

Stanovení únosnosti styčné spáry soklu obvodové stěny podle Eurokódu 6

Koncem března skončila platnost starých českých norem. Od 1. dubna 2010 tedy začíná období, kdy projektanti a firmy začínají navrhovat již jen podle soustavy evropských norem, tzv. eurokódů. Toto se přirozeně týká i navrhování zděných konstrukcí.

Po téměř třiceti letech platnosti odkládají statičtí do archivu i ČSN 73 1101, *Navrhování zděných konstrukcí* a po několika letech přechodného období, kdy eurokódy platily současně se starými normami, přecházejí již definitivně při navrhování zděných konstrukcí na soubor norem Eurokódu 6, ve kterém je nejdůležitějším a nejčastěji používaným předpisem ČSN EN 1996-1-1, *Navrhování zděných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby – Pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce*.

V následujících odstavcích se budeme podle výše citované evropské normy věnovat statické-

mu řešení zajímavého detailu obvodové stěny, a to stanovení návrhové únosnosti N_{Rd} styčné spáry mezi horní částí obvodové stěny 1. NP a ustupující uží částí. Zúžení dolní části stěny na ustupující sokl je nutné pro vytvoření prostoru pro vložení tepelné izolace nebo obkladu. Vnitřní líc dolní části stěny 1. NP (soklu) lícuje s vnitřním lícem obvodové stěny 1. NP.

Návrhová únosnost N_{Rd} styčné spáry mezi jednovrstvou horní částí obvodové stěny prvního nadzemního podlaží a jednovrstvou dolní částí stěny (soklem) byla nejdříve obecně odvozena a posléze vypočítána pro různé kombinace tloušťek a druhů zdiva horní a dolní části stěny (soklu) ze sortimentu firmy HELUZ s pomocí souboru Excel. Na závěr článku jsou uvedeny ukázky výpočtů a souhrnné tabulky s výsledky.

Odvození algoritmu výpočtu

Zmenšení tloušťky stěny v místě soklu (obr. 2) vyvolává v patě stěny u kontaktní spáry v důsledku mimostředního působení svislého zatížení lokální zvýšení tlakového napětí a vznik momentu, které mohou výrazně omezit výslednou únosnost stěny. Pro odvození algoritmu výpočtu návrhové hodnoty normálové síly N_{Rd} na mezi únosnosti stěny v kontaktní spáře se předpokládá, že hlava obvodové stěny je zajištěna tuhou stropní deskou stropu pro-

ti posunutí, avšak vetknutí stěny v místě styku se stropem se neuvažuje, předpokládá se prosté uložení. Vzhledem k malé výšce užího soklu (obvykle pouze jedna řada zdiva) se v místě kontaktu horní a dolní části obvodové stěny (soklu) předpokládá, že nemůže dojít k vybočení stěny, a stěna se proto v místě paty považuje za zajištěnou proti posunutí. V místě uložení horní části obvodové stěny na dolní uží část, v kontaktní spáře se soklem, se předpokládá rovněž prosté uložení stěny.

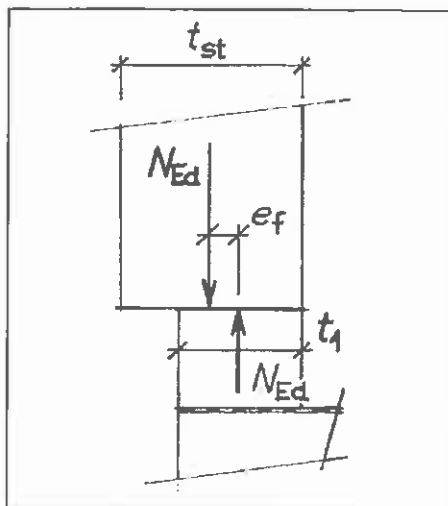
Výše uvedené zjednodušené předpoklady pro výpočet návrhové hodnoty normálové síly N_{Rd} zajišťují dostatečně konzervativní výstupní hodnoty výpočtu. Při řešení konkrétních projektů je přirozeně možné stanovit statický model pro výpočet obvodové stěny spočívající na užího soklu přesněji, s uvážením skutečné tuhosti styků v hlavě a patě obvodové stěny, a při využití vhodného softwaru tak obdržet relativně „přesnější“ hodnoty.

Vstupní údaje výpočtu

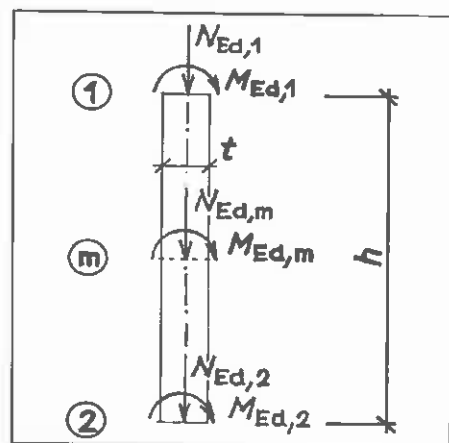
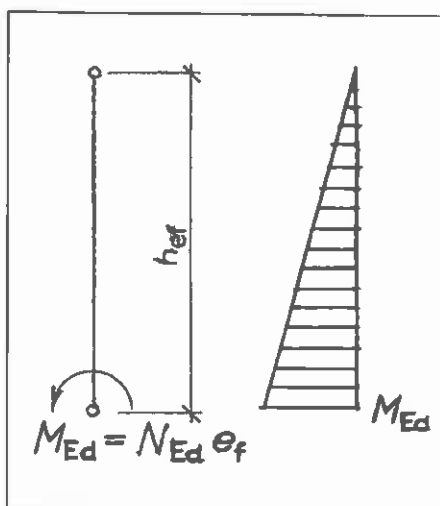
- b ... šířka posuzovaného průřezu stěny [m],
- h ... světlá výška stěny prvního nadzemního podlaží [m],
- t_{st} ... tloušťka stěny prvního nadzemního podlaží [m],
- t_1 ... tloušťka soklu [m],
- t ... označení rozměru stěny ve směru předpokládané výstřednosti v excelovém souboru *Stěna – pilíř*,
- γ_M ... dílčí součinitel spolehlivosti zdiva,
- K_E ... doporučená hodnota součinitele podle ČSN EN 1996-1-1, NA 2.74,
- ρ_2 ... zmenšující součinitel pro výpočet účinné výšky stěny,
- $f_{u, st}$... průměrná pevnost zdicího prvku obvodové stěny – pevnostní značka [MPa],
- f_m ... průměrná pevnost zdicího prvku soklu – pevnostní značka [MPa],
- $f_{u, st}$... průměrná pevnost malty obvodové stěny – pevnostní značka [MPa],



1: Příklad realizace soklu



Obr. 2: Statické schéma stěny a průběhy rozhodujících vnitřních sil ve stěně



Obr. 3: Označení posuzovaných průřezů a vstupních zatěžovacích veličin stěny (pilíře) v excelovém souboru *Stěna – pilíř*

Tabulka 1: Výpočet návrhové únosnosti N_{Rd} [kN/m] svisle zatížené zděné stěny v její patě při uložení stěny tloušťky 440 mm na užší dolní vrstvu cihel s tloušťkou stěny 300 mm, provedený podle ČSN EN 1996-1-1

Šířka posuzovaného průřezu stěny b [m]	1,000	
Předpokládaná účinná výška stěny prvního nadzemního podlaží h_{ef} [m]	3,000	
Tloušťka stěny prvního nadzemního podlaží t_{st} [m]	0,440	
Tloušťka dolní užší vrstvy zdiva t_1 [m]	0,300	
Materiálové charakteristiky zdiva		
Dílčí součinitel spolehlivosti zdiva γ_m [-]	2,0	
Malta: pro tenkou spáru HELUZ SB, pevnost v tlaku f_m [MPa]	10,00	
Zdicí prvky a jejich průměrné pevnosti a charakteristické a návrhové pevnosti zdiva z těchto zdicích prvků s výše uvedenou maltou		
Pro stěnu: HELUZ 44 STI SB, P 8	$f_{u, st}$ [MPa]	8
	$f_{k, st} = Kf_{b, st}^{0,7} = 0,50 Kf_{b, st}^{0,7}$ [MPa]	2,37
	$f_{d, st} = f_{k, st}/\gamma_m$ [MPa]	1,19
Pro dolní vrstvu: HELUZ 30 SB, P 10	$f_{u, 1}$ [MPa]	10
	$f_{k, 1} = Kf_{b, 1}^{0,7} = 0,50 Kf_{b, 1}^{0,7}$ [MPa]	2,77
	$f_{d, 1} = f_{k, 1}/\gamma_m$ [MPa]	1,39
Výstřednost os stěny a dolní vrstvy v kontaktní spáře e_f [m]	0,070	
Rozhodující návrhová pevnost zdiva v kontaktní spáře f_d [MPa]	1,19	
Zmenšující součinitel, vyjadřující vliv výstřednosti v patě stěny Φ_1 [-]	0,489	
Výsledná návrhová únosnost v patě stěny $N_{Rd} = \Phi_1 b t_1 f_d$ [kN/m]	174	

Pro sestavení výpočtu mezní únosnosti N_{Rd} obvodové stěny v místě kontaktní spáry byl využit soubor Excel s názvem *Stěna – pilíř* volně dostupný na webových stránkách autora článku na adrese <http://concrete.fsv.cvut.cz/~kosatka> (v oddílu *Výuka – pomůcky*), s jehož pomocí se prováděl výpočet dílčích hodnot (účinné výšky stěny h_{ef} , hodnoty charakteristické pevnosti f_k , návrhové pevnosti zdiva f_d , zmenšujícího součinitele Φ_1). Vzorce použité pro výpočet charakteristických pevností f_k bylo nutno vždy upravit podle druhu použitého zdiva. Jako vstupní hodnota šířky průřezu byla vždy dosazována jednotková šířka $b = 1$ m. Jako světlá výška byla zvolena pro všechny zvolené druhy sestav stěn a soklů jednotně $h = 3$ m a zmenšující součinitel pro výpočet účinné výšky $\rho_2 = 1$.

Návrhová únosnost N_{Rd} stěny v kontaktní spáře mezi stěnou a soklem (tvořeným jednou vrstvou zdiva) byla stanovena pro tyto kombinace tloušťek stěny a soklu (rozměry udávány v cm):

- * 40 + 30,
- * 44 + 30,
- * 49 + 30,
- * 49 + 36,5

při použití obvyčejné nebo lehké (tepelněizolační) malty. Při použití broušených zdicích prvků byly použity lepidlo HELUZ SB, celoplošné lepidlo HELUZ SB C nebo polyuretanová pěna HELUZ. Výše uvedené zadání výpočtů vedlo celkem

k 58 konstrukčním a materiálovým kombinacím styku stěny se soklem.

Výstupy výpočtu

- h_{ef} ... účinná výška stěny prvního nadzemního podlaží [m],
- $f_{k, st}$... hodnota charakteristické pevnosti zdiva obvodové stěny [MPa],
- $f_{k, 1}$... hodnota charakteristické pevnosti zdiva soklu, značka [MPa],
- $f_{d, st}$... hodnota návrhové pevnosti zdiva obvodové stěny [MPa],
- $f_{d, 1}$... hodnota návrhové pevnosti zdiva soklu, značka [MPa],
- f_d ... rozhodující hodnota návrhové pevnosti zdiva v kontaktní spáře [MPa],
- e_f ... výstřednost svislých osových rovin obvodové stěny a soklu [m],
- Φ_1 ... zmenšující součinitel pro výpočet mezní únosnosti v patě (hlavě) stěny,
- N_{Rd} ... návrhová hodnota normálové síly (mezní únosnosti průřezu) [kN].

Zvýrazněné hodnoty jsou uvedeny v závěrečných přehledných tabulkách.

Následující příklad podrobného výpisu výpočtu návrhové hodnoty normálové síly (mezní únosnosti průřezu) je uveden pro tuto materiálovou a rozměrovou kombinaci: stěna prvního nadzemního podlaží z broušených zdicích prvků HELUZ

Tabulka 2: Návrhová únosnost obvodové stěny tloušťky 440 mm z broušených cihel pro převážně svislé zatížení podle ČSN EN 1996-1-1, vypočten pomocí upraveného excelového souboru *Stěna pilíř, zelený podklad – vstupy, žlutý podklad – výstupy*

Světlá výška stěny (pilíře) h [m]	3,0
Šířka posuzovaného obdélníkového průřezu stěny (pilíře) b [m]	1,0
Tloušťka stěny (výška průřezu pilíře) bez omítky t [m]	0,44
Dílčí součinitel spolehlivosti zdiva γ_m [-]	2,0
Název zdicího prvku	HELUZ 44 SB
Průměrná pevnost zdicího prvku v tlaku (značka) f_u [MPa]	8
Součinitel K_f (doporučeno dle ČSN EN 1996-1-1, NA.2.74) [-]	0,50
Rozměry zdicího prvku (délka x šířka x výška) [mm]	440x247x
Podíl děrování [%]	0
Skupina zdicích prvků	1
Výsoký podélný styčné spáry	0
K [-]	0,50
Pro nejmenší šířku a výšku zdicího prvku obdržíme z [1], tab.3.2 δ [-]	1,0
Normalizovaná pevnost zdicího prvku v tlaku $f_b = \delta f_u$ [MPa]	5,0
Charakteristická pevnost zdiva v tlaku $f_k = Kf_b^{0,7}$ [MPa]	2,37
Návrhová pevnost zdiva v tlaku $f_d = f_k/\gamma_m$ [MPa]	1,19
Zmenšující součinitel ρ_n [-]	1,0
Účinná výška stěny (pilíře) $h_{ef} = \rho_2 h$ [m]	3,0
Účinná tloušťka stěny (pilíře) $t_{st} = t$ [m]	0,44
Štíhlostní poměr pilíře $h_{ef} = t_{st}$ [-]	6,75
Hodnocení: Vyhovuje, neboť je menší než mezní štíhlost 27	
Ověření nosné spolehlivosti průřezu 2 v patě stěny (pilíře):	
Výstřednost od návrhového zatížení $e_{f2} = M_{f2}/N_{Ed2}$ [m]	0,07
Mimofádná (náhodná) výstřednost $e_a = h_{ef}/450$ [m]	0,01
Výstřednost v patě $e_2 = e_{f2} + e_a$ [m]	0,08
Minimální výstřednost 0,05t [m]	0,02
Výsledná výstřednost (větší z obou předchozích hodnot) e_2 [m]	0,08
Zmenšující součinitel $\Phi_2 = 1 - 2(e_2/t)$ [-]	0,49
Návrhová únosnost v průřezu 2 $N_{Rd2} = \Phi_2 b t_1 f_d$ [kN]	174
Normálová síla od návrhového zatížení v průřezu 2 N_{Ed2} [kN]	174
Hodnocení: Průřez vyhovuje	

ulka 3: Návrhová únosnost obvodové stěny šířky 300 mm z broušených cihel pro převážně é zatižení podle ČSN EN 1996-1-1 vypočtená rocí upraveného excelového souboru Stěna – ; zelený podklad – vstupy, žlutý podklad – upy

á výška stěny (pilíře) h [m]	3,000
posuzovaného obdélníkového průřezu r (pilíře) b [m]	1,000
ška stěny (výška průřezu pilíře) bez ky t [m]	0,300
součinitel spolehlivosti zdíva γ_M [-]	2.0
v zdícího prvku	HELUZ 30 SB, P10
ěrná pevnost zdícího prvku v tlaku f_d [MPa]	10
initel K_E (doporučeno dle EN 1996-1-1, NA.2.74) [-]	1000
ěry zdícího prvku a x šířka x výška) [mm]	300x247x249
děrování [%]	57
ina zdících prvků	3
yt podélné styčné spáry	ne
	0,50
ejmenší šířku a výšku zdícího prvku žíme z [1], tab.3.2 δ [-]	1,155
alizovaná pevnost zdícího prvku $f_{b,0}$ = δf_d [MPa]	11,55
akteristická pevnost zdíva v tlaku $Kf_{b,0}$ [MPa]	2,772
hová pevnost zdíva v tlaku $f_{k,0}/\gamma_M$ [MPa]	1,386
řující součinitel ρ_n [-]	1,00
á výška stěny (pilíře) $h_{ef} = \rho_n h$ [m]	3,00
á tloušťka stěny (pilíře) $t_{ef} = t$ [m]	0,300
stní poměr pilíře $h_{ef} = t_{ef}$ [-]	10,00
ocení: Vyhovuje, neboť je menší než mezní štíhlost 27	
ření nosné spolehlivosti průřezu 2 v patě stěny (e):	
řednost od návrhového zatižení M_{12}/N_{Ed2} [m]	0,0700
ořádná (náhodná) výstřednost $h_{ef}/450$ [m]	0,0067
řednost v patě $e_2 = e_{12} + e_s$ [m]	0,0767
imální výstřednost 0,05 t [m]	0,0150
ředná výstřednost (větší z obou chozích hodnot) e_2 [m]	0,0767
řující součinitel $\Phi_2 = 1 - 2(e_2/t)$ [-]	0,489
hová únosnost v průřezu 2 = $\Phi_2 b t f_d$ [kN]	203
álková síla od návrhového zatižení řezu 2 N_{Ed2} [kN]	0
ocení: Průřez vyhovuje	

Tabulka 4: Únosnost styčné spáry mezi stěnou a soklem při kombinaci tlouštěk stěny a soklu 440+300 mm, vypočítáno podle ČSN EN 1996-1-1

Pevnostní značka cihly stěny (soklu)		P8						P10							
Značka použité malty		LM5	M2,5	M5	M10	SB	SBC*	PU**	LM5	M2,5	M5	M10	SB	SBC*	PU**
Zdivo na lehkou nebo obyčejnou maltu, tloušťka ložné spáry 12 mm	návrhová pevnost f_d [MPa]	0,76	1,08	1,34	1,64	-	-	-	0,89	1,27	1,56	1,92	-	-	-
	únosnost průřezu N_{Rd} [kN/m]	112	159	196	241	-	-	-	131	186	229	282	-	-	-
Zdivo z broušených cihel, tloušťka ložné spáry 1 mm	návrhová pevnost f_d [MPa]	-	-	-	-	1,19	1,54	0,95	-	-	-	-	1,39	1,80	1,11
	únosnost průřezu N_{Rd} [kN/m]	-	-	-	-	174	226	139	-	-	-	-	203	264	163
Pevnostní značka cihly stěny (soklu)		P12						P15							
Značka použité malty		LM5	M2,5	M5	M10	SB	SBC*	PU**	LM5	M2,5	M5	M10	SB	SBC*	PU**
Zdivo na lehkou nebo obyčejnou maltu, tloušťka ložné spáry 12 mm	návrhová pevnost f_d [MPa]	1,01	1,44	1,77	2,18	-	-	-	1,18	1,68	2,07	2,55	-	-	-
	únosnost průřezu N_{Rd} [kN/m]	149	211	260	320	-	-	-	174	247	304	374	-	-	-

* malta pro celoplošnou tenkou spáru HELUZ SB C

** polyuretanová pěna HELUZ

Pozn. Pro stanovení únosnosti průřezu v patě stěny ve styčné spáře mezi soklem a stěnou je rozhodující menší z pevností cihel, použitých ve stěně a v soklu

Doporučuje se volit pevnost cihly soklu větší nebo alespoň stejnou, jako je pevnost cihly ve stěně.

44 STI SB o průměrné pevnosti v tlaku (pevnostní značce) 8 MPa je uložena na jedné vrstvě zdíva z broušených zdících prvků HELUZ 30 SB o průměrné pevnosti v tlaku (pevnostní značce) 10 MPa při použití malty (lepidla) HELUZ SB.

Upozornění: v excelovém souboru Stěna – pilíř jsou rozměry zdících prvků označovány odlišně od firemních podkladů výrobce. Jako „délka“ zdícího prvku je vždy označován delší půdorysný rozměr a jako „šířka“ zdícího prvku je označován kratší půdorysný rozměr zdícího prvku.

V tabulkách 1–4 jsou uvedeny vybrané ukázky jednoho výpočtu horní části stěny a jednoho výpočtu dolní části stěny (soklu) s pomocí souboru Stěna – pilíř, ukázka sumarizujícího podrobného výpočtu únosnosti kontaktní spáry, kde jsou uvedeny vstupní údaje výpočtu a výsledná hodnota návrhové únosnosti v patě stěny pro řešenou materiálovou a rozměrovou kombinaci a na závěr pak ukázka souhrnu výsledků jednotlivých dílčích výpočtů. Excelové tabulky byly formálně upraveny pro potřeby článku v časopise, avšak jejich logická struktura zůstala zachována.

Závěr

Na základě výpočtů únosnosti styčné spáry mezi stěnou a ustupujícím soklem pro konkrétní při-

pad použití cihel v patě zdíva, a to celkem ve čtyřech variantách – pro kombinace cihel s šířkou 30 + 40, 30 + 44, 30 + 49, a 36,5 + 49 cm – lze říci, že je možné provést vyložení cihel až o 19 cm, pokud je únosnost průřezu pro tu či onu konkrétní stavbu dostačující.

Pokud je například v první vrstvě zdíva navržena cihla s šířkou 300 mm a ve druhé 440 mm, je při použití zdících prvků o pevnosti 8 MPa a celoplošné zdící malty únosnost takto navržené paty zdíva 226 kN/m. Při použití cihel s pevností 10 MPa je únosnost průřezu 264 kN/m. Pro stanovení únosnosti průřezu v patě stěny ve styčné spáře mezi soklem a stěnou je rozhodující prvek s nižší pevností.

PAVEL KOŠATKA

foto archiv firmy HELUZ cihlářský průmysl, v. o. s.

Ing. Pavel Košatka, CSc., (*1936) absolvoval v roce 1961 ČVUT v Praze, Fakultu stavební, obor pozemní stavitelství a konstrukce. V letech 1975 až 1992 pracoval jako hlavní statik projektové organizace Obchodní projekt Českého svazu spotřebních družstev. Nyní pracuje jako odborný asistent na ČVUT v Praze, Fakultě stavební, katedře betonových a zděných konstrukcí.

