



## SLOUPEK PROTIHLUKOVÝCH STĚN Z UHPC

Zpracoval: Ing. Vladimír Břejcha, FEng., Ing. Antonín Brnušák, FEng. Ing. Magdaléna Hašková, Ing. Petr Silbernágl (SMP CZ,a.s.)

### Souhrn

Běžné protihlukové stěny jsou tvořeny deskami vloženými mezi sloupky tvaru H. Nejčastěji se používají sloupky z železobetonu nebo z ocelových válcovaných profilů. Předmětem studie bylo navržení průřezu sloupku z HPC (beton s pevností v tlaku 130MPa s příměsí vláken) s nekovovou výztuží tak, aby se optimalizovala únosnost a spotřeba materiálu. Dále byly sloupky z HPC s nekovovou výztuží porovnány s železobetonovými a ocelovými z hlediska ceny.

Výhody HPC sloupků s nekovovou výztuží:

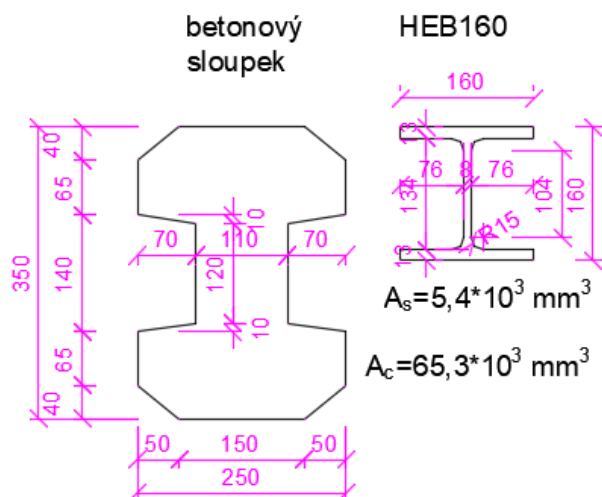
- vyšší pevnost betonu v tahu i tlaku oproti běžným betonům;
- nižší požadavky na krytí nekovové výztuže, díky kterým je možné dosáhnout štíhlejších průřezů;
- nižší spotřeba materiálu oproti železobetonu;
- nižší hmotnost sloupků;
- bezúdržbovost – oproti ocelovým sloupkům odpadá nutnost obnovování ochranných nátěrů.

### Oblast použití

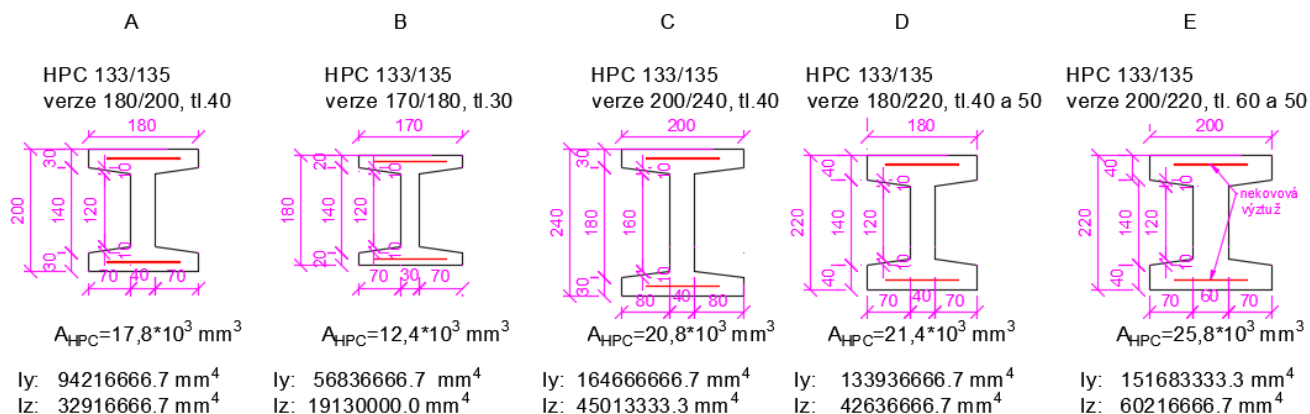
Posuzovány byly sloupky pro protihlukové stěny u pozemních komunikací výšky 2,5m – 5,0m, s osovou roztečí sloupků 4,0m v oblastech se zatížením větrem podle ČSN EN 1991-1-4 I, II a III, které jsou nejběžnější na našem území.

Pro výpočet zatížení větrem byl uvažován terén II (nízká vegetace, izolované překážky, louky, pole) a III (rovnoměrné pokrytí vegetací nebo nízkými budovami, vesnice, předměstské oblasti, lesy).

Dále bylo uvažováno dynamické zatížení při odklizení sněhu, které v některých případech vyšlo jako rozhodující a je rovněž typické pro protihlukové stěny na našem území.



Obr.1 Běžně používané sloupky



Obr. 1 Posuzované typy průřezů sloupků z HPC

## Metodika a postup řešení

V první fázi byly stanoveny průřezové charakteristiky několika návrhových průřezů. Snahou bylo zachovat co nejvíce podobu boční kapsy pro zasunutí panelů PHS tak, aby se u HPC sloupků nemuselo používat jiné těsnění než u běžných sloupků.

Typy průřezů se dále odlišují výztuží a jsou označeny podle klíče (X= A-E):

X 1 – čedičová tkanina u obou povrchů pásnic

X 2.1 – 2x3 $\phi$ 8 uhlíkové výztuže

X 2.2 – 2x3 $\phi$ 10 uhlíkové výztuže

X 2.3 – 2x4 $\phi$ 10 uhlíkové výztuže

Uvažované varianty průřezů a vyztužení a jejich únosnosti jsou uvedeny v tab.1. V tab.2 jsou potom uvedeny cenové odhady pro jednotlivé typy sloupků. Čedičová tkanina a průřez B byly z porovnání vyřazeny pro svou příliš nízkou únosnost.

Na základě porovnání parametrů únosnosti jednotlivých průřezů a jejich výrobních cen byly pro další posouzení zvoleny průřezy sloupků D2.1 a D2.2. Tyto průřezy mají také dostatečnou smykovou únosnost pro běžné návrhové situace. Smyková únosnost byla v mnoha případech rozhodující.

Dále bylo sestaveno šest variant zatížení větrem a sněhem podle kategorie terénu a větrové oblasti.

Základní parametry zadávané do programu PHScalc:

- větrová oblast: I nebo II nebo III
- vertikální dělení stěny pro výpočet na základě výšky:  $n=1$
- dynamický tlak způsobený vozidly: 0,8 kPa (vozidla vzdálená 3m s max. rychlostí 120km/h)
- rychlost úklidových vozidel při odklizení sněhu: 60km/h
- součinitele zatížení pro vítr:  $\gamma_{Q,w}=1,5$
- součinitele zatížení pro odklizení sněhu (mimořádná návrhová situace):  $\gamma_{Q,s}=1,0$

- terén: II nebo III
- poloha: na rovině, mimo most
- osová vzdálenost sloupků: 4,0m
- vzdálenost PHS od kraje vozovky: 1m

V programu PHScalc pro výpočet zatížení protihlukových stěn byly poté vypočteny účinky zatížení na stěny různých výšek. Účinky se také liší po délce každé stěny, v okrajových částech dochází vlivem turbulencí větru k většímu zatížení než ve středových částech dlouhé stěny.

## Výsledky

Výsledky byly vyneseny do grafů, které znázorňují vhodnost použití obou typů posuzovaných sloupků D2.1 a D2.2 v závislosti na poloze sloupku po délce stěny a na jejich výšce pro různé oblasti zatížení.

Z výsledků posouzení vyplývá, že navržené sloupky D2.1 a D2.2 z HPC vyztužené uhlíkovou výztuží vyhoví v širokém spektru zatěžovacích kategorií. V okrajových částech stěn PHS, kde tyto sloupky nevyhoví, je nutné změnit osovou vzdálenost sloupků, stěny snížit nebo nahradit sloupky ocelovými. Výroba sloupků z HPC s uhlíkovou výztuží by tedy v tomto ohledu měla smysl.

V porovnání cen ale nevyšly sloupky z HPC jako příliš konkurenceschopné. Na základě cen výrobce betonové HPC směsi železobetonové sloupky vycházejí asi o polovinu levněji. Ocelové sloupky jsou cenově srovnatelné, mají však vyšší únosnost a tím i lepší variabilitu použití pro různé návrhové situace. Přitom ceny sloupků z HPC jsou v cenové tabulce uvedeny jako ceny za materiál a ne jako ceny výrobní. Ty by byly o cca 30% vyšší.

## Závěr

Podle výše uvedených porovnání použití sloupků z HPC k protihlukovým stěnám není vhodné, pokud nedojde ke snížení ceny materiálu.

Tab. 1 Uvažované varianty průřezů sloupků a jejich vlastnosti

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
název	popis	MRd	SigB1	SigS1	VRd	fck	fyk	(9-11 jen pro předpjaté)		
železobeton	2x3D12	51,7	-326,9	11226	63,03	45	500			
železobeton	2x3D20	112,9	-186,9	4186	64,6	45	500			
HEA160		51,7	0	0	179	0	0			
HEB 160		83	0	0	238	0	0			
A 2.2	3D10 uhlík	53	65	1540	25	130	2210			
B										
C 1	čedič	10,6	65	619	30	130	885			
C 2.1	3D8 uhlík	42	65	1540	30	130	2210			
C 2.2	3D10 uhlík	65	65	1540	30	130	2210			
C 2.3	4D10 uhlík	88	65	1540	30	130	2210			
D 2.1	3D8 uhlík	39	65	1540	35	130	2210			
D 2.2	3D10 uhlík	60,8	65	1540	35	130	2210			
E 2.1	3D8 uhlík	39,4	65	1540	48	130	2210			
E 2.2	3D10 uhlík	60,9	65	1540	48	130	2210			
E 2.3	4D10 uhlík	79,5	65	1540	48	130	2210			

Tab.2. Výpočet cen 1m sloupku v závislosti na materiálu

		žb s výrobou	beton	HPC	čedič	uhlík 8	uhlík 10	B500B	ocel+PKO	nerez 12	
		[m3]	[m3]	[m3]		[m]	[m]	[kg]	[kg]	[m]	
ceny		18 000 Kč	3 100 Kč	16 500 Kč		365 Kč	415 Kč	23 Kč	64 Kč	279 Kč	
výztuž	žb s výrobou	0,06523									
betonový výroba											1 174,09 Kč
betonový materiál	B500B		0,06523					10,2			435,86 Kč
betonový masivní	b 6D20		0,06523					14,8			542,53 Kč
HEA160 výroba									30,4		1 947,80 Kč
HEB160 výroba									42,6		2 725,52 Kč
A2.2 materiál	u 3D10			0,0178				6			2 783,70 Kč
C2.1 materiál	u 3D8			0,0208		6					2 533,20 Kč
C2.2 materiál	u 3D10			0,0208				6			2 833,20 Kč
C2.3 materiál	u 4D10			0,0208				8			3 663,20 Kč
D2.1 materiál	u 3D8			0,0214		6					2 543,10 Kč
D2.2 materiál	u 3D10			0,0214				6			2 843,10 Kč
E2.2 materiál	u 3D10			0,0258				6			2 915,70 Kč
E2.3 materiál	u 4D10			0,0258				8			3 745,70 Kč
HPC+nerez materiál	ner 6D12			0,0214						6	2 025,61 Kč

Tab.3 Zatížení sloupků PHS podle parametrů zadaných do programu PHS calc.

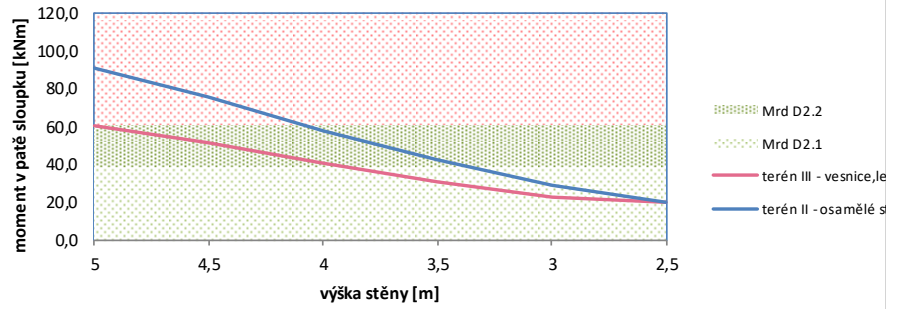
větrná oblast	terén	svah (souč. orografie 1)	vzdálenost sloupků [m]	výška sloupků [m]	Med,max [kNm]	Ved,max [kN]	MEd, střed stěny [kNm]	VEd, střed stěny [kN]	D2.1 M [kNm]	D2.1 V [kN]	D2.2 M [kNm]	D2.2 V [kN]
I	III	rovina	4,0	5	60,183	24,073	60	24	39	35	60	35
				4,5	51,703	22,979	48,6	21,6	39	35	60	35
				4	40,851	20,426	38,4	19,2	39	35	60	35
				3,5	31,277	17,872	29,4	16,8	39	35	60	35
				3	22,979	15,319	21,6	14,4	39	35	60	35
				2,5	19,688	13,125	19,688	13,125	39	35	60	35
I	II	rovina	4,0	5	90,652	36,261	72,338	28,935	39	35	60	35
				4,5	75,405	33,514	48,6	21,6	39	35	60	35
				4	57,426	28,713	38,4	19,2	39	35	60	35
				3,5	42,127	24,072	29,4	16,8	39	35	60	35
				3	29,419	19,612	21,6	14,4	39	35	60	35
				2,5	19,688	14,628	19,688	13,125	39	35	60	35
II	III	rovina	4,0	5	74,3	29,72	60	24	39	35	60	35
				4,5	63,83	28,369	48,6	21,6	39	35	60	35
				4	50,434	25,217	38,4	19,2	39	35	60	35
				3,5	38,613	22,065	29,4	16,8	39	35	60	35
				3	28,369	18,913	21,6	14,4	39	35	60	35
				2,5	19,688	15,01	19,688	13,125	39	35	60	35
II	II	rovina	4,0	5	111,916	44,766	89,306	35,723	39	35	60	35
				4,5	93,093	41,375	53,196	23,643	39	35	60	35
				4	70,896	35,448	40,512	20,256	39	35	60	35
				3,5	52,008	29,719	29,719	16,982	39	35	60	35
				3	36,319	24,213	21,6	14,4	39	35	60	35
				2,5	22,574	18,059	19,688	13,125	39	35	60	35
III	III	rovina	4,0	4,5	77,235	34,327	48,6	21,6	39	35	60	35
				4	61,025	30,512	38,4	19,2	39	35	60	35
				3,5	46,722	26,698	29,4	16,8	39	35	60	35
				3	34,327	22,884	21,6	14,4	39	35	60	35
				2,5	22,703	18,162	19,688	13,125	39	35	60	35
III	II	rovina	4,0	4,5	112,643	50,063	64,367	28,608	39	35	60	35
				4	85,784	42,892	49,02	24,51	39	35	60	35
				3,5	62,93	35,96	35,96	20,549	39	35	60	35
				3	43,946	29,297	25,112	16,741	39	35	60	35
				2,5	27,314	21,851	19,688	13,125	39	35	60	35

momenty v okrajové části		
větrná oblast		1
h [m]	terén	
	III	II
5	60,183	90,652
4,5	51,703	75,405
4	40,851	57,426
3,5	31,277	42,127
3	22,979	29,419
2,5	19,688	19,688

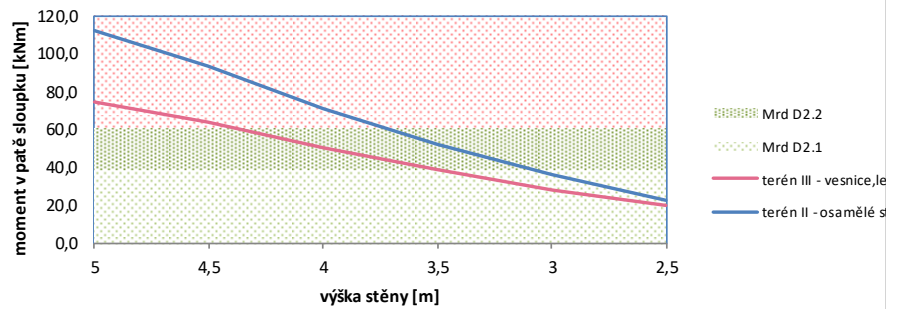
momenty v okrajové části		
větrná oblast		2
h [m]	terén	
	III	II
5	74,300	111,916
4,5	63,830	93,093
4	50,434	70,896
3,5	38,613	52,008
3	28,369	36,319
2,5	19,688	22,574

momenty v okrajové části		
větrná oblast		3
h [m]	terén	
	III	II
4,5	77,235	112,643
4	61,025	85,784
3,5	46,722	62,930
3	34,327	43,946
2,5	22,703	27,314

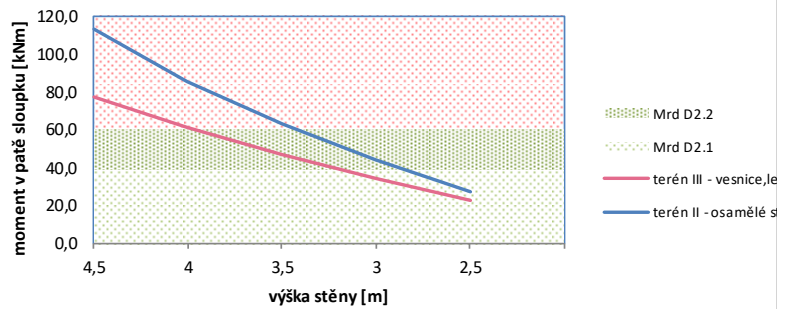
Větrná oblast 1 - okrajové části stěny



Větrná oblast 2 - okrajové části stěny



Větrná oblast 3 - okrajové části stěny

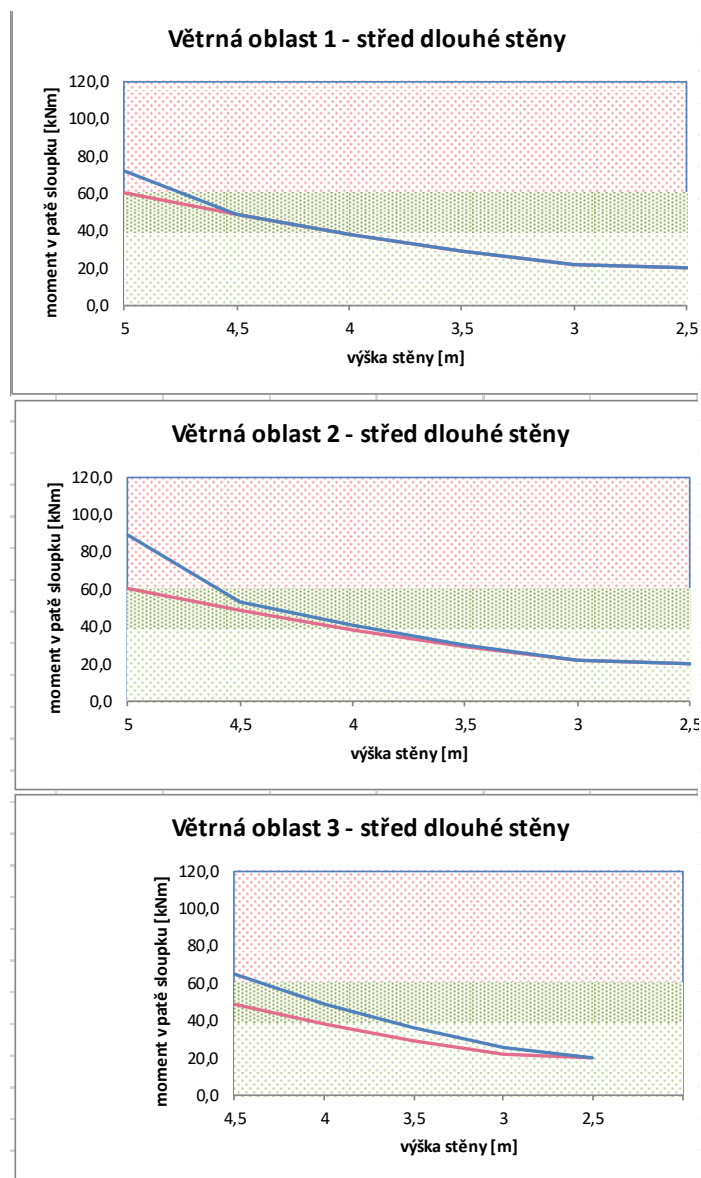


momenty uprostřed dlouhé stěny		
větrná oblast		1
h [m]	terén	
	III	II
5	60,000	72,338
4,5	48,600	48,600
4	38,400	38,400
3,5	29,400	29,400
3	21,600	21,600
2,5	19,688	19,688

momenty uprostřed dlouhé stěny		
větrná oblast		2
h [m]	terén	
	III	II
5	60,000	89,306
4,5	48,600	53,196
4	38,400	40,512
3,5	29,400	29,719
3	21,600	21,600
2,5	19,688	19,688

momenty uprostřed dlouhé stěny		
větrná oblast		3
h [m]	terén	
	III	II
4,5	48,600	64,367
4	38,400	49,020
3,5	29,400	35,960
3	21,600	25,112
2,5	19,688	19,688

Tabulka 2



Obrázek 2