

ŽELEZOBETONOVÁ KAZETOVÁ STROPNÍ KONSTRUKCE S BEDNICÍMI VLOŽKAMI Z RECYKLOVANÉHO PLASTU PŘI PŘESTAVBĚ ŽELEZOBETONOVÉ VÝROBNÍ HALY RC WAFFLE SLAB WITH FILLERS FROM RECYCLED PLASTIC IN RECONSTRUCTION OF RC FACTORY HALL

PETR HÁJEK, VRATISLAV NÝVL

Možnost využití skořepinových vložek z recyklovaného směsného plastu pro vylehčení železobetonové stropní deskové konstrukce již byla v časopise prezentována na příkladu použití skořepinových vložek pro vylehčení prefa-monolitické stropní konstrukce typu „filigran“ při výstavbě Senior Centra v Moravanech u Pardubic [1]. Dalším příkladem aplikace bednicích vložek z recyklovaného plastu, tentokrát pro obousměrné železobetonové deskové stropy je přestavba dvoupodlažní železobetonové výrobní haly. Technické, environmentální i ekonomické parametry uvedeného řešení jsou dále diskutovány a zhodnoceny.

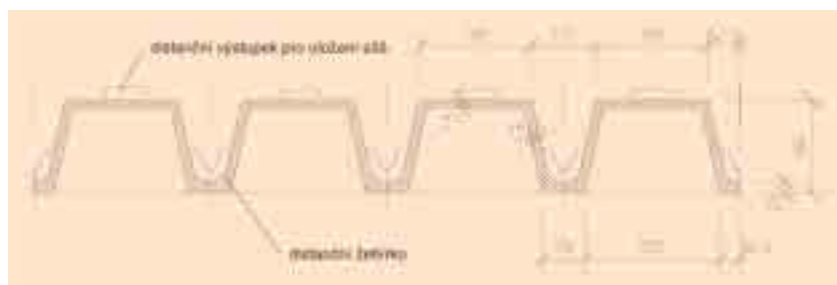
The possibility of the use of shell fillers from recycled non-sorted plastic for lightening of RC floor slabs has already been presented on the use of shell fillers for lightening of RC composite „filigran“ floor slabs in the construction of Senior-centre in Moravany (near by Pardubice) [1]. The next example of application of shell fillers from recycled plastic – this time in two-way RC waffle slab – is reconstruction of the two storey RC factory hall. Technical, environmental as well as economical parameters of this solution are further discussed and evaluated.

Statické výhody vylehčení plných železobetonových desek kazetami jsou známé již od počátků používání železobetonu.

S kazetovým tvarem je spojena i zřejmá úspora materiálu a s tím souvisejících dopravních nákladů. Vytvořením kazetového tvaru desky pomocí bednicích vložek permanentně zabudovaných v konstrukci („ztracené“ bednění) lze podstatným způsobem zjednodušit vlastní realizaci kazetové desky in situ. Na druhé straně je obecně deklarovaná nevýhoda kazetových desek složitost bednění kazet a často požadavek rovného podhledu vedoucí na realizaci podvěšené podhledové konstrukce. V případě rekonstrukce železobetonové výrobní haly byl primární požadavek ponechat stávající železobetonovou konstrukci a na ní vytvořit konstrukci novou vyhovující pro změněné požadavky provozu. Použití vylehčujících výplní z recyklovaného plastu se ukázalo jako výhodné řešení.

KAZETOVÉ VLOŽKY Z RECYKLOVANÉHO PLASTU

Kazetové vložky jsou vyrobeny z odpadového směsného plastu z tříděného komunálního odpadu. Jejich tvar byl navržen a experimentálně ověřen v rámci výzkumného projektu řešeného na Fakultě stavební ČVUT v Praze v letech 1998 až 2000 (obr. 1). Tvar a osová vzdálenost železobetonových desek kazetami jsou známé již od počátků používání železobetonu.



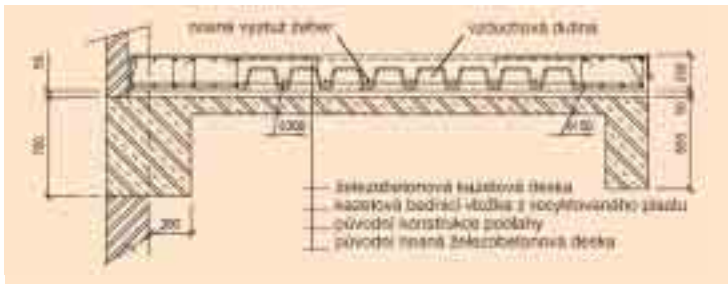
Obr. 1 Kazetové bednicí vložky z recyklovaného plastu
Fig. 1 Waffle fillers from recycled plastics

Obr. 2 Kazetové vložky na paletách připravené k distribuci, na jedné paletě jsou vložky pro 11 m² kazetového stropu
Fig. 2 Waffle fillers prepared for distribution, one pallet contains fillers for 11 m² of waffle floor slab



Obr. 3 Experimentální ověření kazetové desky 3,25 x 3,25 m ve zkušebních laboratořích FSv ČVUT v roce 2000
Fig. 3 Experimental verification of waffle slab in testing laboratories at Fac. of CE CTU in Prague (size of specimen 3,25 x 3,25 m, tested in the year 2000)





Obr. 4 Řez skladbou stropní konstrukce při přestavbě výrobní haly

Fig. 4 Section through reconstructed floor structure of factory hall

Obr. 5 Skladba pole vložek před uložením výztuže

Fig. 5 Assemblance of plastic fillers



ležobetonových žebírek byly navrženy tak, aby výsledná kazetová konstrukce splňovala kritéria ČSN ENV 1992-1-1 týkající se možnosti vyšetřovat kazetové desky jako desky plné s využitím výhod jednoduššího způsobu vyztužování deskových konstrukcí oproti konstrukcím trámovým (možnost vyztužování pouze jedním prutem v každém žebíru bez kategorické nutnosti konstrukčního vyztužování na smyk – pokud to není na základě statického posouzení nutné). Ve spodní části žebírek jsou distanční žebírka pro zajištění krycí vrstvy betonu v tloušťce minimálně 20 mm. Šikmý boční tvar žebírek zajišťuje minimální krycí výztuže i pro profily větší než 20 mm. Na horních plochách kazet jsou diagonálně orientované výstupky výšky 25 mm, určené pro uložení výztužné sítě horní desky.

Zkušební výroba stropních vložek proběhla na jaře roku 1999 v podniku TRANSFORM, a. s., Lázně Bohdaneč. Tvarovky byly vyrobeny technologií odlévání

do ocelových forem. Experimentální výroba prokázala technologickou realnost výroby navrženého tvaru bednicích vložek a prověřila i vhodnost tvaru z hlediska skladovatelnosti a manipulovatelnosti, včetně paletizace na europaletách (obr. 2).

V průběhu let 1999 a 2000 byly v rámci experimentální části výzkumu provedeny zatěžovací zkoušky čtyř charakteristických výšek kazetové desky rozměrů 0,6 x 1,2 m a dvou kazetových desek rozměrů 3,25 x 3,25 m (obr. 3). Experimentální ověření prokázalo realnost použití kazetových vložek uvedeného tvaru pro vylehčení železobetonových stropních desek. Podrobnější informace o výsledcích výzkumu jsou publikovány v [2] a [3].

Jedinou omezující podmínkou limitující širší využití uvedeného typu vložek ve stavební praxi se ukázala nutnost ochrany spodní části podhledu z recyklovaného plastu z důvodů zajištění požadované požární bezpečnosti u většiny provozů. Toto lze zajistit prostřednictvím např. podhledové železobetonové desky zakotvené do železobetonového kazetového stropu nebo jiným typem protipožárního podhledu, vytvářejícím zároveň rovný podhled stropní konstrukce.

REALIZACE STROPNÍ KONSTRUKCE PŘI PŘESTAVBĚ ŽELEZOBETONOVÉ VÝROBNÍ HALY

V rámci přestavby dvoupodlažní železobetonové výrobní haly na skladové prostory byl požadavek zvýšit únosnost mezi-lehlé stropní konstrukce tak, aby nová konstrukce stropu umožňovala provoz skladu s užitným zatížením 5 kN/m². Stávající monolitická železobetonová deska tloušťky 120 mm nevyhovovala pro toto zatížení a zároveň obsahovala množství otvorů, které nebyly pro nový provoz žádoucí. Vybourání nevyhovujícího železobetonového stropu bylo s ohledem na čas, technologickou náročnost a celkové náklady nevhodné a v podstatě by tato alternativa vedla k demolici celé stávající konstrukce. Jako vhodnější řešení se jednoznačně ukázalo provedení nové samonosné konstrukce stropu dimenzované na požadované zatížení a překlenující otvory v původní konstrukci stropu.

S ohledem na limitovanou únosnost

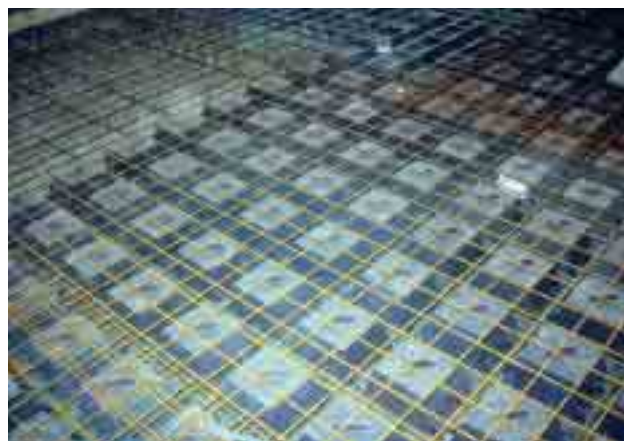
Obr. 6 Pohled na uloženou spodní výztuž na distanční žebírka v žebrech kazetových vložek

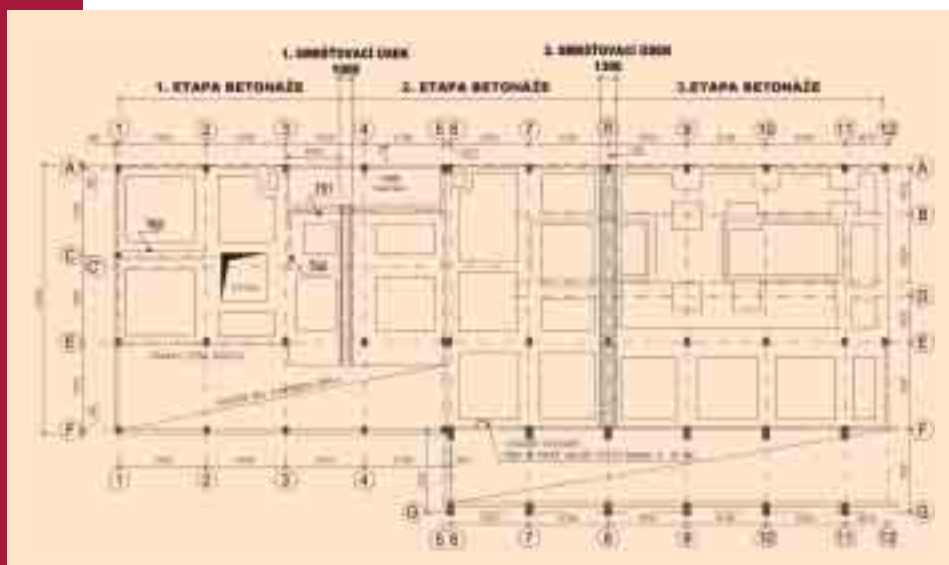
Fig. 6 View of main reinforcement placed on distance ribs



Obr. 7 Deska po uložení veškeré výztuže před betonáží

Fig. 7 Floor slab prepared for placing of concrete





Obr. 8 Výkres skladby plastových tvarovek s označením etap betonáže a smršťovacích pruhů

Fig. 8 Drawing of assemblance of plastic fillers with expansion strips

stávající železobetonové nosné konstrukce bylo hledáno řešení umožňující vylehčit stropní desku oproti plně železobetonové desce tak, aby nebylo nutné provádět další úpravy zajišťující vyšší únosnost základů a svislých nosných konstrukcí tvořených železobetonovými sloupy. Pro vylehčení byly proto zvoleny skořepinové kazetové vložky z recyklovaného plastu.

Nová železobetonová kazetová deska byla realizována přímo na stávající stropní konstrukci. Plastové vložky byly uloženy na podlahu a původní železobetonová stropní konstrukce tak tvoří dostatečnou protipožární ochranu (obr. 4 a obr. 5). Pouze v původních otvorech byla doplněna ochranná podhledová železobetonová deska tloušťky 80 mm, vyztužená svařovanou sítí KARI. Podhledová deska je kotvena k horní výztuži nové desky (ocelové kotvy procházejí přes plastové bednicí prvky).

Nosná železobetonová kazetová deska tloušťky 250 mm je vybetonována z betonu B30 a vyztužena ocelí 10 425, s krytím 20 mm. Hlavní nosná výztuž kazetových desek je uložena do žeber plastových vložek na distanční žebírka (obr. 6). Horní krycí deska je vyztužena převážně svařovanými sítěmi uloženými na distančních výstupcích plastových vložek (obr. 7).

Celková délka desky je 63 m bez dilatační spáry. Pro omezení vlivu smrštění

byla betonáž desky rozdělena na tři etapy s vloženými smršťovacími pruhy šířky 1 a 1,3 m betonovanými s časovým odstupem (obr. 8).

Plastové bednicí vložky byly na zakázku vyrobeny v TRANSFORM Lázně Bohdaneč v období říjen až listopad 2003 v celkovém množství 650 m² vložek. Realizace stropu proběhla v prosinci 2003 a lednu 2004 plynule bez technologických problémů.

VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Celková plošná hmotnost realizované kazetové stropní konstrukce je v porovnání s plnou deskou v průměru o 1,9 kN/m² menší – snížení o cca 30 %. Spotřeba betonu je menší o 69 m³, tj. o 37 %. S tím souvisí i nižší dopravní a manipulační náklady. Menší plošná hmotnost se podstatně projevuje v nižším zatížení podporujících sloupů a základových patek.

Celkové náklady na realizaci vlastní kazetové stropní desky byly přibližně stej-

né jako v případě alternativy plně železobetonové desky. Oproti nižším nákladům na beton a jeho dopravu bylo třeba započítat cenu vložek z recyklovaného plastu. Další úspory však souvisejí se skutečností, že nebylo nutné zvyšovat únosnost svislých nosných konstrukcí a základů. V neposlední řadě je třeba uvážit i environmentální výhody dané

- využitím recyklovaného materiálu z komunálních odpadů,
- snížením spotřeby primárních surovin,
- snížením zátěže životního prostředí omezením skládkování nebo termické likvidace plastového odpadu.

Pro ilustraci: při realizaci uvedené stropní konstrukce bylo použito takové množství plastového komunálního odpadu, které vyprodukuje za rok město se sedmi tisíci obyvatel.

Uvedené environmentální výhody nejsou dosud v praxi dostatečně vnímány a ohodnoceny. Lze předpokládat, že v případě podpory environmentálně šetrných řešení, např. formou daňového zvýhodnění nebo naopak zvýšením daně za používání primárních nebo neobnovitelných surovin, budou alternativy řešení využívající recyklované materiály výrazně cenově výhodnější. Přesto se i za současných podmínek ukázalo použití kazetových vložek z recyklovaného plastu v případě přestavby výrobní haly jako výhodné z technického i ekonomického hlediska.

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného projektu GAČR 103/02/1161 s využitím výsledků projektu GAČR 103/98/0091.

Návrh vložek: Doc. Ing. Petr Hájek, CSc., FSv ČVUT v rámci projektu GAČR 103/98/0091

Statické řešení stropní desky:

Ing. Vratislav Nývlt

Výroba vložek z recyklovaného plastu: TRANSFORM, a. s., Lázně Bohdaneč

Literatura:

- [1] Hájek P.: Prefa-monolitická stropní konstrukce s vložkami z recyklovaného plastu, Beton TKS 4/2002
- [2] Hájek P. a kol.: Stropní konstrukce s vložkami z recyklovaných materiálů, kniha 86 stran, ČVUT, Praha 2000, ISBN 80-01-02274-9
- [3] Hájek P., Wasserbauer R.: Sustainability through Optimised Structures Using Recycled Waste, sborník konference Sustainable Building 2002, Oslo 2002

Doc. Ing. Petr Hájek, CSc.

FSv ČVUT v Praze

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

tel.: 224 354 459, fax: 233 339 987

e-mail: petr.hajek@fsv.cvut.cz

Ing. Vratislav Nývlt ml.

PROKONSULT, s. r. o.

Řehákova 1162, 549 41 Červený Kostelec

tel./fax: 491 462 248, 604 680 372

e-mail: prokonsult@worldmail.cz