

DRÁTKOBETON PRO SEGMENTOVÁ OSTĚNÍ TUNELŮ

			
Václav Ráček¹ Hlavní autor	Jan Vodička¹	Jiří Krátký¹	Matouš Hilar²

¹ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, www.fsv.cvut.cz, Tel: +420 224 354 661, Fax: +420 233 335 797, Email:vaclav.racek@fsv.cvut.cz

²ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra geotechniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, www.fsv.cvut.cz, Tel: +420 224 354 909, Fax: +420 233 334 557, Email:matous.hilar@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Článek zahrnuje několik výsledků zkoušek z aplikace drátkobetonu pro segmentová ostění tunelů liniových staveb. Konkrétně přináší výsledky z experimentálních zkoušek konstrukčního drátkobetonu s 50 kg/m^3 drátků Dramix a z testování závěrečného segmentu ostění – klenáku zkouškou simulující zatížení prvku při montáži ostění přístrojem TBM při takzvané plnoprofilové ražbě.

Testovaný klenák z klasického železobetonu, který byl ke zkouškám též užit, by měl při posuzování výsledků s výsledky drátkobetonového klenáku poukázat na vhodnost a přednost aplikace drátkobetonu, a to nejen u zkoušených klenáků, ale obecně i pro konstrukční prvky, které jako vhodné k aplikaci drátkobetonu v budoucnosti budou vytipovány.

Klíčová slova: segment, drátkobeton, železobeton, klenák, pevnostní charakteristiky

1 Úvod

Záměna konstrukčního železobetonu za konstrukční prostý drátkobeton při realizaci vhodně vytipované betonové konstrukce nesporně vede k řadě výhod. Všechny výhody jsou dány vlastnostmi drátkobetonu, a to jak pevnostními, tak, a to především, vlastnostmi přetvárnými.

Za vhodně vytipovanou konstrukci pro aplikaci drátkobetonu lze považovat nosná, prefabrikovaná ostění tunelových staveb. Namáhání prefabrikovaných prvků (segmentů), zejména při montáži ostění, vede často u prvků vyztužených betonářskou výztuží

k mechanickému porušení styčných ploch. Užitím drátkobetonu lze porušení styčných ploch zabránit, což je jedna z velkých výhod při záměně konstrukčních materiálů.

Cílem příspěvku není provést výčet všech výhod, které užití drátkobetonu může přinést vytipované nosné konstrukci. Cílem je ukázat několik výsledků z experimentálních zkoušek segmentu ostění (klenáku) vyrobeného z prostého drátkobetonu a železobetonu. Výchozí hmotnostní dávky ocelových vláken (drátků) 70 kg/m^3 i vybrané typy drátků (Dramix, Tri-Treg) byly autory příspěvku voleny z důvodu dosažení houževnatosti prvku proti mechanickému poškození segmentů při transportu, montáži ostění, zejména ale s ohledem na danou tloušťku segmentů 250 mm.

Z provedeného experimentálního programu byl v konečné fázi odzkoušen pouze klenák vyrobený z prostého drátkobetonu s dávkou ocelových vláken 50 kg/m^3 typu Dramix. Důvodem k tomuto zúžení programu byla pouze finanční omezení ze strany investora.

S ohledem na rozsah příspěvku jsou uvedena data vztahující se ke zkoušenému klenáku a navíc data z experimentální zkoušky stejného prvku vyrobeného z konstrukčního betonu při vyztužení betonářskou výztuží. Příspěvek doplňují i foto zachycující výrobu klenáku z drátkobetonu a míry poškození odzkoušených klenáků, ze kterých lze provést výčet dalších výhod pro případ, že dojde k záměně konstrukčních materiálů.

2 Výsledky průkazních zkoušek drátkobetonu odzkoušeného klenáku

Pro zkoušený klenák byl navržen a odsouhlasen prostý drátkobeton s ocelovými vlákny Dramix při dávkování vláken $m_f = 50 \text{ kg/m}^3$. Nejprve byla uskutečněna průkazní zkouška krychelné pevnosti podle ČSN EN 12390-3 (viz. Tab. 1).

Tab.1 Krychelná pevnost drátkobetonu – krychle o hraně 150 mm

Ozn. vzorku	Rozměry			Hmotnost	Objem. hmotnost	Tlaková síla	$f_{c,i}$
	b [mm]	h [mm]	l [mm]				
UHPC: Termín zkoušky: 30.3.2011				[g]	[kg/m^3]	[kN]	[MPa]
4	149,0	147,6	150,4	7968	2409	1520	69,1
5	148,5	150,8	150,5	8209	2436	1437	64,2
6	151,0	150,5	151,2	8285	2411	1634	71,9
10	150,5	155,9	150,6	8214	2325	1565	66,7
11	147,7	154,0	150,3	8156	2386	1474	64,8
12	150,2	155,3	150,7	8359	2378	1561	66,9
Průměrná hodnota:					2391	1532	67,3

Z hodnot uvedených v tabulce 1 byla stanovena charakteristická pevnost

$$f_{f_c, kc, cub} = 63,05 \text{ MPa.}$$

Pro stanovení pevnostní třídy tohoto drátkobetonu v tlaku lze použít tabulku 2.7.1b z TP-FC 1-1, tj. nejbližší nižší hodnotu charakteristické krychelné pevnosti

$$f_{f_c, kc, cub} = 60 \text{ MPa} < 63,05 \text{ MPa}$$

a drátkobeton lze označit jako:

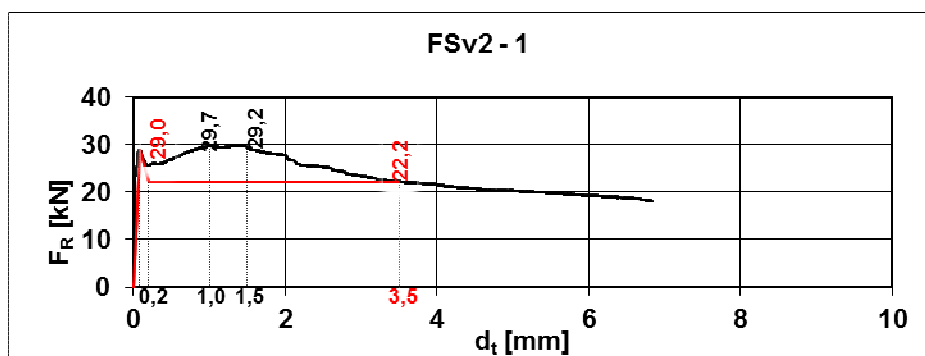
FC $f_{fc, kc, cyl} / f_{fc, kc, cub} = FC 55/60$

při uvážení poměru 0,9 mezi válcovou a krychelnou pevností.

Tahové pevnosti drátkobetonu $f_{ft, kc, cr}$ a $f_{ft, tk, res, 1}$ byly odvozeny z diagramu odolnosti získaných při zkouškách ohybem na trámcích 150/150/700 mm se čtyřbodovým uspořádáním zatížení při rozpětí 600 mm.

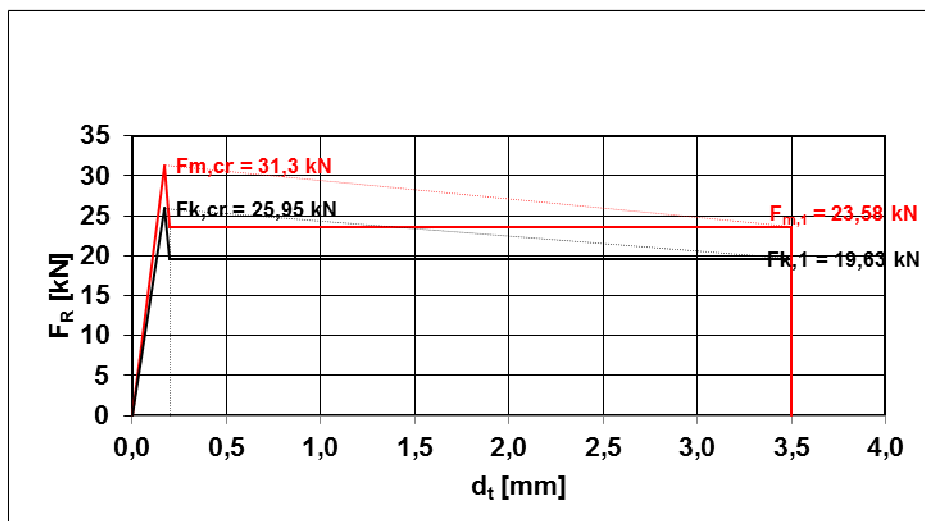
Grafické vyjádření diagramů odolnosti ($F_R - \delta_{ti}$) je ilustrováno na obr. 1. Pro zjednodušené odvození charakteristických pevností drátkobetonu je na obr. 1 též vyznačen (červeně) idealizovaný diagram odolnosti při dvou mezních průhybech:

- a) na mezi vzniku makrotrhliny $\delta_{t, cr}$,
- b) při dohodnutém mezním průhybu $\delta_{t, 3,5} = 3,5$ mm

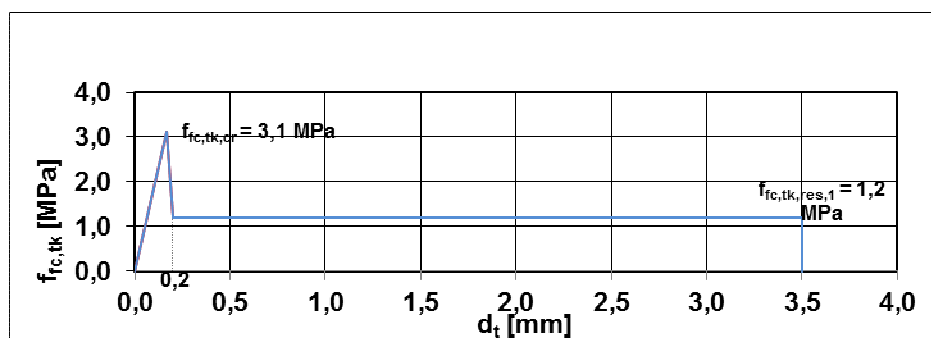


Obr. 1 Diagram odolnosti trámku

Z pevností zkoušených trámků byly odvozeny zjednodušené diagramy odolnosti (obr. 2) a zjednodušený pracovní diagram (obr. 3).



Obr. 2 Zjednodušené idealizované diagramy odolnosti: průměrný, charakteristický



Obr. 3 Příklad zjednodušeného diagramu ($f_{fc,tk} - \delta_{t,i}$) tj. (charakt. pevnost v tahu dostředném – průhyb) při zjednodušeném vyhodnocení diagramu odolnosti

Pevnostní třída konstrukčního drátkobetonu včetně pevnosti v tahu je
FC 55/60 – 3,1/1,2.

3 Fotodokumentace z výroby a zkoušek



Obr. 4 Betonáž drátkobetonového klenáku; odbedněný klenák, Prefa Senec SK



Obr. 5 Uspořádání zkoušky klenáku – KÚ, ČVUT v Praze



Obr. 6 Železobetonový klenák po zkoušce včetně způsobu jeho porušení



Obr. 7 Drátkobetonový klenák po zkoušce včetně způsobu jeho porušení

4 Závěr

Výsledky zatěžovacích zkoušek klenáků ze železobetonu a drátkobetonu s dávkováním drátků Dramix 50 kg/m³ prokazují větší spolehlivost drátkobetonových klenáků oproti železobetonovým jak je vidět z výsledků zkoušek.

Tab. 2: Výsledné porovnání naměřených sil u dvou rozdílně vyztužených klenáků při zkoušce tlakem

Beton	Železobeton	Drátkobeton
Vznik první trhliny při síle F_{cr} [kN]	3300	4200
Max. dosažená síla F_u [kN]	5868	cca 7200

Důležité jsou zejména odolnosti klenáků, jak při vzniku prvních makrotrhlin, tak i při destrukci klenáků na mezi jejich únosnosti.

U drátkobetonového klenáku vznikají první makrotrhliny při tlakové síle F_{cr} o 27% větší, než u železobetonového klenáku a mezní únosnost drátkobetonového klenáku je dosažena při tlakové síle F_u o 23% větší, než u klenáku železobetonového. Z uvedených hodnot lze stanovit i spolehlivost klenáků např. při zasouvání klenáku do ostění tunelu, kdy velikost zasouvací síly je pouze $F_e = 2433$ kN.

Cílem uvedeného příspěvku bylo ukázat ve výsledcích přednosti aplikace drátkobetonu na tyto a jemu podobné prvky v drátkobetonových konstrukcích. Důkazem k tomuto mohou být i aplikace drátkobetonových ostění tunelů uváděných v zahraniční literatuře.

5 Poděkování

Uvedený příspěvek byl zpracován za finanční podpory GAČR 104/10/2023.

Literatura

- [1] *TP FC 1-1 Technické podmínky 1: Vláknobeton – Část 1 Zkoušení vláknobetonu, vyhodnocení destruktivních zkoušek a stanovení charakteristického pracovního diagramu vláknobetonu pro navrhování vláknobetonových konstrukcí*; ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Praha 2007;
- [2] Vokáč M., Bouška P.: *Experimentální zkoušky segmentů prefabrikovaného ostění metra V.A - Segment K z drátkobetonu*; ČVUT, Kloknerův ústav; Praha; 21.srpen 2011;
- [3] Vokáč M., Bouška P.: *Experimentální zkoušky segmentů prefabrikovaného ostění metra V.A*; ČVUT, Kloknerův ústav; Praha; 21.červen 2011

Ing. Václav Ráček

✉ FSv ČVUT v Praze
Thákurova 7, 16629, Praha 6
☎ +420 224 354 661
📠 +420 233 335 797
😊 vaclav.racek@fsv.cvut.cz
URL <http://departments.fsv.cvut.cz/k133>

Doc. Ing. Jiří Krátký, CSc.

✉ FSv ČVUT v Praze
Thákurova 7, 16629, Praha 6
☎ +420 224 354 627
📠 +420 233 335 797
😊 jiri.kratky@fsv.cvut.cz
URL <http://departments.fsv.cvut.cz/k133>

Doc. Ing. Jan Vodička, CSc.

✉ FSv ČVUT v Praze
Thákurova 7, 16629, Praha 6
☎ +420 224 354 622
📠 +420 233 335 797
😊 jan.vodicka@fsv.cvut.cz
URL <http://departments.fsv.cvut.cz/k133>

Doc. Ing. Matouš Hilar, PhD.

✉ FSv ČVUT v Praze
Thákurova 7, 16629, Praha 6
☎ +420 224 354 547
📠 +420 233 334 206
😊 matous.hilar@fsv.cvut.cz
URL <http://departments.fsv.cvut.cz/k135>