokyny pro vypracování:

Zpracujte rožeři k tématu tuhnutí a tvrdnutí cementové pasty se zaměřením na následující body:

- Popis základních vstupních surovin pro výrobu cementu.
- Popis výrobního postupu cementu
- Popis základních slínekových minerálů včetně jejich uplatnění při hydrataci

Realizujte experimentální program v následujících bodech:

- Vyrobtě tři série cementových trámečků 40/40/160 podle normového postupu. Každá série bude z jiného druhu cementu.
- Stanovte u každé série vývoj tahové pevnosti v čase.
- Stanovte u každé série vývoj tlakové pevnosti v čase.
- Získané výsledky porovnejte s teoretickými předpoklady a technickými listy výrobců

Seznam doporučené literatury:

Pytlík, P.: Technologie betonu, VUT v Brně, Brno 2000

Litcin, P.C.: Vysokohodnotný beton, ČKAIT, Praha, 2005

Collepari, M.: Moderní beton, ČKAIT, Praha, 2006

Šauman, Z.: Maltoviny I, VUT v Brně, 1993

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Josef Fládr, PhD.

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2019

Termín odevzdání bakalářské práce: 26.5.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

25.2.2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne 24.5.2019


podpis

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Josefu Fládrovi, Ph.D., za jeho vřelý přístup při experimentech a konzultacích. Tato práce by se neobešla bez týmu v laboratoři, tímto jim děkuji za pomoc při stanovení pevností. Dále velké díky patří mé matce, která mě za jakýchkoli okolností podporovala. V neposlední řadě jsem vděčný svým přátelům za jejich psychickou podporu.

Název bakalářské práce: Porovnání mechanických vlastností cementu od různých dodavatelů

Název bakalářské práce anglicky: Comparison of mechanical properties of cement from different suppliers

Anotace

Tato bakalářská práce má za úkol porovnat mechanické vlastnosti cementu mezi jejich dodavateli. Také se věnuje zjištění, proč v laboratorních podmínkách nebylo dosaženo tak vysokých pevností v tahu za ohybu, jaké deklarují dodavatelé cementu.

Klíčová slova

Cementový kámen, cementová malta, slídkové minerály, trisulfát, monosulfát, pevnost v tahu za ohybu, trámeček

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to compare mechanical properties of cement between their suppliers. It also explores why under tensile bending strenghts declared by cement suppliers have not been achieved in laboratory conditions.

Keywords

Cement stone, cement mortar, clinker minerals, trisulfate, monosulfate, bending tensile strenght, beam

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	7
1 Úvod	8
2 Cement, jeho výroba, chemické složení a proces hydratace	8
2.1 Výroba cementu.....	8
2.2 Slídkové minerály	9
2.3 Tuhnutí a tvrdnutí cementové pasty.....	10
3 Výběr metody zpracování	12
4 Postup zpracování experimentu	12
4.1 Složky pro výrobu zkušebních trámeček.....	12
4.2 Míchání.....	15
4.3 Stanovení konzistence	16
4.4 Zhotovení vzorků	18
4.5 Uskladnění vzorků po dobu 24 hodin	18
4.6 Odformování vzorků	19
4.7 Ošetřování vzorků.....	19
4.8 Zkoušení vzorků.....	20
4.8.1 Měření a vážení	20
4.8.2 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu.....	21
4.8.3 Stanovení pevnosti v tlaku	22
5 Výsledky a vyhodnocení.....	24
6 Závěr.....	26

Seznam použitých zkratek a symbolů

V běžné betonářské praxi je zvykem psát zkratky hlavně slínekových minerálů:

- C CaO
- A Al₂O₃
- S SiO₂
- F Fe₂O₃
- S SO₃
- H H₂O
- C₃S trikalciumpsilikát
- C₂S dikalciumpsilikát
- C₃A trikalciumaluminát
- C₄AF tetraalkiumaluminátferit

Použité zkratky pro varianty vzorků:

- C0 vzorek obsahující cement a vodu (cementový kámen)
- CP vzorek obsahuje cement vodu a kamenivo - křemenný písek (cementová malta)

Použité symboly v chemickém zápisu:

- r reakční rychlost minerálů
- → chemický proces přeměny

1 Úvod

Tato práce vznikla díky všímavosti mého vedoucího. Kterému bylo záhadou, proč výrobci cementu (CEM I 42,5 R) deklarují relativně vysokou hodnotu pevnosti v tahu za ohybu jimi dodávaného cementu. Výrobci udávají pevnosti ve dnech 1,2,7 a 28. Udávaná hodnota dosahuje 9 MPa (28. den). Což je, dle mnou doposud čtené literatury, hodnota spíše pro silniční cementy. Nejdříve však sám vyzkoušel, zda-li tato hodnota bude vycházet i v laboratorních podmínkách naší školy. Přestože tato laboratoř je vybavena klimatickou komorou, míchačkou – která provádí míchání dle normy EN 196-1, tato hodnota pro 28. den dosažena nebyla. A to podstatně, dosahovaná hodnota pevnosti v tahu za ohybu byla kolem 2 MPa. Zatímco hodnoty pevností v tlaku odpovídali technickým listům výrobce.

2 Cement, jeho výroba, chemické složení a proces hydratace

2.1 Výroba cementu

Cement je pojivou složkou betonu. Po sjednocení evropské normy pro výrobu cementu, je k dispozici nejméně 27 typů a podtypů cementu. Pevnostní třída cementu uvádí zaručenou tlakovou pevnost cementového kamene v MPa pro stáří 28 dnů. Každý z nich může být k dispozici v 6 různých pevnostních třídách (32,5 N, 32,5 R, 42,5 N, 42,5 R, 52,5 N, 52,5 R). Z toho plyne, že celkově existuje 162 normovaných cementů. Tato norma byla sjednocena z důvodu lepší expedice a větší možnosti výběru pro odběratele.

Hlavní suroviny pro výrobu cementu jsou jíly, vápence a železitá korekce (pyritové výpražky, které obsahují až 60% železa). [1]

Tyto suroviny se natěží v lomech a jsou převezeny nákladními stavebními auty (dampřry) nebo dopravními pásy (kontinuální doprava) do cementárny. Podrtí v drtiči na velikost částí v jednotkách centimetrů. Mletí zmíněných surovin probíhá ve svislém ocelovém mlýnu (zajištěno třemi kónickými válci) nebo v horizontálním mlýnu (mletí provádí ocelové koule). [2] Závěrem přípravy surovinové moučky je její homogenizace v silech dle chemické analýzy jednotlivých složek (jíly a vápence). Zrna mají velikost řádově desítky μm . [3]

Dalším procesem je výpal (kalcinace) surovinové moučky na cementový slínek. Moučka musí obsahovat přiměřený poměr hlavních oxidů: CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , a Fe_2O_3 . Pro určení tohoto poměru slouží termální fázový diagram (ohrazené fázemi hlavních slínkových minerálů C_3S , C_2S , C_3A – jejich koexistence). Tato fáze probíhá většinou v rotačních pecích. Pec je uložena horizontálně a rozdělena na pásma dle teploty. Prvním pásmem je pásmo sušící (do $200\text{ }^\circ\text{C}$). Následují pásma přehřívací (s teplotou $200\text{--}800\text{ }^\circ\text{C}$), kalcinační (dekarbonizační, o teplotě $800\text{--}1200\text{ }^\circ\text{C}$), exotermické ($1300\text{ }^\circ\text{C}$), slinovací ($1400\text{--}1450\text{ }^\circ\text{C}$). Poslední je pásmo chladící ($1100\text{--}1000\text{ }^\circ\text{C}$). [3]

Výstupem výpalu jsou čtyři hlavní sloučeniny: C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF spolu nečistotami MgO , CaO a sírany alkalických kovů (síra a popel je nečistota od paliva při výpalu).

Po výpalu je slínek uložen v slínkových silech. Pro výrobu cementu se tento slínek odebere a namele v cementových mlýnech (ve dvou komorách mlýnu různě velkými ocelovými koulemi). Mletí je nutné provádět s optimálním množstvím síranu vápenatého (cca 4% CaSO_3), který slouží jako regulátor tuhnutí (retardační přísada). Přidává se ve formě sádrovce

(CaSO₄ * 2H₂O) nebo anhydritu (CaSO₄). Bez této úpravy by cement rychle ztrácel plasticitu (zpracovatelnost) a byla by tím vyloučena použitelnost na stavbách. [2]

Je možné použít i další složky při mletí např. struska, popílek, pucolán. Větší jemnost mletí urychluje hydrataci, cementový kámen má větší pevnosti (počáteční i konečné) a také mají lepší zpracovatelnost (jsou plastičtější). Nepříznivý vliv jemnějšího mletí je větší vývin hydratačního tepla (od teplotního gradientu mezi jádrem betonu a povrchem mohou nastat trhliny). [2] Další nepříznivý vliv má název smršťování, proto je vhodné při výrobě betonu přidat jemnou část – filler v podobě popílku nebo mikrosiliky. Jemnost mletí cementů se určuje měrným povrchem jeho částic, běžně se pohybuje kolem 300 m²/kg – dle Blaina.

Namletý cement je nakonec expandován do cementových sil, cisteren na cement nebo se pytluje (běžně 25 kg).

2.2 Slínkové minerály

Již byli výše zmíněné základní slínkové minerály. Ty řídí hlavní procesy hydratace cementu na cementový kámen. Za nejvíce zastoupené se považují první čtyři, nesmí se ale zapomenout na ty méně zastoupené, které mají také podstatný vliv.

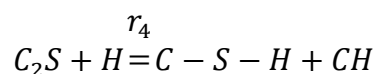
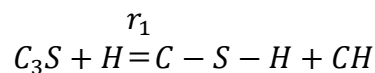
Pro názornou představu o rychlosti hydratace jednotlivých slínkových minerálů jsem upravil spodní indexy označení chemických reakcí písmenem „r“ umístěné nad rovnítkem. Tyto indexy jdou vzestupně dle rychlosti hydratace (1-nejrychlejší). Hydratační rychlosti jsem si dovolil převzít od Pytlíka [1]. Popis minerálů včetně chemických zápisů byl převzat převážně od Collepariho [2].

Prvním, nejčastěji uváděným minerálem je alit. V praxi se běžně značí C₃S - trikalciumsilikát. Je velmi reaktivní. Dodává betonu počáteční pevnosti, zvyšuje hydratační teplo a ovlivňuje rychlost tvrdnutí. Počátek reakce bývá kolem třetí hodiny po přidání vody. Smršťení se uvádí střední.

Belit, značený C₂S – dikalciumsilikát. Oproti alitu je méně reaktivní, pomalejší. Přispívá zejména ke konečným pevnostem betonu, protože reaguje pozvolna ale o to déle. Také vyvíjí méně hydratačního tepla. Smršťení vykazuje malé.

Chemickou reakcí těchto silikátů vznikají takzvané C-S-H (kalcium-silika-hydrát) gely. Mají jehlicovitý charakter na rozdíl od C-A-H gelu, který by, bez přítomnosti síranů získal tvar plochých krystalů.

Zjednodušený zápis vzniku CSH gelu:



Jehlice se postupem času zvětšují a zaplňují prostor mezi částmi nezhydratovaných cementových zrn. Čím je tento prostor menší, tím je menší smršťení, tvorba pórů a

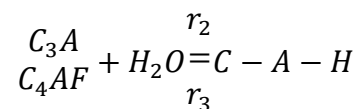
permeabilita. Prostor se dá zmenšit snížením vodního součinitele nebo přidáním jemné části, například mikrosiliky.

Výše uvedené minerály mají dobrou objemovou stálost, úměrnou chemickou odolnost. Běžně jsou zastoupeny 75-85% v hmotnosti slínku.

Velmi reaktivním minerálem je však C_3A – trikalciualuminát. Jeho reaktivnost začíná prakticky ihned při styku s vodou, avšak na tlakové pevnosti mnoho nepřispěje (kolem 5 MPa). Nestálý objemově, chemicky málo odolný s výrazným smrštěním a ještě výraznějším vývinem hydratačního tepla (2,5x v porovnání s alitem).

Čtvrtým, hlavním minerálem je C_4AF – tetraalkaliualuminátferit (někde označovaný jako celit i brownmillerit). Reaguje 5 až 10 minut po vstupu vody k cementu. Na rozdíl od C_3A je objemově stálý, jeho smrštění je malé a chemická odolnost dobrá. Hydratační teplo vyvíjí o trochu méně než alit.

Zjednodušený zápis reakce pro dva výše uvedené minerály je:



V portlandském slínku je také zastoupeno volné vápno (oxid vápenatý) – CaO (obsah je kolem 2% hmotnosti cementu). Hydratuje pomalu.

Dále je přítomné MgO (oxid hořečnatý), bývá součástí tuhých roztoků C_4AF nebo C_3S nebo volně ve formě minerálu periklas. Ten se objevuje při zvýšeném obsahu MgO, větším než 2% hmotnosti cementu. Volné MgO ve slínku reaguje pomaleji a rozpínavě. Při reakci s vodou vzniká $Mg(OH)_2$ a nabývá na objemu. Z tohoto nežádoucího vlivu je jeho obsah limitován. Běžný je obsah MgO ve slínku cca 1,5 % hm. cementu.

2.3 Tuhnutí a tvrdnutí cementové pasty

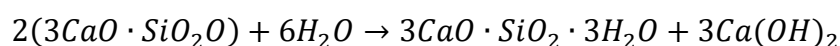
Při smíchání cementu s vodou je směs, v závislosti na vodním součiniteli, plastická až tekutá. Přibližně po hodině tuto plastičnost (můžeme ji nazvat i zpracovatelností) ztrácí a začíná proces tuhnutí. Při tuhnutí se uplatňují hlavně minerály C_3A a C_4AF díky jejich rychlé reakci. Tvrdnutím rozumíme nárůst pevnosti betonu, zde dostává hlavní slovo nejdříve C_3S a poté C_2S .

V naší literatuře se můžeme setkat se třemi hydratačními periodami indukční (ta je dělena na předindukční a indukční), přechod do tuhého skupenství a stupeň stabilní struktury. [1] a [3] Jasnější rozdělení si ovšem dovolím převzít od svého vedoucího bakalářské práce. Tyto periody jsou vypsány následovně, v závorkách je uvedena orientační doba trvání:

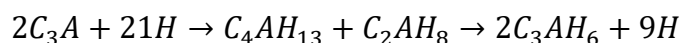
1) Smíchání cementu s vodou (do 15 minut)

Po kontaktu s vodou nastává smáčení zrn cementu. To se projeví vývinem značné části hydratačního tepla, rozpouštějí se alumináty (C_3A) a sírany (C_3S).

Reakcí silikátu C_3S (alit) vzniká kalcium hydrosilikátový gel (CSH) + portlandit [3]:

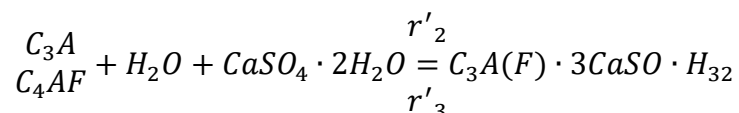


Zároveň (dle Koloidní teorie), reakcí C_3A vzniká C-A-H (kalcium-aluminát-hydrát) gel. Tento gel nám rychle sráží zpracovatelnost. Jeho chemický zápis je následovný [1]:

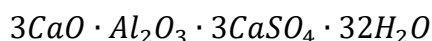


Aby tomu tak nebylo, a byli jsme schopni s betonem pracovat, je ke slínku přimílán sádrovec nebo anhydrit. Který působí jako regulátor tuhnutí a mění C-A-H gel na ettringit. „Primární ettringit zpomaluje rychlost reakce tím, že ve formě malých jehliček pokrývá povrch C_3A a C_4AF , čímž zabraňuje dalšímu kontaktu mezi vodou a kalciumalumináty“. [2]

Chemická rovnice popisující chování sádrovce je následující [2]:



Produktem reakce C_3A je ettringit, podrobněji rozepsán [3]:



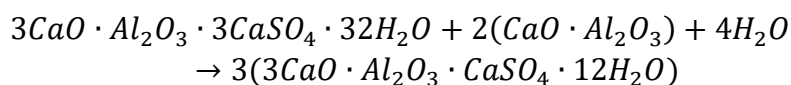
Někdy bývá ettringit označován jako trisulfát AFt, majíc tvar hexagonálních prismatic. Tento útvar později přechází v pseudohexagonální destičky monosulfátu C_4ASH_{12} (AFm). Podobným způsobem reaguje C_4AF , avšak značně pomaleji. [1]

2) Indukční perioda (15 minut – 4 hodiny)

Reakcí sádrovce s alumináty se pozastaví tuhnutí směsi a vzniká tím prostor pro zpracování betonové směsi (dopravu na staveniště, uložení a hutnění). Po ukončení této doby již nelze beton zpracovat bez narušení jeho struktury.

V této periodě nastává jen malý vývin hydratačního tepla, roste viskozita směsi. Ubývají silikáty a vytváří se zárodky krystalů C-S-H a CH. Pokračuje tvorba AFt (ettringitu), který začíná přecházet na monosulfát. AFm je na rozdíl od AFt objemově stálý a pro ztuhlý beton neškodný.

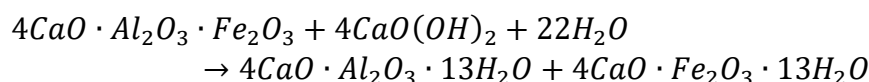
Chemický zápis pro přeměnu AFt na AFm (monosulfát) [3]:



3) Zrychlení hydratace a počátek tuhnutí (4 - 8 hodin)

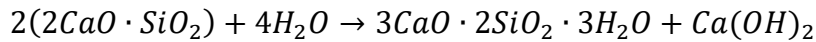
Cementová pasta přechází do tuhého skupenství. Jednotlivá zrna cementu jsou pokryta vrstvou dlouhovláknitého C-S-H gelu. Tento gel proráží ettringit, který vznikl v předchozích periodách. Vlákna na zrnu cementu se začínají dotýkat vláken sousedních zrn. Růstem se vlákna prodlouží a přemostí mezery mezi zrny, vytvořené vodou. Více vody zvětší mezery mezi zrny a prodlouží dobu tuhnutí. [2]

Touto dobou hydratuje i C_4AF [3]:



4) Zpomalení hydratace (8 – 24 hodin)

Po přemostění mezer mezi zrny cementu se vlákna C-S-H gelu začnou navzájem prorůstat a začíná tvrdnutí cementového tmele. Ettringit přechází na monosulfát, vlivem difúze vody dochází k rekrystalizaci hydratačních produktů. Začíná tvorba drobnovláknitého C-S-H gelu a hydratace C_2S (belit) [3]:



Reakcí C_2S nastává snížení hydratačního tepla a rychlosti hydratace.

5) Doba zrání (1 - 28 dní; 2 roky)

Poslední fází je doba zrání. Probíhají výše popsané hlavní známé procesy. Může se zdát, že to nejdůležitější pro beton již proběhlo. Avšak z počátku této doby je důležité ošetřování betonu, pro výrobu na stavbě alespoň 3 dny. Důležitými faktory, které je třeba hlídat, jsou teplota okolí a vlhkost (popř. sníh, vítr). Ošetřování by mělo zabránit vysychání betonu, zejména na povrchu. Toho lze docílit zakrytím povrchu fólií nebo nástřikem zabraňujícím úniku vody. Cementový kámen postupnou hydratací nabývá pevnosti. Pro praxi je důležitá pevnost 28. den od smíchání cementu s vodou. Beton nabývá pevnosti a zvětšuje svůj modul pružnosti ještě dlouho po této smluvní lhůtě. Významný příbytek těchto hodnot nastává pouze první roky.

3 Výběr metody zpracování

Beton nelze dopodrobna teoreticky rozebrat. Vždy je i při výpočtu minimální pevnosti nutná prokazatelná zkouška. Proto i tato práce více nakloněna k experimentálnímu přístupu. Četnost zkoušek se odvíjí od dodavatele cementu Mokrý (tzn. 1,2,7 a 28 dní). Ke každému dni zkoušení byly vyrobeny tři trámečky 40*40*160 mm z cementové malty (voda + cement + jemné kamenivo) a tři trámečky z cementového kamene (voda + cement). To dává pro jeden typ kontrolních zkoušek cementu celkem 24 trámečků.

Stejně stáří zkušebních těles můžeme najít i v normě ČSN EN 196-1, dle které byl tento experiment prováděn. [4]

V normě je uvedeno konkrétně toto časové rozmezí:

- 24 hodin ± 15 minut
- 48 hodin ± 30 minut
- 72 hodin ± 45 minut
- 7 dnů ± 2 hodiny
- 28 dnů ± 8 hodin

4 Postup zpracování experimentu

4.1 Složky pro výrobu zkušebních trámečků

Na začátku bylo stanoveno, vyrobit pro každý termín zkoušení (1,2,7 a 28 dní od výroby) 3 trámečky 40x40x160. Jedna varianta s kamenivem (křemenný písek frakce 1-2 a 0,1-1), vodní součinitel 0,5 dle normy ČSN EN 196-1 a varianta druhá pouze cement s vodou při zachování vodního součinitele 0,5 (stejný jako v předepsané normě pro zkoušení).

Receptury pro varianty jsou následující:

CP (cement + písek):

- cement: 450 g (586 kg/m^3)
- voda: 225 g (293 kg/m^3)
- písek 1-2: 338 g ($439,5 \text{ kg/m}^3$)
- písek 0,1-1: 1013 g (1319 kg/m^3)

C0 (cement + voda):

- cement: 934 g (1216 kg/m^3)
- voda: 467 g (608 kg/m^3)

V normě je předepsáno pro výrobu malty (označení směsi cementu a kameniva do velikosti 4 mm), složení poměrově k cementu K:C:V = 3:1:0,5. Tomu odpovídá výše uvedené složení, jelikož $3 \cdot 450 = 1350$ g cementu a kameniva je použito $338 + 1013 = 1351$ g. Přesné složení dle normy je (450 ± 2) g cementu, (1350 ± 5) g písku a (225 ± 1) g vody. Z výše uvedeného je zřejmé, že tolerance byla splněna. Rád bych podotknul, že při přemísťování složek z misek a odměrných válců po navážení, zůstane malá část, 1 až 2 gramy jednotlivého vzorku v této nádobě. Z důvodu této ztráty jsem vážil o 1 gram více než bylo předepsané složení.

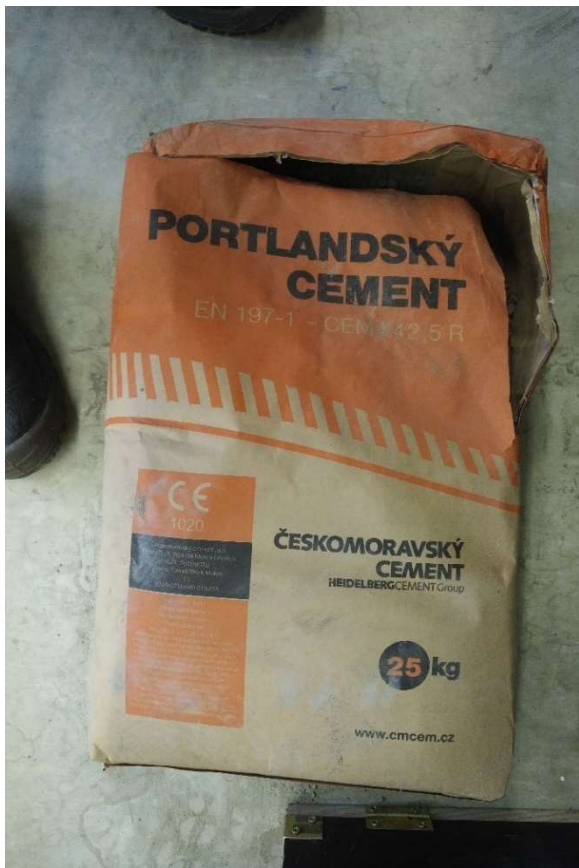
Označení vzorů tedy obsahuje CP(0) a počáteční písmeno názvu cementárny: M – Mokrý, P – Prachovice, Č – Čížkovice. Poté je číslo (oddělené podtržítkem), znamenající stáří vzorku ve dnech 1,2,7 a 28. Za pomlčkou nalezneme číslo od 1 do 3 označující konkrétní trámec vyrobený na jedné formě. Příklad označení pro 2 dny starý vzorek malty, vyrobený od dodavatele cementu Mokrý, je CPM_2-1. Toto označení je použité ve výsledcích pevností vytvořené pomocí programu Microsoft Excel.



Obrázek 1: Písek křemenný frakce 0,1-1



Obrázek 2: Písek frakce 0,1-1 pro jednu sadu trámečků



Obrázek 3: Pytel cementu z cementárny Mokrý



Obrázek 4: Pytel cementu z cementárny Prachovice



Obrázek 5: Veškerý materiál potřebný pro sadu zkoušek cementu od jednoho výrobce

4.2 Míchání

Postup míchání byl proveden automatickou míchačkou, která je schopna míchat dle různých norem. Pro zajištění shody výroby s dodavatelem cementu jsem použil normu [4].

- a) umístění cementu do nádoby a následné zalití vodou, celková doba přidání vody nemá překročit 10 sekund
- b) po styku vody s cementem (nulový čas) je zapnuté míchání nízkou rychlostí, jsou zahájeny míchací etapy, po 30 sekundách se začne přidávat kamenivo (písek) z horní násypky (přidává se dalších 30 sekund), po přidání se míchání přepne na vysokou rychlost a tímto tempem je mícháno 30 sekund
- c) na 90 sekund je míchání pozastaveno a prvních 30 sekund této etapy se pomocí pryžové či plastové stěrky setře malta, jenž ulpí na stěnách nebo na dně nádoby a umístí se do jejího středu
- d) míchání pokračuje vysokou rychlostí po dobu 60-ti sekund



Obrázek 6: Automatická míchačka malt a betonu

4.3 Stanovení konzistence

Pro obě varianty (CP a C0) byla provedena zkouška konzistence rozlitím. Tato zkouška (dle Hägermanna) se probíhá na střešacím stolku naplněním normového kužele namíchaným čerstvou maltou (betonem). Plnění probíhá ve 2 částech, první končí v polovině výšky a beton je ztuhněn normovým dusadlem (10x spouštění dusadla z dané výšky). Po naplnění kužele se zarovná povrch např. lžící pilovitým řezem. Následně je kužel odstraněn vytáhnutím svisle vzhůru, aby nebyl poškozen vzorek. Následně proběhne 15 opakování střešání, deska stolu se nadzdvihne do výšky 40 mm a poté padá volně dolů. Náš konkrétní stůl je opatřen kličkou, kterou se otáčením zároveň otáčí vačková hřídel. Tato hřídel přesně zdvihá desku stolu, takže zkouška probíhá pohodlně.

Směs vody a cementu má rozliti po celém stolku – 28 cm, tato konzistence je tekutá. Naproti tomu, směs odpovídající normovým předpisům, malta v podstatě nejví známky rozliti (dosahuje sotva 13 cm) takže je to konzistence tuhá. Tento značný rozdíl v konzistencích je trochu zajímavý tím, že vodní součinitel obou směsí je stejný. Znamená to tedy, že nadbytek vody zadržuje písek, který je obsažen v druhé směsi.



Obrázek 7: Vzorek C0, po naplnění kužele



Obrázek 8: Vzorek C0, po zdvihnutí kužele



Obrázek 9: Vzorek C0 po setřesení



Obrázek 10: Vzorek CP, po setřesení



Obrázek 11: Detail rozsahu rozlití vzorku CP

4.4 Zhotovení vzorků

Po dokončení míchání jsem naplnil formu předepsaných rozměrů pro výrobu 3 trámečků 40x40x160 mm. Před ukládáním čerstvého malty byly formy vymazány separačním přípravkem (olej) pro lepší odformování. Plnění jsem prováděl po 2 etapách. V každé etapě byla naplněna forma do poloviny své výšky a následně ztuhněna po dobu 10 sekund na malém přenosném vibračním stolku. Naplnění formy bylo zakončeno zarovnáním horní vrstvy laboratorní lžící pilovitým řezem.

Uvedený postup (doba ošetřování, teplota prostředí apod.) byl prováděn dle normy [4].



Obrázek 12: Pomůcky na zhotovení zkušebních těles

4.5 Uskladnění vzorků po dobu 24 hodin

Formy jsem následně po jejím naplnění přikryl průhlednou plastovou fólií a vzorky uložil do klimatické komory. V této komoře bylo nastaveno prostředí, které splňuje kritéria normy ČSN EN 196-1. Toto kritérium je stanoveno na $(20,0 \pm 1,0)$ °C s relativní vlhkostí vzduchu nejméně 90%. Naše klimatická komora byla nastavena na přesnou teplotu 20,0 °C a 90% relativní vlhkost vzduchu.



Obrázek 13: Uskladnění vzorků v klimatické komoře

4.6 Odformování vzorků

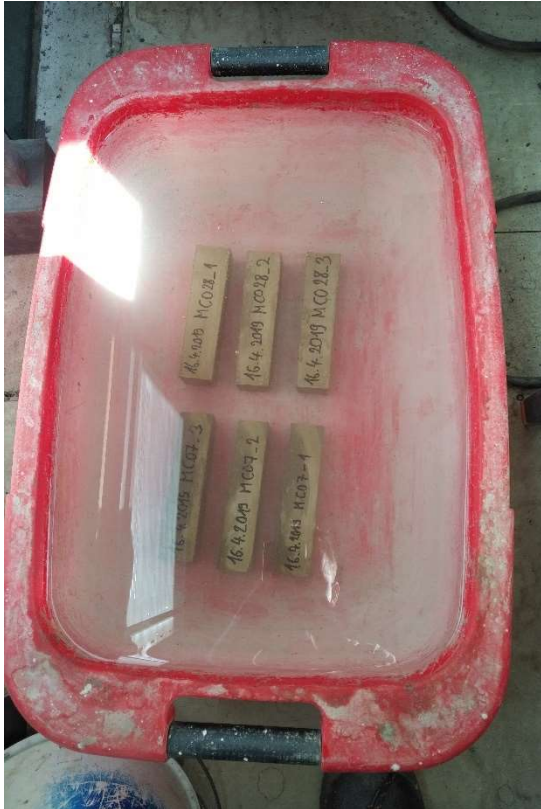
Vyjmutí vzorků z forem proběhlo 24 hodin po jejich vyhotovení. Norma ukládá vyjmutí vzorku, který se bude zkoušet ihned (tj. ve staří 24 hodin), 20 minut před zkoušením. Pro ostatní zkoušky, zkoušky starších vzorků, uvádí odformování po 20 až 24 hodinách od nulového času. Vzorky jsem označil lihovým fixem.



Obrázek 14: Odformované a označené vzorky

4.7 Ošetřování vzorků

Vzorky, které jsou vyjmuty z formy a označené, jsem uložil do nádoby s vodou. Toto ošetřování ve vodním prostředí stanovuje norma ČSN EN 196-1. Voda musí mít teplotu $(20,0 \pm 1,0)$ °C, hloubka vody nad horní hranou zkušebních těles nesmí klesnout pod 5 mm. Vyjmutí těles z vody norma předepisuje alespoň 15 minut před zkouškou. Mezitím musí být tělesa přikrytá vlhkou tkaninou.



Obrázek 15: Nádoba s vodou na uložení vzorků



Obrázek 16: Kontrola teploty vody

4.8 Zkoušení vzorků

4.8.1 Měření a vážení

Před každou zkouškou jsem vzorky změřil a zvážil, i přestože to norma ČSN 196-1 nevyžaduje. Ta předpokládá přesnou výrobu vzorků a vzorce má nastavené dle rozměrů forem. Tím se může nepatrně snížit vypočtená pevnost. Použité vzorce a postup stanovení pevnosti je podle normy [4].

Měření jsem prováděl na každém rozměru, vždy 3x a hodnoty jsem zprůměroval. Kromě výšky vzorku, protože zde je důležitá výška kolem středu. Tato část totiž je rozhodující při stanovení pevnosti v tahu za ohybu, takže jsem si dovilil věnovat větší pozornost střední části.

Vzorky jsem též zvážil, abych byl schopný stanovit objemovou hmotnost. Tento údaj slouží ke kontrole rovnoměrné výroby vzorků – vnitřní pórovitost. Proto byly vzorky vyňaty z vody alespoň o 8 hodin dříve, aby se mohla větší část vody vypařit. Přesné stanovení objemové hmotnosti dle ISO 6275 obnáší vysoušení při $(105,0 \pm 5,0)$ °C do ustálené vlhkosti – za 24 hodin je rozdíl vážení menší než 0,2 %. [1]

4.8.2 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu

Tyto částečně vysušené vzorky se uloží do zkušebního listu, ve kterém je osazeno přídavné zařízení pro tříbodový ohyb. Pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu je nutné, aby zařízení obsahovalo 3 válce, jeden působící na horní hranu umístěný uprostřed, další 2 válce jsou umístěné ve spodní části a současně jsou vzdáleny od středního válce 50 mm na každou stranu. Tím mezi nimi vzniká vzdálenost 100 mm. Přesah trámečku na každou stranu poté je o délce 30 mm. Důležité je, aby byl vzorek osazen tak, aby síla působila kolmo na směr ukládání směsi při výrobě. Neměla by se opomenout rychlost zatížení (50 ± 10) N/s, jelikož při rychleji rostoucím zatížení může být naměřena větší pevnost. To by určitě neodpovídalo reálné rychlosti zatěžování (vyjma mimořádných zatížení). Touto rychlostí je trámeček zatěžován až do zlomení. Poloviny trámečků se zakryjí vlhkou tkaninou a použijí se pro stanovení pevnosti v tlaku. Vztah pro výpočet pevnosti v tahu za ohybu je následovný [4]:

$$R_f = \frac{1,5x F_t * l}{b^3}$$

kde

R_f pevnost v tahu za ohybu v MPa

b výška trámečku v mm

F_f zatížení vyvíjené na vzorek při zlomení, v N

l vzdálenost mezi podporami v mm, pro tento případ 100 mm



Obrázek 17: Uložení trámečku v lisu s nástavcem pro zkoušku pevnosti v tahu za ohybu



Obrázek 18: Porovnání lomu variant vzorků CP a C0

4.8.3 Stanovení pevnosti v tlaku

Pevnost v tlaku byla stanovena na polovinách zlomených trámečků, které byly vloženy do lisu a zatěžovány rychlostí (2400 ± 200) N/s do porušení. Vzorek je do lisu vložen podobně jako v předchozím případě, tzn. že výška vzorku je kolmá na směr ukládání směsi při výrobě. Takže výpočet ovlivňuje pevnosti ovlivní pouze šířka vzorku, která se může lišit, protože při výrobě varianty cementové pasty (C0) byl občas problém naplnit celý objem formy (třetí trámeček má menší šířku). Vzorec pro výpočet pevnosti v tlaku je následovný [4]:

$$R_c = \frac{F_t}{40x\check{s}}$$

kde

R_c pevnost v tlaku v MPa

F_c zatížení vyvíjené na vzorek při porušení, v N

\check{s} šířka vzorku v mm



Obrázek 19: Porušený vzorek varianty C0



Obrázek 20: Porušený vzorek varianty CP

5 Výsledky a vyhodnocení

Mokrá – CEM I 42,5 R (portlandský cement)

Výrobce udává průměrné hodnoty pevností, kterých dosahují vzorky s jejich dodávaným cementem.

Pevnost v tlaku	Výrobce [MPa]	Zkouška - CP [MPa]	Zkouška – C0 [MPa]
2 dny	30,0	26,5	21,9
7 dní	53,0	41,8	41,6
28 dní	60,0	35,1	60,0

Tabulka 1: Porovnání vzorků z cementu Mokrá, tlaková pevnost

Pevnost v tahu za ohybu	Výrobce [MPa]	Zkouška - CP [MPa]	Zkouška – C0 [MPa]
1 den	4	2,6	2,2
2 dny	6	4,7	5,0
7 dní	8	5,1	1,8
28 dní	9	3,9	1,1

Tabulka 2: Porovnání vzorků z cementu Mokrá, pevnost v tahu za ohybu

Zde je vidět značný rozdíl mezi pevnostmi deklarovanými výrobcem a pevností vzorků vyrobených a vyzkoušených v laboratoři našeho institutu. Tímto se potvrzuje odchylka zjištěná mým vedoucím.

Prachovice – CEM I 42,5 R (portlandský cement)

Pevnost v tlaku	Výrobce [MPa]	Zkouška - CP [MPa]	Zkouška – C0 [MPa]
1 den	x	21,0	23,0
2 dny	31,1	25,2	28,6
7 dní	x	44,3	46,2
28 dní	55,0	57,0	71,4

Tabulka 3: Porovnání vzorků z cementu Prachovice, tlaková pevnost

Pevnost v tahu za ohybu	Výrobce [MPa]	Zkouška - CP [MPa]	Zkouška – C0 [MPa]
1 den	x	3,8	4,7
2 dny	6,1	4,5	5,0
7 dní	x	3,7	1,7
28 dní	8,8	5,3	1,7

Tabulka 4: Porovnání vzorků z cementu Prachovice, pevnost v tahu za ohybu

Pevnosti uváděné výrobcem jsou z období 09/2018.

Stejný výsledek nastává i po změně cementu. Nejvíce znatelný je úbytek pevnosti v tahu za ohybu. A to již po týdnu stáří. Tento úbytek zejména postihuje variantu C0, což je cement s vodou.

Při porovnání těchto dvou zkoušených cementů můžeme vidět rychlejší nárůst pevnosti v tahu za ohybu u Prachovického cementu. Tlaková pevnost po 28 dnech je u stejného cementu také vyšší, než u konkurenta z Mokré. Rychlost růstu tlakové pevnosti je v prvním týdnu u obou druhů cementu přibližně stejná. Stále je však znepokojující následný úbytek pevnosti v tahu za ohybu.

Čížkovice – CEM II/A-LL 32,5 R (portlandský cement s vápencem)

Dalším zkoumaným cementem je vzorek z Čížkovické cementárny. Důvodem výběru právě tohoto cementu byla snadná dostupnost, protože nám byl poskytnut od jiné katedry, která měla větší zásoby tohoto cementu.

Protože výsledky pevnosti v tahu za ohybu i po dvou zkouškách nevycházeli, rozhodli jsme se ji provést již 20 až 30 minut po vyjmutí zkušebních těles z vodní lázně. Norma [4] dovoluje vyzkoušení vzorků již po 15-ti minutách. V předchozích testech byly vzorky ponechány přirozenému vysušení po dobu nejméně 8 hodin. Tentokrát budou vzorky značně nasáklé vodou.



Obrázek 21: Pytel cementu z cementárny Čížkovice

Pevnost v tlaku	Výrobce [MPa]	Zkouška - CP [MPa]	Zkouška – C0 [MPa]
1 den	x	18,7	14,1
2 dny	24,0	31,6	15,4
7 dní	x	38,2	33,2
28 dní	44,0	48,2	49,8

Tabulka 5: Porovnání vzorků z cementu Čížkovice, tlaková pevnost

Pevnost v tahu za ohybu	Výrobce [MPa]	Zkouška - CP [MPa]	Zkouška – C0 [MPa]
1 den	x	2,2	2,1
2 dny	x	4,2	3,7
7 dní	x	6,1	5,8
28 dní	x	6,9	6,7

Tabulka 6: Porovnání vzorků z cementu Čížkovice, pevnost v tahu za ohybu

Tento typ cementu vykazuje větší pevnosti v tahu za ohybu, než měli předešlé druhy. Což přímo neodpovídá rozdílné pevnostní třídě, která je tentokrát nižší. Tlaková pevnost této zkoušky nabývá nižších hodnot a splňuje očekávání rozdílné třídy.

Z těchto výsledků je zřejmý příspěvek přítomnosti vody na pevnosti v tahu za ohybu zkoumaných vzorků. Pro lepší průkaznost tohoto tvrzení, jsem se rozhodl provést zkoušku obdobným způsobem pro první zkoumaný cement.

Zkouška cementu Mokrý CEM I-42,5 R (portlandský cement) - varianta 2

Zkouška pevnosti v tahu za ohybu byla provedena cca 20 minut po vyjmutí z vody. Pro odlišení vzorků od první zkoušky jsem změnil číslo, které značí pořadí zkoušky. Nyní značí stáří trámečku ve dnech.

Pevnost v tlaku	Výrobce [MPa]	Zkouška - CP [MPa]	Zkouška - C0 [MPa]
1 den	14,0	23,3	21,8
7 dní	53,0	40,6	44,6
28 dní	60,0	47,7	48,6

Tabulka 7: Porovnání vzorků z cementu Mokrý, tlaková pevnost – varianta 2

Pevnost v tahu za ohybu	Výrobce [MPa]	Zkouška - CP [MPa]	Zkouška - C0 [MPa]
1 den	4,0	3,6	3,5
7 dní	8,0	6,1	6,7
28 dní	9,0	7,4	6,9

Tabulka 8: Porovnání vzorků z cementu Mokrý, pevnost v tahu za ohybu – varianta 2

Pevnosti stanovené výrobcem bohužel dosaženy nebyly. Nicméně můžeme konstatovat, že při provádění zkoušek vodou nasáklých vzorků se pevnost v tahu za ohybu výrazně zvýší.

Větší pevnost v tahu za ohybu u vzorků C0 si dovoluji vysvětlit dřívějším porušením přechodné oblasti mezi cementem a kamenivem u vzorků CP. Tato přechodná oblast je známá pro svou menší pevnosti a větším vodním součinitelem, než je ve zbylé části cementového tleme. Z výše uvedených výsledků je mé tvrzení pravdivé v méně případech. To si ale vysvětluji větší nasákavostí a více zadrženou vodou ve vzorcích CP z důvodů obsahu písku. U těchto vzorků CP byla naměřena větší objemová hmotnost o 90 kg/m^3 než v prvním měření, zatímco u vzorků C0 narostla objemová hmotnost pouze o 30 kg/m^3 .

6 Závěr

Tato bakalářská práce prokázala vliv vlhkosti zkoumaných vzorků na pevnost v tahu za ohybu. Protože v drtivé většině reálných konstrukcí nemůže být v betonu podobné větší množství vlhkosti zadrženo, vyvstává otázka o vhodnosti této zkoušky. Obecně se dá říci, že značná část statiků s pevností betonu v tahu za ohybu vůbec nepočítá. Ovšem vliv vlhkosti na beton je, jak bylo ukázáno výše, zajímavý. Proto moje práce může být podnětem dalšího zkoumání, jakým způsobem přítomnost vody ovlivňuje mechanické vlastnosti betonu.

Použitá literatura

- [1] PYTLÍK, Petr. Technologie betonu. 2. vyd. Brno: VUTIUM, 2000. Učebnice (VUTIUM). ISBN 80-214-1647-5.
- [2] COLLEPARDI, Mario. Moderní beton. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009. Betonové stavitelství. ISBN 978-80-87093-75-7.
- [3] JIŘIČKOVÁ, Milena, Zbyšek PAVLÍK a Jiří HOŠEK. Materiálové inženýrství I. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04263-2.
- [4] ČSN EN 196-1: Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti. ICS 91.100.10. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016, 32 s.

Seznam příloh

- Příloha 1: Výsledky laboratorních zkoušek vzorků z cementu Mokrá + grafy
- Příloha 2: Výsledky laboratorních zkoušek vzorků z cementu Prachovice + grafy
- Příloha 3: Výsledky laboratorních zkoušek vzorků z cementu Čížkovice + grafy
- Příloha 4: Výsledky laboratorních zkoušek vzorků z cementu Mokrá – varianta 2 + grafy
- Příloha 5: Technický list výrobce Českomoravský cement, a.s. - Závod Mokrá
- Příloha 6: Statistické hodnocení kvality a chemismu cementu, období 09/2018 – Prachovice
- Příloha 7: Technický list výrobce Lafarge Cement, a.s. - Závod Čížkovice

Seznam obrázků

Obrázek 1: Písek křemenný frakce 0,1-1	13
Obrázek 2: Písek frakce 0,1-1 pro jednu sadu trámeček	13
Obrázek 3: Pytel cementu z cementárny Mokrá	14
Obrázek 4: Pytel cementu z cementárny Prachovice	14
Obrázek 5: Veškerý materiál potřebný pro sadu zkoušek cementu od jednoho výrobce	14
Obrázek 6: Automatická míchačka malt a betonu	15
Obrázek 7: Vzorek C0, po naplnění kužele	16
Obrázek 8: Vzorek C0, po zdvihnutí kužele	16
Obrázek 9: Vzorek C0 po setřesení	17
Obrázek 10: Vzorek CP, po setřesení	17
Obrázek 11: Detail rozsahu rozlití vzorku CP	17
Obrázek 12: Pomůcky na zhotovení zkušebních těles	18
Obrázek 13: Uskladnění vzorků v klimatické komoře	18
Obrázek 14: Odformované a označené vzorky	19
Obrázek 15: Nádoba s vodou na uložení vzorků	20
Obrázek 16: Kontrola teploty vody	20
Obrázek 17: Uložení trámečku v lisu s nástavcem pro zkoušku pevnosti v tahu za ohybu	21
Obrázek 18: Porovnání lomu variant vzorků CP a C0	22
Obrázek 19: Porušený vzorek varianty C0	23
Obrázek 20: Porušený vzorek varianty CP	23
Obrázek 21: Pytel cementu z cementárny Čížkovice	25

Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání vzorků z cementu Mokrá, tlaková pevnost	24
Tabulka 2: Porovnání vzorků z cementu Mokrá, pevnost v tahu za ohybu	24
Tabulka 3: Porovnání vzorků z cementu Prachovice, tlaková pevnost	24
Tabulka 4: Porovnání vzorků z cementu Prachovice, pevnost v tahu za ohybu	24
Tabulka 5: Porovnání vzorků z cementu Čížkovice, tlaková pevnost	25
Tabulka 6: Porovnání vzorků z cementu Čížkovice, pevnost v tahu za ohybu	25
Tabulka 7: Porovnání vzorků z cementu Mokrá, tlaková pevnost – varianta 2	26
Tabulka 8: Porovnání vzorků z cementu Mokrá, pevnost v tahu za ohybu – varianta 2	26

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Thákurova 7, 166 28 PRAHA - 6, tel : 224 354 627 , fax : 224 354 446 , email : k133@fsv.cvut.cz

ODBORNÁ LABORATOŘ KATEDRY BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ



Zpráva o zkoušce: zkušební vzorky - Mokrá

Číslo protokolu 1

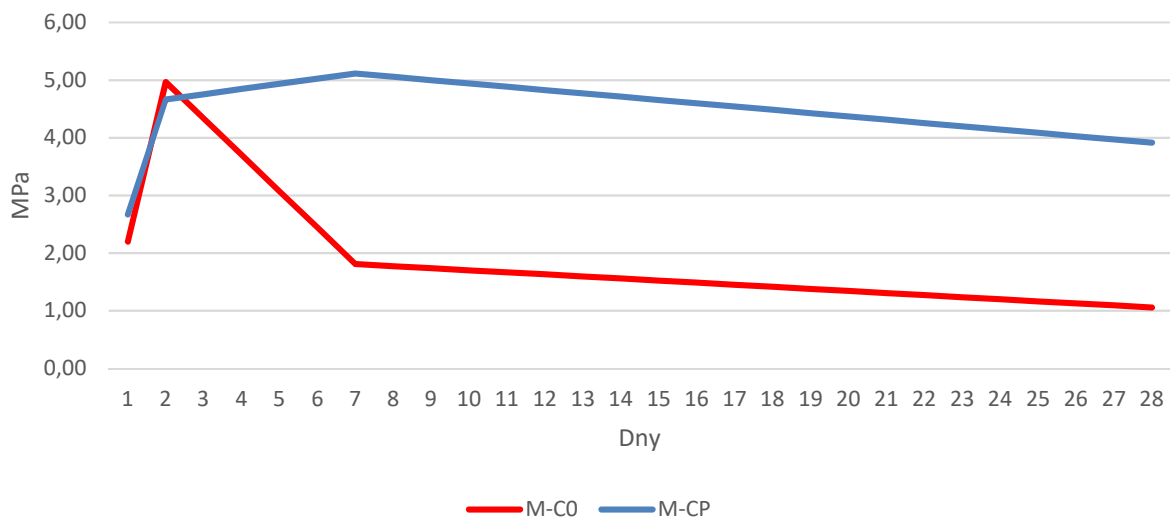
Akce : BP - Porovnání mechanických vlastností cementu od různých dodavatelů

Poznámka: TzO - Tah za ohybu

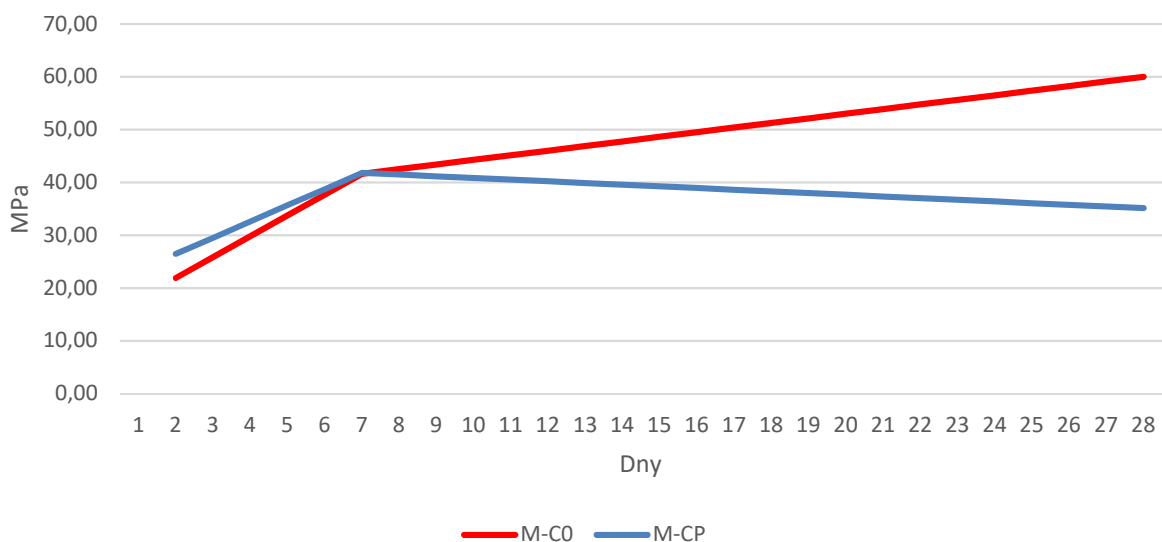
Výsledky laboratorních zkoušek

Číslo vzorku	Ozn. tělesa	Rozměry tělesa			Hmot. tělesa g	Objem. hmot. kg/m ³	Datum		Stáří vzorku dny	Tah za ohybu		Tlak		Průměr	
		Výška mm	Šířka mm	Délka mm			výroby d.m.r.	zkoušky d.m.r.		síla kN	pevnost MPa	síla kN	pevnost MPa	TzO MPa	Tlak MPa
1	M-C01-1	40,0	38,4	160,0	441,3	1796	23.10.18	24.10.18	1	0,87	2,1	x	x	2,20	x
2	M-C01-1									x	x				
3	M-C01-2									0,96	2,3	x	x		
1	M-C01-2	40,0	37,7	160,0	441,4	1829	23.10.18	24.10.18	1	0,60	1,5	x	x	2,20	x
2	M-C01-3									x	x				
3	M-C01-3									x	x				
1	M-CP1-1	40,0	39,9	160,0	541,7	2121	23.10.18	24.10.18	1	1,21	2,8	x	x	2,67	x
2	M-CP1-1									x	x				
3	M-CP1-2									1,06	2,5	x	x		
1	M-CP1-2	40,0	40,0	160,0	551,9	2156	23.10.18	24.10.18	1	1,06	2,5	x	x	2,67	x
2	M-CP1-2									x	x				
3	M-CP1-3									1,14	2,7	x	x		
2	M-CP1-3	40,0	39,8	160,0	541,4	2125	23.10.18	24.10.18	1	1,14	2,7	x	x	2,67	x
3	M-CP1-3									x	x				
1	M-C02-1									40,2	38,1	160,2	440,1		
1	M-C02-1	40,1	39,2	160,4	455,1	1805	26,50	17,4							
2	M-C02-2						2,11	5,0	24,00	15,3					
2	M-C02-2						31,82	20,3							
3	M-C02-3	40,1	38,7	160,2	447,0	1798	23.10.18	25.10.18	2	2,08	5,0	35,58	23,0	4,97	21,92
3	M-C02-3									36,30	23,4				
1	M-CP2-1									40,3	39,8	160,0	541,6		
1	M-CP2-1	40,2	38,8	160,2	527,8	2112	41,08	25,8							
2	M-CP2-2						2,08	5,0	41,28	26,6					
2	M-CP2-2						42,60	27,4							
3	M-CP2-3	40,4	39,8	160,2	538,8	2092	23.10.18	25.10.18	2	1,98	4,6	41,72	26,2	4,67	26,48
3	M-CP2-3									42,86	26,9				
1	M-C03-1									40,0	32,5	160,2	384,1		
1	M-C03-1	40,1	38,4	160,2	458,6	1859	45,40	34,9							
2	M-C03-2						0,64	1,6	61,38	40,0					
2	M-C03-2						60,78	39,6							
3	M-C03-3	40,0	37,9	160,1	452,7	1865	23.10.18	30.10.18	7	0,74	1,8	60,78	40,1	1,81	41,66
3	M-C03-3									67,70	44,7				
1	M-CP3-1									40,1	39,8	160,1	537,3		
1	M-CP3-1	40,1	39,8	160,1	537,7	2104	64,46	40,5							
2	M-CP3-2						2,19	5,1	67,44	42,4					
2	M-CP3-2						66,92	42,0							
3	M-CP3-3	40,0	39,9	160,1	547,7	2143	23.10.18	30.10.18	7	2,39	5,6	67,22	42,1	5,11	41,82
3	M-CP3-3									67,74	42,4				
1	M-C04-1									40,1	37,3	160,2	443,9		
1	M-C04-1	40,1	38,5	160,5	443,9	1791	95,72	64,2							
2	M-C04-2						0,47	1,1	92,57	60,1					
2	M-C04-2						91,91	59,7							
3	M-C04-3	40,2	39,1	160,4	467,8	1855	23.10.18	20.11.18	28	0,61	1,4	88,57	56,6	1,06	60,01
3	M-C04-3									96,45	61,7				
1	M-CP4-1									40,1	40,2	160,2	527,5		
1	M-CP4-1	40,1	40,4	160,3	528,4	2035	85,38	53,1							
2	M-CP4-2						1,54	3,6	54,50	33,7					
2	M-CP4-2						58,07	35,9							
3	M-CP4-3	40,2	39,8	160,2	530,2	2069	23.10.18	20.11.18	28	1,65	3,8	50,92	32,0	3,91	35,14
3	M-CP4-3									61,96	38,9				

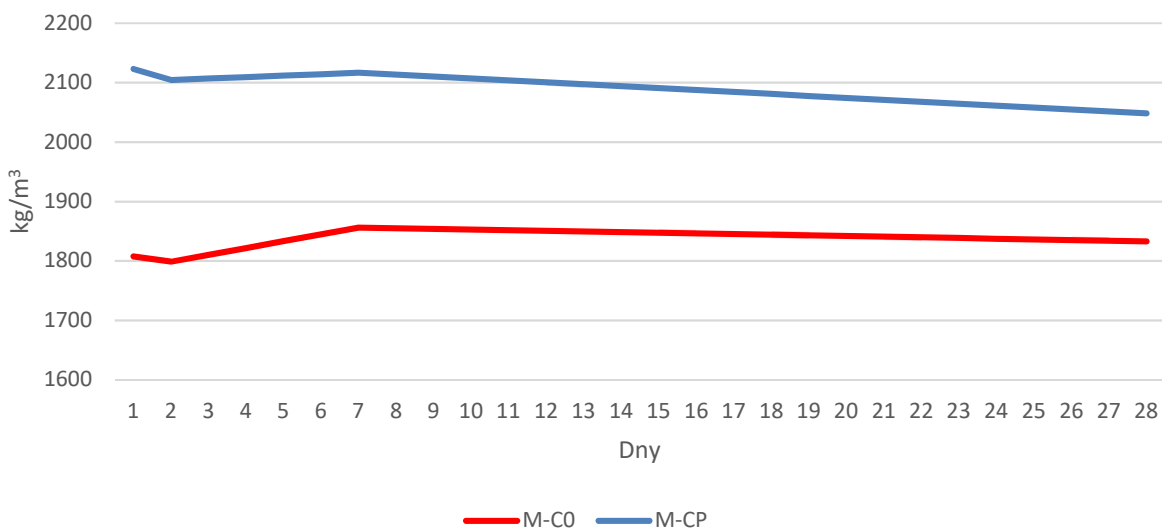
Pevnost v tahu za ohybu_Mokrá



Pevnost v tlaku_Mokrá



Objemová hmotnost_Mokrá



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Thákurova 7, 166 28 PRAHA - 6, tel : 224 354 627 , fax : 224 354 446 , email : k133@fsv.cvut.cz

ODBORNÁ LABORATOŘ KATEDRY BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ



Zpráva o zkoušce: zkušební vzorky - Prachovice

Číslo protokolu 2

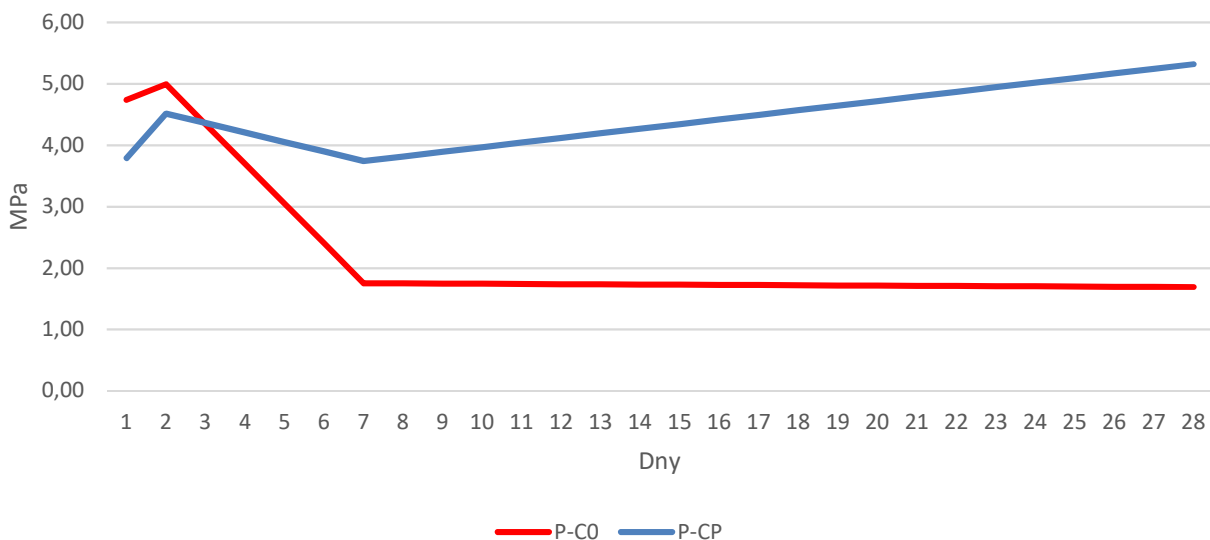
Akce : BP - Porovnání mechanických vlastností cementu od různých dodavatelů

Poznámka: TzO - Tah za ohybu

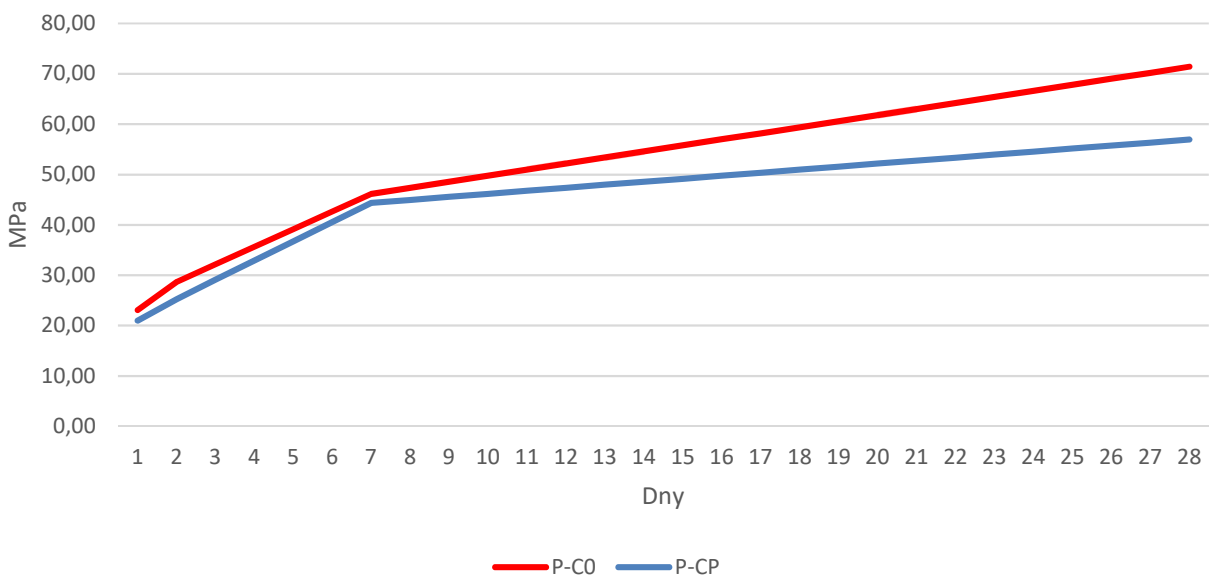
Výsledky laboratorních zkoušek

Číslo vzorku	Ozn. tělesa	Rozměry tělesa			Hmot. tělesa g	Objem. hmot. kg/m ³	Datum		Stáří vzorku dny	Tah za ohybu		Tlak		Průměr	
		Výška	Šířka	Délka			výroby	zkoušky		síla	pevnost	síla	pevnost	TzO	Tlak
		mm	mm	mm			d.m.r.	d.m.r.		kN	MPa	kN	MPa	MPa	MPa
1	P-C01-1	40,0	34,6	160,0	410,3	1853	11.12.18	12.12.18	1	1,66	4,5	35,73	25,8	4,74	23,08
1	P-C01-1											32,30	23,3		
2	P-C01-2	40,0	35,3	160,0	424,8	1880				1,88	5,0	32,96	23,3		
2	P-C01-2											33,77	23,9		
3	P-C01-3	40,0	35,3	160,0	421,6	1866				1,78	4,7	31,19	22,1		
3	P-C01-3											28,19	20,0		
1	P-CP1-1	40,0	39,3	160,0	549,9	2186	11.12.18	12.12.18	1	1,93	4,6	34,04	21,7	3,79	20,99
1	P-CP1-1											34,96	22,2		
2	P-CP1-2	40,0	39,9	160,0	551,9	2161				1,70	4,0	33,42	20,9		
2	P-CP1-2											31,54	19,8		
3	P-CP1-3	40,0	40,0	160,0	553,7	2163				1,53	3,6	31,61	19,8		
3	P-CP1-3											34,50	21,6		
1	P-C02-1	40,0	38,3	160,1	449,0	1831	11.12.18	13.12.18	2	2,04	5,0	42,64	27,8	4,99	28,66
1	P-C02-1											46,80	30,5		
2	P-C02-2	40,0	37,0	160,0	442,0	1867				2,53	6,4	41,44	28,0		
2	P-C02-2											43,30	29,3		
3	P-C02-3	40,0	35,3	160,1	426,0	1884				1,88	5,0	39,30	27,8		
3	P-C02-3											40,20	28,5		
1	P-CP2-1	40,0	39,3	160,0	542,0	2155	11.12.18	13.12.18	2	1,89	4,5	42,92	27,3	4,52	25,26
1	P-CP2-1											34,82	22,2		
2	P-CP2-2	40,0	40,0	160,0	552,0	2156				2,06	4,8	42,46	26,5		
2	P-CP2-2											36,80	23,0		
3	P-CP2-3	39,9	40,0	160,0	551,5	2160				1,79	4,2	41,18	25,7		
3	P-CP2-3											42,94	26,8		
1	P-C03-1	40,0	36,5	160,0	430,2	1842	11.12.18	18.12.18	7	0,76	2,0	61,30	42,0	1,75	46,18
1	P-C03-1											67,72	46,4		
2	P-C03-2	40,0	37,2	160,0	443,8	1864				0,66	1,7	72,24	48,5		
2	P-C03-2											66,28	44,5		
3	P-C03-3	40,0	37,0	160,0	440,3	1859				0,65	1,6	68,62	46,4		
3	P-C03-3											72,90	49,3		
1	P-CP3-1	40,0	39,6	160,0	542,3	2140	11.12.18	18.12.18	7	1,64	3,9	69,12	43,6	3,74	44,38
1	P-CP3-1											66,86	42,2		
2	P-CP3-2	40,0	39,8	160,0	544,4	2137				1,52	3,6	67,20	42,2		
2	P-CP3-2											71,74	45,1		
3	P-CP3-3	40,0	39,3	159,9	542,1	2157				1,58	3,8	72,14	45,9		
3	P-CP3-3											74,32	47,3		
1	P-C04-1	40,0	37,4	160,0	457,0	1909	11.12.18	20.11.18	28	0,89	2,2	109,38	73,1	1,69	71,43
1	P-C04-1											103,53	69,2		
2	P-C04-2	40,0	35,3	160,0	435,0	1925				0,47	1,2	98,34	69,6		
2	P-C04-2											102,84	72,8		
3	P-C04-3	40,0	36,0	160,0	446,0	1936				0,61	1,6	104,37	72,5		
3	P-C04-3											102,65	71,3		
1	P-CP4-1	40,0	40,2	160,0	560,0	2177	11.12.18	20.11.18	28	2,34	5,5	98,30	61,1	5,32	56,96
1	P-CP4-1											84,49	52,5		
2	P-CP4-2	40,0	39,7	160,0	565,0	2224				2,36	5,6	88,65	55,8		
2	P-CP4-2											87,49	55,1		
3	P-CP4-3	40,0	40,0	160,0	565,0	2207				2,10	4,9	93,68	58,6		
3	P-CP4-3											93,76	58,6		

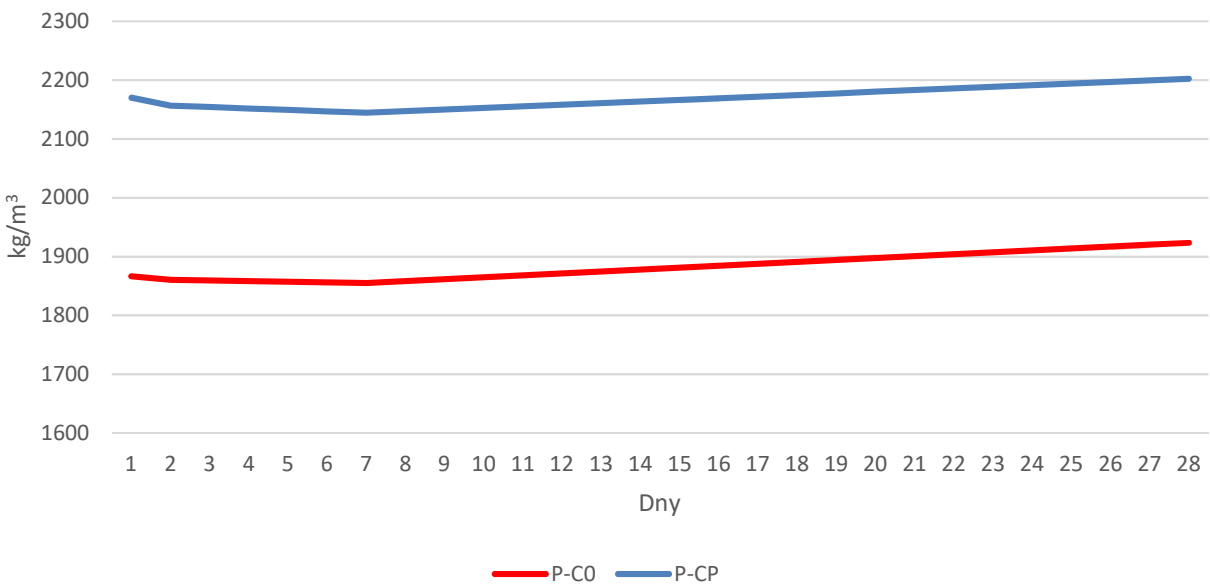
Pevnost v tahu za ohybu_Prachovice



Pevnost v tlaku_Prachovice



Objemová hmotnost_Prachovice



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Thákurova 7, 166 28 PRAHA - 6, tel : 224 354 627 , fax : 224 354 446 , email : k133@fsv.cvut.cz

ODBORNÁ LABORATOŘ KATEDRY BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ



Zpráva o zkoušce: zkušební vzorky - Čížkovice

Číslo protokolu 3

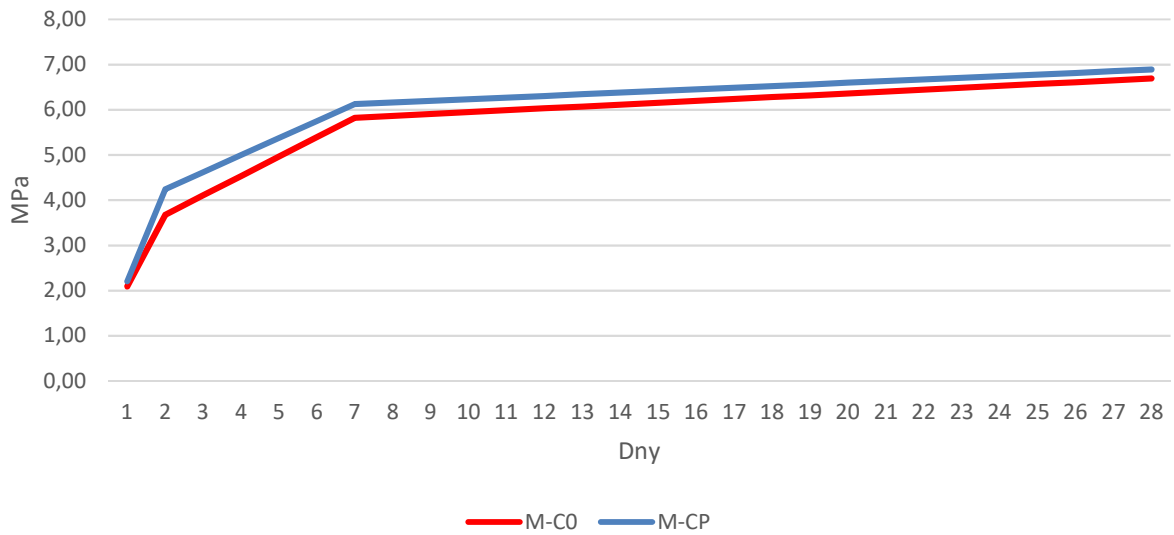
Akce : BP - Porovnání mechanických vlastností cementu od různých dodavatelů

Poznámka: TzO - Tah za ohybu

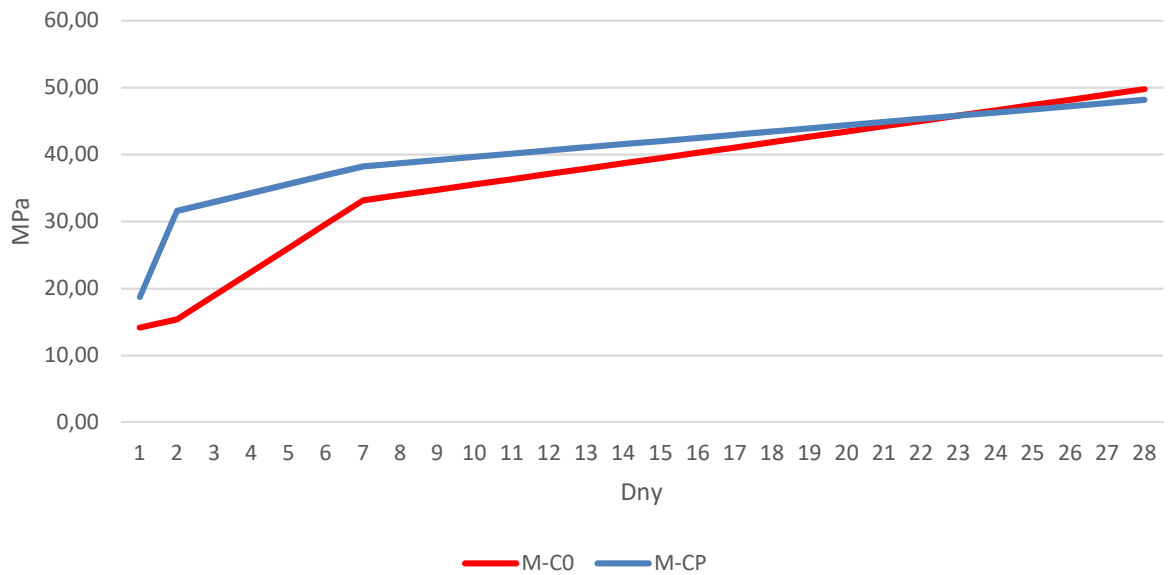
Výsledky laboratorních zkoušek

Číslo vzorku	Ozn. tělesa	Rozměry tělesa			Hmot. tělesa g	Objem. hmot. kg/m ³	Datum		Stáří vzorku dny	Tah za ohybu		Tlak		Průměr	
		Výška	Šířka	Délka			výroby	zkoušky		síla	pevnost	síla	pevnost	TzO	Tlak
		mm	mm	mm			d.m.r.	d.m.r.		kN	MPa	kN	MPa	MPa	MPa
1	Č-C01-1	40,0	37,8	160,0	433,2	1791	05.03.19	06.03.19	1	0,81	2,0	26,27	17,4	2,09	14,17
2	Č-C01-1											22,54	14,9		
3	Č-C01-2	39,9	38,8	160,0	447,7	1807	05.03.19	06.03.19	1	0,87	2,1	23,69	15,3	2,09	14,17
1	Č-C01-2											21,84	14,1		
2	Č-C01-3	39,9	38,9	160,0	448,2	1805	05.03.19	06.03.19	1	0,89	2,2	21,19	13,6	2,09	14,17
3	Č-C01-3											20,19	13,0		
1	Č-CP1-1	39,8	38,9	159,9	525,5	2123	05.03.19	06.03.19	1	0,90	2,2	30,30	19,5	2,21	18,73
2	Č-CP1-1											29,19	18,8		
3	Č-CP1-2	39,9	39,3	159,8	533,5	2129	05.03.19	06.03.19	1	0,93	2,2	29,84	19,0	2,21	18,73
1	Č-CP1-2											27,46	17,5		
2	Č-CP1-3	39,8	39,6	159,8	533,5	2118	05.03.19	06.03.19	1	0,92	2,2	30,42	19,2	2,21	18,73
3	Č-CP1-3											29,27	18,5		
1	Č-C02-1	39,9	37,8	160,0	422,3	1750	05.03.19	07.03.19	2	1,48	3,7	23,38	15,5	3,68	15,41
1	Č-C02-1											23,61	15,6		
2	Č-C02-2	40,0	38,3	160,0	432,8	1766	05.03.19	07.03.19	2	1,40	3,4	23,11	15,1	3,68	15,41
2	Č-C02-2											21,88	14,3		
3	Č-C02-3	39,9	38,1	160,0	428,7	1763	05.03.19	07.03.19	2	1,58	3,9	25,31	16,6	3,68	15,41
3	Č-C02-3											33,73	22,1		
1	Č-CP2-1	39,9	39,5	160,0	541,1	2146	05.03.19	07.03.19	2	1,64	3,9	43,03	27,2	4,25	31,61
1	Č-CP2-1											50,53	32,0		
2	Č-CP2-2	40,0	40,5	160,0	548,3	2115	05.03.19	07.03.19	2	1,96	4,5	48,11	29,7	4,25	31,61
2	Č-CP2-2											50,96	31,5		
3	Č-CP2-3	39,9	40,0	160,0	544,3	2132	05.03.19	07.03.19	2	1,83	4,3	51,07	31,9	4,25	31,61
3	Č-CP2-3											52,80	33,0		
1	Č-C03-1	40,0	38,4	159,9	456,1	1857	05.03.19	12.03.19	7	2,36	5,8	51,03	33,2	5,83	33,18
1	Č-C03-1											52,92	34,5		
2	Č-C03-2	39,9	39,2	160,0	464,3	1855	05.03.19	12.03.19	7	2,45	5,9	50,26	32,1	5,83	33,18
2	Č-C03-2											47,42	30,2		
3	Č-C03-3	39,8	38,7	159,9	459,3	1865	05.03.19	12.03.19	7	3,01	7,4	51,80	33,5	5,83	33,18
3	Č-C03-3											55,15	35,6		
1	Č-CP3-1	40,0	40,2	160,0	549,2	2135	05.03.19	12.03.19	7	2,87	6,7	60,69	37,7	6,13	38,26
1	Č-CP3-1											61,76	38,4		
2	Č-CP3-2	40,0	40,5	159,9	555,2	2143	05.03.19	12.03.19	7	2,39	5,5	64,11	39,6	6,13	38,26
2	Č-CP3-2											58,92	36,4		
3	Č-CP3-3	40,0	40,1	160,0	550,4	2145	05.03.19	12.03.19	7	2,63	6,2	62,42	38,9	6,13	38,26
3	Č-CP3-3											61,84	38,6		
1	Č-C04-1	39,8	37,3	159,9	452,0	1904	05.03.19	02.04.19	28	2,40	6,1	76,22	51,1	6,69	49,78
1	Č-C04-1											77,49	51,9		
2	Č-C04-2	39,8	37,4	159,8	454,0	1909	05.03.19	02.04.19	28	2,64	6,7	69,88	46,7	6,69	49,78
2	Č-C04-2											74,53	49,8		
3	Č-C04-3	39,8	37,2	159,8	453,0	1915	05.03.19	02.04.19	28	2,87	7,3	72,22	48,5	6,69	49,78
3	Č-C04-3											75,30	50,6		
1	Č-CP4-1	39,9	40,3	159,7	562,0	2189	05.03.19	02.04.19	28	2,93	6,9	79,22	49,1	6,89	48,19
1	Č-CP4-1											78,76	48,9		
2	Č-CP4-2	40,0	40,6	159,8	561,0	2162	05.03.19	02.04.19	28	2,92	6,7	79,11	48,7	6,89	48,19
2	Č-CP4-2											76,30	47,0		
3	Č-CP4-3	40,0	39,2	159,8	546,0	2179	05.03.19	02.04.19	28	2,96	7,1	72,38	46,2	6,89	48,19
3	Č-CP4-3											77,26	49,3		

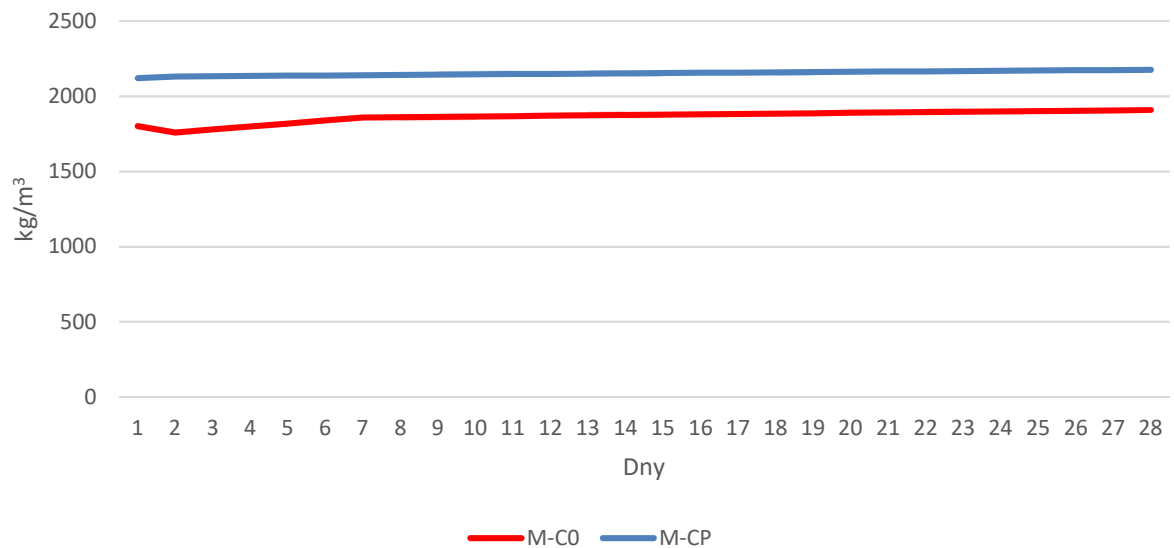
Pevnost v tahu za ohybu_Čížkovice



Pevnost v tlaku_Čížkovice



Objemová hmotnost_Čížkovice



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Thákurova 7, 166 28 PRAHA - 6, tel : 224 354 627 , fax : 224 354 446 , email : k133@fsv.cvut.cz

ODBORNÁ LABORATOŘ KATEDRY BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ



Zpráva o zkoušce: zkušební vzorky - Mokrá - varianta 2

Číslo protokolu 4

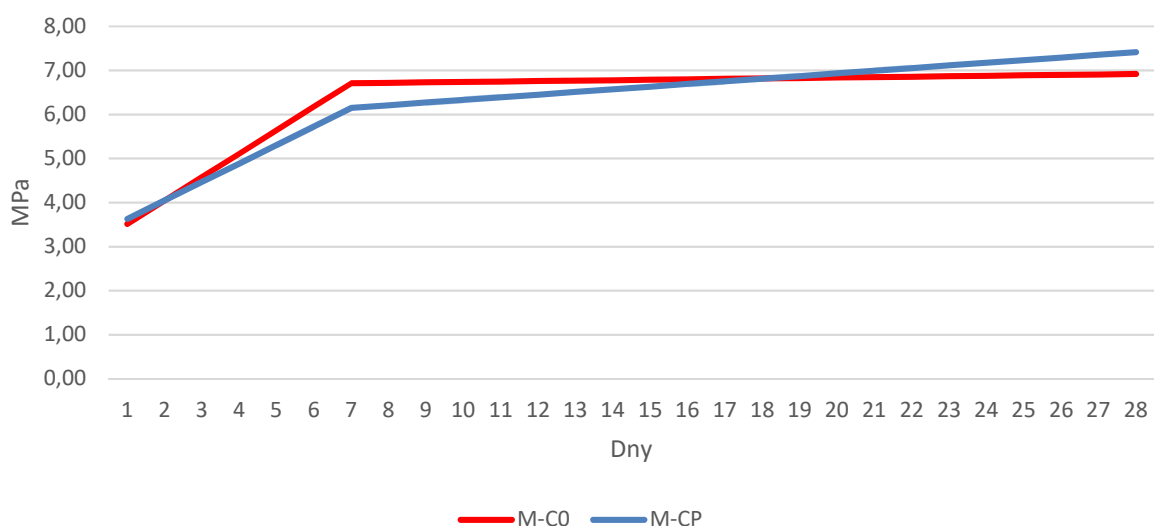
Akce : BP - Porovnání mechanických vlastností cementu od různých dodavatelů

Poznámka: TzO - Tah za ohybu

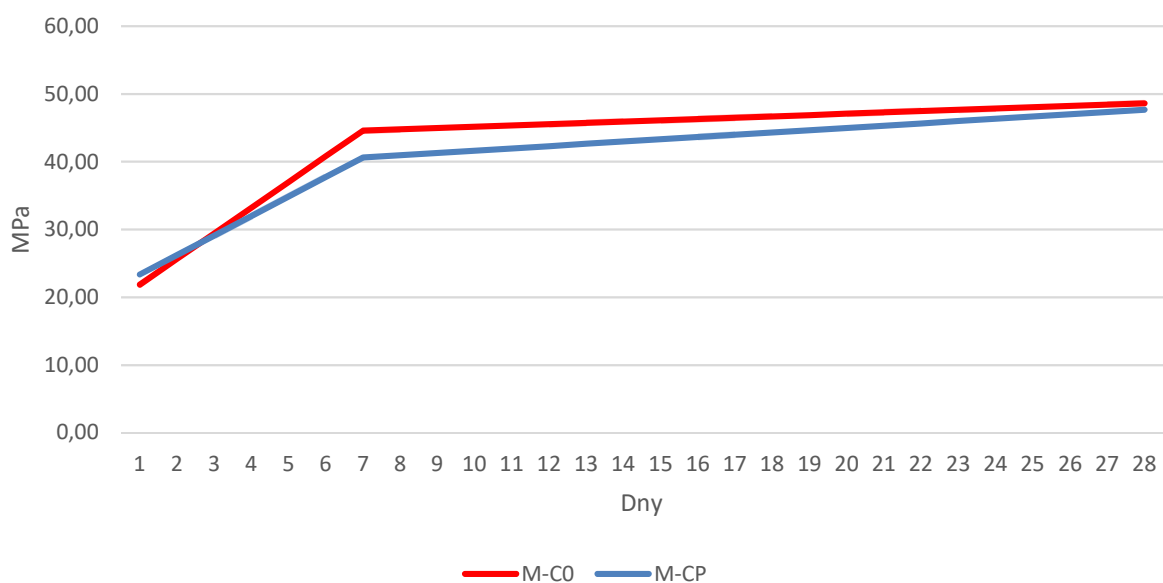
Výsledky laboratorních zkoušek

Číslo vzorku	Ozn. tělesa	Rozměry tělesa			Hmot. tělesa g	Objem. hmot. kg/m ³	Datum		Stáří vzorku dny	Tah za ohybu		Tlak		Průměr											
		Výška mm	Šířka mm	Délka mm			výroby d.m.r.	zkoušky d.m.r.		síla kN	pevnost MPa	síla kN	pevnost MPa	TzO MPa	Tlak MPa										
1	M-C01-1	40,0	38,9	160,1	445,0	1786	05.03.19	06.03.19	1	1,53	3,7	35,23	22,6	3,51	21,85										
2	M-C01-1											31,46	20,2												
3	M-C01-2											34,42	22,9												
1	M-C01-2	40,0	37,6	160,0	434,0	1804	05.03.19	06.03.19	1	1,34	3,3	33,34	22,2	3,51	21,85										
2	M-C01-3											31,50	21,1												
3	M-C01-3											32,96	22,1												
1	M-CP1-1	40,0	39,6	160,0	530,0	2091	05.03.19	06.03.19	1	1,38	3,3	36,73	23,2	3,63	23,37										
2	M-CP1-1											38,50	24,3												
3	M-CP1-2											37,00	23,0												
1	M-CP1-2	40,1	40,2	159,7	544,0	2113	05.03.19	06.03.19	1	1,62	3,8	36,46	22,7	3,63	23,37										
2	M-CP1-3	40,0	39,6	159,6	534,0	2112						05.03.19	06.03.19			1	1,63	3,9	37,32	23,6					
3	M-CP1-3																		37,19	23,5					
1	M-C07-1	40,0	37,6	160,0	447,0	1858	16.04.19	23.04.19	7	2,72	6,8	64,49	42,9	6,71	44,59										
1	M-C07-1											67,03	44,6												
2	M-C07-2											58,30	42,2												
2	M-C07-2	40,0	34,5	160,0	415,0	1880	16.04.19	23.04.19	7	2,80	7,6	67,96	49,2	6,71	44,59										
3	M-C07-3											39,8	37,3			160,0	443,0	1865	16.04.19	23.04.19	7	2,26	5,7	62,23	41,7
3	M-C07-3																							69,99	46,9
1	M-CP7-1	39,9	39,0	160,0	553,0	2221	16.04.19	23.04.19	7	2,57	6,2	58,03	37,2	6,15	40,63										
1	M-CP7-1											65,96	42,3												
2	M-CP7-2											39,9	39,0			160,0	559,0	2245	16.04.19	23.04.19	7	2,73	6,6	66,57	42,7
2	M-CP7-2	67,57	43,3																						
3	M-CP7-3	40,0	39,5	160,0	533,0	2108	16.04.19	23.04.19	7	2,38	5,6	59,53	37,7	6,15	40,63										
3	M-CP7-3											64,19	40,6												
1	M-C028-1	39,9	38,5	160,0	459,5	1870	16.04.19	14.05.19	28	2,80	6,9	78,84	51,2	6,92	48,61										
1	M-C028-1											77,72	50,5												
2	M-C028-2											40,0	38,2			159,8	460,0	1884	16.04.19	14.05.19	28	3,04	7,5	68,19	44,6
2	M-C028-2	77,49	50,7																						
3	M-C028-3	40,0	38,0	159,9	445,0	1831	16.04.19	14.05.19	28	2,61	6,4	65,57	43,1	6,92	48,61										
3	M-C028-3											78,34	51,5												
1	M-CP28-1	40,0	38,3	159,9	533,2	2177	16.04.19	14.05.19	28	3,08	7,5	71,03	46,4	7,42	47,68										
1	M-CP28-1											60,11	39,2												
2	M-CP28-2											40,0	40,3			159,9	555,5	2155	16.04.19	14.05.19	28	3,22	7,5	66,22	41,1
2	M-CP28-2	77,99	48,4																						
3	M-CP28-3	40,0	39,4	160,0	541,0	2145	16.04.19	14.05.19	28	3,04	7,2	79,76	50,6	7,42	47,68										
3	M-CP28-3											79,80	50,6												

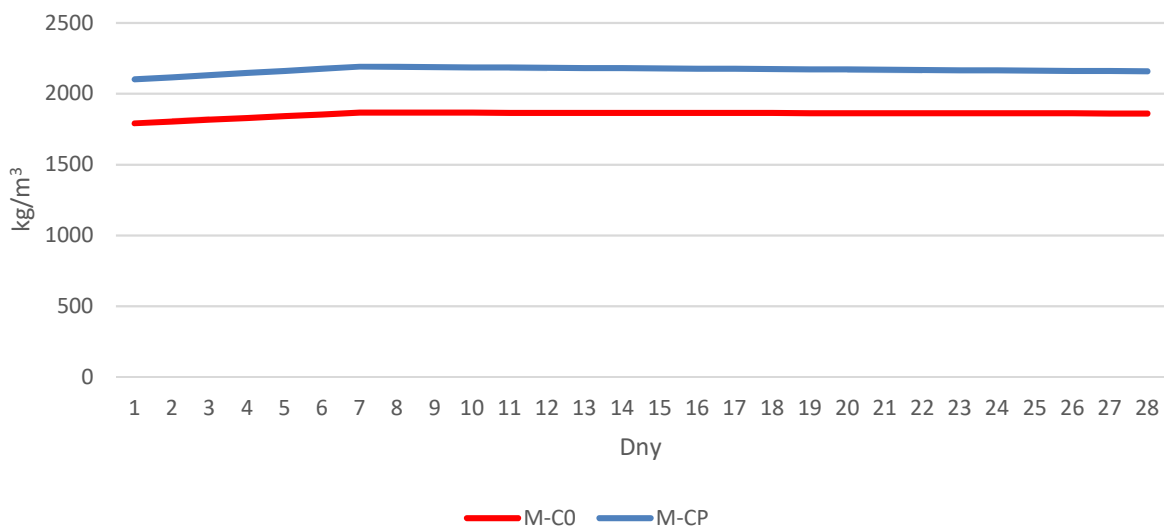
Pevnost v tahu za ohybu_Mokrá - varianta 2



Pevnost v tlaku_Mokrá - varianta 2



Objemová hmotnost_Mokrá - varianta 2



CEM I 42,5 R

Portlandský cement

EN 197-1

Výrobce: Českomoravský cement, a.s. – Závod Mokrá

Technický list
září 2018



Charakteristické vlastnosti:

- rychlý nárůst pevností
- vysoká počáteční pevnost
- vysoká konečná pevnost
- rychlý vývin hydratačního tepla
- vyšší celkové hydratační teplo

Český cement:

- Symbol v národních barvách odkazuje na český původ zboží a českou identitu.
- Značka reprezentuje nový přístup, pokrok a úspěchy českého cementářského průmyslu.



Kvalita, bezpečnost, ekologie:

Kvalita výrobků, respekt k životnímu prostředí, důraz na bezpečnost zaměstnanců a hospodárné využívání energetických zdrojů patří k našim hlavním prioritám. Plnění požadavků příslušných systémů managementu je potvrzeno vydanými certifikáty:

- Management kvality ČSN EN ISO 9001
- Management bezpečnosti a ochrany zdraví při práci ČSN OHSAS 18001
- Environmentální management ČSN EN ISO 14001
- Management hospodaření s energií ČSN EN ISO 50001



Způsob dodání:

- volně ložený v autocisternách nebo železničních vagonch Raj
- balený v papírových pytlích 25 kg s polyetylenovou vložkou, na vratných paletách o celkové hmotnosti 1,4 t

Obsah složek		
Hlavní složka	Portlandský slínek	95–100 %
Doplňující složka		0–5 %

Druh, množství a kvalita hlavních i doplňujících složek se odvíjí od požadavků technické normy EN 197-1. Mezi složky nepatří síran vápenatý, který se přidává jako regulátor tuhnutí, ani případné přísady usnadňující výrobu nebo upravující vlastnosti cementu.

CEM I 42,5 R

Portlandský cement

EN 197-1

Výrobce: Českomoravský cement, a.s. – Závod Mokrá

Technický list
září 2018

Fyzikální a mechanické vlastnosti			Chemické vlastnosti			
Parametr	Průměrná hodnota	Metoda / poznámka	Parametr	Průměrná hodnota	Metoda / poznámka	
Pevnost v tlaku [MPa]	1 den	14	Obsah [%]	CaO	63,7	EN 196-2
	2 dny	30		SiO ₂	19,6	EN 196-2
	7 dní	53		Al ₂ O ₃	4,8	EN 196-2
	28 dní	60		Fe ₂ O ₃	3,2	EN 196-2
	56 dní	66		MgO	1,4	EN 196-2
	90 dní	67		SO ₃	3,1	EN 196-2
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	1 den	4		Cl ⁻	0,040	EN 196-2
	2 dny	6		K ₂ O	0,76	EN 196-2
	7 dní	8		Na ₂ O	0,19	EN 196-2
	28 dní	9		Na ₂ O ekvivalent [%]	0,7	EN 196-2
	56 dní	9		Ner rozpustný zbytek [%]	0,7	EN 196-2
	90 dní	9		Ztráta žíháním [%]	3,5	EN 196-2
Normální konzistence [%]	27,3	EN 196-3		V případě, že cement obsahuje (ve smyslu Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 1907/2006 přílohy XVII, čl. 47) redukční činidlo, které po smíchání s vodou snižuje obsah Cr ⁶⁺ v cementu pod hodnotu 0,0002 %, je toto činidlo účinné nejméně po dobu skladování cementu, po kterou musí být cement chráněn před působením vody a vysoké relativní vlhkosti vzduchu (nejvýše 75 %). Doba skladování cementu je 90 dnů od data uvedeného na obalu (balený cement) nebo od data expedice (volně ložený cement).		
Počátek tuhnutí [min]	184	EN 196-3	Odhad při uskladnění v síle. Mění se v závislosti na míře setřesení cementu, době uskladnění nebo velikosti a zaplnění síla.			
Konec tuhnutí [min]	241	EN 196-3				
Objemová stálost [mm]	0,9	EN 196-3, Le Chatelier				
Měrný povrch [m ² ·kg ⁻¹]	414	EN 196-6, Blaine				
Měrná hmotnost [kg·m ⁻³]	3110	EN 196-6				
Sypná hmotnost [kg·m ⁻³] - v autocisterně	980	Přibližná hodnota při uložení cementu do cisterny.				
Sypná hmotnost [kg·m ⁻³] - v síle	1200–1600					
Hydratační teplo [J·g ⁻¹]	7 dní	310	EN 196-8			

Použití cementu dle stupňů vlivu prostředí podle ČSN P 73 2404

Bez rizika	Koroze způsobená karbonatací				Působení chloridů (ne z mořské vody)			Střídaté působení mrazu a rozmrazování				Chemicky agresivní prostředí			Obrus		
	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
X0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ^{a)}	✓ ^{a)}	✓	✓	✓

a) Při chemické síranové agresivitě se stupněm vlivu prostředí vyšším než XA1 - koncentrace síranových iontů SO₄²⁻ vyšší než 600 mg/litr v podzemní vodě nebo 3000 mg/kg (v případě kapilárního sání 2000 mg/kg) v rostlé zemině - se musí použít síranovzdorný cement SR. Při obsahu SO₄²⁻ - do 1500 mg/litr je možné použít CEM I s dostatečnou dávkou pucolánové příměsí (například alespoň 20 % popílku).

Hodnoty uvedené v technickém listu mají čistě informativní charakter a mohou se lišit od hodnot konkrétních vzorků. Před jejich porovnáním s vlastnostmi jiných výrobků se prosím ujistěte, že všechna porovnávaná data byla získána pomocí totožných zkušebních postupů. V případě pochybností nás neváhejte kontaktovat.



CEMEX Czech Republic, s.r.o.; Výroba cementu Prachovice
Tovární 296
538 04 Prachovice

Statistické hodnocení kvality a chemismu cementu
dle ČSN EN 197-1 ed. 2

Cement CEM I 42,5 R
Období: 09/2018

Číslo vzorku jedn.	Statistické hodnocení chemismu cementu										Cr 6+ ppm	CSA (ve slinku) %hm.		
	Zrůta zřeháním %hm.	Nerozpuštiný podíl %hm.	SiO ₂ %hm.	Al ₂ O ₃ %hm.	Fe ₂ O ₃ %hm.	CaO %hm.	MgO %hm.	SO ₃ %hm.	K ₂ O %hm.	Na ₂ O %hm.			Na ₂ O- ekvivalent %hm.	Cl- %hm.
3.9.	-	-	18.31	5.13	2.90	62.49	2.28	3.16	0.75	0.27	0.76	0.09	-	-
6.9.	-	-	18.30	5.04	2.81	62.48	2.25	3.29	0.77	0.27	0.77	0.09	-	-
10.9.	4.84	0.49	18.31	4.94	2.62	62.54	2.48	3.44	0.79	0.28	0.79	0.08	-	-
13.9.	-	-	18.05	4.99	2.85	63.16	2.27	3.25	0.63	0.26	0.68	0.03	-	-
17.9.	4.90	0.89	17.89	4.83	2.74	63.18	2.28	3.22	0.68	0.25	0.70	0.05	-	-
20.9.	-	-	18.10	5.03	3.00	62.58	2.53	3.29	0.74	0.31	0.74	0.04	-	-
24.9.	-	-	17.71	4.96	2.88	63.32	2.60	3.10	0.71	0.28	0.74	0.04	-	-
26.9.	-	-	18.10	5.02	2.93	63.11	2.62	3.22	0.63	0.26	0.68	0.02	-	-
průměr	4.87	0.69	18.10	4.99	2.84	62.87	2.41	3.25	0.71	0.27	0.74	0.06	-	5.09
min.	4.84	0.49	17.71	4.83	2.62	62.48	2.27	3.10	0.63	0.25	0.68	0.02	-	-
max.	4.90	0.89	18.31	5.13	3.00	63.32	2.62	3.44	0.79	0.31	0.79	0.08	-	-
st.d.	2	2	0.22	0.09	0.12	0.35	0.15	0.10	0.06	0.02	0.05	0.02	-	-
četnost	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	-	-

Číslo vzorku jedn.	FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI										PEVNOSTI		
	Specifický povrch cm ² /g	Záměsová voda %hm.	Počátek tuhnutí min.	Doba tuhnutí min.	Objemová stllost (Le Chat) mm	Tlak 2-dny MPa	Tlak 28-dní MPa	Ohyb 2-dny MPa	Ohyb 28-dní MPa				
3.9.	3660	28.0	230	376	1.0	34.2	57.6	6.6	8.9				
6.9.	3494	28.0	245	361	-	32.8	57.7	6.1	8.5				
10.9.	3510	28.0	246	321	0.0	30.3	54.2	5.7	8.8				
13.9.	3553	28.2	221	296	-	31.7	56.9	6.4	9.1				
17.9.	3692	28.2	260	361	0.0	30.8	55.4	6.0	8.6				
20.9.	3364	28.0	270	395	-	29.6	52.7	6.0	8.8				
24.9.	3521	28.0	250	325	2.0	29.9	51.1	6.1	8.7				
26.9.	3271	28.2	246	336	-	29.3	54.7	5.6	8.7				
průměr	3508	28.1	246	346	0.8	31.1	55.0	6.1	8.8				
min.	3271	28.0	221	296	0.0	29.3	51.1	5.6	8.5				
max.	3692	28.2	270	395	2.0	34.2	57.7	6.6	9.1				
st.d.	140	0.1	15	33	0.7	1.7	2.4	0.3	0.2				
četnost	8	8	8	8	4	8	8	8	8				

CEMEX Czech Republic, s.r.o.
Laurinova 2800/4, 155 00 Praha 5, Stodůlky
IC: 27892638, DIČ: CZ27892638
-30-

Ing. Vlastimil Holas
Kvalita a technologie

Obch. oddělení :
tel : 469 810 450
fax : 469 810 451

V Prachovicích
Datum : 09.11.2018

CEM II/A-LL
32,5 R

ČESKÝ
ČÍŽKOVICKÝ
CEMENT

PORTLANDSKÝ CEMENT S VÁPENCEM

CEM II/A-LL 32,5 R

Portlandský cement s vápencem je vyráběn v souladu s harmonizovanou normou ČSN EN 197-1 ed. 2 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití. Portlandský cement s vápencem CEM II/A-LL 32,5 R je hydraulické pojivo, které se vyrábí mletím portlandského slínku a vápence se síranem vápenatým, doplňujícími složkami a přísadami.

Složení portlandského cementu s vápencem:

Druh cementu	Složení (poměry složek podle hmotnosti)		
	Slínek	Vápenec	Doplňující složky
CEM II/A-LL	80–94 %	6–20 %	0–5 %

Vlastnosti:

- rychlý nárůst počátečních pevností
- vysoké dlouhodobé pevnosti

Možnosti použití:

- staveništní příprava betonů, malt a směsí obsahujících cement



Technické parametry:

CEM II/A-LL 32,5 R			
Parametr	Jednotka	Požadavek ČSN EN 197-1 ed. 2	Průměrné dosahované hodnoty
Počátek tuhnutí	minuty	min. 75	150–230
Počáteční pevnost (2 dny)	MPa	min. 10	24–31
Normalizovaná pevnost (28 dnů)	MPa	32,5–52,5	44–50
Objemová stálost	mm	max. 10	0,5–2,0
Obsah síranů (jako SO ₃)	%	max. 3,5	3,2–3,5
Obsah chloridů	%	max. 0,10	0,04–0,08
Měrný povrch (Blaine)	cm ² ·g ⁻¹	neuvádí se	3 300–3 800



Způsob dodávek:

- volně ložený v autocisternách nebo železničních vagoněch RAJ
- balený v papírových pytlích s PE vložkou po 25 kg, loženo na paletách EUR po 1,4 t, palety zakryty samosmršťovací fólií

Způsob a doba skladování:

- způsob a doba skladování je vymezena článkem NA.1 Národní přílohy k ČSN EN 197-1 ed. 2
- cement musí být při skladování chráněn před působením vody a vysoké relativní vlhkosti vzduchu (nejvýše 75 %)
- za podmínek uvedených výše je doba skladování cementu 90 dnů od data uvedeného na obalu (v případě baleného zboží), případně data dodání (u volně loženého zboží)
- při překročení této doby je nutné před použitím ověřit, zda výrobek plně vyhovuje všem legislativním požadavkům na něj kladeným

Balený cement:

- výrobek odpovídá požadavkům přílohy XVII, bod 47, odstavec 1. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 ve smyslu obsahu ve vodě rozpustného šestimocného chromu (maximálně 0,0002 %) pro dosažení tohoto limitu může výrobek obsahovat redukční činidlo
- redukční činidlo si zachovává účinnost po celou dobu skladování za předpokladu dodržení podmínek uvedených v bodě „Způsob a doba skladování“



Bezpečnostní opatření:

- chraňte pokožku a oči před zasažením
- podrobné informace jsou uvedeny v bezpečnostním listu

Management kvality:

- Lafarge Cement, a.s. má zaveden systém managementu kvality dle ČSN EN ISO 9001:2016 a systém environmentálního managementu dle ČSN EN ISO 14001:2016
- kvalita cementu podléhá sledování Autorizované osoby č. 204, TZÚS Praha, pobočka Teplice

Lafarge Cement, a.s.
411 12 Čížkovice čp. 27
tel.: 416 577 111
www.lafarge.cz



625/2018

**LAFARGE**