

PREFA-MONOLITICKÁ STROPNÍ KONSTRUKCE S VLOŽKAMI Z RECYKLOVANÉHO PLASTU COMPOSITE RC SLAB WITH FILLERS FORM RECYCLED PLASTIC

PETR HÁJEK

Princip vylehčení prefa-monolitických železobetonových desek typu filigran je znám a některými dodavateli využíván. Používají se různé typy vylehčujících vložek z polystyrenu, polystyrenbetonu nebo jiných druhů lehkého betonu. V rámci výzkumného projektu řešeného na Fakultě stavební ČVUT v Praze v letech 1998 až 2000 byly navrženy skořepinové vložky z recyklovaného směsného plastu, které umožňují kromě vylehčení desky i využití vzniklého vnitřního prostoru pro vedení instalací. Zkušební výroba vložek proběhla na jaře roku 2000 ve firmě TRANSFORM, a. s., Lázně Bohdaneč. V průběhu srpna téhož roku byly instalační skořepinové vložky použity při realizaci stropní konstrukce v rámci výstavby Senior centra v Moravanech nedaleko Pardubic.

The principle of lightening of RC "filigran" slabs is well known and used by several contractors. Different types of lightening fillers from polystyrene, polystyrenconcrete, or other types of lightweight concrete are commonly used. Shell fillers from recycled non-sorted plastic were developed within the research project solved at the Faculty of Civil Engineering ČVUT in Prague in 1998 to 2000. Using these fillers it is possible to reduce self-weight of the RC floor slab and more over the inner space can be used as an installation space for wiring and other building services. The company TRANSFORM, a. s., Lázně Bohdaneč, experimentally produced installation shell fillers in the spring 2000. These fillers have been used in situ in the construction of Senior-centre in Moravany (near by Pardubice) during August 2000.

Prefa-monolitické stropní konstrukce s prefabrikovanými železobetonovými deskami typu „filigran“ jsou často používaným typem stropní konstrukce v pozemních stavbách. Na prefabrikované desky tloušťky 50 až 80 mm se betonuje zpravidla masivní monolitická vrstva tloušťky 150 mm i více. Celková plošná hmotnost

výsledné plné železobetonové desky je velká, tomu odpovídají požadavky na vyztužení vlastní desky i nadimenzování svíslých podpůrných konstrukcí a základů. Vylehčením konstrukce ve střední, staticky méně účinné části průřezu lze dosáhnout úspory betonu i vyztuže ve stropní desce, případně dalších úspor při zmenšených dimenzích podpůrných konstrukcí. Oblast ve staticky neúčinné střední části průřezu desky lze navíc využít jako instalační prostor pro vedení rozvodů elektriny, vody nebo ústředního topení.

Pro vlastní vylehčení železobetonové desky lze využít prvků vyrobených z druhotných surovin získaných recyklací materiálů a výrobků, které se po ukončení primární funkce staly odpadem. Do středu zájmu odpadového průmyslu se dostávají komunální odpady, jejichž směsný charakter znesnadňuje úplnou recyklaci na primární materiály a tím zpravidla neumožňuje hodnotnější využití v jiných průmyslových odvětvích. Mezi ně patří i separovaný sběr plastů, kde jejich rozřídění na jednotlivé druhy plastů je technicky i ekonomicky velmi náročné. Jednou z cest je větší uplatňování výrobků ze směsného recyklovaného plastu, jehož technické parametry sice vykazují relativně větší rozptyl (a tím je omezeno jejich použití pro „přesnější“ průmyslovou výro-

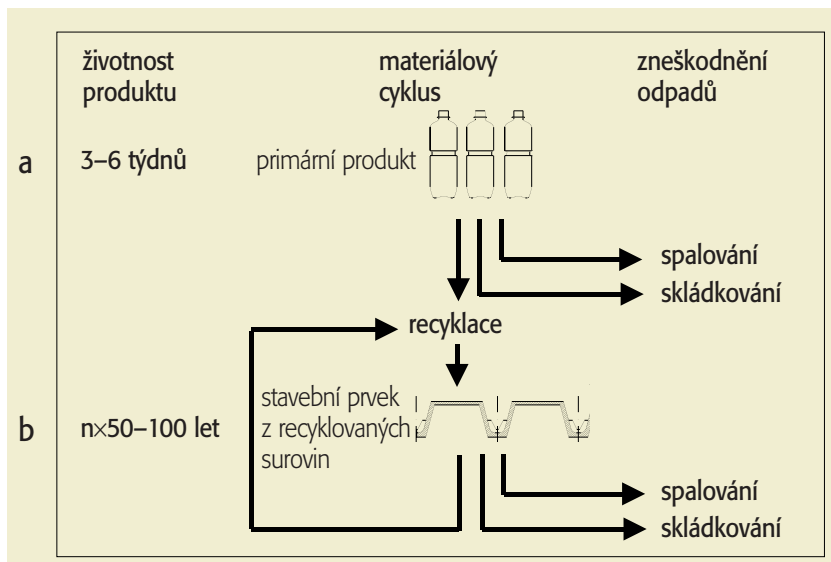
bu), nicméně pro některé konstrukční prvky využívané ve stavebnictví představují dostatečně spolehlivý technický materiál.

VYUŽITÍ RECYKLOVANÝCH ODPADŮ JAKO DRUHOTNÝCH SUROVIN VE STAVEBNICTVÍ

Problém environmentálně šetrného nakládání s odpady je obecně rozebrán v Agendě 21 pro udržitelnou výstavbu [1]. Konstatuje se, že environmentálně šetrnější nakládání s odpady zaujímá v rámci environmentálních problémů přední místo a má velký význam pro uchování kvality životního prostředí na Zemi. Stavebnictví jako největší spotřebitel surovinových zdrojů, z nichž převážná většina jsou suroviny

Obr. 1 Příklad materiálového cyklu nápojových láhví z plastu: a – bez materiálové recyklace – životnost cca 3 až 6 týdnů, b – s uvažováním využití recyklovaného plastu pro výrobu stavebních prvků – životnost $n \times 50$ až 100 let

Fig. 1 Example of material cycle of plastic bottles: a – without material recycling – lifetime approx. 3 – 6 weeks, b – considering usage of recycled plastic for production of construction elements – lifetime $n \times 50 - 100$ years



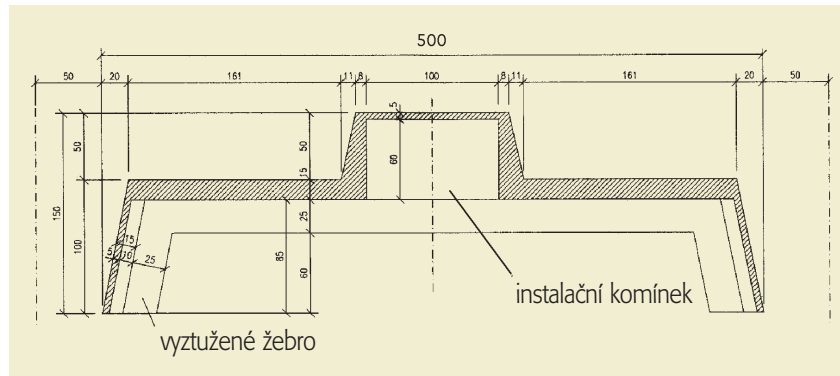
neobnovitelné, má před sebou rozhodující úkol: vývoj a zavádění nových technologií umožňujících používání prvků z druhotných recyklovaných surovin, nahrazujících především neobnovitelné přírodní surovinové zdroje.

Při návrhu a realizaci objektů pozemních staveb lze využitím recyklovaných materiálů redukovat spotřebu primárních neobnovitelných surovin. Uplatnění recyklovaných materiálů ve stavebnictví je možné na různých úrovních:

- Recyklace stavebních materiálů: odpadové stavební materiály vzniklé při demolici po dožití stavební konstrukce lze využít pro výrobu nových konstrukčních materiálů v různých formách. Pro stavební odpad je charakteristická vyšší míra znečištění a značná druhovost vyžadující třídění.
- Využití recyklovaných materiálů z jiných průmyslových odvětví: velký objem spotřeby konstrukčních materiálů ve stavebnictví umožňuje i odbyt pro výroby z materiálů vzniklých recyklací odpadů (komunálních nebo průmyslových, pocházejících i z jiných oblastí průmyslové výroby než je stavebnictví).

Stavebnictví, které je charakteristické používáním velkých objemů materiálů v relativně méně náročných technologiích, má předpoklady pro využívání materiálů získaných z terciální recyklace odpadů i z jiných odvětví průmyslu. Tím lze dosáhnout udržení již vytěžených přírodních zdrojů v materiálovém cyklu po delší dobu a podstatně tak omezit primární spotřebu přírodních surovinových zdrojů a produkci nerecyklovaných odpadů [2 a 3].

Z příkladu na schématu znázorněném na obr. 1 je zřejmé, že v případě materiálů používaných pro spotřební zboží s předpokládaným krátkodobým využitím (obaly potravin aj.) je jejich běžná životnost velmi krátká a fáze zneškodňování odpadů nastává v řadě případů již po několika týdnech. Prostřednictvím recyklace materiálů a jeho využití pro výrobu prvků ve stavebním průmyslu lze využitelnost materiálů v rámci celého materiálového cyklu mnohonásobně prodloužit. V uvedeném případě recyklace plastových lahví od nápojů a jejich využití pro výrobu bednicích vložek do železobetonových stropních konstrukcí lze dosáhnout až několika tisícnásobného prodloužení doby funkčního využití materiálu primárního produktu. Současně



dochází k ušetření primárních materiálů pro výrobu betonu a oceli a k redukcí negativních dopadů na životní prostředí spojených s likvidací odpadu [4].

INSTALAČNÍ SKOŘEPINOVÉ VLOŽKY Z RECYKLOVANÉHO SMĚSNÉHO ODPADOVÉHO PLASTU

Vložky jsou navrženy v šířce 500 mm tak, aby při osové vzdálenosti filigránové výztuže prefabrikované desky 600 mm vzniklo mezi nimi železobetonové žebro s šířkou v nejužší části min. 100 mm (obr. 2). Celková výška vložek se uvažuje v alternativách 100, 120 nebo 140 mm. Tloušťka stěn skořepinové vložky je v případě použití recyklovaného směsného plastu z technologických důvodů minimálně 15 mm. Vzhledem k manipulačním a transportním podmínkám se předpokládá výroba vložek délky 1200 mm + 20 mm (polodrážka).

Pro experimentální ověření v první zkušební sérii byla zvolena výška instalačních

Obr. 2 Příčný řez instalační vložkou z recyklovaného směsného plastu
Fig. 2 Cross section through the installation shell filler from recycled plastic

vložek 100 mm s vnitřním prostorem výšky 83 mm (světlá výška pod výztužnými žebírkami je 60 mm). Přístup do instalačního prostoru je umožněn kruhovými „komínky“ o vnitřním průměru 120 mm v osových vzdálenostech 600 mm. Výška komínků je 50 mm a odpovídá tloušťce nabetonované monolitické železobetonové vrstvy. Komínky tak mohou v průběhu betonáže sloužit k přesnému vymezení tloušťky horní desky.

Skladba vložek vytváří systém podélných dutin ve stropní konstrukci se systémem vstupních komínků v osových vzdálenostech 600 mm. Komínky jsou

Obr. 3 Senior centrum Moravany
Fig. 3 Senior Centre Moravany



Obr. 4 Skladba skořepinových instalačních vložek

Fig. 4 Assemblage of installation shell fillers

zaslepeny tenkou destičkou, kterou lze na stavbě v případě potřeby odstranit a vytvořit tak vstup do instalačního prostoru. V bočních stěnách instalačních vložek jsou zeslabená místa umožňující snadnější vyříznutí nebo vyvrtání otvorů pro umístění propojovacích instalačních trubek, v případě potřeby příčného propojení podélných instalačních dutin. Příčné propojovací trubky musí procházet osou železobetonové desky v místě neutrální osy, tak aby nedošlo k podstatnému snížení statické únosnosti průře-



Obr. 5 Vkládání elektrických rozvodů do instalačních dutin

Fig. 5 Feeding of electric wires into installation inner space

zu desky. Uvedeným řešením lze získat stropní konstrukci s možností vedení instalací elektrorozvodů, slaboproudu, plastových rozvodů vody a ústředního vytápění ve vnitřním prostoru desky, čímž lze dosáhnout menší tloušťky celé skladby stropu a současně ušetřit za případné použití zpravidla velmi nákladných instalačních podlahových systémů. Zároveň je dosaženo až 40% úspory betonu při současném zlepšení statických parametrů (podrobněji v [5]).

EXPERIMENTÁLNÍ REALIZACE
STROPNÍ KONSTRUKCE

– SENIOR CENTRUM MORAVANY

Zkušební výroba instalačních vložek z recyklovaného smíšeného odpadového

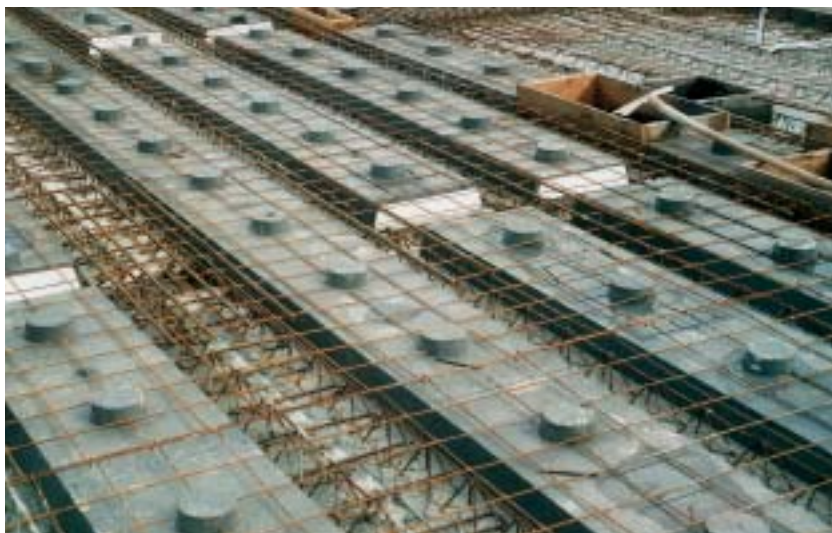
plastu vytříděného z komunálního odpadu proběhla na jaře roku 2000 v podniku TRANSFORM, a. s., Lázně Bohdaneč. Vložky byly vyrobeny technologií odlévání do ocelových forem. Experimentální výroba

prokázala technologickou reálnost výroby navrženého tvaru bednicích vložek.

V průběhu srpna 2000 byla realizována stropní konstrukce v objektu „Senior centra Moravany“ (obr. 3) s využitím navržených instalačních vložek z recyklovaného smíšeného odpadového plastu. Spodní část nosné konstrukce je tvořena filigránovými panely s osovou vzdáleností příhradových výztuží 700 mm. Na filigránové desky jsou uloženy instalační skořepinové vložky. V místě polodrážek byly vložky montážně spojeny samofeznými vruty. Čela vložek v místech příčných průvlaků nebo stěn byla opatřena zátkami z pěnového polystyrenu pro zamezení zatékání betonu do instalačních dutin (obr. 4). Kable elektrických rozvodů byly do dutiny položeny ještě před betonáží horní části desky (obr. 5). Po uložení výztužné sítě

Obr. 6 Vyztužení horní betonové desky

Fig. 6 Reinforcement of top RC slab



Obr. 7 Betonáž stropní desky
Fig. 7 Concreting of RC floor slab

horní betonové desky (obr. 6) byla provedena betonáž do úrovně horního líce instalačních komínků (sloužících zároveň jako distance pro zajištění přesné tloušťky desky) (obr. 7). Projekt předpokládal využití instalačních dutin i pro vedení rozvodů vody a ústředního vytápění. Proto byly v místech instalačních uzlů ponechány větší obdélníkové otvory instalačních jader (obr. 8).

ZÁVĚR

Výhodou bednicích a vylehčujících vložek z recyklovaného směsného plastu je úspora betonu a výztuže díky podstatnému snížení plošné hmotnosti stropu. Lze dosáhnout až 40% úspory betonu při současném vylepšení statických parametrů. Vzniklou dutinu uvnitř železobetonové desky lze využít pro vedení instalací elektrických rozvodů, vodovodu a ústředního vytápění. Environmentální výhody související s využitím recyklovaného materiálu z komunálních odpadů, se snížením spotřeby primárních surovin a se snížením zátěže životního prostředí v důsledku skládkování odpadů (event. jejich termické likvidace) jsou evidentní.

Nevýhodou navrženého řešení je zvýšená pracnost spojená se skladbou a fixací vložek a s umístováním výztužné sítě. Experimentální realizace však ukázala, že



zvýšená pracnost s přípravou výplně je plně kompenzována rychlejší betonáží a úsporami v nákladech za spotřebu materiálu (betonu a výztuže) a úsporami v souvisící dopravě.

Předpokládá se, že navržené řešení může nejenom zefektivnit vlastní nosnou konstrukci jejím vylehčením, ale navíc umožní umístění rozvodů do prostoru nosné konstrukce, a tím nahradí případné používání nákladných instalačních kanálů v podlahách. Toto řešení se může uplatnit především v administrativních budovách s vyššími požadavky na hustotu silnoproudých i slaboproudých rozvodů. V současnosti, kdy používání počítačových sítí se stává běžným prvkem řady budov, je toto řešení o to aktuálnější.

Príspevek vznikl za podpory výzkumného projektu GAČR 103/02/1161 a výzkumného záměru VZ CEZ J04/98:210000001 s využitím výsledků projektu GAČR 103/98/0091.

Návrh vložek z recyklovaného plastu: Fakulta stavební ČVUT v Praze, P. Hájek, v rámci projektu GAČR103/98/0091

*Výroba vložek z recyklovaného plastu: TRANSFORM, a. s., Lázně Bohdaneč
Projektant: CV ATELIER
Dodavatel stavby: DOMEK, s. r. o., Pardubice*

Literatura

- [1] Agenda 21 pro udržitelnou výstavbu, CIB Report Publication 237, český překlad, ČVUT 2001, ISBN 80-01-02467-9
- [2] Hájek P.: Betonové konstrukce a udržitelný rozvoj, sb. konfer. Betonářské dny 2000, ČBS, str. 25-33
- [3] Hájek P.: Optimisation of Environmental Construction Impact of Composite RC Slabs, ILCDES 2000, RILEM svazek 14, Helsinky, str. 534-539
- [4] Hájek P.: Environmentally Based Optimisation of Concrete Floor Slabs, fib-Symposium „Concrete and Environment“, Berlín 2001, str. 25-26
- [5] Hájek P. a kol.: Stropní konstrukce s vložkami z recyklovaných materiálů, kniha 86 stran, ČVUT, Praha 2000, ISBN 80-01-02274-9

Obr. 8 Instalační otvor v místě jádra
Fig. 8 Installation opening in the place of service core



Doc. Ing. Petr Hájek, CSc.
FSV ČVUT v Praze

Thákurova 7, 166 29 Praha 6
tel.: 02 2435 4459, fax: 02 3333 9987
e-mail: Petr.Hajek@fsv.cvut.cz