

ZKOUŠENÍ CHOVÁNÍ ČERSTVÉ BETONOVÉ ZÁLIVKY PŘI STYKU S RŮZNÝMI POVRCHY MATERIÁLŮ BEDNĚNÍ

*Jakub Žák, **

Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební,
České vysoké učení technické v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, Česká republika.
jakub.zak@fsv.cvut.cz

ABSTRAKT

Při ověřování vlastností samozhutnitelného betonu je výhodné alespoň část bednění zprůhlednit. K takovým účelům lze použít plexisklo. Je však nutné ověřit, že změna materiálů nemá vliv na chování betonové směsi. V této studii bylo porovnáváno pět materiálů – ocelový plech, plexisklo, voděodolná překližka, hladký betonový povrch a hrubý betonový povrch. Testování bylo prováděno stékáním stejného množství betonové směsi po různých površích s různým sklonem a porovnáním tvarů zatékajícího betonu. Je prokázáno, že u svislých ploch lze zaměnit nejen ocelový plech s plexisklem, ale i překližkou, a dokonce i s hladkým betonovým povrchem. U šikmých ploch lze zaměnit ocelový plech s plexisklem nebo voděodolnou překližkou.

KLÍČOVÁ SLOVA

Samozhutnitelný beton • Betonová zálivka • Plexisko • Ocelový plech • Stékání betonové směsi

ABSTRACT

When verifying the properties of self-compacting concrete, it is advantageous to make at least a part of the formwork transparent. Plexiglass can be used for such purposes. However, it is necessary to verify that the change of materials does not affect the behavior of the concrete mix. In this study, five materials were compared - steel sheet, plexiglass, waterproof plywood, smooth concrete surface and rough concrete surface. The testing was performed by flowing the same amount of concrete mixture on different surfaces with different inclination and comparing the shapes of the flowing concrete. It has been proven that for vertical surfaces not only steel sheet with plexiglass can be interchanged, but also with plywood and even with smooth surface treated concrete. For sloping surfaces, steel sheet with plexiglass or waterproof plywood can be interchanged.

KEYWORDS

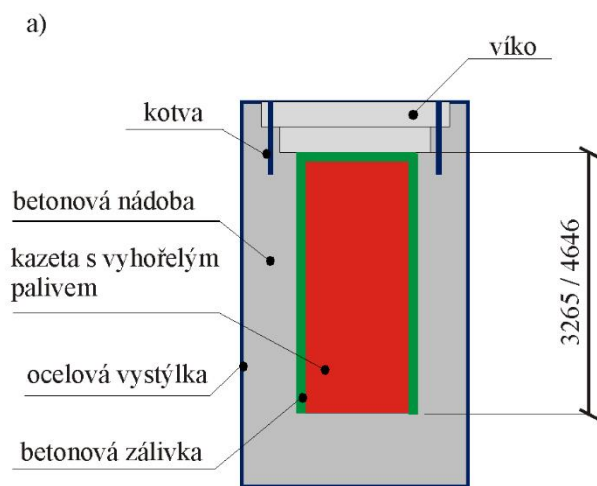
Self-compacting concrete • Concrete grout • Plexiglass • Steel sheet • Concrete mixture flowing

1. ÚVOD

Výroba elektřiny pomocí řízené štěpné reakce v jaderných elektrárnách je stále jednou z oblíbených možností. Jednak jaderné elektrárny podléhají přísnému dozoru (Hill 2008, Hashemian 2010–2011) a zároveň množství takto vyrobené elektřiny není ovlivněno povětrnostními podmínkami. V poslední době se výzkumné týmy znovu zaměřují na zkoumání skutečného stavu jaderných zařízení (Khmurovska et al. 2019–2021) s následným zájmem o prodloužení jejich životnosti. Pokračuje také vývoj, projektování a výstavba nových jaderných elektráren. Současnou nevýhodou je však skutečnost, že při výrobě elektřiny v jaderných elektrárnách vzniká i jaderný odpad. Vyhořelé palivo se skládá z kazet se zbytky palivových tyčí a obsahuje velké množství radioaktivních izotopů různých chemických prvků. Tyto radioaktivní izotopy se dále rozkládají, a přitom nepřetržitě emitují ionizující záření. Proto je nutné vyhořelé palivo řádně skladovat, aby nedocházelo ke kontaminaci životního prostředí.

Betonové nádoby patří mezi kandidáty, se kterými se uvažuje pro konečné skladování paliva. Tento příspěvek se zaměřuje na možnost testování betonové zálivky v bednění s bočnicí z plexiskla. Předkládaná studie byla provedena v rámci výzkumných projektů, které zkoumají oblast ukotvení víka kontejneru a betonovou zálivku, která je aplikována mezi kazetu s vyhořelým palivem a betonový kontejner. Ověření vlastností navržené betonové zálivky bude prokázáno provedením zkoušky v měřítku 1:1. Tloušťka spáry vyplněné zálivkovou hmotou je 5 cm, výška spáry je 3,265 nebo 4,646 metru v závislosti na typu nádoby (Obrázek 1). Vzhledem k přítomnosti ionizujícího záření je zálivka navržena jako samozhutnitelná, aby se zabránilo radioaktivní kontaminaci nebo aktivaci vibračního zařízení. Vzhledem k extrémně malé tloušťce spáry je důležité vizuálně zkontrolovat, zda betonová zálivka plně vyplňuje navržený prostor. Aby bylo možné sledovat chování směsi při betonáži, byla jedna strana bednění vyrobena z průhledného plexiskla. Plexisklo nahrazuje kovové opláštění kazety s vyhořelým palivem, a proto je jedním z cílů této práce zhodnotit chování betonové směsi ve styku s různými materiály bednění a prokázat tak vhodnost návrhu betonové směsi.

* Školitel: prof. Ing. Petr Štemberk, Ph.D., D.Eng.



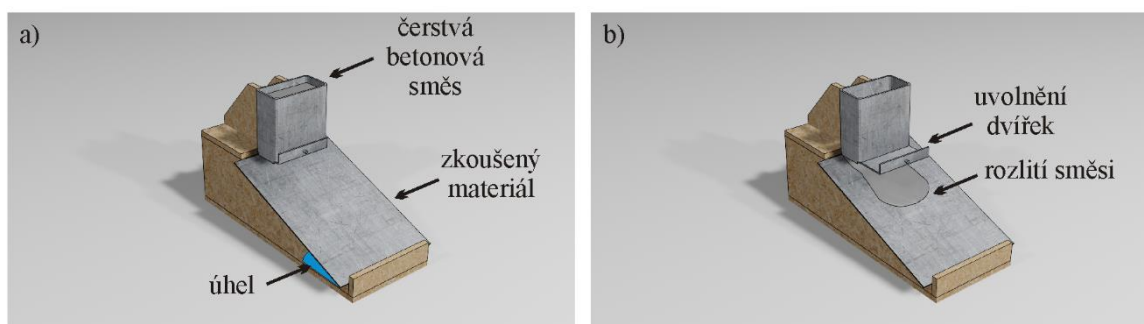
Obrázek 1: Testování vlastností vyvinuté betonové zálivky: a) geometrie betonové nádoby na vyhořelé palivo; b) bednění pro zkoušení vlastností betonové zálivky.

2. MATERIÁLY A METODY

Bylo provedeno několik zkoušek pro zjištění chování betonové zálivky na povrchu bednění, který byl vyroben z různých materiálů. Stejný objem čerstvého betonu byl aplikován na různé povrchy, které byly nakloněny pod úhlem 0° , 30° a 60° . Po nanesení čerstvého betonu na plochu bednění bylo sledováno chování čerstvého betonu a byly porovnány výsledné tvary steklého betonu (Obrázek 2). Původní návrh zkoušky umožňoval srovnání tvarů betonu, nanášený beton s použitím vibrací i bez nich. Samotná betonová směs je však

navržena jako samozhutnitelná, proto nebylo nutné zkoumat vliv vibrací.

Aby bylo prokázáno správné vyplnění mezery betonovou zálivkou, bylo rozhodnuto nahradit stranu bednění, která představuje kovový povrch palivové kazety, plexisklem. Kromě ve skutečnosti používaného plechu a plexiskla byly zkoumány další materiály (Obrázek 3). Jednalo se o voděodolnou překližku a betonový povrch. Překližka je běžně používaný materiál při výrobě bednění. Betonový povrch, který se vyskytuje např. při použití betonového ztraceného bednění, byl dvojího druhu – s hladkým a hrubým povrchem.



Obrázek 2: Proces testování: a) před testem; b) po testu.



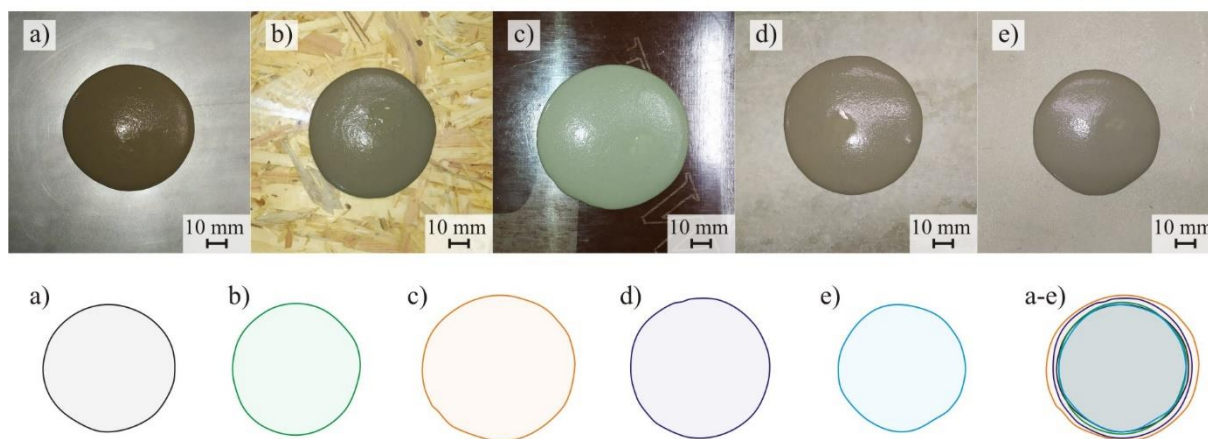
Obrázek 3: Testované materiály: a) ocelový plech; b) plexisklo; c) voděodolná překližka; d) hladký beton; e) hrubý beton.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

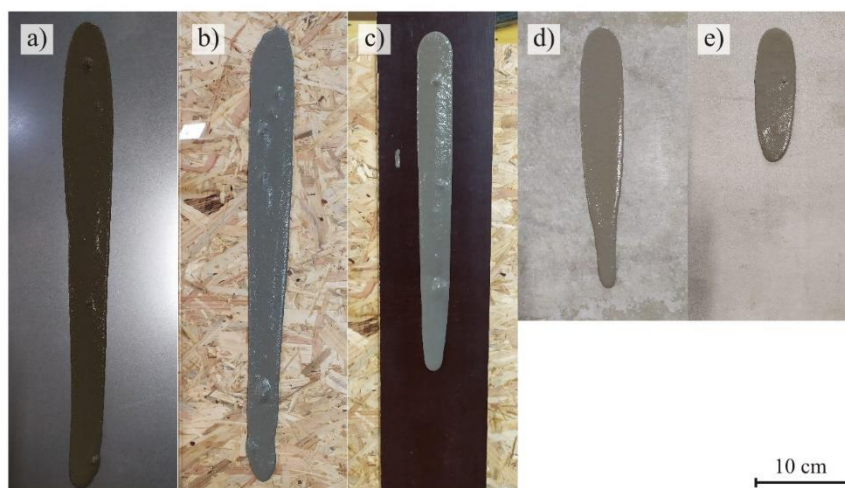
Výsledky zkoušek betonu nanášeného na vodorovnou plochu jsou téměř shodné pro všechny vzorky. Nejlepší vlastnosti roztékání betonové zálivky byly opakovaně pozorovány na vodovzdorné překližce (Obrázek 4). Důležitým výsledkem pro testování v měřítku 1:1 bylo, že povrchový efekt jak ocelového plechu, tak plexiskla byly prakticky identické.

Výsledky získané s betonovou zálivkou, která byla nalita na povrch pod úhlem 30°, se ovšem výrazně lišily pro různé materiály (Obrázek 5). Nejhorší byl hrubý betonový povrch, protože betonová zálivka stekla pouze 14 cm zatímco

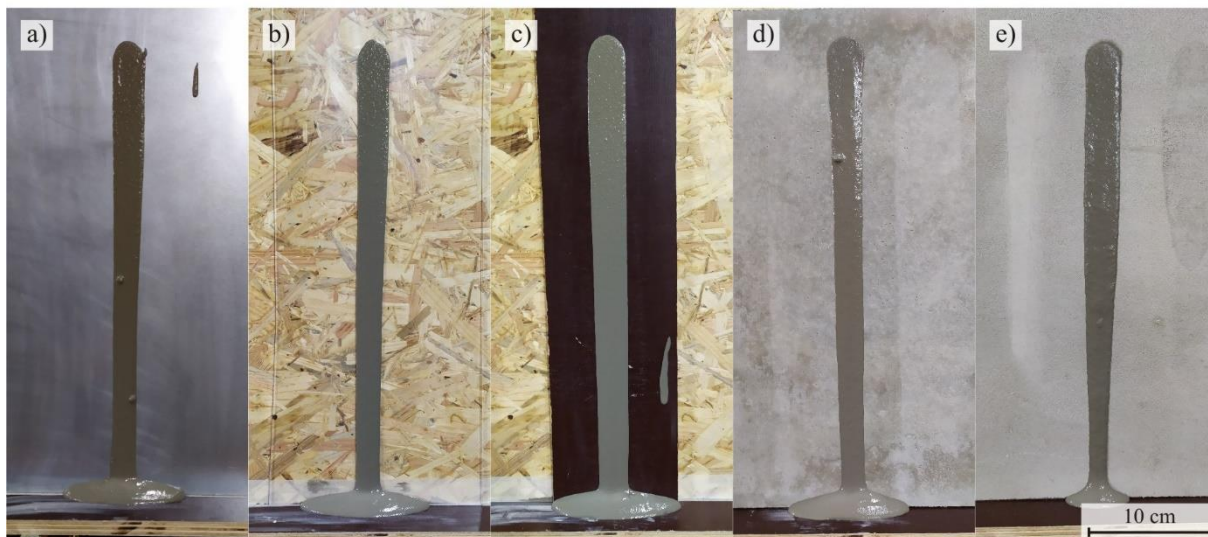
na hladkém povrchu tekla betonová zálivka 28 cm. Délka toku byla u vodotěsné překližky 36 cm. Výsledky pro ocelový plech a plexisklo byly velmi podobné, konkrétně 48 cm a 46 cm. Pro povrch pod úhlem 60° bylo zatékání na všech typech povrchů příliš výrazné (Obrázek 6). Betonová zálivka se tedy nanášela ze vzdálenosti 40 cm od spodního konce plochy, přesto však betonová zálivka ve všech případech dosáhli dna. U betonových povrchů se šířka průtokové dráhy zúžila. Množství betonové zálivky, které dosáhlo spodní podložky, může sloužit jako indikátor toho, kolik betonové zálivky ulpělo na povrchu bednění. Chování betonové zálivky na ocelové plechu, plexiskle, voděodolné překližce a hladkém betonovém povrchu bylo téměř totožné.



Obrázek 4: Výsledky zkoušek pro 0°: a) ocelový plech; b) plexisklo; c) voděodolná překližka; d) hladký beton; e) hrubý beton.



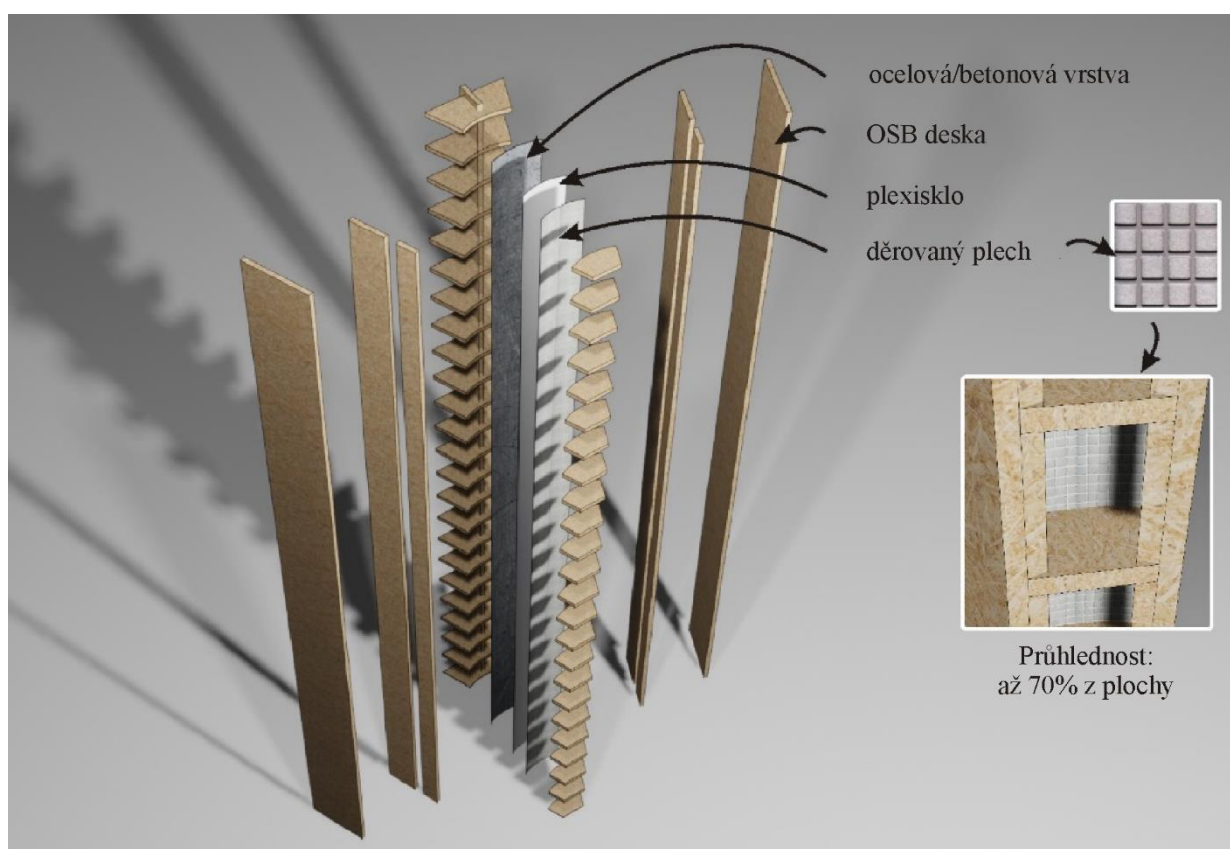
Obrázek 5: Výsledky zkoušek pro 30°: a) ocelový plech; b) plexisklo; c) voděodolná překližka; d) hladký beton; e) hrubý beton.



Obrázek 6: Výsledky zkoušek pro 60°: a) ocelový plech; b) plexisklo; c) voděodolná překližka; d) hladký beton; e) hrubý beton.

Výsledky ukazují, že navržená betonová zálivka velmi dobře teče na hladkých svislých plochách. V případě hrubého povrchu zálivková hmota přilne k povrchu, ale jen ve velmi malé míře. Výsledky pro ocelový plech a plexisklo se velmi dobře shodují. Plexisklo lze tedy zaměnit s ocelovým plechem.

Takové bednění z plexiskla je ale nutné vyztužit. Na navržené bednění byl použit děrovaný plech, který snížil průhlednost o 30 %, ale výrazně zvýšil houževnatost bočního panelu plexiskla (Obrázek 7).



Obrázek 7: Návrh bednění s bočním panelem z plexiskla.

4. ZÁVĚR

Metodika testování popsaná v tomto článku se zaměřila na zkoumání interakce cementové zálivky s pěti různými povrchovými materiály, z nichž tři se mohou vyskytnout při reálné aplikaci, kdy bude utěšňováno víko betonové nádoby na vyhořelé palivo. Z tohoto hlediska vliv hladkosti či drsnosti povrchu betonu neovlivňuje zatékavost navržené betonové zálivky při svislých plochách betonu. V případě vodorovných betonových povrchů vykazovala betonová zálivka uspokojivé chování, protože horní vrstvy betonové zálivky, poháněné gravitací, mohly klouzat po spodních vrstvách, což napomáhalo k probetonování i hrubého betonového povrchu.

Výsledky ukázaly, že předložený test lze použít pro kvantifikaci čerstvého betonu různé konzistence. Výsledky také ukázaly, že povrchy ocelového plechu a plexiskla jsou zaměnitelné, což může být důležité pro další testy, kdy je nutné opticky kontrolovat vyplnění úzkých mezer.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří Technologické agentuře ČR a Českému vysokému učení technickému v Praze za finanční podporu v rámci projektů TJ04000186 a SGS22/037/OHK1/1T/11.

Reference

- Hill, D. J. (2008), Nuclear energy for the future, in „Nature Materials“, Vol. 7(9), pp. 680-682.
- Hashemian, H. M. (2010), Aging management of instrumentation & control sensors in nuclear power plants, in „Nuclear Engineering and Design“, Vol. 240(11), pp. 3781-3790.
- Hashemian, H. M. (2011), On-line monitoring applications in nuclear power plants, in „Progress in Nuclear Energy“, Vol. 53(2), pp. 167-181.
- Khurovskaya, Y., Štemberk, P., Zak, J., Sikorin, S., Kaladkevich, Y., Pavalanski, E., & Fatseyeu, V. (2019), Cement mortar creep under exposure of gamma-ray irradiation, in „Journal of Nuclear Research and Development“, Vol. 18, pp. 24-28, (2019).
- Khurovskaya, Y., Štemberk, P., Němeček, J., & Doleželová, M. (2020), Experimental and Numerical Investigation of Cement Paste Microstructure and Its Hydration under Short-term Exposure to Acetone, in „Acta Polytechnica CTU Proceedings“, Vol. 26, pp. 34-38.
- Khurovskaya, Y., Štemberk, P., Sikorin, S., Němeček, J., Józwiak-Niedźwiedzka, D., Doleželová, M., & Fatseyeu, V. (2021), Effects of Gamma-Ray Irradiation on Hardened Cement Mortar, in „International Journal of Concrete Structures and Materials“, Vol. 15(1), pp. 1-14.7.
- Khurovskaya, Y., & Štemberk, P. (2021), RBSM-based model for prediction of radiation-induced volumetric expansion of concrete aggregates, in „Construction and Building Materials“, Vol. 294, 123553.8.
- Khurovskaya, Y., & Štemberk, P. (2021, February), Numerical estimation of radiation induced volumetric expansion of igneous rocks, in AIP „Conference Proceedings“, Vol. 2322, No. 1, p. 020032