

KOMPARÁCIA VYĽAHČENÝCH BETÓNOVÝCH STROPNÝCH KONŠTRUKCIÍ – PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

COMPARISON OF LIGHTWEIGHT CONCRETE FLOOR STRUCTURES - CASE STUDY

doc. Ing. Bašková Renáta, Ph.D.

ABSTRAKT

Výber technológie zhotovenia vyľahčenej konštrukcie stropu prebieha zväčša vo fáze konštrukčného návrhu stavby. Vyľahčovanie vodorovných konštrukcií stavieb má priamy vplyv na zníženie stáleho zaťaženia, čím sa otvára možnosť vytvoriť a navrhnuť otvorené dispozície pre budovy aj optimalizovať základové konštrukcie. Príspevok ponúka stručný prehľad vyľahčených monolitických, prefabrikovaných aj prefa-monolitických betónových stropných konštrukcií stavieb. V príspevku sú prezentované parciálne výsledky prípadovej štúdie, v ktorej boli porovnávané vybrané varianty betónovej vyľahčenej stropnej konštrukcie z hľadiska hmotnosti aj nákladov na ich realizáciu.

Kľúčové slová: vyľahčené betónové stropné konštrukcie, hmotnosť, náklady, komparácia

ABSTRACT

The selection of construction technology in the context of lightweight ceiling structure construction mostly takes place in the designing stage of a building. A lightening of horizontal part of structures in the buildings has a direct impact on the sustained load reducing. In this manner, there is the possibility to create and design open places in buildings as well as optimizing foundation structures. The brief overview of lightweight floor structures monolithic, prefabricated or semi-prefabricated is presented in the paper. The paper also presents the partial results of a case study. Selected variants of the concrete lightweight floor structure were compared in terms of weight and cost of their fabrication.

Key words: lightweight concrete floor structures, weight, cost, comparison

1 ÚVOD

Najväčšiu hmotnosť a objem v hrubej stavbe predstavuje betón. Eliminovanie betónu vo vodorovných konštrukciách, kde nie je zo statického hľadiska potrebný, a tým zníženie nepotrebné hmotnosti, ukazuje sa ako obzvlášť účinné pre lepšiu a efektívnejšiu návrh stavby. Vyľahčené betónové stropné konštrukcie stavieb môžu byť zhotovované ako monolity, napr. trámové stropy, stropy z ľahkého betónu, stropy so zabudovanými vyľahčenými alebo dutými prvkami, alebo ako prefa-monolitické a prefabrikované stropy, zhotovené zo železobetónových alebo predpätých panelov vyľahčených najčastejšie pozdĺžnymi dutinami. Návrh technológie zhotovenia monolitickej alebo prefabrikovanej vyľahčenej konštrukcie stropu prebieha zväčša vo fáze konštrukčného riešenia stavby. Ak pre dané dispozičné a konštrukčné riešenie stavby je vhodné použiť vyľahčené stropné konštrukcie, výber optimálnej varianty technológie vždy závisí od dostupnosti informácií a od kritérií, splnenie ktorých je pre investora alebo spoločnosť rozhodujúce.

2 METODIKA RIEŠENIA

V príspevku sú špecifikované tvarové, konštrukčné a technologické varianty vyľahčených betónových monolitických aj prefabrikovaných stropných konštrukcií. Cieľom prípadovej štúdie, ktorej parciálne výsledky sú prezentované v príspevku, bolo modelovania a následná komparácia variantného konštrukčného riešenia vyľahčenej stropnej konštrukcie vybranej stavby z viacerých pohľadov: hmotnosti konštrukcie, celkovej práci výstavbových procesov, doby realizácie, nákladov na materiálne a pracovné zdroje, ako aj celkových nákladov na zhotovenie stropu. Prezentované sú výsledky komparácie viacerých konštrukčných variant vyľahčených stropných konštrukcií z pohľadu hmotnosti konštrukcií aj celkových nákladov na ich zhotovenie:

- Popis variant konštrukčného a technologického riešenia betónových vyľahčených stropných konštrukcií pre danú stavbu.
- Kvantifikácia charakteristík stropnej konštrukcie, ktoré sú predmetom komparácie a prezentácia grafického nástroja pre riešenie a analýzu citlivosti dvojkriteriálnej optimalizačnej úlohy pri zmene rozdelenia váh dôležitosti medzi požiadavku minimalizácie nákladov na zhotovenie a požiadavku minimalizácie hmotnosti výslednej stropnej konštrukcie.

3 VYĽAHČENÉ BETÓNOVÉ STROPNÉ KONŠTRUKCIE

Stropné konštrukcie rozdeľujú priestor budovy vo vertikálnom smere na jednotlivé podlažia a prenášajú všetko zaťaženie pôsobiace v týchto podlažiach do zvislých nosných konštrukcií. Okrem nosnosti konštrukcie, ktorá musí zaistiť prenos zaťaženia a tuhosť a stabilitu celých budov alebo ich častí, medzi hlavné požiadavky na stropné konštrukcie patrí: rozpätie priestoru; pôdorysná variabilita, horizontálna tuhosť objektu; hrúbka stropnej konštrukcie, plošná hmotnosť; priehyb stropu; akustické a tepelne technické vlastnosti konštrukcie; požiarne odolnosť; odolnosť proti vplyvom prostredia; životnosť a v neposlednom rade plnenie estetických funkcií. Špecifikované požiadavky predstavujú rozhodujúce kritéria pre voľbu optimálneho konštrukčného, materiálového a technologického návrhu konštrukcie stropu hrubej stavby budovy.

3.1 Variantné riešenia konštrukcie stropov

Pri návrhu konkrétnej konštrukcie stropov sú variantné riešenia vyberané na základe:

- účelu budovy a jej architektonického riešenia, estetických požiadaviek kladených na tvar a povrch stropnej konštrukcie, požiadaviek na životnosť a trvanlivosť budovy a ekonomických možností investora (pri zhotovení stropnej konštrukcie z vysokohodnotného, architektonického alebo pohľadového betónu alebo stropov s estetickou funkciou sú väčšinou vyššie náklady nielen na zabudovaný materiál a debnenie, ale aj na pracovné a kontrolné operácie a pod.),
- konštrukčno-statického riešenia: klenbové konštrukcie, doskové (plošné) konštrukcie alebo nosníkové (prútové) konštrukcie;
- konštrukčných a materiálových charakteristík: klenby, drevené stropy, keramické stropy, železobetónové (ŽB) stropy, železobetónové vložkové stropy, sklobetónové stropy, oceľové stropy, materiálovo kombinované stropy (spriahnutý oceľobetónový strop);
- uloženia: votknuté, čiastočne votknuté, proste podopreté;
- technológie zhotovovania: murované (klenby), monolitické (ŽB stropy), montované (ŽB stropy, oceľové stropy a i.), kombinované (spriahnutá ŽB doska, filigrán).

Pri návrhu betónových stropných konštrukcií, ktoré môžu byť monolitické, prefabrikované alebo prefa-monolitické (kombinované), jednosmerne alebo dvoj aj viacsmerne vystužené alebo predpäté, sa zvažujú výhody a nevýhody jednotlivých variant. Pre monolitické konštrukcie stropov je výhodou ich tvarová variabilita a biaxiálna tuhosť, na druhej strane prefabrikované stropné konštrukcie umožňujú znížiť prácnosť na stavbe, skrátiť čas výstavby, obmedziť mokré procesy s technologickými prestávkami aj minimalizovať alebo vylúčiť používanie debnenia.

Betónové monolitické, prefa-monolitické a prefabrikované stropné konštrukcie môžu byť navrhnuté v rôznych tvarových aj technologických prevedeniach [1],[2].

3.2 Tvarové varianty monolitických betónových stropných konštrukcií

Rozdelenie monolitických stropov podľa tvaru a spôsobu uloženia:

1) doskové:

- podopreté po obvode (zväčša stenami) vystužené v jednom smere alebo vo viacerých smeroch;
- lokálne podopreté (stĺpmi) s rovným podhľadom - krížom vystužené dosky so skrytými hlavicami;
- lokálne podopreté s viditeľnými hlavicami (hríbové stropy);

2) nosníkové (trámové a rebrové alebo skložezebetónové):

- monolitické *vyľahčené* železobetónové *trámové stropy* s viditeľnými trámami v jednom smere;
- monolitické *vyľahčené* železobetónové stropy s viditeľnými *trámami* v dvoch alebo viacerých smeroch (kazetové a roštové stropy);
- *vyľahčené trámové a rebrové stropy* s dodatočne zhotoveným podhľadom (zo sádkartónu a pod.);
- stropy *vyľahčené debničkami* - rebrové stropy s podhľadovou vystuženou betónovou doskou monoliticky spojenou s vlastnou konštrukciou stropu, rebrá môžu byť v jednom smere (jednosmerne vystužené stropy) alebo vo viacerých smeroch (viacsmerne vystužené stropy umožňuje biaxiálny prenos zaťaženia), kde trvalo zabudované vyľahčovacie prvky, tzv. „debničky“ (elementy, tvarovky, ...) z dreva, plastu, a pod., tvoria prvky strateného debnenia (napr. plastové gule v stropnom systéme Cobiax [3] alebo tvarovky z polypropylénu systému U-Boot Beton [4]);
- rebrové stropy vložkové s rovným podhľadom – stratené debnenie stropnej dosky je z ľahkých výplňových prvkov (keramika, pórobetón, prvky z cementotrieskových dosiek, napr. VELOX, z plastu, z EPS, napr. vložky systému Quad – Deck [5] a pod.), *zabudované vložky vyľahčujú* konštrukciu a zároveň zlepšujú iné, napr. tepelno-technické vlastnosti konštrukcie;
- skložezebetónové stropy.

3.3 Tvarové varianty prefa-monolitických a prefabrikovaných stropných konštrukcií:

Rozdelenie prefa-monolitických a prefabrikovaných betónových stropných konštrukcií podľa tvaru a konštrukčného riešenia:

1) Prefa-monolitické stropné konštrukcie (zmonolitnené železobetónové filigrany plniace funkciu strateného debnenia):

- Prefa-monolitický železobetónový strop plný;
- Prefa-monolitický železobetónový strop *vyľahčený debničkami*.

2) Prefabrikované železobetónové stropné konštrukcie doskové (do rozpätia 3 m):

- Železobetónové dosky plné;
- Železobetónové dosky *vyľahčené dutinami*;

3) Prefabrikované železobetónové stropné konštrukcie panelové:

- Plné železobetónové panely;
- Železobetónové panely *vyľahčené dutinami* [6];
- Železobetónové panely *vyľahčené keramickými vložkami* [7];
- Predpäté panely *vyľahčené pozdĺžnymi dutinami* (napr. panely Spiroll [8]);
- Predpäté panely *vyľahčené rebrami*.

Vyľahčené prefabrikované železobetónové, a predovšetkým predpäté panely, umožňujú realizáciu stropov väčších rozpätí aj únosnosti, pričom môžu byť s rovným podhľadom vyľahčené pozdĺžnymi dutinami bez použitia strateného debnenia, alebo vyľahčené rebrami bez potreby zvýšených nákladov na debnenie. Vyľahčenie monolitických železobetónových konštrukcií si vyžaduje zvýšené náklady na debnenie (trámové a rebrové stropy) alebo na materiál vyľahčujúcich prvkov strateného debnenia.

4 PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA: KOMPARÁCIA VARIANT VYĽAHČENEJ STROPNEJ KONŠTRUKCIE KONKRÉTNEJ STAVBY

Všetky porovnávané varianty stropnej konštrukcie s rozpätím 11 m boli navrhnuté na rovnaké zaťaženie v súlade s normou STN EN 1992-1-1 (73 1201) Eurokód 2: Navrhovanie betónových konštrukcií. Varianty majú rozdielnu hrúbku stropu, ktorá vyplynula zo statického návrhu. Pri riešení bola uvažovaná stropná konštrukcia od jej spodnej hrany, teda stužujúce vence neboli predmetom riešenia prípadovej štúdie. Pri všetkých variantoch stropov bol uvažovaný betón triedy C30/37, okrem stropného systému z predpätých panelov Spiroll zmonolitnených zálievkovým betónom triedy C20/25. Pre všetky konštrukčné varianty stropov bola určená potreba základného materiálu, strojov a zariadení, pracovníkov a nákladov. Pre všetky varianty stropných konštrukcií bol do celkových nákladov započítaný rovnaký zisk 15% (počítaný z celkových nákladov na mzdy, stroje, odvody a réžiu), ako aj výrobná réžia 47% a správna réžia 13% (počítané z celkových nákladov na odvody a mzdy) [9].

4.1 Charakteristika variantných návrhov konštrukčného a technologického riešenia vyľahčených stropných konštrukcií pre danú stavbu

V prípadovej štúdií boli porovnávané nasledovné stropné systémy:

1. Stropný systém Cobiax;
2. Stropný systém U – Boot Beton;
3. Stropný systém Quad – Deck;
4. Trámový monolitický strop;
5. Stropný systém z predpätých panelov Spiroll.

4.1.1 Stropný systém Cobiax

Princíp technológie Cobiax spočíva vo vytvorení špeciálnych dutín v telese stropu, čím sa docieli odstránenie prebytočného betónu, ktorý so zreteľom na statiku nie je v konštrukcii potrebný. Na vytvorenie dutín slúžia komponenty Cobiax (duté gule – obr. 1), ktoré sa nachádzajú v konštrukcii v priestore medzi spodnou a vrchnou betónovou doskou. S využitím komponentov Cobiax v konštrukcii sa docieli pokles hmotnosti stropnej dosky až o 35%. Stropný systém Cobiax je vhodný pre stropy s väčšími pôdorysnými rozmermi a estetickými požiadavkami na podhľadové plochy.

Existujú dva spôsoby vytvorenia dosky Cobiax, buď ako monolit alebo v kombinácii s prefabrikovanými časťami. V monolitickej doske sú komponenty Cobiax umiestňované na dolnú výstuž a horná výstuž je umiestnená priamo na komponenty, ktoré slúžia aj na dodržanie vzdialenosti medzi výstužami vo vertikálnom smere. Betonáž prebieha v dvoch vrstvách, aby nedošlo k vydutiu a

posunutiu gúľ. Betonáž je možné vykonať aj v celej hrúbke stropu, ale v tom prípade musia byť komponenty zaistené proti vydúvaniu. V prípade kombinácie s prefabrikovanými časťami je konštrukcia Cobiax zabudovaná vo výrobní a je dodávaná ako celok, alebo je umiestnená na prefabrikované dielce (filigrany) v mieste stavby. Pri tomto spôsobe realizácie je horná výstuž spojená s dolnou prostredníctvom S-hákov, a tým sa predchádza vydutiu komponentov Cobiax. Zmonolitnenie, t.j. betonáž dosky, je možné realizovať naraz.



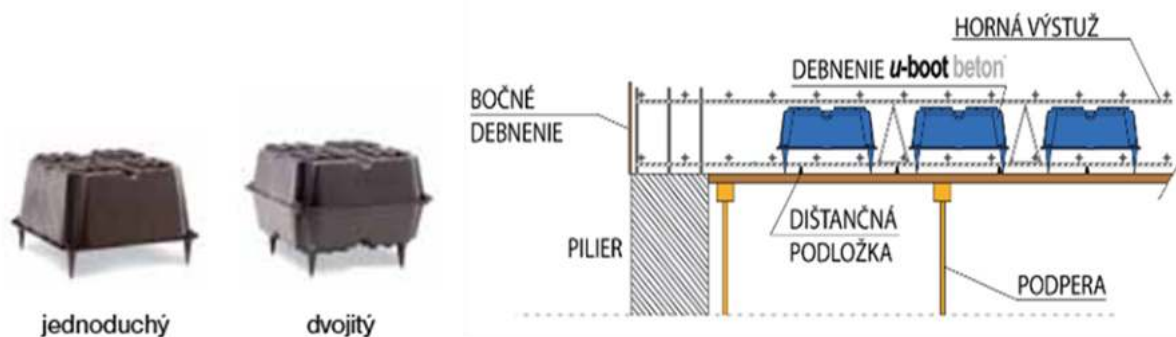
Obr. 1 Stropný systém Cobiax

V prípadovej štúdií bola navrhnutá monolitická stropná konštrukcia hrúbky 500 mm, ktorá bola určená na základe empirického vzťahu: $1/35 L_x, L_y$, teda maximum z pôdorysných rozmerov, následne sa určila aj veľkosť elementov Cobiax, konkrétne 360 mm (výška elementov s armokošom 366 mm).

4.1.2 Stropný systém U – Boot Beton

Princíp stropného systému U-Boot Beton spočíva vo vytvorení strateného debnenia prostredníctvom tvaroviek (bedničiek) z recyklovaného polypropylénu (Obr. 2a), čím sa vytvárajú dutiny v stropnej doske. Po uložení tvaroviek a následnom zabetónovaní dosky je vytvorená pravouhlá sústava rebier (Obr. 2b). Vzdialenosť jednotlivých tvaroviek je docielená prostredníctvom vymedzovacích spojok. Vyľahčením konštrukcie dochádza k zníženiu množstva betónu a výstuže v konštrukcii. Táto technológia je vhodná pre stropné dosky väčších rozmerov a s vyšším zaťažením. Všetky elementy U-Boot majú pôdorysné rozmery 520x520 mm a sú vyhotovené v rôznych výškach od 130 do 240 mm (jednoduchý element) a 260 - 560 mm (dvojitý element). Jednotlivé elementy majú podobu zrezaného ihlana a sú vybavené:

- postrannými páskami, ktoré slúžia na vhodné umiestnenie elementov,
- výstupkami na vrchnej časti, ktoré plnia dištančnú úlohu na vytvorenie dutín v železobetónovej doske,
- nožičkami, vďaka ktorým sú tvarovky zdvihnuté a je možné ich podbetónovanie.

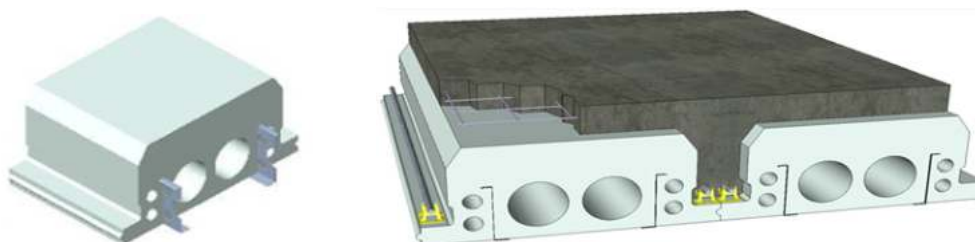


Obr. 2 a) Elementy využívané pri technológii U-Boot Beton b) Stropný systém U-Boot Beton

V prípadovej štúdií bola navrhnutá monolitická stropná konštrukcia hrúbky 500 mm. Na základe hrúbky stropu bola určená výška dvojitých elementov 360 mm s nožičkami výšky 70 mm.

4.1.3 Stropný systém Quad – Deck

Stropný systém Quad-Deck je založený na znížení hmotnosti pri použití Plastbau technológie, ktorá umožňuje vytvárať vysoko izolačné a tiež energeticky efektívne stropné systémy. Stropný systém pozostáva z polystyrénových vložiek vystužených vstavanými oceľovými priečkami z oboch strán (Obr. 3). Vložky sú vyrobené z expandovaného polystyrénu a slúžia aj ako stratené debnenie. Po zatvrdnutí betónu zabezpečujú vytvorenie rovného podhľadu. K dispozícii sú v 7 rôznych výškach od 178 mm do 318 mm, s rovnakou šírkou 610 mm. Jednotlivé vložky majú dva väčšie otvory v strede s priemerom 120 mm a štyri menšie otvory po stranách s priemerom 38 mm. Po stranách sú zaopatrené tzv. krídlami slúžiacimi na vytvorenie debnenia pre T-nosník do ktorého je umiestnená hlavná výstuž. Tieto tzv. krídla sú široké 54 mm a hrubé 51 mm. Dĺžka vložiek je max 14 m a pre každú stavbu je jednotlivo prispôsobená. Pri väčších stavbách sú panely umiestňované na nosníky.



Obr. 3 Stropný systém Quad-Deck

Prostredníctvom stropného systému Quad – Deck sú vytvárané jednosmerne vystužené, monolitické stropné dosky. Potreba betónu sa znižuje takmer o 50% a pri výstuži je to o 33% oproti tradičnej železobetónovej stropnej doske. V prípadovej štúdiu bola navrhnutá monolitická stropná konštrukcia hrúbky 445 mm, pričom horná betónová doska vystužená kari sieťou má hrúbku 127 mm.

4.1.4 Trámový strop

Trámové stropy sú únosné a využívané najmä pre veľké rozpätia. Princíp je založený na vytvorení pevného spojenia dosky s jednotlivými trámami, pričom je vytvorený prierez tvaru T. Trámy sú od seba vzdialené 1500 až 3000 mm. Trámové stropy sú náročné na realizáciu debnenia. V prípadovej štúdiu bol navrhnutý trámový strop s osovou vzdialenosťou trámov 3 000 mm. Trámy majú šírku 350 mm a výšku 900 mm (vrátane hrúbky dosky, ktorá je 150 mm).

4.1.5 Stropný systém z predpätých panelov Spiroll

Predpäté panely Spiroll (Obr. 4) sú plošné prefabrikáty vystužené pozdĺžnymi predpätými lanami a vyrábajú sa tvárniacim strojom na dlhých výrobných linkách. Panely Spiroll majú hrúbky 160, 200, 250, 265, 320, 400 mm a jednotnú skladobnú šírku 1 200 mm. Z pozdĺžneho vybetónovaného pásu sa po dosiahnutí potrebnej pevnosti betónu vyrezávajú dielce dĺžky požadovanej zákazníkom, výrobnou dokumentáciou alebo projektom. V prípadovej štúdiu boli použité panely výšky 250 mm.

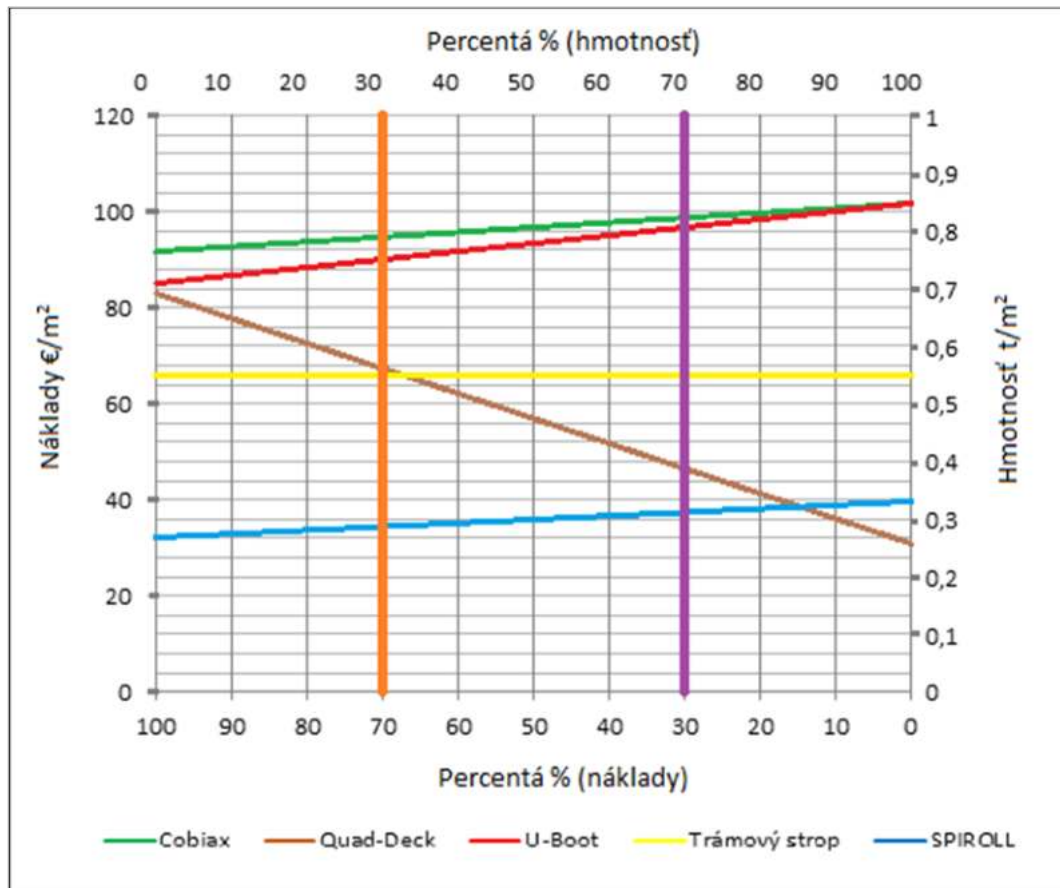


Obr. 4 Predpäté panely Spiroll

4.2 Komparácia vybraných charakteristík variantov vylahčených stropných konštrukcií

V príspevku sú prezentované parciálne výsledky prípadovej štúdie získané modelovaním a grafické zobrazenie analýzy citlivosti riešenia dvojkriterálnej optimalizačnej úlohy, kde hodnotiacimi minimalizačnými kritériami variant vylahčených stropov boli hmotnosť výslednej stropnej konštrukcie a náklady na jej realizáciu. Pre ohodnotenie vybraných charakteristík stropných konštrukcií bola zvolená kardinálna stupnica: hmotnosť je vyjadrená v t/m^2 a náklady v $€/m^2$ podlažnej plochy stropnej konštrukcie hrubej stavby (bez konštrukčných vrstiev podláh a podhládov).

Na obr. 5 je grafické znázornenie výsledkov modelovania, t.j. porovnanie variant stropných konštrukcií z pohľadu celkových nákladov na zhotovenie a hmotnosti, prepočítané na $1m^2$ pôdorysnej plochy. Na ľavej vertikálnej osi v grafe sú znázornené náklady v $€/m^2$ a na pravej strane je hmotnosť v t/m^2 . Varianty konštrukčného riešenia vylahčenej stropnej konštrukcie sú farebne odlišené. Na hornej horizontálnej osi je zobrazená stupnica (v %) pre normovanú váhu dôležitosti hodnotiaceho kritéria „minimálna hmotnosť konštrukcie“ a na spodnej osi je zobrazená stupnica (v %) pre normovanú váhu dôležitosti hodnotiaceho kritéria „minimálne celkové náklady na realizáciu stropu“.



Obr. 5 Grafické hodnotenie výhodnosti vybraných variant stropnej konštrukcie

Pri dvoj-kriteriálnej optimalizačnej úlohe je možné sledovať priamo v grafe citlivosť riešenia úlohy na zmenu váh hodnotiacich kritérií, t.j. ako sa mení poradie výhodnosti variant pri zmene váhy kritérií. Napríklad, ak váha kritéria „náklady“ je 70% a váha kritéria „hmotnosť“ 30%, je iné poradie výhodnosti variant, než pri opačnom pomere váh, aj keď pre modelované stropnú konštrukciu objektu v oboch prípadoch optimálny variant stropného systému je z panelov Spiroll. Stropný systém Quad-Deck by bol optimálny v prípade, ak kritériu „minimálna hmotnosť“ priradíme normovanú váhu dôležitosti viac ako 85%.

5 DISKUSIA A ZÁVER

Hlavnou úlohou vyľahčených stropných konštrukcií je zníženie množstva a hmotnosti zabudovaného materiálu a teda zníženie vlastnej hmotnosti stropnej konštrukcie. Súčasný stavebný trh ponúka viacero systémov vyľahčených stropných konštrukcií, výber vhodnej varianty pre konkrétnu stavbu sa robí väčšinou už v prípravnej fáze projektu výstavby. Základom pri rozhodovaní je, či je možné uvažovať iba s monolitickými alebo aj prefabrikovanými technológiami zhotovovania konštrukcií.

V príspevku sú prezentované parciálne výsledky riešenia prípadovej štúdie, zameranej na komparáciu rôznych vyľahčených konštrukčných riešení stropu z rozpätím 11 m.. Pri dvojkriteriálnom hodnotení piatich systémov vyľahčených stropných konštrukcií stropy z predpätých panelov Spiroll vykazujú oproti ostatným systémom väčšinou lepšie hodnoty, tak z pohľadu minimalizácie celkových nákladov, ako aj požiadavky znižovania hmotnosti.

Iba na základe prezentovaných výsledkov hodnotenia systémov stropov nie je možné vysloviť jednoznačný záver v prospech stropov z panelov Spiroll, aj keď rozhodne panely Spiroll majú oproti iným stropným systémom viaceré výhody. Pri výbere optimálnej varianty systému stropnej konštrukcie je potrebné zvážiť jeho silné stránky a aj to, či je možné akceptovanie slabých stránok, a či práve nedostatky stropného systému nepreklopia misky váh v prospech iných konštrukčných a technologických riešení. Napríklad, v porovnaní so stropnou konštrukciou z panelov Spiroll, debničkové monolitické systémy (Cobias a U-Boot Beton) umožňujú biaxiálny prenos zaťaženia a môžu mať lepšie povrchy pri požiadavke pohľadového betónu stropu a stropné systémy vyľahčené tepelnoizolačnými vložkami (Quad-Deck) majú lepšie izolačné charakteristiky.

Podakovanie

Príspevok predstavuje čiastkový výstup riešenia projektu VEGA – 1/0677/14 „Výskum zvyšovania efektívnosti výstavby prostredníctvom MMC technológií“, ako aj projektu ITMS: 26220120018 „Podpora Centra excelentného integrovaného výskumu progresívnych stavebných konštrukcií, materiálov a technológií“.

Použitá literatúra

- [1] Matoušková, D., Solař, J.: Pozemní stavitelství I., VŠB Ostrava 2005
- [2] Hájek, P. a kol.: Konstrukce pozemních staveb 10 – Nosné konstrukce I, ČVUT, 2002
- [3] Všeobecné informácie o systéme Cobias [online].
Dostupné na: <http://www.cobias.com/startseite> (25. 1. 2015)
- [4] Informácie o systéme U-Boot Beton Dostupné na:
<http://en.daliform.com/products/construction-division/systems-for-voided-slabs/u-boot-beton.php> (25. 1. 2015)
- [5] Informácie o systéme Quad-Deck. Dostupné na: <http://www.quadlock.sk/quad-deck-stropnyacute-systeacute.html> (25. 4. 2015)
- [6] Panely s keramickými vložkami: Dostupné na:
http://www.prefa.cz/sites/prefa.cz/files/cenik_cenik_2015mesi1.pdf (30.10.2015)
- [7] Panely Alidal. Dostupné na: <http://www.istavebnictvo.sk/clanky/novinka-roku-betonove-dutinove-stropne-panely-alidal/> (30.10.2015)
- [8] Panely Spiroll. Dostupné na: http://www.prefa.cz/sites/prefa.cz/files/down_spiroll.pdf (30.10.2015)
- [9] Fifiková, V.: Optimalizácia zdrojov v projekte výstavby, Diplomová práca, Košice: SvF TUKE, 2015 (školiťel': Bašková, R.)