

**Posudek oponenta
bakalářské práce**

**Analýza vlivu přísad
urychlujících tuhnutí a tvrdnutí
samozhutnitelného betonu
2019**

Student: Ondřej Šmíd, DiS.
Vedoucí práce: Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D.
Oponent: Ing. Mirek Jarolím



Obsah

Přehled hodnocení bakalářské práce.....	1
Slovní hodnocení bakalářské práce.....	2
Celkové hodnocení úrovně vypracování bakalářské práce.....	5
Návrh otázek a připomínek k obhajobě	6
Údaje o oponentovi.....	6

Přehled hodnocení bakalářské práce

Položka	Kritéria hodnocení bakalářské práce	Počet bodů
1.	Splnění hlavního a dílčích cílů bakalářské práce. (0 až 30 bodů)	22
2.	Členění a návaznost jednotlivých kapitol a podkapitol. Teoretická úroveň a využití dostupné literatury. (0 až 10 bodů)	6
3.	Formální náležitosti a úprava obsahu bakalářské práce (úroveň textu/pravopis, grafické provedení a názornost tabulek a obrázků, použití citací v textu, seznam použité literatury apod.). (0 až 20 bodů)	10
4.	Rozsah a účelnost realizovaných činností (např. počet vyrobených a otestovaných vzorků nebo použití SW a počet provedených simulací). (0 až 20 bodů)	14
5.	Úroveň aplikovaných vědomostí a znalostí, metodologického zpracování, diskuse výsledků a závěrů práce. (0 až 20 bodů)	14
	Celkový počet bodů (maximum 100 bodů)	66

Slovní hodnocení bakalářské práce

Předložená bakalářská práce pana Šmída „Analýza vlivu přísad urychlujících tuhnutí a tvrdnutí samozhutnitelného betonu“ se zabývá použitím urychlovačů tvrdnutí při výrobě prefabrikovaných betonových dílců ve výrobním závodu Malá Čeperka společnosti H.A.N.S. stavby, a.s. Téma je zpracováno přehledným způsobem a v rozsahu, který je požadován pro bakalářskou práci. Bakalářská práce je rozdělena do dvou hlavních částí: teoretické a experimentální, přičemž je kladen větší důraz na teoretickou část.

Teoretická část je na dobré úrovni, obsahuje stručný přehled základních informací o použití samozhutnitelného betonu (SCC), přehled složek pro jeho výrobu, požadovaných vlastností v čerstvém i ztvrdlém stavu a principy zkoušení těchto vlastností. Zhruba do poloviny druhé kapitoly text působí, že by mohl být napsán rukou zkušeného technologa betonu z výroby prefabrikovaných dílců, zbytek teoretické části je napsán skoro až učebnicovým způsobem. Spojení dvou výrazně odlišných stylů textu je při nejmenším podivuhodné.

Obecně v textu chybí citace, nelze tedy zkontrolovat, odkud informace pocházejí. V seznamu citovaných publikací jsou dvě, na které není z textu odkazováno. Jedná se o [3] Hela, Rudolf: Technologie Betonu 1 a [4] Pytlík, Petr: Technologie betonu. Nevím, zda-li student zapomněl v textu citace uvést nebo „jen opsal“ doporučenou literaturu ze zadání práce. Teoretická část mohla obsahovat zmínku o podobných experimentech jinde v ČR nebo v zahraničí z odborných článků, které by mohly více zhodnotit současný stav poznání studované problematiky.

V experimentální části práce student popisuje použití tří vybraných urychlovačů tvrdnutí pro výrobu betonu a zhodnocení možností jejich použití ve výrobně prefabrikovaných betonových dílců. Pro srovnání vhodnosti byly vybrány následující parametry: rychlost náběhu pevnosti v tlaku v čase a ekonomická náročnost. Porovnány byly jednotlivé druhy urychlovače mezi sebou a s referenčním betonem bez použití urychlovače. V čerstvém stavu byly provedeny zkoušky konzistence sednutí-rozlítím a měřeny časy rozlití T_{500} . U většiny zkoušek student uvedl postup, jakým postupoval, včetně návaznosti na zkušební normy a případné odchylky od normových postupů.

Zkoušky konzistence sednutí- rozlitím byly na žádost výroby provedeny nenormovým způsobem. Rozumím potřebě výroby provádět zkoušky stejně podle zaběhlých zvyklostí, přesto si myslím, že pro použití tohoto postupu do závěrečné vysokoškolské práce to není vhodné. Podrobnosti o výhodách a nevýhodách použité zkušební metody pojednává odborná literatura, např. [1] Schuttner a kol.: Samozhutnitelný beton. Z důvodu zvýšené chybovosti takového postupu lze všechny naměřené hodnoty konzistence čerstvého betonu prohlásit za stejné (750 až 780 mm). Bez znalosti přesného složení betonu nelze zhodnotit, zda-li změnu času T_{500} v porovnání s referenčním betonem způsobilo přidání urychlovačů nebo způsob provedení zkoušky konzistence sednutí-rozlítím.

V kapitole 2.4.2 na straně 24 student uvádí: „*Velkou roli také hraje okolní prostředí, které ovlivňuje účinek urychlovače a zejména počáteční teplota směsi. S rostoucí teplotou čerstvé betonové směsi roste výrazněji vliv urychlující přísady.*“ V popisu experimentu nejsou tyto důležité údaje uvedeny. Myslím, že lze předpokládat, že teploty okolí i čerstvých betonů byly velmi podobné standartním podmínkám výroby, přesto tato domněnka vnáší do vyhodnocení experimentu nejistotu, neboť nemáme přesné informace.

V celé práci není uvedena specifikace použitého betonu ani jeho složení nebo přehled použitých složek. Je pouze uvedeno přidání urychlovačů. Chápu, že složení čerstvého betonu je výrobním tajemstvím společnosti, ale je škoda, že se nelze zamyslet nad správným fungováním betonu a nelze hodnotit shodu vyrobeného betonu – v čerstvém ani ztvrdlém stavu.

Zkoušení pevností v tlaku je provedeno vždy jen na jednom zkušebním tělese pro daný čas, nejsme tedy schopni objektivně zhodnotit, zda-li jsou naměřené hodnoty správné. Není uvedené stanovení rozměrů vyrobených zkušebních těles, což předpokládá zkušební norma ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu – část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles, na kterou se student odkazuje. Z hmotnosti zkušebních těles nebyla stanovena jejich objemová hmotnost – pravděpodobně z důvodu chybějící znalosti rozměrů.

Student navrhl a vyrobil diferenční kalorimetr pro měření vývoje hydratačního tepla. Škoda, že neprovedl měření všech použitých receptur, ale pouze dvou – bez urychlovače a s přidáním nejpomalejšího urychlovače tvrdnutí. Měření proběhlo na cementové pastě, z provedeného měření je znatelný efekt použitého urychlovače.

Student provedl základní zhodnocení finančních nákladů a doporučil používání konkrétních urychlujících přísad podle typu výrobku.

Podle informací výrobce urychlujících přísad, společnosti STACHEMA CZ, s.r.o., všechny použité urychlovače ve standartních teplotách urychlují pouze tvrdnutí, nikoliv tuhnutí. Je škoda, že v experimentu nebylo použito alespoň jednoho urychlovače tuhnutí a tvrdnutí betonu.

Zadání bakalářské práce je uspokojivě splněno. Formální úroveň závěrečné práce je na uspokojivé úrovni. V práci se vyskytují jazykové i stylistické chyby. Student ne vždy používá ustálených výrazů a značení. Členění práce do jednotlivých kapitol je logické a přehledné. Celá práce je vhodně doplněna obrázky, grafy a tabulkami. Veškerá data a výsledky jsou uvedeny v tabulkách a grafech. Není použito vhodného zaokrouhlování, což tabulky a grafy činí méně přehledné.

Pár poznámek k informacím, se kterými úplně nesouhlasím:

- Str. 13: Student uvádí použité zkratky a značky. Není nutné vytvářet seznam značek (symbolů), pokud jsou vysvětleny u použití ve vzorci. Popisky by měly být úplné: G – *smykový modul pružnosti* (chybí slovo pružnost); m_v , m_c , m_p – *množství vody, cementu a aktivní příměsi* – není jasné, jestli se jedná o hmotnostní nebo objemové podíly; k – *hodnota odpovídající dané minerální příměsi* – definice podle výrobní normy ČSN EN 206+A1 je „součinitel zohledňující účinnost příměsi typu II“.
- Str. 14: „*Použití tohoto typu betonu (SCC) v dnešní době je velmi využíváné, neboť díky němu lze docílit mnohem dříve potřebných vlastností a tím i rychlejší výrobu prefabrikátů.*“ – samotné použití SCC mění styl práce s betonem, lze betonovat prostorově složitější a hodně vyztužené prvky při snížení pracnosti, rizika poruch a vad výrobků. Urychlovat lze i tradičně vibrované betony a při vhodné kombinaci přísad lze dosáhnout stejné rychlosti náběhu pevnosti v tlaku. Nemohu tedy souhlasit s uvedeným výrokem, neboť z textu vyplývá, že se jedná pouze o vlastnosti SCC, což není pravda.
- Str. 17: Obsahem záměsové vody $w=0,28$ byl pravděpodobně myšlen vodní součinitel. Obvyklé značení je v/c nebo w/c . Z textu vyplývá, že není příliš vhodné používání betonů s takto nízkým vodním součinitelem. Nedoporučujete tedy vyrábět ani betonové dílce z UHPC (UHPCFRC), který se běžně vyrábí s $v/c = 0,25$?
- Str. 18: „*Při přidání urychlujících přísad dochází k urychlení nárůstu pevností, což při transportu je nežádoucí a docházelo by k problémům.*“ Z uvedeného výroku vyplývá, že není vhodné používání urychlujících přísad při výrobě transportbetonu. S výrokem nemohu souhlasit, urychlovače tvrdnutí se běžně využívají, zvláště v zimním období.

- Str. 19: *„Tekutost a konzistence SCC betonu s přibývajícím časem postupně klesá. Jedná se o velmi krátký časový horizont (cca 15-30 minut).“* Doba zpracovatelnosti betonu je určena mnoha faktory. Vzhledem k faktu, že použité urychlující přísady urychlují tvrdnutí betonu, lze předpokládat, že tato doba zpracovatelnosti je dána použitými plastifikátory – polykarboxyláty speciálně upravenými pro výrobu betonových dílců.
- Str. 19: *„Při aplikaci se přísada přidává do míchačky těsně před záměsovou vodou dle předepsaného dávkování.“* Z vlastní zkušenosti při výrobě transportbetonu vím, že účinnost tekutých přísad se uvedeným postupem dávkování do mísícího jádra snižuje. Vhodný způsob dávkování je až po nadávkování a krátkém promíchání směsi s cca 3/4 množství záměsové vody.
- Str. 21: *„(SCC) Skládá se převážně z těžného kameniva, cementu, vody a příměsí.“* Z vlastní zkušenosti vím, že vyrobit SCC z drceného kameniva není problém. Druh použitého kameniva závisí na dostupnosti zdrojů a požadovaných vlastnostech betonu v čerstvém i ztvrdlém stavu.
- Str. 21: *„Další výhodou těžného kameniva lze spatřit v lepším tvarovém indexu.“* Nesouhlasím s uvedeným výrokem. Hodnota tvarového indexu je daná zdrojovou horninou, ale především způsobem zpracování. Při výrobě drceného kameniva lze dosáhnout tvarového indexu SI_{10} , což je srovnatelná hodnota s běžným těžným kamenivem.
- Str. 23: Do hodnoty vodního součinitele je potřeba započítat množství přísad nad 3 kg/m^3 (správně uvedeno v následující kapitole), dále se běžně do účinného obsahu vody nezapočítává nasákavost kameniva (viz ČSN EN 206+A1).
- Str. 26: Norma ČSN EN 206 již není platná, nahradila ji ČSN EN 206+A1.
- Str. 27: *„Celkové množství těchto příměsí nesmí překročit maximální dávkování, které je dané výrobcem a nesmí být vyšší než 50 g na 1 kg cementu. Pokud není prokázáno, že větší množství nebude mít negativní účinky na vlastnosti a trvanlivost betonu. Použití těchto přísad je velmi výhodné, ..“* uvedené dávkování 5 % z hmotnosti cementu se pravděpodobně vztahuje na přísady, nikoliv příměsí, což potvrzuje i následující věta *„používání těchto přísad“*. Maximální množství příměsí v betonu je omezeno výrobní normou, nikoliv výrobcem příměsí. V zásadě je omezeno jen v doporučeném obsahu jemných částic v betonu. Pokud se používá příměs typu II, lze do vodního součinitele započítat jen určité množství příměsí podle jejího druhu, viz ČSN EN 206+A1, čl. 5.2.5.
- Str. 28: *„Fluidní popílek .. má nepříznivé chemické složení a jeho použití do betonu je normou ČSN EN 206 zakázané.“* Fluidní popílek lze do betonu použít, ale nelze jej započítat do vodního součinitele jako příměs typu II (nevyhovuje podmínkám stanovených v ČSN EN 450-1). Pro použití v betonu musí být fluidní popílek deklarován podle ČSN EN 12620+A1 Kamenivo do betonu.
- Str. 34: *„Tyto vlastnosti se vztahují k tekutému stavu, ..“* Obvykle mluvíme o čerstvém betonu a stavu.
- Str. 36: Z uvedeného textu vyplývá, že trvanlivost je dána pouze hloubkou průsaku. Čeho? Informace není úplná. Při posuzování trvanlivosti ztvrdlého betonu zkusíme např. maximální průsak tlakovou vodou (možná myšleno), mrazuvzdornost nebo odolnost proti působení mrazu a chemických rozmrazovacích látek – v závislosti na předepsaných požadavcích na vlastnosti betonu.

- Str. 36: „V oblasti trvanlivosti je třeba řešit problém s hloubkou průsaku, která má za následek korozi betonu. Ta se se zvyšujícím obsahem jemných částic směsi snižuje. Vzhledem k tomu, že samozhutnitelný beton obsahuje velké množství jemných částic a je tak hutnější, tak hloubka průsaku je minimální.“ Co je myšleno pod zájmenem „ta“ ve druhé citované větě? Koroze nebo trvanlivost? Záměna za opačné slovo zásadně mění význam a informace nemusí být pravdivá.
- Str. 39: H_2 je průměrná hloubka ve vodorovné části truhlíku, nikoliv svislé, jak je uvedeno.
- Str. 46: „Formy byly naplněny betonovou směsí.“ Tento termín se dnes nepoužívá, mluvíme o čerstvém betonu.
- Str. 47 a dále: V tabulkách je uvedena hmotnost zkušebních těles. Tento údaj není vypovídající o vlastnostech betonu, používá se objemová hmotnost. Zaokrouhlování hodnot pevnosti v tlaku se provádí na 1 desetinné místo, viz ČSN EN 12390-3.
- Str. 51: „...vzorkem „A“ (s urychlovačem Betodur A5) a vzorkem „B“ (bez urychlovače)..“ Není vhodné měnit označení zkušebních vzorků v průběhu práce, v ostatních částech student značí vzorek A bez urychlovače, vzorek B s urychlovačem Betodur A5.
- Str. 53: Na straně 52 je uvedeno, že bez použití urychlovače nelze dosáhnout kontinuální výroby, tedy každodenní obrátkovosti bednění. Tento fakt by měl být zohledněn při finanční bilanci urychlujících přísad, neboť bez jejich použití pravděpodobně nelze vyrobit stejné množství výrobků (3 500 m³/měsíc).
- Str. 55: Citace [10] odkazuje na jiný článek stejného autora, než je uvedeno v citaci.

Celkové hodnocení úrovně vypracování bakalářské práce

S přihlédnutím k faktu, že se pravděpodobně jedná o první kontakt studenta s výrobou betonu, laboratorním prostředím, výrobnou prefabrikovaných betonových dílců a aplikací dostupných informací z literatury do praxe, lze tuto práci hodnotit kladně. Zadané téma je rozsáhlé, student provedl jen základní zkoušky pro zhodnocení efektivity použitých urychlovačů tvrdnutí betonu.

Předložená bakalářská práce dokazuje, že je student schopen řešit samostatně odborný problém, a proto ji **doporučuji k obhajobě** a navrhuji hodnotit níže uvedeným stupněm klasifikace.

A (výborně)	B (výborně - mínus)	C (velmi dobře)	D (velmi dobře - mínus)	E (dobře)	F (nevyhověl)
100-90 bodů	89-80 bodů	79-70 bodů	69-60 bodů	59-50 bodů	< 50 bodů
<input type="checkbox"/> *	<input type="checkbox"/> *	<input type="checkbox"/> *	<input checked="" type="checkbox"/> *	<input type="checkbox"/> *	<input type="checkbox"/> *

* – zaškrtněte vhodný klasifikační stupeň (stačí 2 x poklepat a vybrat).

Návrh otázek a připomínek k obhajobě

- Uveďte, prosím, z jakého důvodu nebyl pro experiment vybrán urychlovač tuhnutí i tvrdnutí betonu, když jste tak pojmenoval svoji závěrečnou práci.
- Uveďte, prosím, z jakého důvodu nebyla v práci zmíněna alespoň specifikace použitého betonu.
- Pokud specifikace betonu není tajná, uveďte, zda-li bylo dosaženo shody betonu v čerstvém i ztvrdlém stavu. Podle jaké normy se provádí posuzování shody vlastností betonu?
- Uveďte, prosím, z jakého důvodu bylo zkoušení pevností v tlaku provedeno vždy na jednom zkušebním tělese. Uvádíte, že bylo vyrobeno 5 zkušebních těles od každé receptury. Výsledky uvádíte pouze ve 4 různých stáří. Jakým způsobem bylo nebo bude použito 5. zkušební těleso?
- Uveďte, prosím, z jakého důvodu neproběhlo měření hydratačního tepla na všech použitých recepturách.
- Při měření vývoje hydratačního tepla jste použil cementové pasty. Jak jste je vyrobil a jaké měly složení? Jaký je vztah zvolené pasty a použitého betonu? Okomentujte zvolený rozměr zkušebního tělesa. Je nějaký vztah mezi naměřenými hodnotami v kalorimetru a v reálném prefabrikovaném dílci? V závěru práce uvádíte, že teplota v jádru prefabrikovaného prvku při hydrataci nepřesáhne 65 °C. Při Vašem kalorimetrickém měření jste dosáhl mnohem vyšších hodnot. Kde jste vzal tuto hodnotu? Měřil jste ji? Pokud ano, na jak velkém prvku?

Údaje o oponentovi

Jméno: ing. Mirek Jarolím
Zaměstnavatel: KÁMEN Zbraslav, a.s. Žitavského 1178, 156 00 Praha – Zbraslav
Pracovní pozice: Laborant a technolog betonu
E-mail, telefon: mirek.jarolim@kamenzbraslav.cz, +420 720 042 218

V Praze dne 4. 6. 2019



podpis