

Stěny z tvarovek používaných pro ztracené bednění

V současné době je na trhu řada výrobců a dodavatelů tzv. tvárnic ztraceného bednění. Tento článek je zaměřen na nedostatky při návrhu a použití těchto tvárnic v praxi.

Ztracené bednění

Tvarovky pro stavbu ztraceného bednění se vyrábějí a dodávají v různých velikostech a typech. V principu se jedná o prefabrikované výrobky, které se ukládají podobně jako tradiční zdicí prvky – cihly a tvárnice. Tvarovky se v jednotlivých vodorovných řadách ukládají buď s použitím zámků, anebo na holý styk. Jednotlivé vodorovné řady se pak převazují přesahem jednotlivých tvarovek podobně jako zdivo. Tvarovky se kladou buď nasucho, anebo se spojují zdicí maltou.

Rozměrově se jedná o prvky délky zpravidla 500 mm, výšky 200 nebo 250 mm. Tvarovky se

vyrábějí v tloušťkách od 150 do 500 mm. Tloušťky stěn dosahují v závislosti na tloušťce tvárnice od 35 do 40 mm. Hmotnost jedné tvarovky dosahuje dle velikosti od 20 do 35 kg. Kubatura betonu pro vyplnění tvarovek se pak dle jejich velikosti pohybuje od 7,5 do 25 litrů. Mimo celých tvarovek dodávají výrobci pro snazší zdění i tzv. půlené tvarovky.

Provádění konstrukcí z tvarovek ztraceného bednění

Po vyskládání tvarovek do určené výšky se zpravidla provádí provázání betonářskou výztuží jak

ve svislém směru, tak i ve směru vodorovném. Na trhu se lze setkat se dvěma typy tvarovek, a to s tvarovkami, které svým tvarem vložení vodorovné výztuže umožňují – mají ve styčné spáře vybrání – a s tvarovkami, které svým tvarem vložení vodorovné výztuže neumožňují. Po vložení betonářské výztuže se následně provádí zmonolitnění konstrukce betonovou směsí.

Tvarovky ztraceného bednění se ve výstavbě používají například pro vytvoření podezdívek plotů, pro základové konstrukce, opěrné zdivo, nosné zdivo, sloupky a podobně. Jak již ze zažitého označení vyplývá, používají se tvarovky jako náhrada bednění, kdy tvarovky zůstávají po nabytí projektované pevnosti betonu trvalou součástí dané konstrukce.

Návrh konstrukcí z tvarovek ztraceného bednění

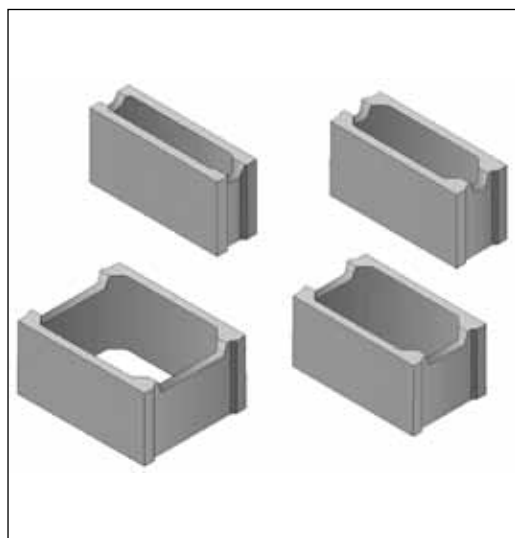
Za velmi důležité považuji upozornit na skutečnost, že ke konstrukcím z tvarovek ztraceného bednění nelze přistupovat stejně jako ke zděným konstrukcím! Z povahy materiálu je vždy nutno k těmto konstrukcím přistupovat jako ke konstrukcím z prostého betonu nebo ke konstrukcím železobetonovým! Z toho vyplývají odlišné požadavky na návrh a provádění konstrukcí z tvarovek ztraceného bednění, které jsou jiné než pro zděné konstrukce.

Někteří výrobci ve svých katalozích a na svých internetových stránkách uvádějí mnohá doporučení pro vlastní montáž tvarovek, vyvazování betonářské výztuže a betonáž. Někteří výrobci a dodavatelé sice uvádějí ve svých propagačních materiálech i empirické vztahy pro návrh vyztužení pro tu či onu návrhovou situaci, přesto vzhledem k tomu, že konstrukce vytvořená s použitím tvarovek ztraceného bednění je bez sporu konstrukcí nosnou, měl by její návrh vždy provést statik. Návrhový postup se pak bude lišit dle konkrétní aplikace – z hlediska působení v objektu se může jednat o základový pás, svislou nosnou konstrukci, opěrnou stěnu, tížnou zeď nebo např. sloup či pilíř.

Po určení typu a způsobu působení konstrukce z tvarovek ztraceného bednění se provede určení zatížení, vypočítají se vnitřní síly v konstrukci a jako poslední se provede posouzení vlastní konstrukce. Rozsah posouzení je pak dán typem konstrukce.

Chyby při návrhu a provádění konstrukcí z tvarovek ztraceného bednění

Nejčastější chybou při provádění, se kterou se setkávám, je že jednotlivé ložné a styčné spáry řad tvarovek nelícují, jsou rozevřené. Provádějící pracovník nejčastěji argumentuje slovy, že „se to



Tvarovky ztraceného bednění



Podezdívka plotu z tvarovek ztraceného bednění



Výroba tvarovek ztraceného bednění

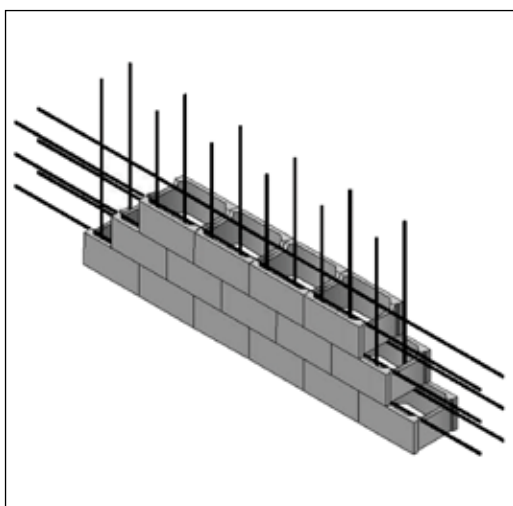


Schéma vyztužení betonářskou výztuží

Tabulka: Pevnost zdicích tvárnic v tlaku, protokol o zkoušce [1]

Označení vzorků		Datum výroby a zkoušky, stáří	Rozměry [mm]			Hmotnost [kg]	Zatížení [kN]	Pevnost v tlaku [N/mm ²]	
ZL	Objednatel		l_u	w_u	h_u			CP	STP
C0310-a	M2 16 – ZB 30	12. 3. 2012	499,1	300,6	250,5	28,340	1190	7,9	30,8
C0310-b		11. 4. 2012	499,0	299,9	249,8	28,740	1100	7,4	27,9
C0310-c		30	498,4	299,9	248,5	27,720	912	6,1	24,0
Průměr			498,8	300,1	249,6	28,267	1067	7,1	27,6

ZL – zkušební laboratoř

STP – pevnost v tlaku vypočítaná na skutečnou tlačnou plochu zdícího prvku

CP – pevnost v tlaku vypočítaná na celkovou plochu zdícího prvku

Poznámka: Pevnosti se vztahují pouze ke konkrétním zkoušeným vzorkům a jsou zde uvedeny pouze v rámci příkladu, neplatí tedy obecně pro všechny tvárnice ztraceného bednění!

stejně zalije betonem“. Při betonáži pak betonová směs těmito rozevřenými spárami vytéká ven a provádějící pracovníci je pak komplikovaně utěsňují. Nedokonalost vyzdění tvarovek a následné vytékání betonové směsi rozevřenými spárami ven ve výsledku působí jako určitá nehomogenita.

S touto chybou bezprostředně souvisí další chyba, kterou je nedodržení navrženého tvaru konstrukce, především svislosti a vodorovnosti v ploše, kdy dochází ke vzniku prohlubní (tzv. břich).

Třetí a zřejmě nejčastější chybou je nesprávně provedené vyztužení. Betonářskou vyztuž buď provádějící pracovníci neosadí vůbec, anebo v množství nedostatečném. Neméně závažným pochybením je pak nesprávné osazení vložek betonářské vyztuže, a to především v místě provázání mezi jednotlivými konstrukcemi.

Příčiny výše uvedených pochybení spatřuji v nedostatečné kontrole souladu projektu a skutečného provedení stavby a absenci statika při přípravě projektu. Mnozí stavební projektanti se snad statika zdráhají oslovit. Proč tomu tak je, se mohu jen domnívat. Správný návrh nosných konstrukcí a současně převzetí zodpovědnosti za tento návrh přitom může provést jen statik. Absence statika se ve výsledku může v krajním případě projevit v poruchách konstrukcí takového rázu, že oprava již není možná a je nutno provést demolici objektu.

Příklad návrhu konstrukce ze ztraceného bednění

Uvedu přímo příklad ze své projekční praxe. Klient mne požádal o zhodnocení projektové dokumentace rodinného domu, přikládané k ohlášení stavby. Důvodem klientova požadavku byla skutečnost, že na projektu se údajně nepodílel žádný statik a klient měl obavy ze spolehlivosti navržených hlavních nosných konstrukcí objektu.

Předmětný rodinný dům byl navržen na nepravdělném obdélníkovém půdorysu s vnějšími rozměry cca 10×14 m. Měl dvě nadzemní podlaží

a byl částečně podsklepen. Základové konstrukce byly navrženy formou monolitických betonových základových pásů, svislé nosné konstrukce z keramických tvárnic, vodorovné nosné konstrukce z keramobetonových stropních nosníků a keramických tvarovek. Střešní konstrukce byla řešena jako tradiční – tvořená střešními krokvemi, doplněnými kleštinami a osazenými na pozednicích a středních vaznicích. V posuzovaném projektu bylo hodně nedostatků jak konstrukčních, tak i stavebních. V tomto článku se chci zaměřit pouze na řešení zdíva suterénu.

V projektu bylo navrženo zdívo z keramických tvárnic zděných na systémovou maltu. Je nutno zdůraznit, že navržené zdívo je maltováno pouze v ložných spárách. Ve styčných spárách se tvárnice spojují na sucho prostřednictvím zámků. Takovéto zdívo není vhodné navrhovat v případě, že je vystaveno značnému bočnímu zatížení, což je i posuzovaný případ, kdy je zdívo vystaveno nejen svislému účinku od horní stavby, ale také především bočnímu zatížení od zemního tlaku. V těchto případech dochází především k nárůstu výstřednosti zatížení, což vede k rozevírání ložných spár zdíva a ke ztrátě únosnosti. Pata zdíva v posuzovaném případě byla navržena 2,5 m pod úroveň upraveného terénu.

V první fázi výpočtu jsem provedl posouzení takto navrženého zdíva na projektovanou situaci a zjistil jsem, že navržené zdívo nevyhovuje. Následuje stručný výstup z výpočtu:

1. Zatížení

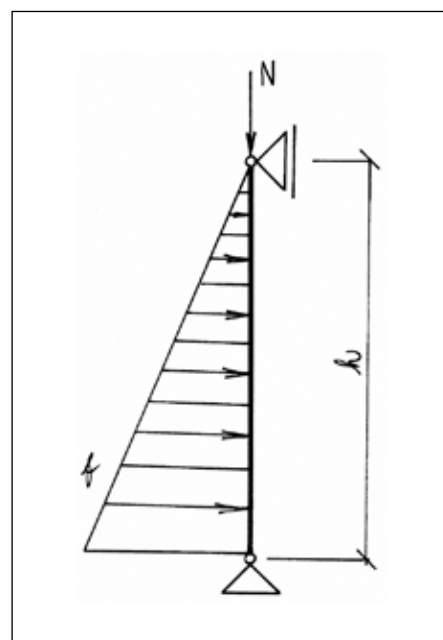
1.1. Normálová síla

- v úrovni hlavy stěny: $N_{1d} = 59,95$ kN
- v polovině výšky stěny: $N_{md} = 64,25$ kN
- v úrovni paty stěny: $N_{2d} = 68,55$ kN

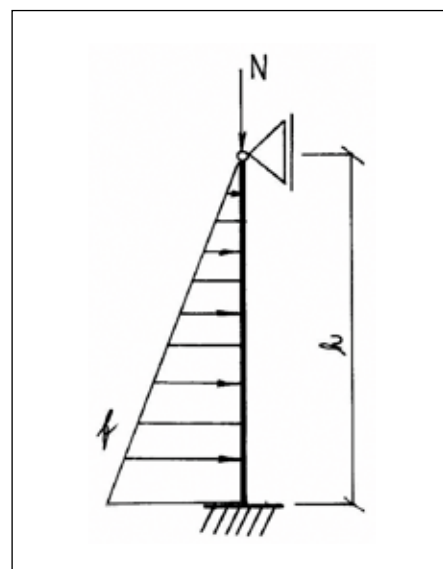
1.2. Ohybový moment

- v úrovni hlavy stěny: $M_{1hd} = 0,00$ kNm
 - v polovině výšky stěny: $M_{mhd} = 12,55$ kNm
 - v úrovni paty stěny: $M_{2hd} = 0,00$ kNm
- Vlastní tíha konstrukce – 900 kg/m³

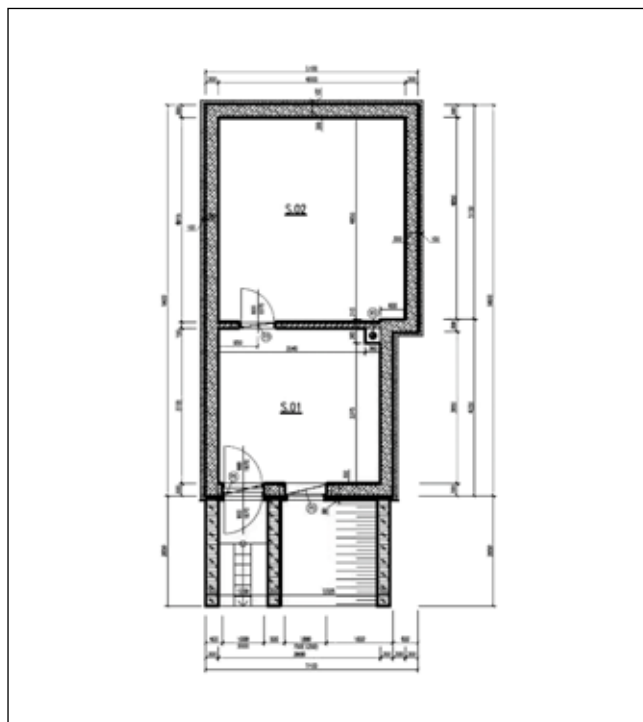
2. Výpočetní model – oboustranně kloubově uložený prut



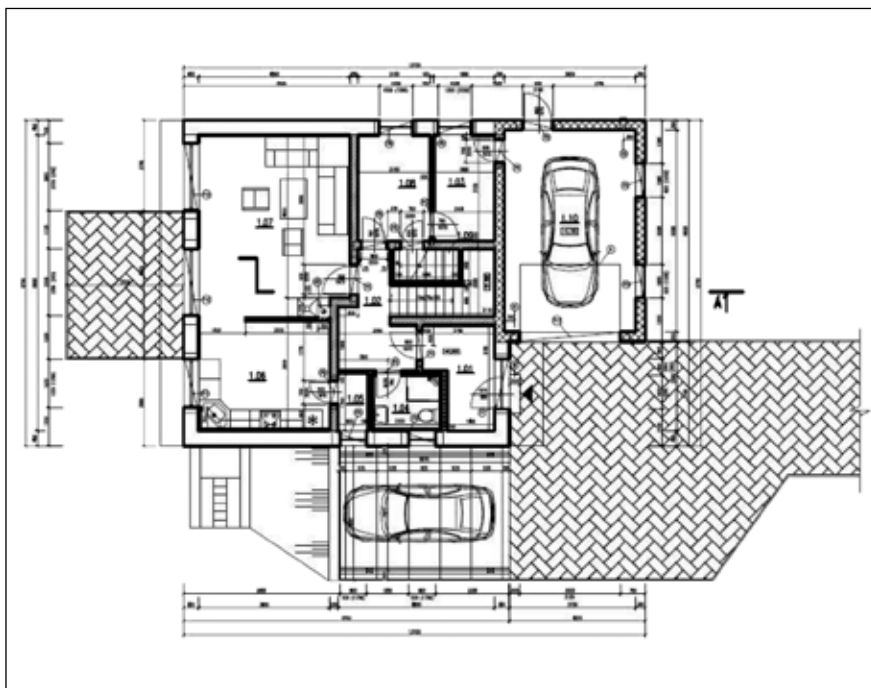
Výpočetní model suterénního zdíva



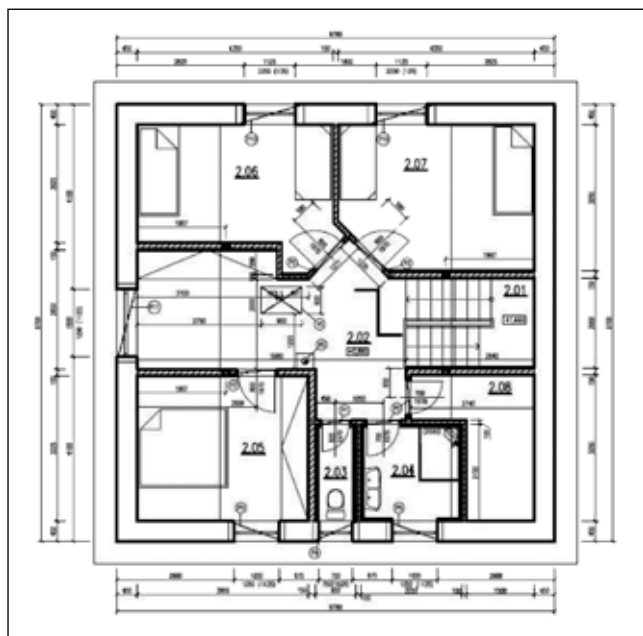
Výpočetní model suterénního zdíva z tvárnic ztraceného bednění



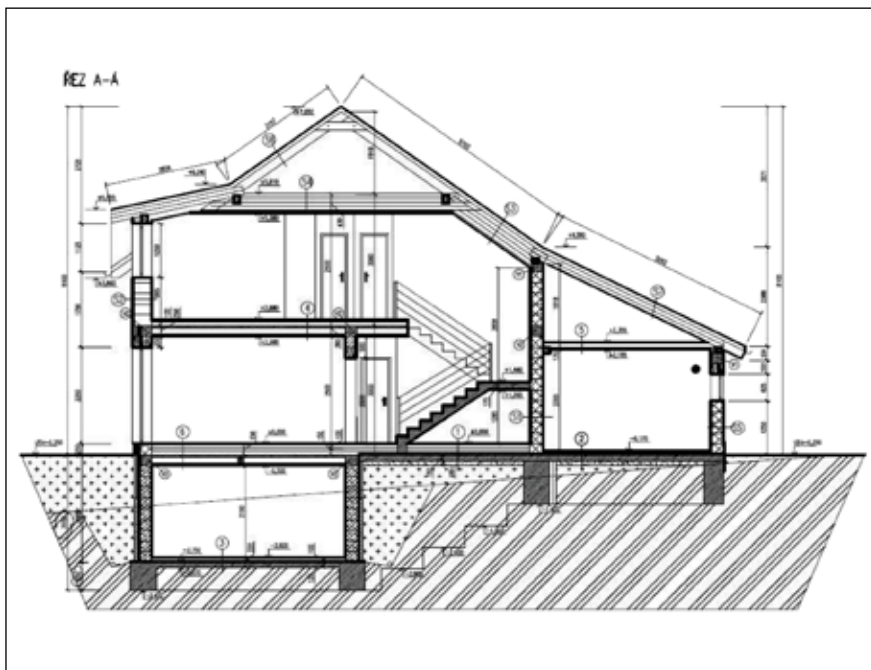
Půdorys 1. PP



Půdorys 1. NP



Půdorys 2. NP



Příčný řez objektem rodinného domu

3. Použité zdivo a malta

3.1. Zdivo

- Porotherm 30 Profi, P15
- normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdicího prvku $f_b = 17,32$ MPa
- skupina zdicího prvku: 2
- plošná hmotnost včetně omítek tl. 15 mm: $2,83$ kN/m²

3.2. Malta

- součinitel přetvárnosti zdiva v tlaku $K_\epsilon = 1000$
- Profi
- charakteristická hodnota pevnosti v tlaku $f_k = 5,15$ MPa

- modul pružnosti zdiva $E = 5150$ MPa
- kategorie zdicích prvků: I.
- dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_m = 2,2$
- návrhová pevnost zdiva v tlaku $f_d = 2,34$ MPa

4. Posuzovaný průřez

- tloušťka stěny $t = 300$ mm
- délka stěny $b = 1000$ mm
- světlá výška stěny $h = 2250$ mm

5. Součinitel vzpěrné délky

$$\rho = \rho_2 = 0,75$$

6. Výsledky

6.1. V úrovni hlavy stěny

- výstřednost $e_1 = 3,8$ mm $< 0,05 t = 15$ mm
- součinitel vzpěrnosti $\Phi_1 = 0,90$
- posouzení: $N_{1d} = 59,95$ kN $< N_{1Rd} = 632,045$ kN – návrh vyhovuje.

6.2. V polovině výšky stěny

- výstřednost $e_{mk} = 199,1$ mm
- součinitel vzpěrnosti $\lceil m = -0,101$
- posouzení: $N_{md} = 64,25$ kN $< N_{mRd} = -70,804$ kN – návrh nevyhovuje!

6.3. V úrovni paty stěny

- výstřednost $e_2 = 3,8 \text{ mm} < 0,05 t = 15 \text{ mm}$
- součinitel vzpěrnosti $\Phi_2 = 0,90$
- posouzení: $N_{2d} = 68,55 \text{ kN} < N_{2Rd} = 632,045 \text{ kN}$ – návrh vyhovuje.

Jak je zřejmé ze závěru výpočtu, zdívo bylo nevyhovující v profilu v polovině své výšky, a tedy jako celek nevyhovělo!

Jako další krok jsem investorovi navrhnul změnu konstrukce zdíva suterénu. Vzhledem k tomu, že v suterénu není vhodné používat zdívo schopné nasávat vodu, navrhnul jsem použít tvarovky ztraceného bednění a s jejich pomocí vytvořit v suterénu monolitické železobetonové stěny. Investor s mým návrhem souhlasil. Následuje stručný popis výpočtu nového suterénního zdíva:

7. Nový návrh suterénního zdíva

7.1. Zatížení

7.1.1. Normálová síla

- v úrovni hlavy stěny: $N_{1d} = 59,95 \text{ kN}$
- v polovině výšky stěny: $N_{md} = 64,25 \text{ kN}$
- v úrovni paty stěny: $N_{2d} = 68,55 \text{ kN}$

7.1.2. Ohybový moment

- v úrovni hlavy stěny: $M_{1hd} = 0,00 \text{ kNm}$
- v polovině výšky stěny: $M_{mhd} = 12,55 \text{ kNm}$
- v úrovni paty stěny: $M_{2hd} = 0,00 \text{ kNm}$

Vlastní tíha konstrukce – objemová hmotnost 2500 kg/m^3

7.2. Výpočetní model – jednostranně kloubově uložený a jednostranně vetknutý prut

7.3. Materiál

7.3.1. Beton třídy pevnosti C20/25 [4], třída betonu zvolena shodně s třídou betonem základových konstrukcí.

7.3.2. Vyztužení

Výztužné vložky třídy pevnosti B500B [4]. Předběžný návrh svislého vyztužení:

5ØR12 mm u obou povrchů a 1 běžný metr, krycí vrstva uvažována 25 mm. Předběžný návrh vodorovného vyztužení: 2ØR12 mm à 250 mm, tedy dva profily v každé ložné spáře.

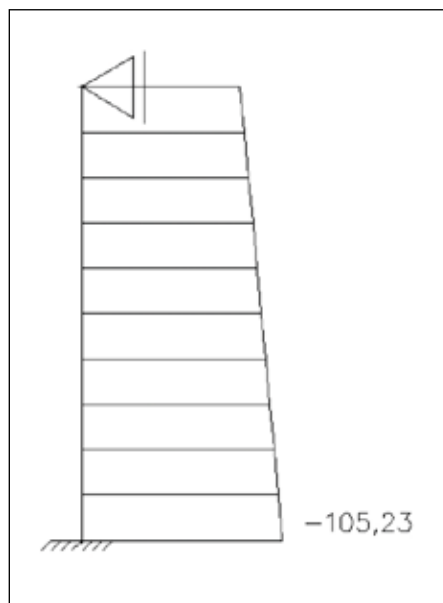
7.4. Posuzovaný průřez

Pro zdívo byly navrženy systémové tvarovky ztraceného bednění DITON ZB 30 [2]. U těchto tvárnic je tloušťka stěny 35 mm, tedy celkový průřez uva-

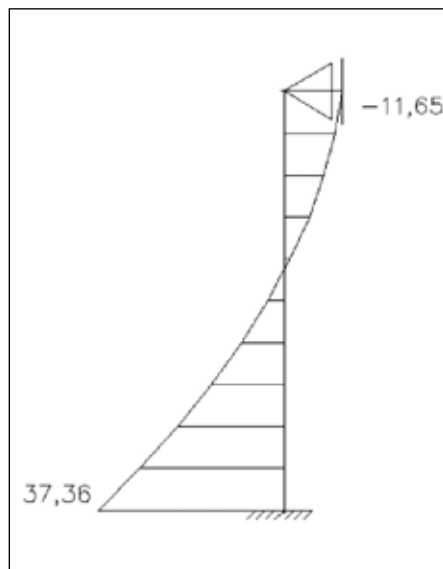
žovaný do výpočtu má tloušťku $300 - (2 \cdot 35) = 230 \text{ mm}$ a šířku 1 běžný metr. Pro přesnější výpočet by bylo vhodné odečíst i tloušťku stěn tvarovek v tloušťce stěny, nicméně jsem toho názoru, že je možné toto zanedbat a uvažovat neredukovanou zatěžovací šířku v délce 1 běžného metru.

7.5. Průběh vnitřních sil

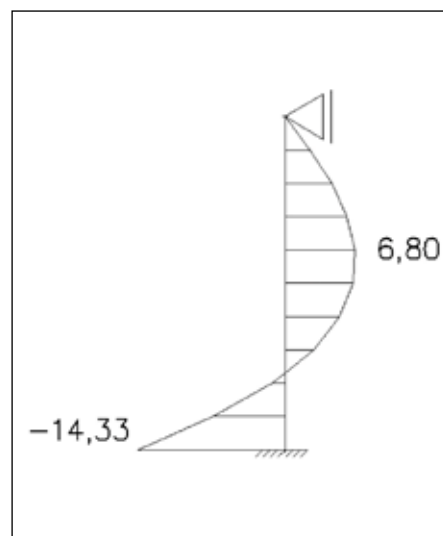
7.5.1. Normálové síly



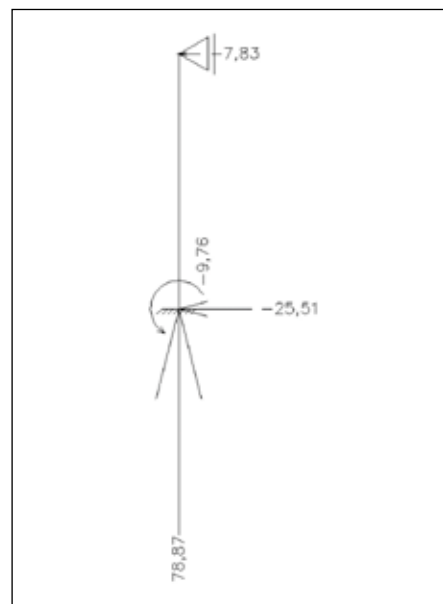
7.5.2. Posouvající síly



7.5.3. Ohybové momenty



7.5.4. Podporové reakce



7.6. Posouzení vyztužení (viz tab. dole)

Posouzení min. a max. stupně vyztužení
Sloup (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,00492 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\rho_s = 0,00492 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

**Celkové posouzení – průřez
VYHOVUJE.**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$ [kN]	$\frac{V_{Edz}}{V_{Rdz}}$ [kN]	$\frac{V_{Edy}}{V_{Rdy}}$ [kN]	$\frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}}$ [kNm]	$\frac{M_{Edz}}{M_{Rdz}}$ [kNm]	$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd}}$ [kNm]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-119,67	38,17	0,00	15,36	0,00	0,00	Vyhovuje
		-3066,67	103,63	0,00	58,56	0,00	0,00	
2	Zat. případ 2	-105,23	37,36	0,00	14,92	0,00	0,00	Vyhovuje
		-3066,67	101,76	0,00	57,36	0,00	0,00	

Mezní stav únosnosti (ohyb, smyk, kroucení) VYHOVUJE.

Vedle správného návrhu je neméně důležité správné provedení navržené konstrukce. V popisovaném případě je nutno zajistit takové uspořádání vyztužení, aby bylo v souladu s uvažovaným výpočtním modelem, tedy je nutno zajistit vetknutí stěny do základové konstrukce, což se

provede takovou konstrukční úpravou vyztužení, která zajistí napojení svislého vyztužení stěny z tvarovek ztraceného bednění do základové konstrukce.

Vedle správného konstrukčního působení konstrukcí bychom ale stále neměli zapomínat na

správné stavební řešení, tedy na zachování funkce tepelné izolace a hydroizolace. Na obrázku je zobrazeno možné řešení stavební úpravy napojení styku stěny z tvarovek ztraceného bednění na základovou konstrukci.

Poslední věc, kterou je nutno zmínit, ačkoliv se na první pohled může jevit samozřejmostí, je správně navrhnout konstrukce námi navrženou konstrukci zatěžovanou, tedy v našem případě je nutno při návrhu základových konstrukcí uvažovat se všemi zatěžovacími účinky, které do nich vnáší námi navržená a posouzená stěna z tvárnice ztraceného bednění.

Závěr

Tvarovky ztraceného bednění jsou velmi oblíbené pro drobné stavebníky, provádějící výstavbu z převážně části svépomocí. Výhoda tvarovek ztraceného bednění, tj. snadná a rychlá výstavba bednění, které může ve specifických případech plnit i funkci estetickou, je nezpochybnitelná. Konstrukce z tvarovek ztraceného bednění jsou ale regulérními nosnými konstrukcemi, a proto musí být jejich návrh vždy doložen řádným statickým výpočtem.

VOJTĚCH ŠTRBA

Literatura a podklady:

- 1) Protokol o zkoušce č. 412/12; Stanovení pevnosti v tlaku zdících prvků a stanovení rozměrů zdících prvků dle ČSN EN 772-1 a ČSN EN 772-16; Vysoké učení technické v Brně, Zkušební laboratoř při ÚTHD FAST, 2012.
- 2) Katalog produktů společnosti DITON.
- 3) Internetové stránky některých výrobců a dodavatelů tvárnice ztraceného bednění:
<http://www.diton.cz>; <http://www.presbeton.cz>;
<http://www.best.info>;
<http://www.betonbroz.cz>; <http://www.as-bet.cz>.
- 4) ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 5) ČSN EN 1996-1-1 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce.
- 6) Výpočtní software GEO5 v. 14.13; FINE spol. s r. o.
- 7) Výpočtní software Scia Engineer 2011; Nemetschek Scia, s. r. o., Brno.

Ing. Vojtěch Štrba (*1978)

absolvoval Stavební fakultu VUT v Brně a je autorizovaným inženýrem pro statiku a dynamiku staveb. Do roku 2012 pracoval jako statik v několika projekčních kancelářích. Od roku 2012 provozuje vlastní projekční kancelář.

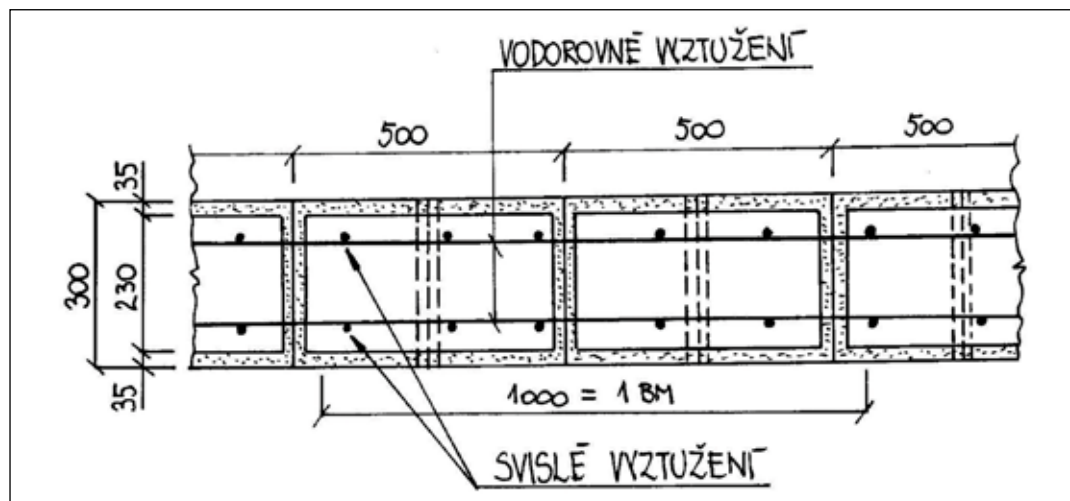


Schéma uvažovaného průřezu

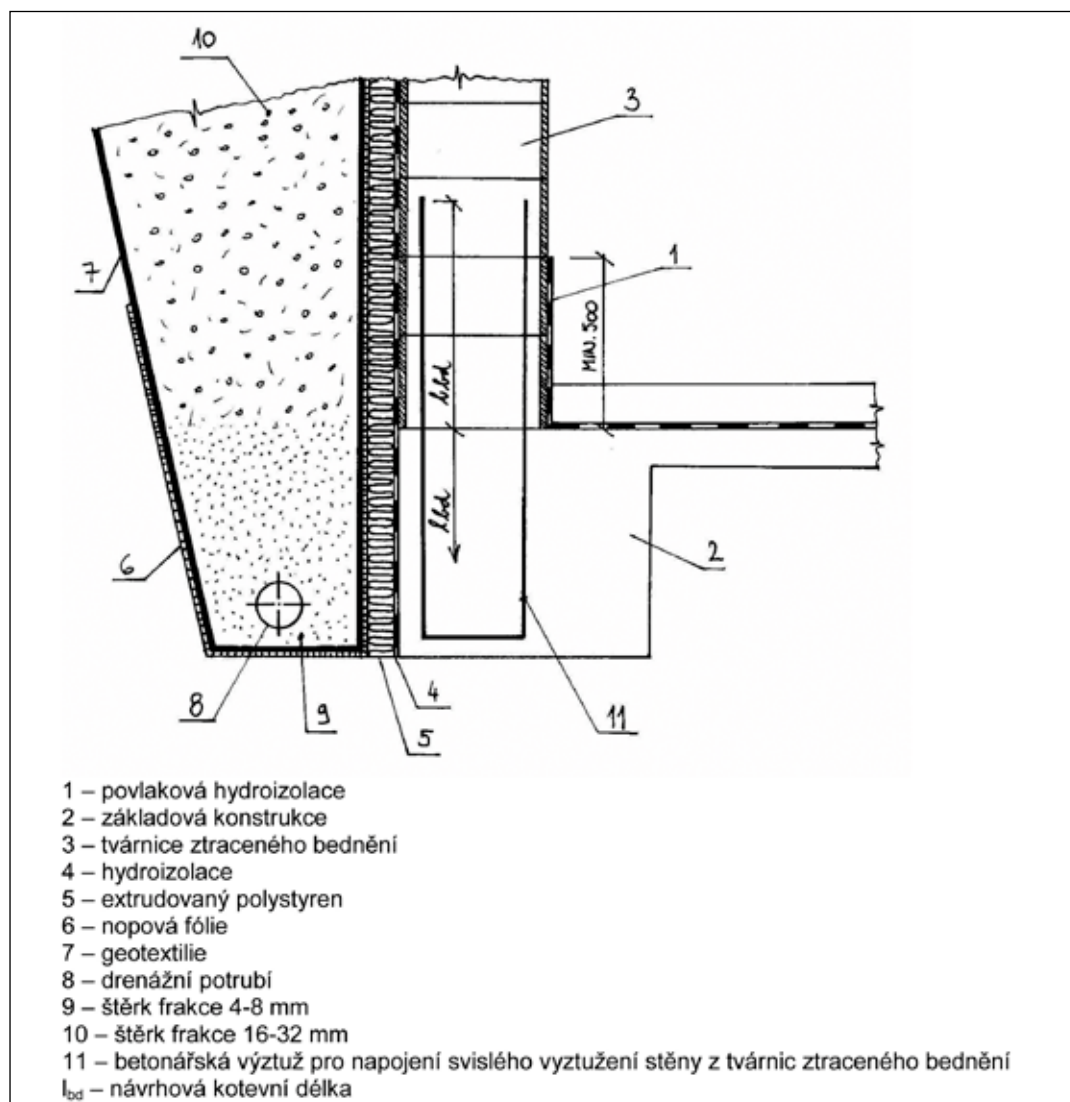


Schéma napojení výztuže základových konstrukcí na stěnu z tvarovek ztraceného bednění