

NAVRHOVÁNÍ OZUBŮ NOSNÍKŮ A DESEK S POUŽITÍM MODELŮ NÁHRADNÍ PŘÍHRADOVINY ■ DESIGN OF GERBER BEAMS USING STRUT-AND-TIE MODELS

Jiří Šmejkal, Jaroslav Procházka

Článek uvádí modely náhradní příhradoviny pro analýzu ozubů nosníků a návrh jejich výztuže. Modely náhradní příhradoviny jsou uvedeny pro všechny nejčastější typy ozubů nosníků a desek, a to s přihlédnutím k ČSN EN 1992-1-1 a DIN 1045-1. Na základě nelineárních analýz, praktických zkušeností a závěrů experimentů jsou uvedena doporučení pro návrh a vyztužení ozubů. ■ The article introduces strut-and-tie models for the analysis of Gerber beams and detailing of their reinforcement. The strut-and-tie models are described for all commonly used Gerber beams types with regard to ČSN EN 1992-1-1 and DIN 1045-1. Based on the non-linear analyses, experience and measurements, the recommendation for design and detailing of Gerber beams are given.

OZUBY NOSNÍKŮ A DESEK

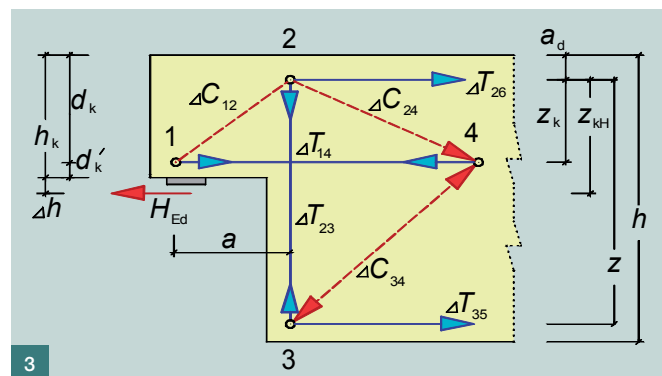
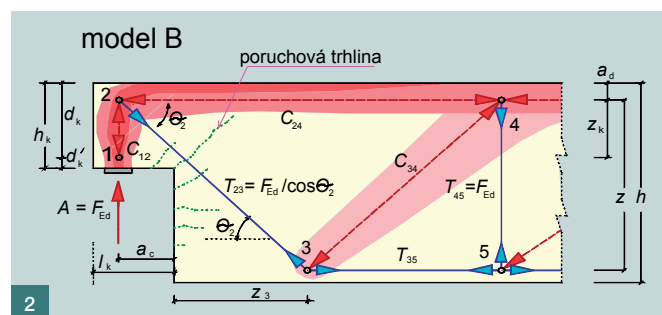
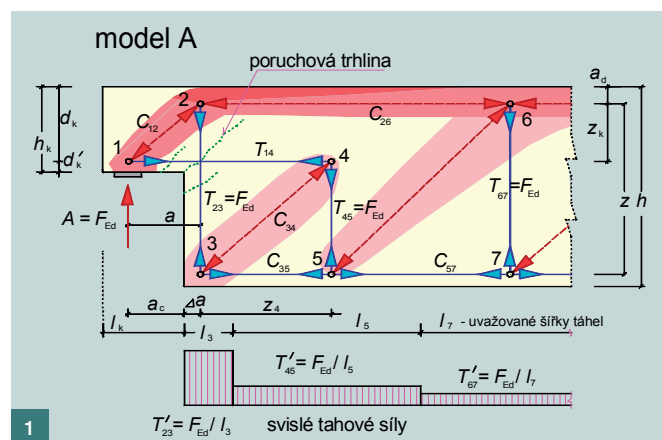
S návrhem ozubů u nosníků a desek se velmi často setkáváme u prefabrikovaných konstrukcí. Pomocí ozubů ukládáme prefabrikované nosníky na konzoly s tím, že spodní líce obou prvků jsou obvykle ve stejné úrovni. Obdobné je to i u prefabrikovaných desek ukládaných na ozuby průběžných konzol. Velmi častým případem je uložení schodišťového ramene pomocí ozubu na konzolu podesty.

I k návrhu ozubů využíváme modely náhradní příhradoviny, protože se také jedná o poruchové oblasti (D-oblasti). Ozuby na nosnících jsou principiálně stejné poruchové oblasti jako nepřímě uložené konzoly [11]. Jako nepřímě uložení ozubu chápeme napojení na vlastní plnou část průvlaku, vazníku nebo desky.

Modely náhradní příhradoviny ozubů rovněž vycházejí z geometrie vyztužení prvku. Není možné sestavit univerzální a zároveň optimální model pro výpočet ozubu. Dnes se používají dva základní modely, A (obr. 1) a B (obr. 2), které vycházejí především ze zkušeností v Německu [12]. Optimálním modelem ozubu obvykle bývá kombinace obou modelů, A a B.

Nevýhodou modelu A (obr. 1) je velké množství svislé tahové výztuže ve formě třmínků hned za lícem ozubu. Svislá výztuž není optimálně skloněna k vznikající poruchové trhlině, a je tak málo účinná na její rozvoj. Velké množství výztuže také posouvá styčník 2 dále do vlastního průvlaku, a tím prodlužuje rameno vnější síly – reakce v uložení ozubu. Předností modelu A je především možnost přenosu vodorovné síly v uložení (obr. 3).

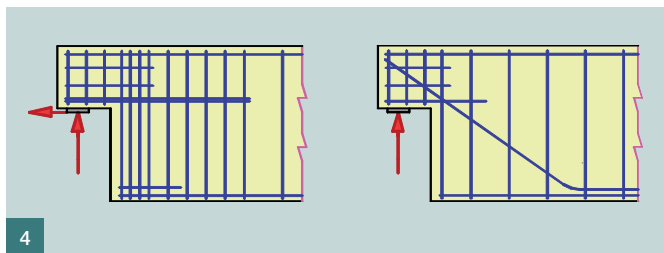
Model B má optimální umístění šikmé výztuže takřka kolmo na směr rozvoje trhlin z rohu ozubu. Šikmá výztuž je neúčinnější pro přenos zatížení z průvlaku do ozubu. Velkou nevýhodou této varianty je, že nemůže přenášet vodorovné síly z ozubu průvlaku (kinematický model náhradní příhradoviny). Pokud uvažujeme na konzolách sloupů minimální vodorovnou sílu v hodnotě $0,2 F_{Ed}$, stejně by mělo platit pro druhou stranu uložení – pro ozuby na průvlacích. Z toho vyplývá, že varianta B nemůže být nikdy použita samostatně, ale pouze v kombinaci s variantou A. Další nevýhodou varianty B je rovněž malý prostor k zakotvení šikmé tahové výztuže v horním rohu ozubu (styčník 2, obr. 2). Výztuž je obvykle nutné zakotvit pomocí kotevních desek. Pokud navrhujeme zakončení šikmé tahové výztuže ve tvaru smyček, bude kotevní oblast



větší, než u zakotvení kotevními deskami, a to změní model příhradové analogie. Vznikne další vložený styčník CTT, který bude vyžadovat další vodorovnou výztuž.

Při návrhu ozubu průvlaku je optimální vytvořit model kombinací obou uvedených modelů, A a B. Rozdělení zatížení ozubu do dvou soustav náhradní příhradoviny lze provést na základě poměru jejich tuhostí. V době zpracování návrhu výztuže ozubu však neznáme staticky nutné vyztužení ozubu a nejsme schopni věrohodně stanovit tuhosti jednotlivých modelů. Pro nalezení optimálního řešení by bylo nutné provádět poměrně komplikovaný iterační postup.

V současné době je optimálním a doporučeným postupem navrhnout každý model na 60 % celkového zatížení s tím, že vodorovné zatížení se celé přisoudí modelu A (viz [9]). Tím navrhujeme ozuby na 120 % celkového svislého zatížení, vzniklá rezerva 20 % se využije na pokrytí rozdílných tuhostí obou modelů, protože tužší model z obou bude přenášet větší část zatížení než poddajnější model.



4

Obr. 1 Základní model A pro návrh ozubu nosníku ■ Fig. 1 Basic STM A for design of Gerber beam

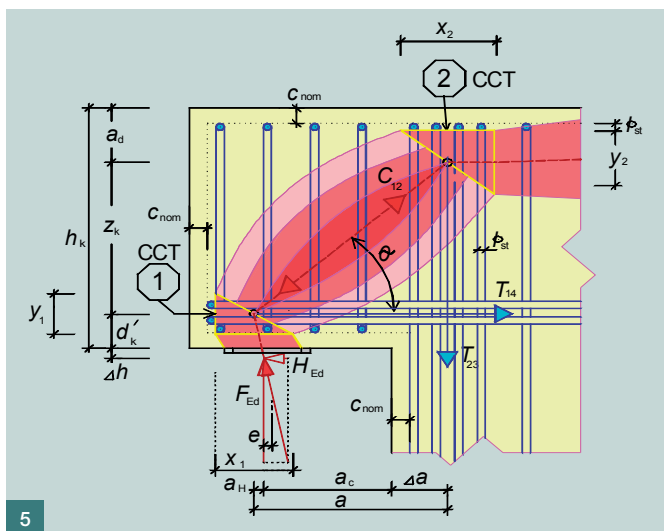
Obr. 2 Základní model B pro návrh ozubu nosníku ■ Fig. 2 Basic STM B for design of Gerber beam

Obr. 3 Model přenosu vodorovné síly ■ Fig. 3 STM for horizontal loads

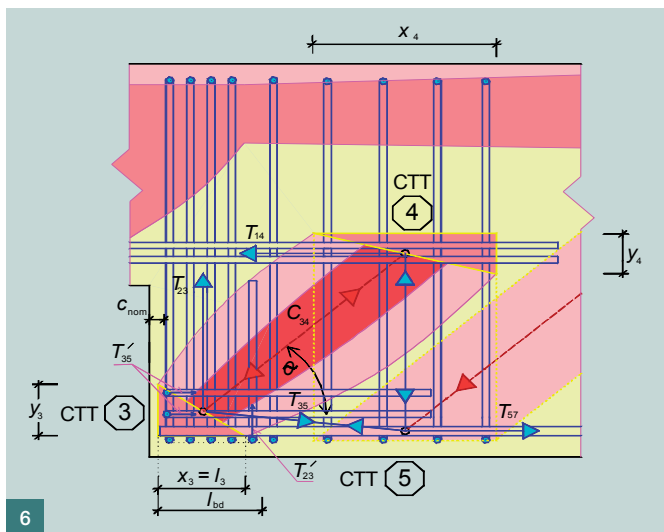
Obr. 4 Vyztužení pro návrhový model A a B ■ Fig. 4 Detailing of reinforcement for design using STMs A and B

Obr. 5 Styčníky 1 a 2 modelu A náhradní přihradoviny ■ Fig. 5 Nodes 1 and 2 of STM A

Obr. 6 Styčníky 3 až 5 modelu A náhradní přihradoviny ■ Fig. 6 Nodes 3 to 5 of STM A



5



6

Znovu je třeba připomenout, že model B nelze nikdy použít samostatně. Model A lze použít samostatně, a pokud bychom jej navrhli jako samostatný, doporučuje se vkládat konstrukční šikmou výztuž pro redukci rozvoje poruchové trhliny. Typické vyztužení modelů A a B je na obr. 4.

Ozub průvlaku je nutné navrhovat současně s konzolou, na kterou se nosník s ozubem uloží. Geometrie ozubu a konzoly si musí odpovídat a obě oblasti musí být také spolehlivě vyztužitelné. Při návrhu je nutné dořešit i velikost spár mezi jednotlivými prefabrikáty, které vycházejí z reálných výrobních a montážních tolerancí. Postup stanovení tolerancí, umístění a velikosti ložisek a další byly uvedeny v předchozím článku [11]. Dále je vhodné umístit svislé zatížení – reakci s excentricitou e (obr. 5), bližší – viz [11].

NÁVRH OZUBU NOSNÍKU PODLE ČSN EN 1992-1-1

Na začátku návrhu ozubu přiřadíme každému modelu 60 % zatížení – reakce ($A^* = 0,6 A$). V rámci optimalizace výztu-

že lze po dopočtení tuhostí rozdělení upravit s tím, že část přenášená modelem B nesmí být nikdy větší než 70 % celkového zatížení. V případě, že je nutné uvažovat síly v obou modelech současně, pak je pro rozlišení v následujících vztazích použit horní index (1) pro síly prvního modelu A a index (2) pro síly druhého modelu B.

Nejprve překontrolujeme napětí v betonu pod styčnou deskou. Návrhová mez únosnosti betonu v tlaku odpovídá styčníku CCT.

$$\sigma_c = \frac{F_{Ed}}{A_{desky}}; \quad \tau = \frac{H_{Ed}}{A_{desky}} \quad (1)$$

Parametry pro omezení napětí pod ložiskem – styčnou deskou a umístění ložiska s ohledem na okraj prvku byly uvedeny v předchozích článcích [10] a [11].

Výpočetní postup pro model A

- Stanovíme množství svislé tahové výztuže u líce ozubu. Za předpokladu $T_{23} = A^*$ obdržíme

$$A_S = T_{23} / f_{yd} \quad (2)$$

a stanovíme vyztužení třmínky. V jeho těžišti (Δa od líce) bude styčník 2 (obr. 5). Obdobně jako u nepřímo uložených konzol předpokládáme styčník 2 v oblasti uzavřené svislými třmínky [11]. Svislé třmínky se obvykle navrhují z průřezů max. 12 mm v osové vzdálenosti max. 50 mm. Pro zvýšení jejich účinnosti lze třmínky mírně sklonit směrem k ozubu [9]. To pochopitelně ovlivní i geometrii modelu.

- Stanovíme rameno a reakce A^*

$$a = a_c + \Delta a + a_H, \quad (3)$$

kde Δa je vodorovná vzdálenost těžiště navržených třmínků od bočního líce ozubu a a_H zohledňuje působení vodorovné síly $a_H = \frac{H_{Ed}}{A^*} (d'_k + \Delta h)$.

- Odhadneme rameno vnitřních sil ozubu

$$z_k = h_k - d'_k - a_d \quad (4)$$

Hodnota d'_k představuje vzdálenost mezi dolním lícem ozubu a těžištěm tahové výztuže T_{14} . Na začátku výpočtu musíme odhadnout průměr výztuže, tloušťku betonové krycí vrstvy výztuže, počet vrstev výztuže a výšku tlacivé oblasti a_d . Po stanovení síly v táhle je nutné naše předpoklady překontrolovat a případně upravit.

- Stanovíme sklon první vzpěry

$$\theta_1 = \arctan(z_k/a) \quad (5)$$

- Stanovíme sílu v první vzpěře

$$C_{12}^{(1)} = A^* / \sin \theta_1 \quad (6)$$

- Tlaková síla při horním líci ozubu

$$C_{12}^{(1)+(2)} = C_{12}^{(1)} \cos \theta_1 + C_{24}^{(2)} \quad (7)$$

je podle obr. 7 součtem tlakových sil v betonových vzpěrách obou modelů A a B. (Budeme-li uvažovat jen model A, bude $C_{24}^{(2)} = 0$.)

- Výška tlačného pásu při horním líci

$$y_2 = C_{12}^{(1)+(2)} / \sigma_{Rd,max} \quad (8)$$

kde $\sigma_{Rd,max}$ je návrhová únosnost betonu v tlaku ve styčníku CCT (viz [1] a [7]).

- Upřesníme těžiště horního tlačného pásu

$$a_d = c_{nom} - \phi_{st} - 0,5 y_2 \quad (9)$$

kde ϕ_{st} je průměr svislých třmínek u ozubu a c_{nom} je tloušťka betonové krycí vrstvy třmínek.

- Tím je daná geometrie modelu A, překontrolujeme rameno vnitřních sil z_k a sílu v první vzpěře podle vztahů (4) až (6).

- Stanovíme sílu v táhle T_{14}

$$T_{14} = \frac{A^* a + H_{Ed} (z_k + d'_k + \Delta h)}{z_k} \quad (10)$$

Táhlo provádíme obvykle ve tvaru vložených smyček ve dvou až třech vrstvách. Počet vrstev tahové výztuže opět významně ovlivňuje geometrii modelu – zmenšuje rameno vnitřních sil z_k (obr. 5). Pokud jsme při prvním návrhu neodhadli počet vrstev tahové výztuže, je nutné opět přepočítat předchozí vztahy (4) až (10).

- Překontrolujeme zakotvení výztuže táhla T_{14} ve formě smyček ve styčníku 1 a překontrolujeme zakotvení táhla – rovných prutů za styčníkem 4 (obr. 6).
- Překontrolujeme zakotvení táhla T_{23} . Třmínky musí být v tlačené části nosníku (ve styčníku 2 dle obr. 5) zakotveny v souladu s ČSN EN 1992-1-1 [1].

- Překontrolujeme zakotvení hlavní tahové výztuže nosníku ve styčníku 3 (obr. 6). Pokud by nebyla dostatečná kotevní délka l_3 daná geometrií styčníku 3, doplníme v obou směrech výztuž na síly $T'_{23} = \frac{l_3}{l_{bd}} T_{23}$ a $T'_{35} = \frac{l_3}{l_{bd}} T_{35}$, kde l_3

je šířka táhla T_{23} ve styčníku 3. Stanovení šířky táhla bylo vysvětleno v [8], l_{bd} je návrhová kotevní délka hlavní tahové výztuže ve styčníku 3.

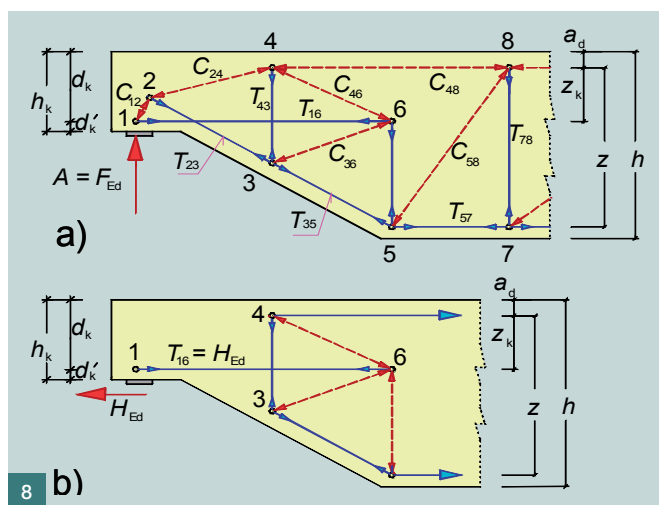
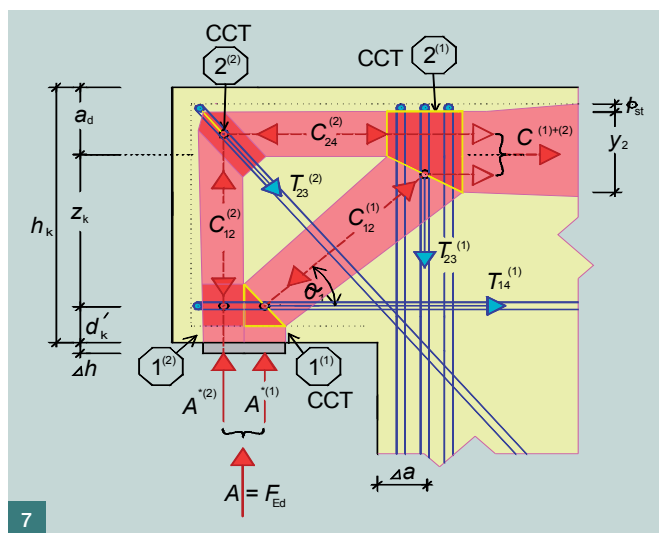
- Stanovíme výztuž v táhle T_{45} a T_{76}

$$T_{45} = T_{23} = T_{76} \quad a \quad A_s = T_{23} / f_{yd} \quad (11)$$

Z modelu náhradní příhradoviny na obr. 1 je patrné, že lze síly v uvedených táhlech uvažovat rovné reakci v uložení. Zanedbává se tím změna velikosti posouvající síly mezi hodnotou v místě uložení a mezi hodnotami odpovídajícími poloze jednotlivých styčníků.

- Stanovíme příčný tah vznikající v první vzpěře $C_{12}^{(1)}$. Na tah navrhujeme ortogonální výztuž. Pro návrh výztuže použijeme principy uvedené v [8], [10] a [11]. Do ozubu doplníme ortogonální výztuž, která splňuje následující tři kritéria:
 - konstrukční vyztužení ozubu jako nepřímo uložené konzoly,
 - ortogonální výztuž zachycující příčné tahy v betonové vzpěře,
 - svislé třmínky zachycují redukovanou posouvající sílu na ozubu βA^* , kde součinitel β lze vyjádřit $\beta = (a_c + \Delta_a - 0,5x_1) / (2(z_k + a_d))$, význam veličin podle obr. 5.

Při návrhu je vhodné posuzovat současně vzpěry obou modelů $C_{12}^{(1)}$ a $C_{12}^{(2)}$ (obr. 7).



Výpočetní postup pro model B

- Stanovíme sklon šikmé výztuže θ_2 . Optimální sklon je kolmý na poruchovou tržlinu, sklon je dán geometrií navržené výztuže. Na začátku vyjdeme ze sklonu 45° , po navržení výztuže sklon upřesníme a posouzení opakujeme se skutečným sklonem táhla T_{23} . Síla v táhle T_{23} je (obr. 2)

$$T_{23} = A^* / \sin \theta_2 \quad (12)$$

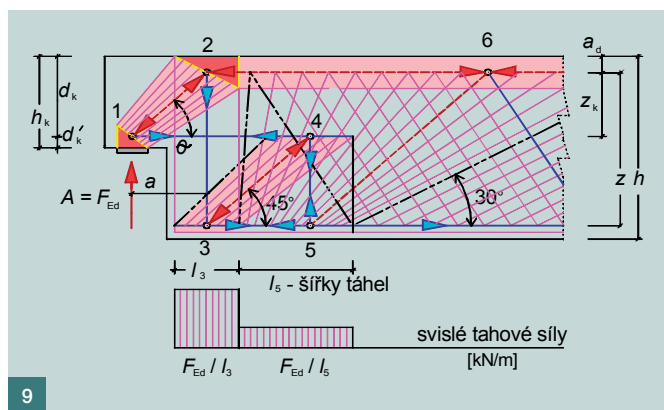
- Překontrolujeme zakotvení táhla ve styčníku 2 (obr. 2). Šikmou výztuž navrhujeme obvykle ve tvaru smyček nebo šikmého prutu kotveného nahoře pomocí kotevní desky. Táhlo zakotvíme na druhé straně přesahem s hlavní tahovou výztuží nosníku.

Velmi častým problémem u modelu B je zakotvení šikmé výztuže v horním rohu ozubu. Pokud je kotevní délka nedostatečná, můžeme využít následující řešení:

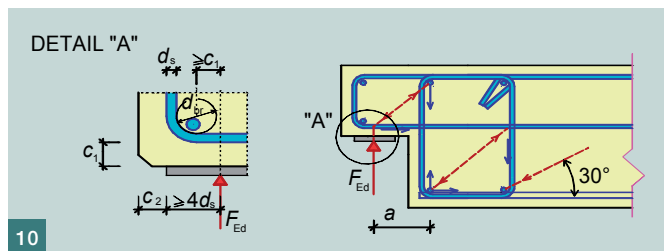
- zakotvit šikmé pruty kotevními spojkami nebo přivařenými kotevními destičkami,
- zvětšit plochu výztuže tažených šikmých prutů, tím se sníží využití výztuže a zkrátí se potřebná kotevní délka,
- zvýšit třídu betonu, tím se výrazně zkrátí potřebná kotevní délka,
- změnit poměr vynášení mezi modely A a B, posílit model A a odlehčit model B.

OZUBY NA NOSNÍCÍCH S NÁBĚHY

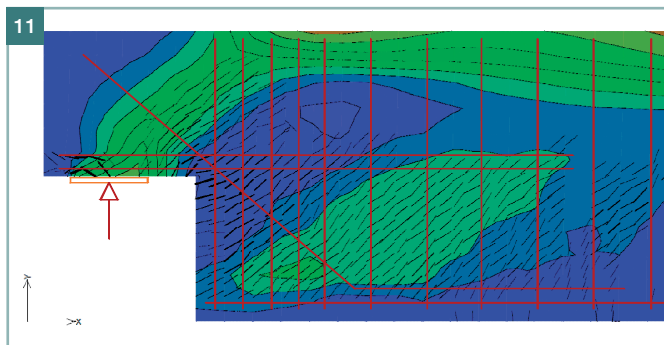
Pokud je nutné vést např. instalace v blízkosti sloupů nad spodním lícem vazníků, lze navrhnout ozub na vazní-



9



10



11

Obr. 7 Styčníky 1 a 2 kombinovaného modelu A+B náhradní příhradoviny ■ Fig. 7 Nodes 1 and 2 of composite STM A+B

Obr. 8 Model náhradní příhradoviny pro ozub nosníku s náběhem, a) model pro vertikální zatížení, b) model pro vodorovné zatížení ■ Fig. 8 STM for Gerber hanched beam, a) vertical load design model, b) horizontal load design model

Obr. 9 Model náhradní příhradoviny pro smykově nevyztužené ozub desky ■ Fig. 9 STM for plate-ledged end without shear reinforcement

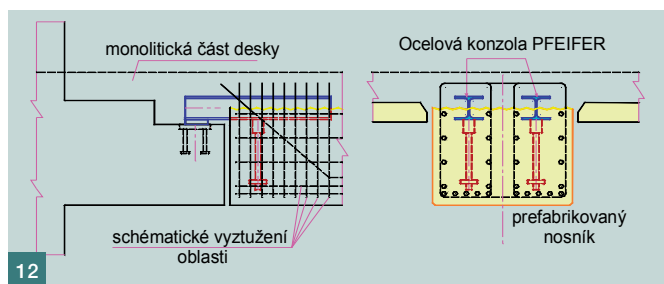
Obr. 10 Obvyklé vyztužení desky s ozubem ■ Fig. 10 Commonly used detailing of reinforcement in plate-ledged end

Obr. 11 Výsledky nelineární analýzy ozubu programem ATENA 2D ■ Fig. 11 Results of the nonlinear analysis using computer program ATHENA 2D

Obr. 12 Ocelová konzola pro řešení velmi nízkého ozubu trámu ■ Fig. 12 Steel corbel for very low-ledged end of beam

Obr. 13 Příklad použití ocelového ozubu v realizaci ■ Fig. 13 Practical example of steel-ledged end

Obr. 14 Montážní otvor v ozubu vazníku ■ Fig. 14 Assembly hole in Gerber truss beam



12

ku s náběhem. Model náhradní příhradoviny je na obr. 8. V první části na obr. 8a je uveden model pro vynášení svislé síly a na obr. 8b je model pro přenos vodorovné síly. Největším problémem je dostatečné zakotvení šikmého táhla T_{23} ve styčníku 2 a vodorovného táhla ve styčníku 1. Vzhledem ke geometrii ozubu je dostatečné zakotvení řešitelné např. pomocí přivařených kotevní destiček. Uvedené řešení je velmi citlivé na realizaci a návrh těchto prvků vyžaduje značné zkušenosti v oblasti prefabrikovaných konstrukcí.

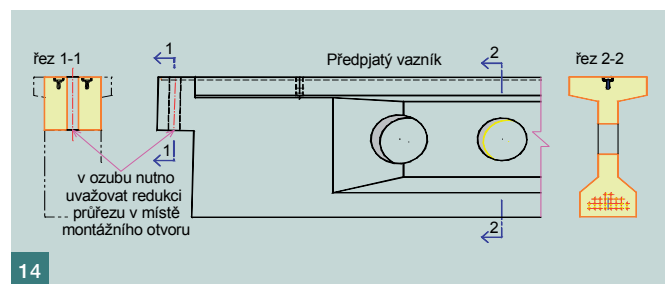
OZUBY DESEK A SMYKOVĚ NEVYZTUŽENÉ OZUBY

Prefabrikovaná schodišťová ramena se svými ozuby nejčastěji ukládají na průběžné konzoly podest. Obdobně lze ukládat i výměny mezi prefabrikovanými stropními deskami. Ozuby desek (obr. 9 a 10) odpovídají průběžným nepřímým uloženým konzolám, které byly analyzovány v [11]. Ozuby desek obvykle nemívají smykovou výztuž. To je možné, pouze přebírá-li veškeré zatížení tlakové a tahové napětí v betonu. Vzhledem k velikosti ozubu nelze umístit ložisko ani dostatečně daleko od kraje prvku [10]. Při napětí pod styčnou deskou do hodnoty $\sigma \leq 0,08 f_{ck}$, může být styčná deska – ložisko posunuto blíže k okraji než u klasického ozubu (obr. 10). Její umístění je omezeno minimální vzdáleností jejího okraje od hrany konzoly a minimální vzdáleností působíště zatížení od vnitřního poloměru ohybu svislého třmínku. Pokud uvažujeme roznašení v betonové krycí vrstvě pod 45°, tlačaná betonová diagonála zasahuje až k lici ozubu a není ovinuta výztuží jako u ozubů na nosnících. Předpokládá se tedy, že příčná tahová napětí v betonu nepřekročí pevnost betonu v tahu. Z tohoto důvodu také není nutné navrhovat svislou a vodorovnou třmínkovou výztuž průběžného ozubu.

Při návrhu průběžného ozubu je nutné navrhnout tažnou výztuž při dolním lici a přezkontrolovat únosnost tlačné betonové diagonály s tím, že vznikající příčné tahy musí spolehlivě přenést beton v tahu. Styčník 2 (resp. 3) se jako u nepřímých konzol předpokládá pod (resp. nad) těžištěm podélné výztuže (obr. 10). Z polohy styčníků vyplý-



13



14

vá geometrie modelu a sklon první tlačené betonové diagonály θ . Pro nevyztužené části lze uvažovat sklon druhé tlačené diagonály $\theta = 45^\circ$ a dalších betonových diagonál $\theta = 30^\circ$ (oblast B). Při vyztužení oblasti je třeba pamatovat na to, že tato výztuž ovlivňuje sklon tlačené betonové diagonály. Pro zjednodušení návrhu můžeme stanovit únosnost ve smyku průběžného ozubu jako smykem namáhané desky. Návrh odpovídá průběžné, nepřímě uložené konzole [11].

DALŠÍ METODY NÁVRHU OZUBU NA PRŮVLAKU

Nejnámější metody návrhu vycházejí z normy DIN 1045-1 [5], která metodikou návrhu odpovídá ČSN EN 1992-1-1 [1]. V některých kritériích a návrhových postupech se metodiky odlišují. Všechny metody však uvažují modely náhradní příhradoviny, které odpovídají výše uvedeným modelům A nebo B. Metody se odlišují od výše uvedeného výpočetního postupu kritérii platnosti použití a definicí polohy jednotlivých styčníků.

Při srovnání vychází nejbližší k ČSN EN 1992-1-1 metody prof. Reinecka [2]. Mezi další metody návrhu lze uvést metodu podle DAfStb Heft 525 [7] a podle DAfStb Heft 430 [6].

Výsledky různých návrhových metod se mohou významně lišit. Především je nutné používat při návrhu celého nosného prvku pouze jednu návrhovou metodu včetně všech vstupních a výstupních hodnot a všech konstrukčních ustanovení. To platí zejména při použití speciálních zabudovaných prvků nebo firemních programů.

V předchozí normě ČSN 73 1201 se používala metoda návrhu s předpokládaným průběhem poruchové trhliny [11]. Metoda nepřináší ve srovnání s metodami náhradní příhradoviny žádné výhody.

Pro návrh ozubu lze použít i nelineární výpočetní metody. Například ozub lze úspěšně navrhnout pomocí programu ATENA (obr. 11). Pro návrh je nutné znát nejen geometrii oblasti, ale i polohu a množství výztuže. Toho lze dosáhnout iteračním způsobem. Přitom je nutné si uvědomit, že výsledky jsou velmi citlivé na zadané materiálové vlastnosti betonu. Návrh je tedy možné realizovat pouze při úzké spolupráci s firmou, která bude prvek vyrábět, nebo všechny požadované materiálové vlastnosti předepsat ve výrobní specifikaci.

SPECIÁLNÍ VÝZTUŽ PRO PREFABRIKOVANÉ NOSNÍKY A TT-DESKY

Výztuž ozubů prefabrikovaných prvků je poměrně složitá a vyžaduje velmi pečlivé provedení. Pro zjednodušení někdy komplikovaného vyztužení je možné použít speciální ozuby dodávané firmami zaměřenými na výrobu výztužných prvků.

Jedná se v zásadě o dva typy ozubů. První typ řeší namáhání ozubu ocelovým svařencem, který se zabuduje do prvku s příslušnou staticky nutnou a konstrukční výztuží. Druhým typem je ocelový ozub, který řeší únosnost vlastního ozubu ocelovým HEA nosníkem (obr. 12 a 13). Svislou tahovou výztuž nahrazuje přivařeným výztužným prutem většího průměru, který je při spodním lici opatřen přivařenou kotevní deskou. To výrazně zjednodušuje vyztužení kraje prefabrikovaného prvku u ozubu. Oba zabudované prvky byly navrženy v Německu a jejich návrh je proveden podle DIN 1045-1 [5].

ZÁVĚR

Ozuby průvlaků a desek obdobně jako konzoly představují z hlediska bezpečnosti a spolehlivosti konstrukce velmi

Literatura:

- [1] ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI 2006
- [2] Reineck K. H.: Modellierung der D-Bereiche von Fertigteilen. BetonKalender 2005, Ernst & Sohn, A Wiley Company, 2005, ISBN 3-433-01670-4
- [3] Hottmann U. H., Schäfer K.: DAfStb Heft 459 Bemessung von Stahlbetonbalken und Wandscheiben mit Öffnungen, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1996
- [4] Narayanan R. S.: Eurocode 2, Worked Examples, Camberlay, 05/2008
- [5] DIN 1045-1(08/2008) Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 1: Bemessung und Konstruktion. DIN Deutsches Institut für Normung s. V. Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [6] DAfStb Heft 430 Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2002
- [7] DAfStb Heft 525 Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2003
- [8] Šmejkal J., Procházka J.: Navrhování s použitím modelů náhradní příhradoviny, Beton TKS 6/2009
- [9] Bachmann H., Steinie A., Hahn V.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau, BetonKalender 2009, Ernst & Sohn, A Wiley Company, 2009, ISBN 978-3-433-01854-5
- [10] Šmejkal J., Procházka J.: Navrhování konzol s použitím modelů náhradní příhradoviny, Beton TKS 5/2009
- [11] Šmejkal J., Procházka J.: Navrhování nepřímě uložených a složených konzol s použitím modelů náhradní příhradoviny, Beton TKS 1/2010
- [12] Schlaich J., Schäfer K.: Konstruieren im Stahlbetonbau, BetonKalender 2001, Ernst & Sohn, A Wiley Company, 2001

významný prvek. Proto je nutné jejich návrhu věnovat maximální pozornost. Na dokumentaci pro ozuby je nutné uvádět všechny závazné parametry a předpoklady, které jsou při návrhu použity. Velmi vhodné je např. uvádět nejen tloušťku betonové krycí vrstvy výztuže, ale i maximální toleranci v uložení rozhodující výztuže – maximální betonové krytí.

Pro správný návrh je dobré znát i výrobní postup realizace prefabrikátu s ozubem. Důležité je znát např. polohu a velikost montážního otvoru pro zakotvení prvku po uložení (obr. 14). Montážní otvor ani po pečlivém vyplnění vhodnou zálivkou nelze uvažovat jako plnohodnotnou součást ozubu.

Při návrhu ozubu je nutné po dokončení výpočtu a nakreslení výztuže ověřit předpokládanou geometrii modelu náhradní příhradoviny. Vzhledem k tomu, že se při prvním návrhu dá velmi špatně dostatečně přesně odhadnout. všechny veličiny, které ovlivňují geometrii modelu, je obvykle nutné provést nové posouzení s upřesněnou geometrií modelu. Pro návrh ozubů by měla být vždy používána výztuž s vysokou duktilitou – třídy B nebo C.

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR 103/08/1533

Ing. Jiří Šmejkal, CSc.

ŠPS statická kancelář

Lísková 10, 312 16 Plzeň

tel.: 739 613 929, mob.: 602 461 064

e-mail: jiri.smejkal@email.cz



Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.

Odborná společnost pro vědu, výzkum

a poradenství ČSSI

Komornická 15, 160 00 Praha 6

tel.: 222 938 907, mob.: 602 825 789

e-mail: proch.jar@volny.cz

