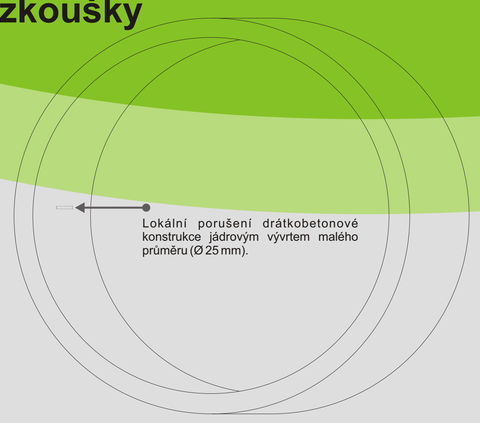
Měření homogenity ztvrdlého drátkobetonu novou nedestruktivní zkouškou

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

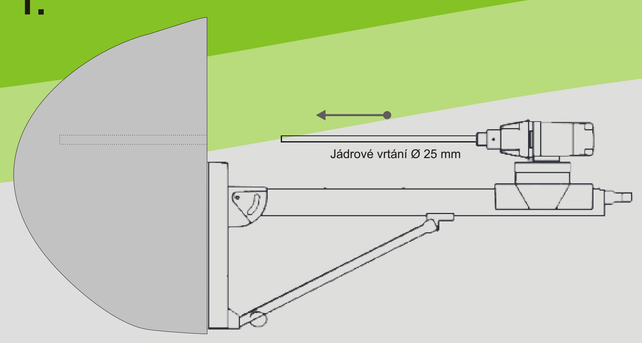
Prof. Ing. Leonard Hobst, CSc. / Ing. et Ing. Petr Bílek / Doc. Ing. Jan Vodička, CSc. / Prof. Ing. Jiří Vala, CSc.

Princip zkoušky



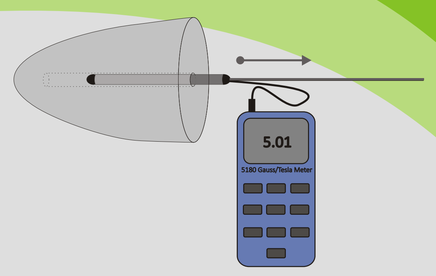
Obr. 1: Drátkobetonová konstrukce, např. ostění tunelu

1.



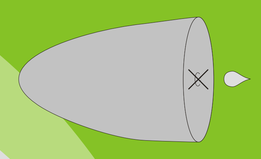
Obr. 2: Lokální jádrový vývrt malého průměru

2.



Obr. 3: Měření koncetrace drátku ve vývrtu hloubkovou sondou PeMaSo 2.

3.



Obr. 4: Zapravení vývrtu vysokopevnostní nesmršťující se maltou.

Abstrakt

V příspěvku je popsána nová zkušební metoda měření homogenity ztvrdlého drátkobetonu na hotové drátkobetonové konstrukci. Metoda je založena na měření změny intenzity magnetického pole permanentních magnetů, vyvolané změnou rozložení drátků v drátkobetonové konstrukci. Z popsané metodiky provedení zkoušky plyne, že zkouška má charakter zkoušek tzv. lokálního porušení, jádrovým vývrtem malého průměru. Jedná se tedy o metodu semidestruktivní. Její využití v praxi tak nenarušuje bezpečnost a spolehlivost drátkobetonové konstrukce.

Příklad prvního praktického měření na segmentech tunelového ostění

Kromě popsané metodiky zkoušky je v příspěvku uveden příklad jejího využití při posuzování homogenity drátkobetonového dílce segmentového ostění. Výsledky dílčích měření dávají obraz o homogenitě drákobetonu v dílci i o počtu a volbě míst pro měření homogenity, které byly podřízeny velikosti a způsobu výroby dílce.

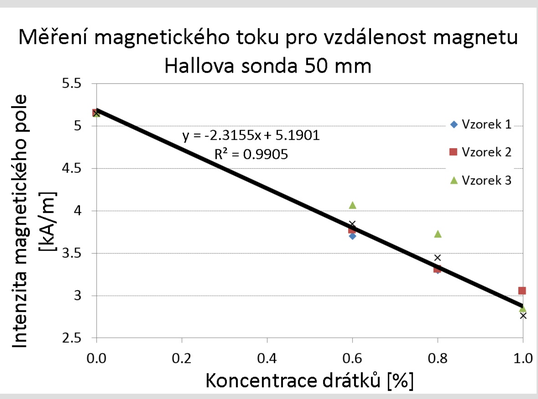
Úvod

Drátkobetonové konstrukce patří k moderním typům konstrukcí, které nacházejí stále širší využití při výstavbě nových inženýrských děl. Drátkobeton se používá zvláště tam, kde se předpokládá, že na konstrukci budou působit ve zvýšené míře tahové síly. Drátkobetonové konstrukce proto mohou v mnoha případech nahradit konstrukce vyztužené klasickou betonářskou výztuží. Jednou z oblastí, kde se začal drátkobeton s výhodou uplatňovat jsou segmenty tunelového ostění. Důležitým předpokladem správného chování drátkobetonové konstrukce je, že navržené množství drátků je v objemu betonu rovnoměrně rozptýleno, že netvoří „shluky“, anebo naopak „řediny“. Pro stanovení koncentrace drátků v drátkobetonu byly vyvinuty různé metody, založené na rozličných fyzikálních základech. V zásadě se však používají dva principy, založené na specifických vlastnostech drátků:

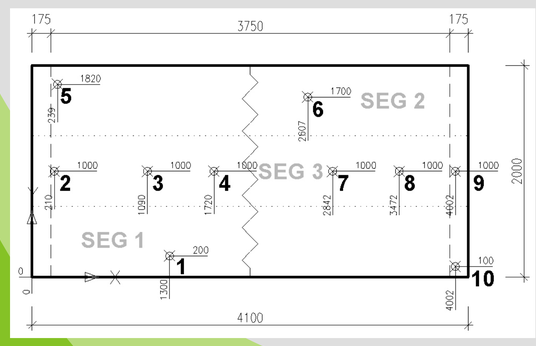
1) vyšší objemová hmotnost drátků vzhledem k betonu

2) jiná magnetická permeabilita drátků vzhledem k betonu.

Tím, že vybrané lamely z ostění tunelu, byly podrobeny zatěžovacím zkouškám na Kloknerově ústavu ČVUT v Praze, bylo možné na odzkoušených lamelách ostění uskutečnit i srovnávací zkoušky na stanovení koncentrace drátků ve vybraných průřezech ostění.



Obr. 5: Korelace mezi úbytkem intenzity magnetického pole a rostoucí koncentrací drátků ve vzorcích.

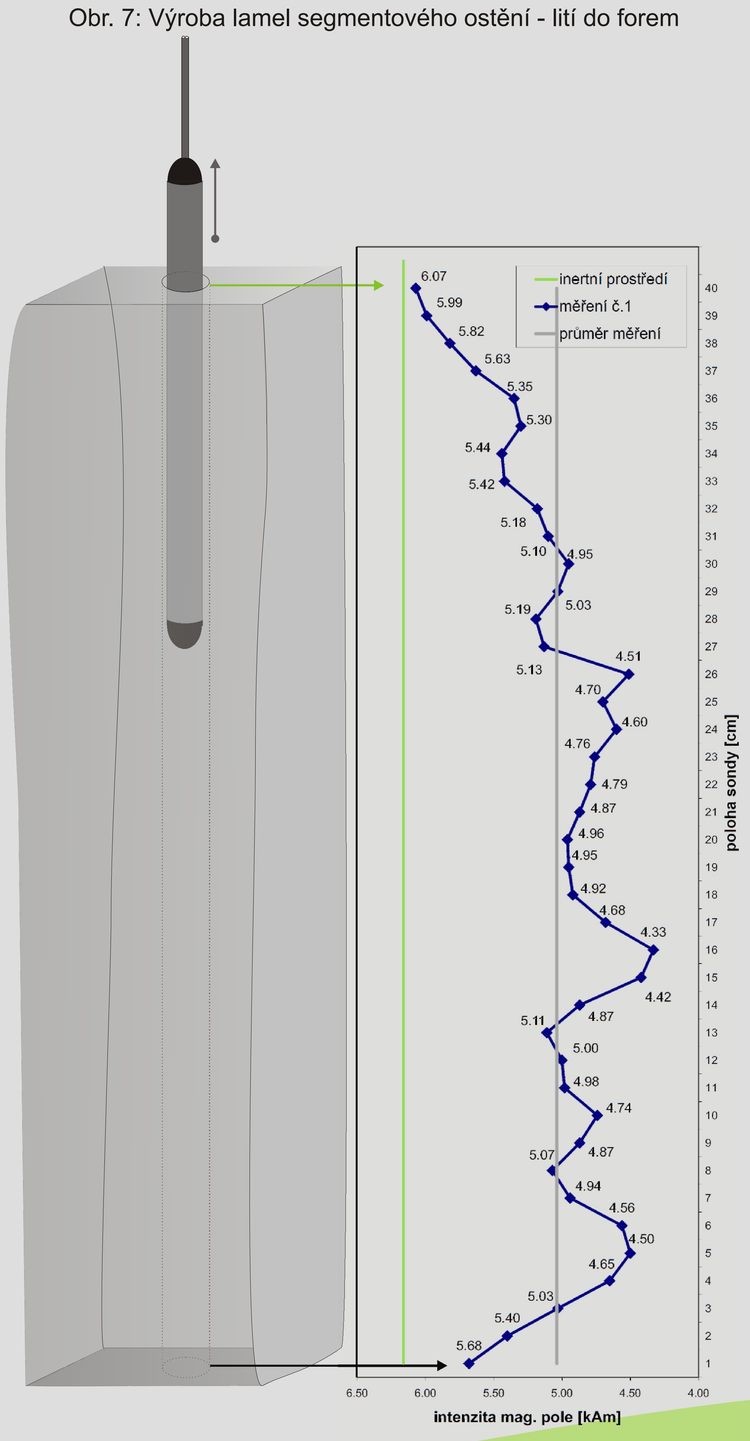


Obr. 6: Rozložení odběrných míst na dílci

Princip metody magnetické kontroly koncentrace drátků v drátkobetonu

Vývojem metod na kontrolu koncentrace drátků v drátkobetonových konstrukcích se se zabývají pracovníci Ústavu stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně již po řadu let. Výsledkem výzkumu je „magnetická sonda“ [4], která využívá měření změny magnetického pole v okolí permanentních magnetů [1], která je vyvolána přítomností drátků. Jistou nevýhodou této metody je to, že magnetická sonda se musí umisťovat při měření do předvrtaných otvorů v drátkobetonové konstrukci. Průměr vývrtu je 25 mm, což konstrukci vcelku nepoškozuje [2, 3]. Přesto se již nejedná o ryze nedestruktivní, ale semidestruktivní metodu. Vývrt do konstrukce však na druhé straně umožňuje sledovat změny v koncentraci drátků při posunu sondou podél vývrtu (obr. 8). Při vývoji sondy se optimalizoval počet permanentních magnetů a optimalizovala se vzdálenost povrchu permanentních magnetů od měřící Hallovy sondy. Pro takto optimalizovanou sestavu byla na základě kalibračního měření zhotovena kalibrační křivka [1], která umožňuje stanovit na základě údajů hodnoty magnetického pole stanovit koncentraci drátků v rozsahu 0 až 1% (obr. 5). Právě tato sonda byla využita při kontrole koncentrace drátků v lamelách ostění tunelu. Do lamely pak byly vyvrtány jádrové vývrty ø 25 mm a délce 400 mm (celkem 10 vývrtů). Rozmístění jednotlivých vývrtů na lamele je na obr. 6.

Obr. 7: Výroba lamel segmentového ostění - lití do forem



Obr. 8: Koncentrace reprezentovaná intenzitou magnetického pole podél vývrtu při jednotlivých měřeních

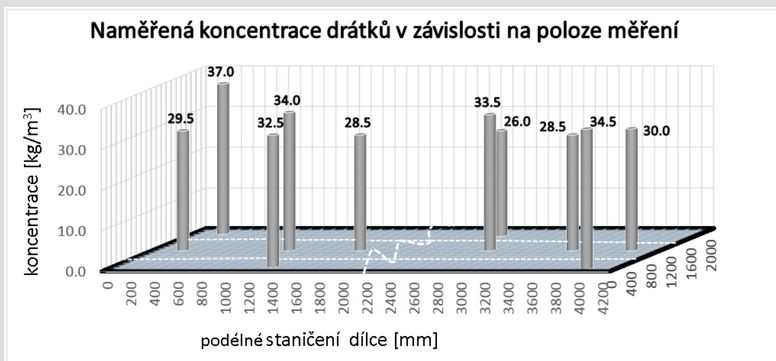
Obr. 9: Skladovaní lamel po odformování a sestavené jedno pole

Výsledky měření koncentrace drátků na vzorcích ostění

Pro zkoušku byla použita lamela ostění. Rozměr lamely byl 2 m x 4,2 m x 0,4 m. Pro osazení na lámací dráhu musela být lamela podélně rozříznuta na 3 přibližně stejné díly, které byly během zkoušky uprostřed rozlomeny. Vzniklo tak 6 dílů z jedné lamely (obr. 6). Přesné umístění odběrných míst je opět vyznačeno v obr. 6. Do lamely byly vyvrtány centricky otvory ø 25 mm a jednotlivé vývrty byly proměřeny tak, že magnetická sonda byla posunována po „kroku“ 10 mm po celé tloušťce lamely (obr. 2). Jednotlivá měření po délce vývrtu byla zprůměrována a výsledky byly vyneseny do Tab. 1 a do grafu obr. 10.

Tab. 1: Naměřené hodnoty koncentrací v jednotlivých vývrtech.

Vzorek		č.1	č. 2	č. 3	č. 4	č. 5	č. 6	č. 7	č. 8	č. 9	č. 10
Intenzita magnetického pole	[kAm]	4.94	5.05	4.88	5.36	4.78	5.26	4.90	5.13	5.04	5.07
Koncentrace	[%]	0.45	0.41	0.47	0.29	0.51	0.33	0.46	0.38	0.41	0.40
Objemové množství drátků	[kg/m³]	**32.5**	**29.5**	**34.0**	**28.5**	**37.0**	**26.0**	**33.5**	**28.5**	**30.0**	**34.5**



Obr. 10: Graf naměřené koncentrace v závislosti na poloze měření na dílci.

Literatura

[1] HOBST, L.; BÍLEK, P. Various control methods developed for fibre-concrete structures. In Recent advances in integrity-reliability-failure. IRF. Funchal, Madeira, Portugal, INEGI. 2013. p. 721 - 730. ISBN 978-972-8826-27-7.

[2] ŠEPS, K.; VODIČKA, J. Únosnost vyztužených vláknobetonových prvků s vývrty malých průměrů. In 19. BETONÁŘSKÉ DNY 2012. Sborník ke konferenci. Hradec Králové, ČBS Servis, s. r. o. 2012. p. 475 - 478. ISBN 978-80-87158-32-6.

[3] VODIČKA, J.; HOBST, L.; Šeps, K.; České vysoké učení technické, Praha, CZ: Způsob zkoušení homogenity drátkobetonu na hotových drátkobetonových konstrukcích. **304 173, patent. 2013**.

[4] HOBST, L.; BÍLEK, P.; ANTON, O.; Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ: Hloubková magnetická sonda na stanovení homogenity drátkobetonu. **CZ 25427 U1, užitný vzor. 2013**.

Závěr

Výsledky měření ukazují na částečné nerovnoměrné rozložení drátků v objemu. Je třeba vždy uvážit, že na homogenitu drátkobetonu v konstrukci má vliv způsob technologie výroby konstrukce (tvar prvku, místo plnění formy, způsob a intenzita hutnění čerstvého betonu v bednění prvku).

Využití magnetických vlastností drátků, pro určování jejich koncentrace v drátkobetonové konstrukci, se jeví jako perspektivní metoda. Tato metoda se postupně dostává ze stádia laboratorního měření do praktických aplikací na stavbě. Další vývoj bude zaměřen na stanovení vlivu jednotlivých typů drátků na výsledek měření a dále na vývoj speciálních pomůcek, které by umožnily na konstrukci provádět průběžná měření magnetickou sondou.

Autoři:

Prof. Ing. Leonard Hobst, Csc.
Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební
Vysoké učení technické v Brně, Veveří 95, Brno
hobst.l@fce.vutbr.cz

Ing. et Ing. Petr Bílek
Ústav soudního inženýrství, Fakulta stavební
Vysoké učení technické v Brně, Veveří 95, Brno
petr.bilek@usi.vutbr.cz

Doc. Ing. Jan Vodička, Csc.
Katedra betonových a zděných konstrukcí
Fakulta stavební, ČVUT v Praze
jan.vodicka@fsv.cvut.cz

Prof. Ing. Jiří Vala, CSc.
Ústav matematiky a deskreptivní geometrie
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební
vala.j@fce.vutbr.cz

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu specifického výzkumu **FAST-S-14-2490**, projektu **CZ.1.05/2.1.00/03.0097**, v rámci regionálního centra AdMaS „Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie“.