

DELTA NOSNÍK A JEHO VYUŽITÍ ■ DELTABEAM AND ITS APPLICATION

Václav Vimmr

Popis ocelového prvku nazývaného Delta nosník, který je určený pro spřažené ocelobetonové průvlaky podporující různé betonové stropní desky. Nosník rozšiřuje oblast použití betonových prefabrikátů pro lokálně podporované ploché stropní desky větších rozponů. Zásady předběžného návrhu a příklady použití systému v České republice i jinde. Požární odolnost ověřená zkouškami. Zhodnocení technických vlastností Delta nosníku a jeho vliv na náklady celoživotního cyklu budov. ■ Description of a steel element called Deltabeam that is designed for composite steel concrete beams mainly supporting various concrete floor slabs. Deltabeam increases the range of applications of precast concrete elements for locally supported flat slabs of large spans. Basis of preliminary design and examples of application in the Czech Republic and elsewhere are illustrated. Fire resistance proved by tests. Evaluation of technical properties and influence of Deltabeams on life cycle costs of buildings.

Ocelový Delta nosník určený pro spřažení s betonem získává stále větší popularitu v mnoha evropských zemích. Skeletový systém využívající uvedený nosník se již několikrát úspěšně uplatnil také v České republice a není tedy bez zajímavosti se blíže seznámit s tímto druhem spřažené ocelobetonové konstrukce.

Nejdříve osvětlíme konstrukční principy spřaženého ocelobetonového systému s Delta nosníkem, spolu se základními pravidly navrhování, včetně zjednodušeného předběžného dimenzování ocelového průřezu. V závěru se pak pokusíme o objektivní technicko-ekonomické hodnocení spřažené konstrukce.

KONSTRUKČNÍ PRINCIPY A POUŽITÍ SYSTÉMU

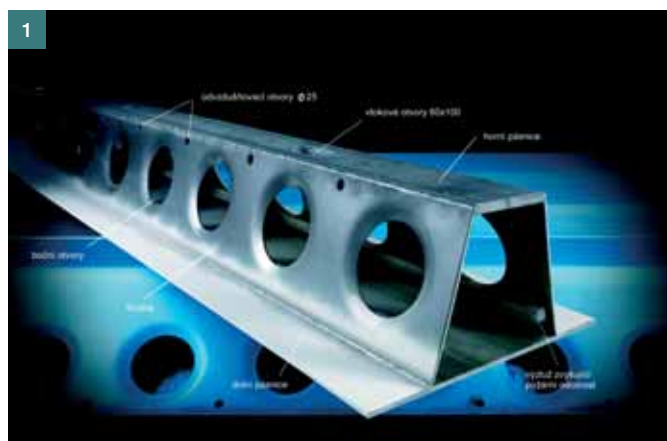
Ocelový dutý uzavřený průřez s vyčnívajícími pásnicemi na spodním lici je velmi vhodný k vytvoření spřažené konstrukce. Průřez nosníku připomíná velké řecké písmeno Δ , odtud tedy jeho název. Šikmé stojiny nosníku jsou po jeho délce vylehčeny kruhovými otvory o průměru 80 nebo 150 mm. Otvory pravidelně vytvořené v intervalu 300 mm jsou na svém obvodu prolisované dovnitř nosníku (obr. 1). Prolisy zvyšují odolnost stojin proti boulení a současně přispívají ke spřažení mezi nosníkem a monolitickým betonem. Dovnitř průřezu nosníku se v případě potřeby vkládá betonářská výztuž pro zvýšení požární odolnosti. Spolupůsobení nosníku s okolní betonovou konstrukcí se dosáhne protažením příčné výztuže bočními kruhovými otvory v nosníku a vyplněním průřezu betonem. Spodní vyčnívající pásnice tvoří tenkou přírubu, která slou-

ží k podepření různých druhů stropních desek, počínaje deskami z monolitického betonu přes spřažené (filigránské) desky až po různé průřezy plně prefabrikovaných desek (obr. 2). Nejvyššího ekonomického a konstrukčního efektu se dosáhne kombinací Delta nosníku s předpjatými dutinovými stropními panely [1]. Z obr. 1 je také zřejmé umístění otvorů pro betonáž a odvzdušnění.

Pro rekonstrukce lze použít popsaný nosník spolu s monolitickou deskou vybetonovanou na ztraceném bednění z ocelových trapézových plechů. Po vytvrdnutí betonu vznikne spolupůsobení nosníku s betonovou částí konstrukce. Spřažení zvyšuje tuhost stropní desky a může přispět i ke snížení spotřeby oceli na její vyztužení.

Ze staticko-konstrukčního hlediska může být nosník navržen jako prostý, spojitý nebo s kloubovými styky. V případě kloubových styků je třeba příslušnými opatřeními zamezit vzniku trhlin ve stropní desce. Existuje speciální boční kloubové připojení, při kterém může být na Delta nosník uložen jiný, zpravidla v kolmém směru orientovaný nosník (obr. 3).

Nosník lze vyrobit s nadvýšením, které eliminuje průhyb od vlastní tíhy stropní konstrukce (obr. 4). Rozsah použití tohoto typu nosníku je z konstrukční



Obr. 1 Delta nosník určený pro spřažení ■ Fig. 1 Deltabeam for composite systems

Obr. 2 Spřažený systém s Delta nosníkem ■ Fig. 2 Composite Deltabeam system

Obr. 3 Boční styk Delta nosníků ■ Fig. 3 Side joint of Deltabeam

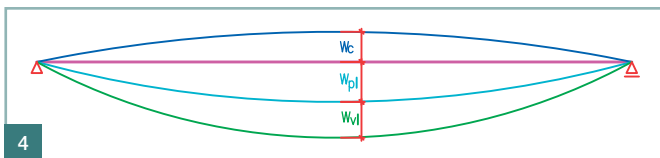
ho hlediska dán dostupností průřezů. Tvar jednotlivých průřezů je definován výškou, šířkou, velikostí přírub a případně bočním bedněním.

Průřezy nosníků mají tyto rozměrové parametry:

- výška 200 až 500 mm (D20 až D50)
- šířka spodní části uzavřeného průřezu 200 až 600 mm
- výška přírub na spodní pásnici 97,5 mm a 130 mm, pokud se nehodí tenká příruha v tloušťce spodní pásnice.

Ke krajním nosníkům analogických průřezů lze přidat boční plechové bednění v podstatě libovolného tvaru (obr. 5). Na obr. 6 je příklad obvodových nosníků zaobleného tvaru použitých při stavbě nové budovy pro Saxo Bank v severní části Kodaně.

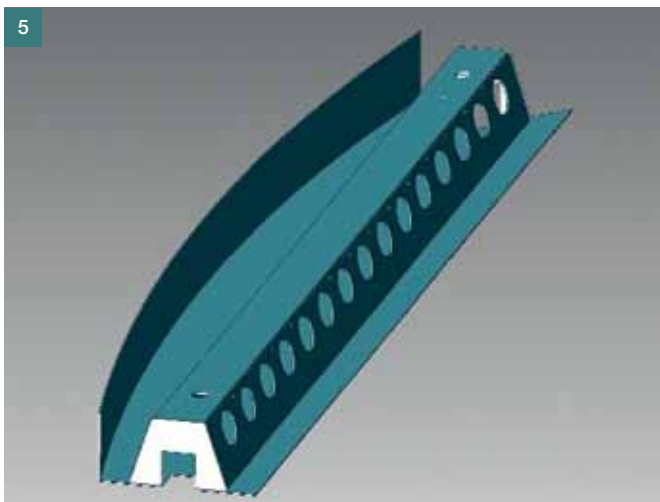
Klasickou skeletovou beztrámovou konstrukci ukazuje



4



6



5



7

Obr. 4 Průhyby Delta nosníku; W_c nadvýšení = W_{sw} ; W_{sw} – průhyb delta nosníku od vlastní tíhy stropní konstrukce; W_{pl} – dlouhodobý průhyb od stálého zatížení (bez vlastní tíhy); W_{vl} – krátkodobý průhyb od proměnného zatížení ■ Fig. 4 Deflection of Deltabeams, W_c – camber, W_{sw} – deflection of steel box due to self weight of floor structure, W_{pl} – long term deflection due to permanent loads, W_{vl} – deflection due to variable loads

Obr. 5 Obvodový Delta nosník pro obloukové zakončení stropní desky ■ Fig. 5 Edge Deltabeam for curved floor slab end section

Obr. 6 Obloukové tvary obvodových nosníků pro Saxo Bank v Kodani ■ Fig. 6 Customised curved beams for Saxo Bank in Copenhagen

Obr. 7 Plochá stropní deska z předpjatých dutinových stropních panelů a Delta nosníků pro Campus Praha Stodůlky, investor Tavaresa, a. s., architektonický návrh Architektonické studio Gama, s. r. o., Ing. arch. Zbyšek Stýblo, statika STÚ-K, a. s., Ing. Martin Vimmr, realizace Unistav, a. s., Hochtief CZ, a. s. ■ Fig. 7 Flat slabs consisting of prestressed hollow core elements and Deltabeams for Campus in Prague – Stodůlky, investor Tavaresa, Inc., architects Architektonické studio Gama Ltd., Zbyšek Stýblo, structural design STU-K, Inc., Martin Vimmr, contractor Unistav, Inc., Hochtief CZ, Inc.

Obr. 8 Nová stropní konstrukce pro Buddha Bar v Praze 1, investor CPI Group, architektonický návrh Architektonické studio Gama, s. r. o., Ing. arch. Zbyšek Stýblo, statika STÚ-K, a. s., Ing. Václav Jansta, realizace Konstruktiva Branko, a. s. ■ Fig. 8 New floor slabs for Buddha Bar Hotel in Prague 1, investor CPI Group, architects Architektonické studio Gama, Ltd., Zbyšek Stýblo, structural design STU-K, Inc., Vaclav Jansta, contractor Konstruktiva Branko, Inc.



8

Obr. 9 Únosnost vnitřních nosníků ■
 Fig. 9 Load bearing capacity of internal beams of various structural heights (D20 – Structural height 200 mm)

Obr. 10 Únosnost obvodových nosníků ■
 Fig. 10 Load bearing capacity of edge beams of various structural heights

obr. 7 z nedávné výstavby budovy pro Campus v Praze Stodůlkách, kde byla původně navržena lokálně podporovaná monolitická deska nahrazena systémem s Delta nosníkem, přičemž bylo možné odstranit některé podpory a zvětšit rozpon ve směru předpjatých dutinových panelů až na 12 m.

Příkladem úspěšného uplatnění nosníků při rekonstrukci, kdy výška stropní konstrukce byla důležitým parametrem, je přestavba objektu v Rybné ulici v Praze 1 pro Buddha Bar Hotel, kde došlo k náhradě původních stropů. Zde bylo třeba řešit množství technicko-konstrukčních problémů všeho druhu včetně omezených možností dopravy a manipulace. Jak je zřejmé z obr. 8, i pro tento projekt bylo možné, vedle prvků upravených, uplatnit také standardní prvky.

**ZÁSADY NÁVRHU
 A KONSTRUKČNÍ PŘEDPOKLADY**

Tradiční konstrukční systém spřaženého nosníku vychází obvykle z myšlenky, že betonová část je tlačena a ocelový průřez je namáhán tahem. Přenos sil mezi oběma materiály je zajištěn spřahovacími trny. Výhodou spolupůsobení je zvýšená únosnost a tuhost průřezu, což přináší úspory při volbě vhodného typu nosníku.

Delta nosník je do jisté míry progresivnější, protože horní ocelová pásnice je v případě kladných ohybových momentů tlačena spolu s betonem. Spodní ocelová pásnice s betonářskou výztuží, pokud je přítomna, je namáhána tahem. V případě záporných ohybových momentů je vystavena tlakovému namáhání spodní pásnice spolu s výplňovým betonem průřezu a horní ocelová pásnice je tažena. Podrobný výpočet a návrh včetně výrobní dokumentace zajišťuje výrobce nosníku. Návrh geometrie stropu a velikosti a působíště zatěžovacích sil předává výrobcovi osoba zodpovědná za statickou část projektu.

Při předběžném návrhu pro odhad potřebného průřezu nosníku je možné zavést tyto zjednodušující předpoklady:

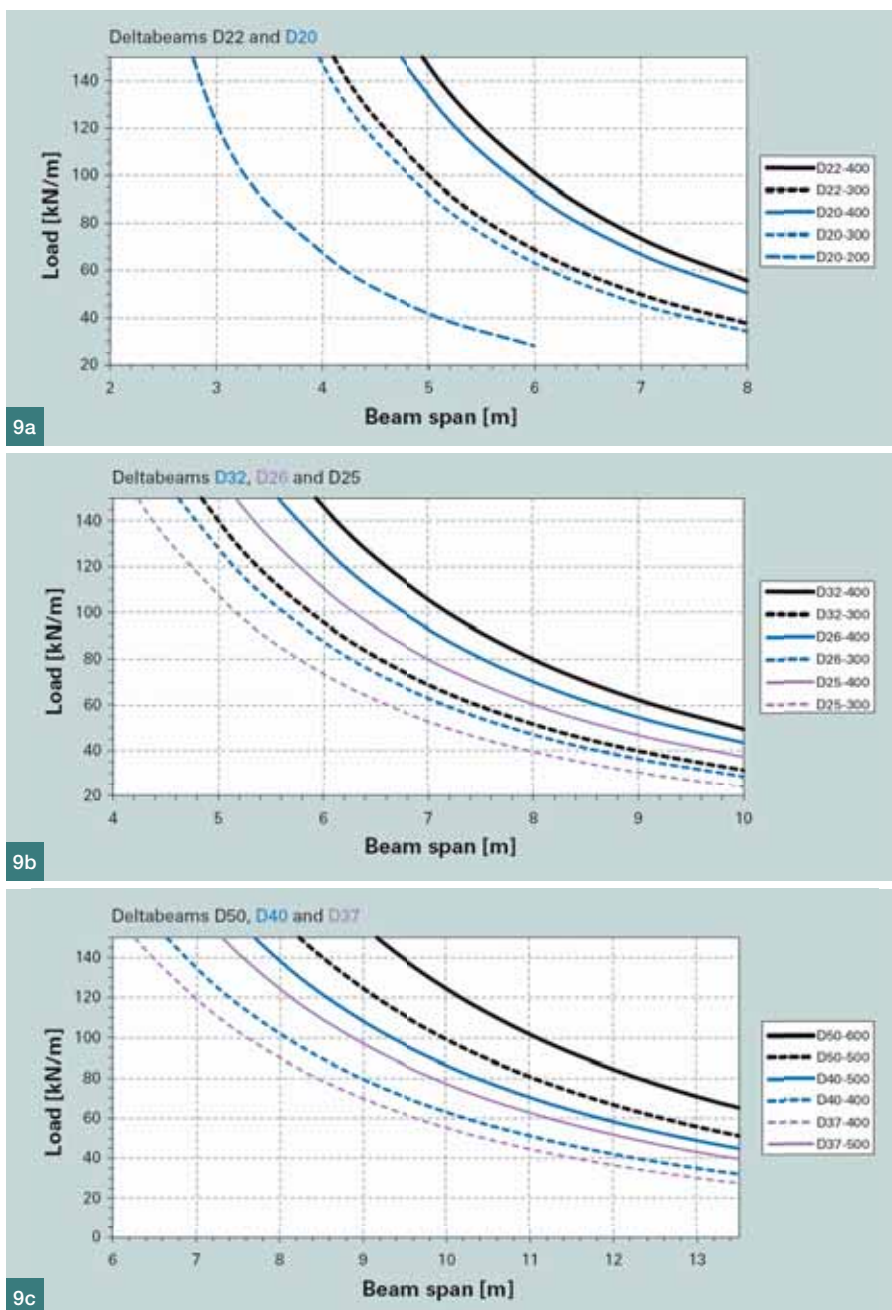
- beton se může v průřezu zanedbat,
- ohybové momenty přenáší pouze horní a dolní pásnice Delta nosníku,
- smyk se přenáší ocelovými stojinami, takže pro ohyb platí
- materiál nosníku ocel S355J2+N,
- beton třídy C25/30,
- 30% užitého zatížení tvoří statická složka,
- montážní zatížení nosníku během výstavby je 0,5 kN/m²,
- do vlastní tíhy je započítán betonový pětér nad nosníkem v tloušťce 50mm,
- spolupůsobení s dutinovými panely je zanedbáno.

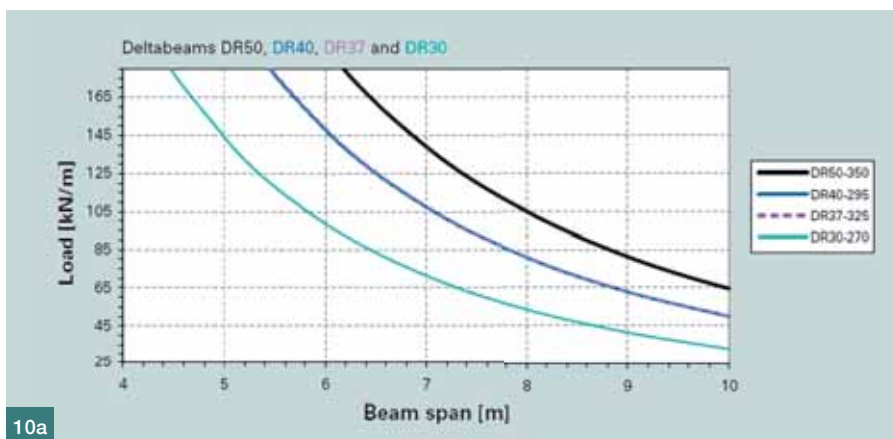
$$M_a \leq A_{sth} f_y z / \gamma_s, \tag{1}$$

kde A_{sth} je plocha horní pásnice ($\geq A_{std}$), f_y je pevnost oceli na mezi kluzu, z je rameno vnitřních sil (vzdálenost mezi těžišti horní a dolní pásnice) a γ_s je dílčí součinitel spolehlivosti pro ocel.

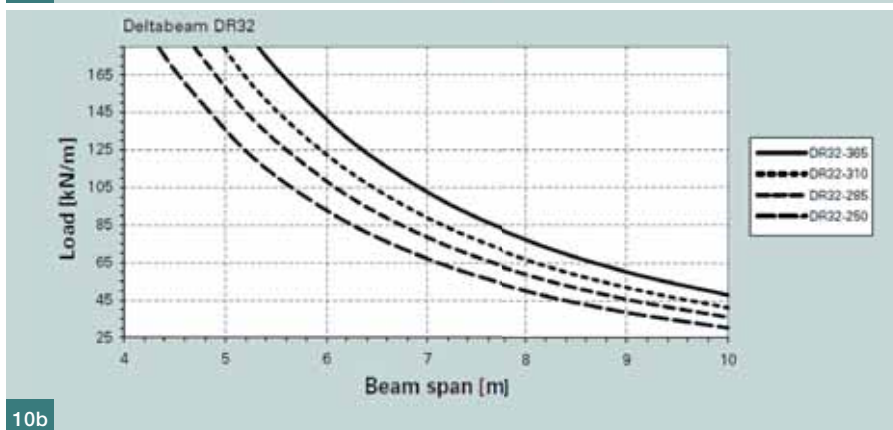
Únosnosti popisovaných spřažených prostě uložených nosníků podpírajících dutinové stropní panely převzaté z [2] jsou zobrazeny na diagramech na obr. 9 pro vnitřní nosníky a na obr. 10 pro obvodové nosníky. Křivky únosností byly vytvořeny na základě těchto předpokladů:

- Pro účel předběžného návrhu je možné ověřit předpoklady působení stropní konstrukce sestavené z dutinových panelů a Delta nosníků na diagramech (obr. 11 a 12) převzatých z [3]. Diagramy byly vytvořeny na základě diagramů z obr. 9 za předpokladů:
- jsou použity dutinové stropní dílce,
- celkové návrhové zatížení 10 kN/m²,

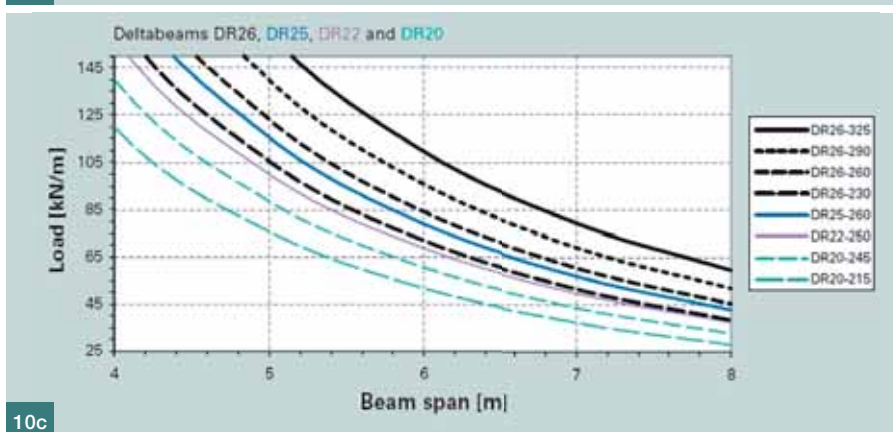




10a



10b



10c

- obr. 11 platí pro prostě podepřený vnitřní nosník,
- obr. 12 platí pro spojitý vnitřní nosník o třech polích shodné velikosti.

Při použití diagramů je třeba ověřit parametry únosnosti dutinových stropních panelů od konkrétního výrobce a respektovat vliv poddajnosti průvlaků na koncentraci účinků zatížení v oblasti podpor podle normy [4].

Pro popisovaný nosník by měla být ověřena podmínka rovnováhy v montážním stadiu, kdy jsou prefabrikované stropní dílce uloženy pouze z jedné strany nosníku a dochází tak ke kombinaci namáhání průřezu ohybem a kroucením. V případě velmi těžkých prefabrikátů může nastat potřeba ukládat dílce tak, aby zatížení na obou stranách bylo přibližně v rovnováze. Někdy je

nutné zajistit v oblasti podpor dočasné podepření nosníků proti překlopení. Vzhledem k excentricitě mezi konci stropních dílců a těžištěm nosníku je třeba věnovat pozornost momentu v příčném směru na spodní pásnici.

POŽÁRNÍ ODOLNOST

Betonářská výztuž vkládaná do průřezu nosníku se při posouzení na ULS za běžných podmínek nebere v úvahu. Uplatňuje se však při stanovení požární odolnosti. Tato výztuž se navrhuje podle požadované třídy požární odolnosti a vkládá se pouze tehdy, pokud to konkrétní situace vyžaduje. Požární odolnost byla ověřena četnými požárními zkouškami. Delta nosník může být navržen pro třídu R 180 bez jakékoliv vnější ochrany. Pouze vnější stojina obvo-

RSTAB RFEM

Vyzkoušejte naše programy
Bezplatné zapůjčení licence

RSTAB 7
Program pro výpočet prutových konstrukcí

RFEM 4
Program pro výpočet prostorových konstrukcí metodou konečných prvků

- ➔ Podpora nových evropských norem
- ➔ Různé národní přílohy
- ➔ Cena programu již od 33 450 Kč
- ➔ Česká verze včetně manuálů

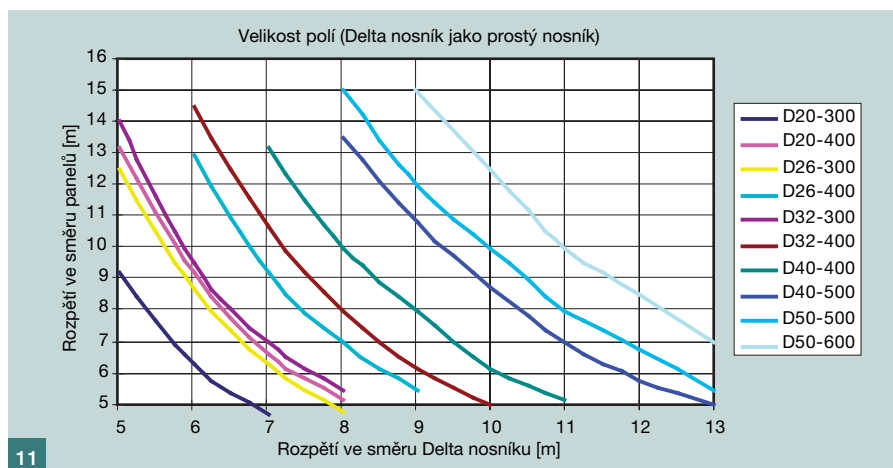
Bezplatná studentská verze

Demoverze zdarma ke stažení

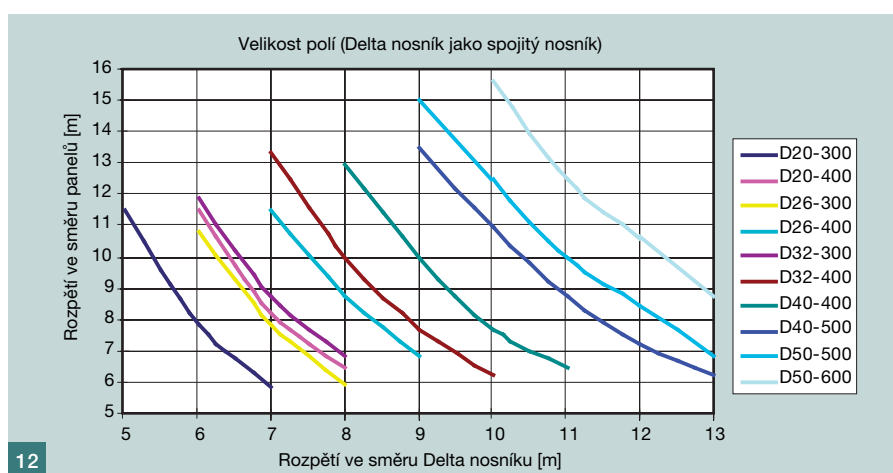
www.dlupal.cz



Ing. Software Dlubal s.r.o.
Anglická 28, 120 00 Praha 2
Tel.: +420 221 590 196
Fax: +420 222 519 218
www.dlupal.cz
info@dlupal.cz



11



12

Literatura:

- [1] Vimmr V.: The Deltabeam composite system. A big opportunity for hollow-core slabs, BFT International 11/2008
- [2] Peikko Group: Deltabeam Composite Beam, Peikko brochure 4/2007
- [3] Vimmr V.: Technical features of Deltabeams, Peikko News 2/2008
- [4] ČSN EN 1168:2005/FprA3:2011 Betonové prefabrikáty. Dutinové panely (bude vydáno 2011)
- [5] Peltonen S., Plum C. M.: Fire resistance of hollow-core slabs supported on non-fire protected Deltabeams, Peikko News 1/2010

Obr. 11 Velikost polí při prostě podepřeném nosníku ■ Fig. 11 Size of fields – simply supported beams

Obr. 12 Velikost polí při spojitým nosníku ■ Fig. 12 Size of fields – continuous beams

dového nosníku musí být ochráněna jinou konstrukcí nebo materiálem. V případě potřeby je možné zvýšit smykovou únosnost při požárním zatížení svíslými trny s rozkovanou hlavou přivařenými k horní pásnici. Účinek smyku lze prověřit použitím modelu náhradní příhradoviny. Příznivé výsledky požárních zkoušek stropních konstrukcí sestavených z nosníků a dutinových stropních panelů, které se uskutečnily v technickém výzkumném institutu v Borås ve Švédsku, lze nalézt v publikaci [5].

TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Uvedený nosník umožňuje vytvořit plochou stropní desku bez vyčnívajících trámů i z předpjatých dutinových stropních panelů. U bezhlavicových či beztrámových stropních konstrukcí eliminují sprážené nosníky problémy protlačení v oblasti sloupů.

Vysoká tuhost spráženého průřezu umožňuje poměrně velké rozpory a velkou štíhlost stropní konstrukce.

Nosníky nabízí také účinné řešení pro přenos koncentrovaných zatížení.

Vlastní hmotnost nosníku je poměrně nízká, což může být velmi výhodné při rekonstrukcích, kdy jsou omezené

možnosti použití zvedacích prostředků. Oceňuje se i možnost nestandardního bočního podepření nosníků.

Menší tloušťka stropní konstrukce ve srovnání s průvlakovým stropem umožňuje snížení konstrukční výšky podlaží a přispívá tak ke snížení nákladů na:

- obvodový plášť (menší plocha),
 - veškeré svíslé konstrukce (sloupy, stěny, příčky, výtahové šachty, schodiště),
 - svíslé rozvody TZB,
- a rovněž snižuje provozní náklady objektu v průběhu jeho životnosti vzhledem k menším kubaturám vytápěného, větraného a chlazeného prostoru a vzhledem k menším tepelným ztrátám v důsledku redukce ploch obvodového pláště.

Účelné využití Delta nosníku může vést ke snížení rozsahu výkopových prací, pokud je možné snížit konstrukční výšku podlaží.

Pokusme se odpovědět na otázku, proč jsou sprážené konstrukce s tímto typem nosníku v zahraničí tak úspěšné? Zdá se, že investoři, architekti, inženýři a stavební firmy mají více zažité komplexní ekonomické uvažování. Je často zavádějící porovnávat samotnou

cenu Delta nosníku s betonovým průvlakem, ten je samozřejmě daleko levnější. Je třeba se vždy zamyslet nad všemi výhodami, které nosník přináší, a vložit je na pomyslnou druhou miskou vah. Správnou odpověď, zda je nosník vhodný či ne, může v řadě případů přinést pouze seriózní ekonomické vyhodnocení stavby z hlediska nákladů celého životního cyklu.

ZÁVĚR

Sprážený ocelobetonový systém je výzvou a zajímavým podnětem pro práci inženýrů-statiků. Tento druh sprážené konstrukce nabízí tvarovou flexibilitu a otevírá nové možnosti použití prefabrikovaných betonových prvků, a tím zvyšuje jejich konkurenceschopnost i v oblastech, kde dosud převažovaly monolitické desky. Technická podpora, kterou výrobce projektantům a dodavatelským firmám poskytuje, usnadňuje návrh i použití systému.

Ing. Václav Vimmr, CSc.

STÚ-K, a. s.

Saveljevova 18, 147 00 Praha 4

tel.: 602 390 350

e-mail: v.vimmr@stu-k.cz

www.stu-k.cz

