

NAVRHOVÁNÍ NEPŘÍMO ULOŽENÝCH A SLOŽENÝCH KONZOL S POUŽITÍM MODELŮ NÁHRADNÍ PŘÍHRADOVINY ■ DESIGN INDIRECT SUPPORTED AND COMBINED CORBELS WITH STRUT-AND-TIE MODELS

Jiří Šmejkal,
Jaroslav Procházka

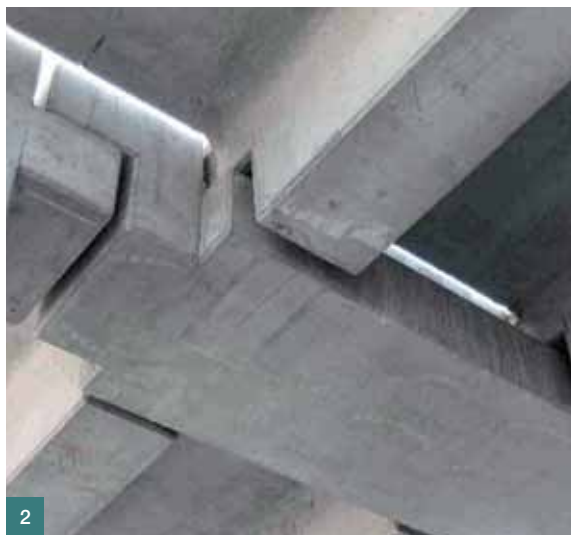
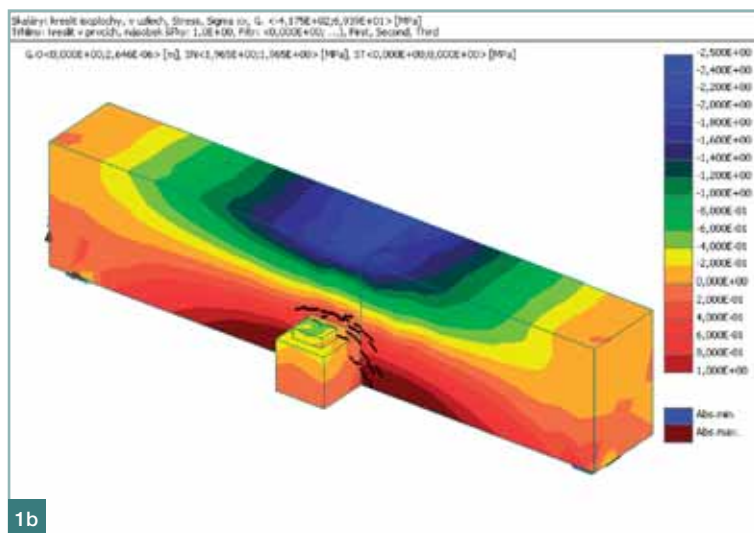
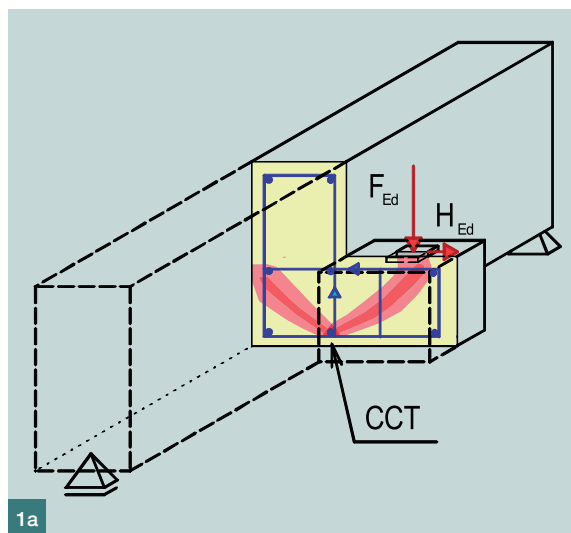
Článek uvádí modely náhradní příhradoviny pro analýzu nepřímo uložených lokálních a průběžných konzol a vícenásobných konzol. Doporučení pro jejich vyztužení jsou uvedena na základě nelineárních analýz, praktických zkušeností a závěrů experimentů. Návrhové modely náhradní příhradoviny vycházejí z ČSN EN 1992-1-1, DIN 1045-1 a dalších odborných publikací. V závěru je zhodnocen vliv nepřesností při výrobě a montáži prvků s konzolami. ■ The article introduces strut-and-tie models for the analysis of indirect supported local and continuous corbels and composite corbels. Based on the non-linear analyses, experiences and measurements, the recommendation for their detailing are given. The strut-and-tie design models are based on ČSN EN 1992-1-1, DIN 1045-1 and other special publications. The influences of production and assembling inaccuracies of the elements with corbels are evaluated in the end of the article.

NEPŘÍMO ULOŽENÉ KONZOLY

Konzoly mohou být z hlediska jejich poměrného vyložení krátké nebo dlouhé. Z hlediska zatížení mohou být konzoly přímo nebo nepřímo zatížené a z hlediska napojení na konstrukci mohou být uloženy přímo (konzoly přímo uložené) nebo mohou být zavěšené (konzoly nepřímo uložené). Principy návrhu přímo uložených konzol byly uvedeny v [7].

Nepřímo uložené konzoly (zavěšené konzoly) jsou z hlediska návrhu složitější než přímo uložené. Nepřímo uložené konzoly mohou být umístěny např. při spodním líci trámů (obr. 1) nebo mohou být průběžné (obr. 2) nebo vícenásobné (obr. 3). Způsob uložení zavěšené konzoly velmi zásadním způsobem mění geometrii modelu náhradní příhradoviny.

Na obr. 4 jsou zobrazeny nejčastější případy, kdy těžiště opření tlačené diagonály se uvažuje v těžišti krajní podélné výztuže podporujícího prvku. Zatížení konzoly se přenáší hlavní tlačnou betonovou diagonálou do styčníku 1, který je oproti přímo uložené konzole posunut do oblasti uzavřené výztuží podporujícího prvku (obr. 5). Ve styčníku 1 se setkává



vají dvě betonové vzpěry a jedno táhlo. Jedná se o styčník CCT [6], ve kterém se uvažuje pevnost betonu porušeného trhlinami. Táhlo představují přilehlé větve třmínků, které vynášejí zatížení k hornímu líci podporujícího prvku (proto se někdy uvádí zavěšená konzola místo nepřímo uložené konzoly). Třmínky podporujícího prvku tedy musí přenést nejen tahy od posouvající síly a kroucení podporujícího prvku, ale navíc i tah ze styčníku 1 odpovídající zatížení na konzole.

Posunutím styčníku 1 do oblasti za třmínkovou výztuž podporujícího prvku se výrazně zkracuje rameno vnitřních sil a prodlužuje rameno vnější síly. Z tohoto důvodu jsou nepřímo uložené konzoly především konzoly dlouhé (viz [7]). Umístění styčníku 1 vychází z předpokladu zakotvení tažené větve třmínku pomocí podélné krajní výztuže podporujícího prvku [1]. Vzhledem k opření tlakové diagonály lze bezpečně předpokládat, že styčník CCT je umístěn v krajní podélné výztuži podporujícího prvku v úrovni jejího horního povrchu (obr. 5a, b). Pokud je podporující prvek namáhán ohybem a v místě uložení konzoly dojde k rozvoji trhlin v oblasti tažené podélné výztuže, doporučuje se redukovat pevnost betonu v místě styčníku 1.

Nosníky s nepřímo uloženou konzolou mají nejčastěji tvar L průřezu nebo obráceného T průřezu (v místě konzoly). U těchto podporujících nosníků se musí vynášet zatížení z konzoly k hornímu líci nosníku. U oboustranných konzol se symetrickým zatížením se obvykle vynášející výztuž stanoví z celkového svislého zatížení konzol ($\Delta T_t = F_{Ed}$) a přidá-

vá se ke standardní smykové výztuži. U jednostranných konzol nebo u nesymetricky zatížených konzol se stanoví přírůstek tahu ve svislých třmínkách v místě konzoly podle vztahu (obr. 4):

$$\Delta T_t = F_{Ed} \left(1 + \frac{a}{b_b} \right), \quad (1)$$

kde ΔT_t je přírůstek tahové síly v přilehlé větvi svislého třmínku od zatížení konzoly, a rameno vnější síly F_{Ed} a b_b osová vzdálenost větví svislých třmínků.

Uvedená hodnota vychází z předpokladu přenesení síly F_{Ed} do bližší větve svislých třmínků, kde z momentové rovnováhy vodorovného řezu celým prvkem v úrovni horního líce konzoly k těžišti této větve stanovíme tlakovou sílu ΔF_c působící na opačné straně průřezu než je konzola (obr. 4). Podle [13] je vztah pro více vyložené konzoly (pro které platí $a/b \geq 0,5$) velmi konzervativní a lze jej upravit na vztah:

$$\Delta T_t = F_{Ed} \left(\frac{5}{8} + \frac{3a}{4b_b} \right), \quad (2)$$

Pro vztah (2) je nutným předpokladem splnění podmínek:

- výška konzoly je výrazně menší než celková výška průřezu podporujícího prvku,
- pro vyložení konzoly platí $a/b \leq 0,5$.

Do hodnoty vyložení konzoly $a/b \geq 0,5$ platí $\Delta T_t = F_{Ed}$.

Srovnání obou vztahů je na obr. 6 (převzato z [4] a [13]). Pro konzolové pásy se doporučuje užívat konzervativní vztah (1).

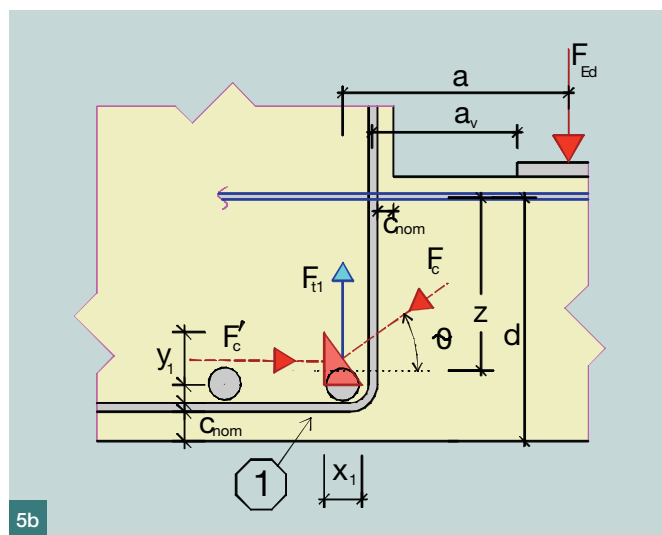
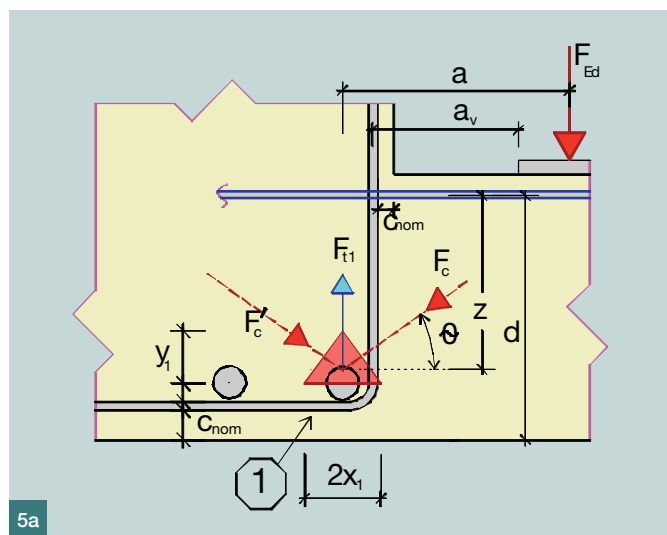
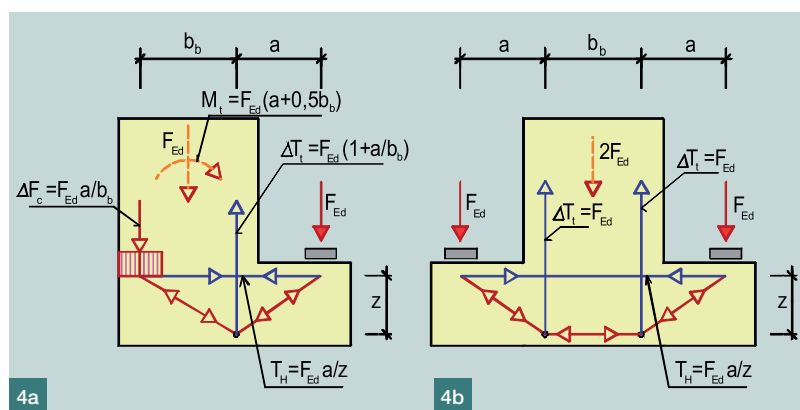
Obr. 1 a) Konzola nepřímo uložená na nosníku, b) konzola nepřímo uložená na průvlaku, nelineární analýza programem ATENA ■ Fig. 1 a) Indirect supported corbel on the beam, b) indirect supported corbel on the beam, nonlinear analysis by ATENA program

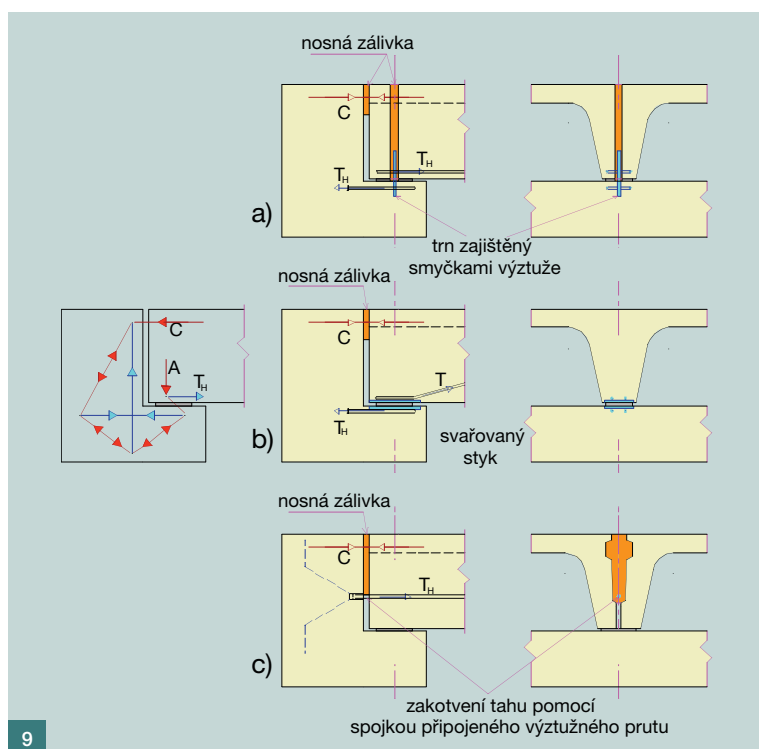
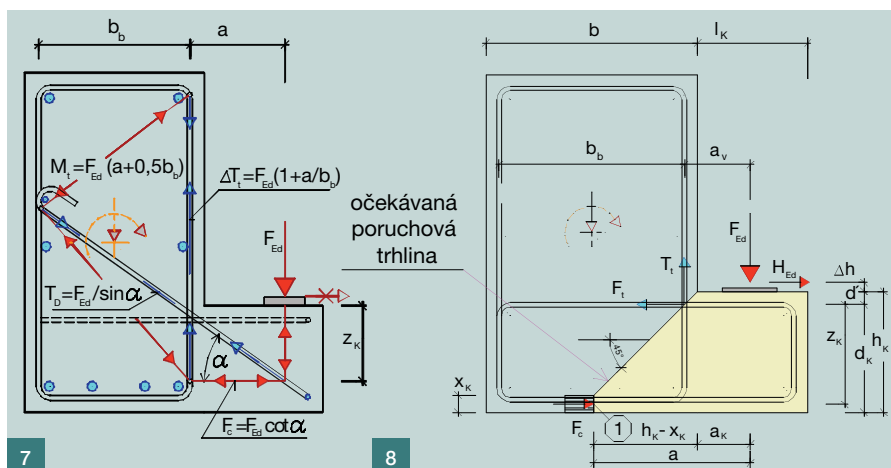
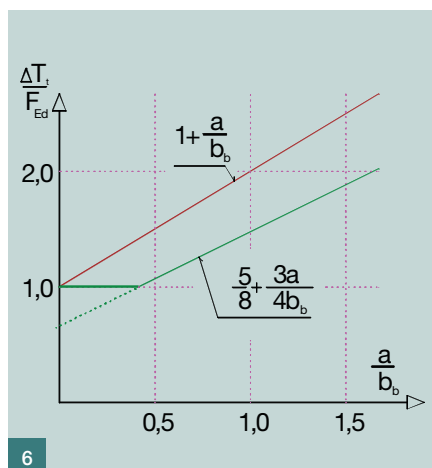
Obr. 2 Spojitá, nepřímo uložená konzola ■ Fig. 2 Continuous indirect supported corbel

Obr. 3 Nepřímo uložená vícenásobná konzola, pohled zdola ■ Fig. 3 Indirect supported combined corbel, bottom view

Obr. 4 Nepřímo uložená konzola – model náhradní příhradoviny, a) jednostranná konzola, b) oboustranná konzola ■ Fig. 4 Indirect supported corbel – S&T model, a) one side corbel, b) both sides corbel

Obr. 5 Nepřímo uložená konzola, a) jednostranná konzola – styčník 1 – CCT, b) oboustranná konzola – styčník 1 – CCT ■ Fig. 5 Indirect supported corbel, a) one side corbel – nodal point 1 – CCT, b) both sides corbel – nodal point 1 – CCT





Obr. 6 Přírůstek tahové síly v krajní větvi třmínku v závislosti na poměrném vyložení konzoly ■ Fig. 6 Relation between tension force increase outside stirrup arm and corbel overhang

Obr. 7 Model náhradní příhradoviny s šikmým výztužným prutem ■ Fig. 7 The S&T model with inclined reinforcing prutem

Obr. 8 Model pro návrh nepřímo uložené konzoly – metoda poruchové trhliny ■ Fig. 8 Design model for indirect supported corbel – failure crack method

Obr. 9 Redukce kroucení průvlaku s nepřímo uloženou konzolou ■ Fig. 9 Torsion reduction of the beam with indirect supported corbel

Obr. 10 a) Spojitá nepřímo uložená konzola pro uložení schodišťového ramene, b) spojitá konzola desky, platí pro napětí pod styčnou deskou $\sigma \leq 0,08 f_{ck}$ ■ Fig. 10 a) Continuous indirect supported corbel for placing of stairs arm, b) continuous corbel band of the plate, only for $\sigma \leq 0,08 f_{ck}$

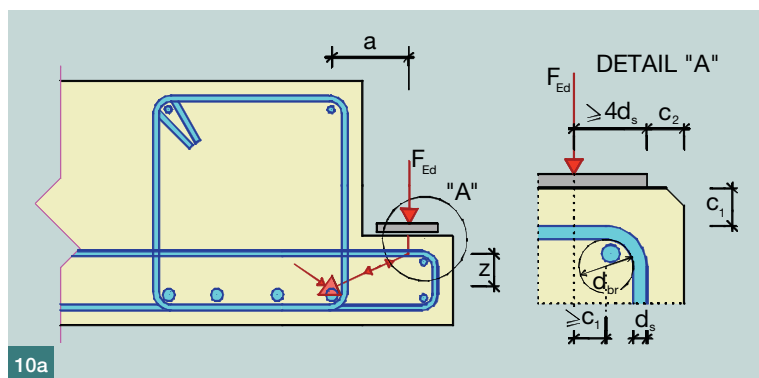
POSTUP NÁVRHU NEPŘÍMO ULOŽENÉ KONZOLY PODLE ČSN EN 1992-1-1

Základní model pro návrh nepřímo uložené konzoly podle ČSN EN 1992-1-1 [1] je na obr. 4.

Návrh vnitřních sil u nepřímo uložené konzoly vychází obdobně jako u přímo uložených konzol [7] z podmínky rovnováhy ve styčníku 1 ve svislém směru (obr. 5). Odtud stanovíme šířku tlačené oblasti x_1 v těžišti krajní podélné výztuže podporujícího prvku. Z momentové rovnováhy ve styční-

ku 1 stanovíme výšku tlačené oblasti y_1 . V dalším stanovíme rameno vnitřních sil z a rameno vnějších sil a . Z jejich poměru dopočteme sklon tlačené diagonály θ . Hlavní tahovou sílu stanovíme z rovnováhy ve vodorovném směru ve styčníku 2. Z rovnováhy ve svislém směru stanovíme tlakovou sílu v betonové diagonále.

Jako u dlouhé konzoly je nutné navrhnout svislé třmínky v oblasti mezi lícem podporujícího prvku a vnitřním lícem styčné – ložiskové desky. Při návrhu použijeme vztahy uve-



dené v [6] a [7]. Obdobně jako u přímo uložené konzoly je doporučeno uvažovat s vodorovnou silou minimální velikosti $H_{Ed} = 0,2 F_{Ed}$.

Nepřímo uložená konzola představuje rámový roh s kladným působením ohybového momentu (rámové rohy viz následující kapitoly). Při návrhu rámových rohů se doporučuje vkládat šikmou výztuž, která je účinnější pro redukci vznikající poruchové trhliny než soustava ortogonální výztuže. Stejný princip můžeme použít i při vyztužování nepřímo uložených konzol. Model náhradní příhradoviny se šikmou výztuží je na obr. 7. Šikmá tahová výztuž vynáší zatížení konzoly do oblasti blízké těžišti průřezu podporujícího nosníku.

Model náhradní příhradoviny je kinematický a není schopen přenášet žádná vodorovná zatížení. Proto jej nelze nikdy použít pro přenos celého zatížení (maximálně 50 % celkového zatížení) a je nutné jej kombinovat s modelem na obr. 4a nebo 4b.

Použijeme-li kombinovaný model, je obtížné stanovit, jakou část zatížení přenáší model podle obr. 4 a jakou část model podle obr. 7. Reálné rozdělení zatížení vyplývá z poměru tuhostí jednotlivých modelů, které jsou obtížné stanovitelné. Proto lze použít dle [4] zjednodušení a navrhnout vyztužení obou modelů na 60 % celkového svislého zatížení.

Vodorovné zatížení je možné přiřadit pouze k modelu podle obr. 4. Velmi důležité je překontrolovat dostatečné zakotvení tahové výztuže v příslušném styčnicku. Při horním lici navrhujeme tahovou výztuž ve formě smyček a při návrhu kotvení lze využít kladný vliv tlaku pod styčnou deskou. Pro zakotvení šikmé výztuže je v rohu konzoly velmi málo prostoru a běžné kotvení smyčkami nevyhovuje. Obvykle je nutné řešit zakotvení šikmé tahové výztuže kotevními spojkami nebo přivařenou kotevní deskou. Pokud v návrhu nevyužijeme únosnost šikmé tahové výztuže vzhledem ke krátké délce na zakotvení, je vhodné vkládat konstrukční šikmé pruty ve formě smyček.

V praxi se při návrhu zavěšených konzol často používá jiný model (obr. 8) [12], který vychází z předpokládaného průběhu poruchové trhliny. Předpokládá se, že poruchová trhlina vychází z taženého rohu konzoly a směřuje šikmo ke spodnímu lici podporujícího prvku. Sklon trhliny lze uvažovat v souladu s [1] hodnotou 45°, maximálně však do poloviny šířky podporujícího trámu. Při experimentech je obvykle poloha poruchové trhliny posunuta směrem k vnitřní hraně styčné desky, předpokládaná poloha však dává nepříznivější výsledky, a proto se takto uvažuje. Šikmá trhlina oddělí z celkového prvku část konzoly (barevně zvýrazněno na obr. 8 žlutou barvou), kterou předpokládáme dokonale tuhou. Při návrhu nejprve odhadneme výšku tlačené oblasti x_k z rovnováhy ve vodorovném směru

$$x_k = \frac{F_t - H_{Ed}}{0,8 b f_{cd}}, \quad (3)$$

kde F_t je tahová síla v hlavní tažené výztuži, b šířka konzoly nebo šířka oblasti, na které se roznáší zatížení konzoly, H_{Ed} vodorovné zatížení konzoly a f_{cd} návrhová pevnost betonu prvku.

Pro předběžný návrh množství hlavní tahové výztuže (a tím i F_t) lze použít běžné návrhové tabulky. V těžišti tlačené pasu předpokládáme styčník 1 (obr. 8). Z rovnováhy ve styčnicku 1 stanovíme tahovou sílu v krajní větvi třmínku podporujícího prvku $F_t = F_{Ed}$ a z momentové rovnováhy stanovíme skutečnou velikost síly F_t

$$F_t z_k = F_{Ed} a + H_{Ed} (z_k + d' + \Delta_h) - T_t (a - a_c), \quad (4)$$

kde z_k je rameno vnitřních sil konzoly $z_k = h_k - d' - 0,4x_k$, a rameno vnější síly F_{Ed} , jehož hodnota je $a = a_k + h_k - x_k$ a a_k vzdálenost mezi působištem F_{Ed} a lícem podporujícího prvku. Ostatní veličiny jsou patrné z obr. 8.

Uvedený postup modelu s poruchovou trhlinou nepřináší ve srovnání s metodou náhradní příhradoviny žádné výhody. Naopak, tento model je založen na Bernoulliho hypotéze zachování rovinnosti deformovaného průřezu, která není splněna, protože se jedná o poruchovou oblast. Model uvažuje odtrhávanou část konzoly jako tuhé těleso, což také neodpovídá skutečnosti. Vypočítané vnitřní síly jsou v modelu s poruchovou trhlinou jen mírně nižší, protože uvažovaná ramena vnitřních sil jsou větší než v modelu náhradní příhradoviny.

I model náhradní příhradoviny představuje velké zjednodušení skutečnosti. Jedná se o zjednodušené řešení poruchové oblasti, které je na straně bezpečnosti. Pro přesná řešení poruchových oblastí je nutné použít software, umožňující nelineární výpočty a modelování výztuže dle skutečného návrhu prvku (např. program ATENA).

Při jednostranně zatížených konzolách vznikají v podporujících prvcích – průvlacích nebo trámech kroucí momenty. Kroucí momenty lze zredukovat pomocí speciálních zakotvení podle obr. 9. Při návrhu je vždy nutné uvedené zakotvení posoudit a posoudit prvek na všechny montážní stavy, při kterých ke kroucení bude docházet, pokud nebude prvek vhodně montážně podepřen. Příklady z obr. 9 redukuje kroucení podporujícího prvku pouze v konečném stavu, nikoliv při montáži.

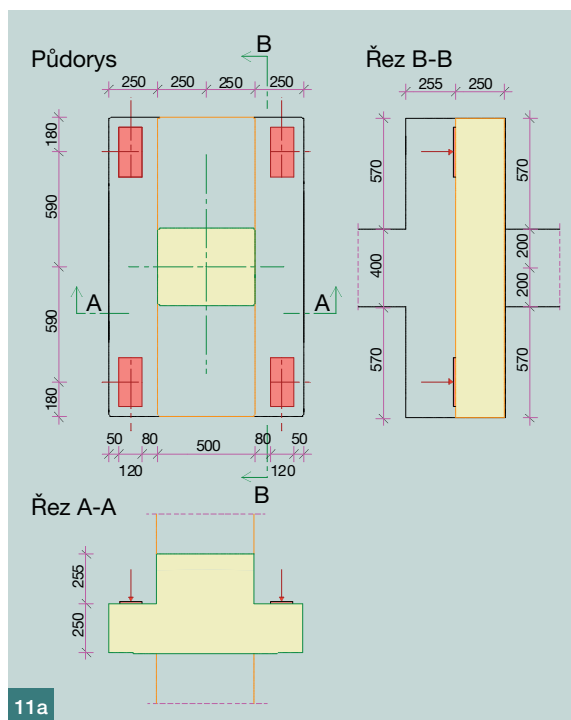
U nepřímo uložených konzol platí stejné zásady vyztužení jako u dlouhých konzol [7].

PRŮBĚŽNÉ KONZOLY A SMYKOVÉ NEVYZTUŽENÉ KONZOLY

Nepřímo uložené průběžné konzoly se užívají pro uložení deskových prvků s ozubem, např. schodišťová ramena, vložená desková dilatační pole apod. (obr. 10b).

Průběžné konzoly u desek obvykle nemají smykovou výztuž konzoly a místo vodorovných výztužných smyček se konzola vyztužuje pouze svislými třmínky. Průběžné konzoly bývají méně zatížené. Při napětí pod styčnou deskou do hodnoty $\sigma \leq 0,08 f_{ck}$, může být styčná deska posunuta blíže k okraji než u klasické konzoly. Její umístění je omezeno minimální vzdáleností jejího okraje od hrany konzoly a minimální vzdáleností působišť zatížení od středu ohybu svislého třmínku. Pokud uvažujeme roznášení v betonové krycí vrstvě pod úhlem 45°, tlačaná betonová diagonála zasahuje až k lici konzoly a není ovinuta výztuží jako u klasických konzol. Předpokládá se tedy, že příčná tahová napětí v betonu nepřekročí pevnost betonu v tahu (obr. 10a). Z tohoto důvodu také není nutné navrhovat svislou a vodorovnou třmínkovou výztuž vlastního konzolového pásu, pro kterou není v běžných konzolových pásích dostatečné místo.

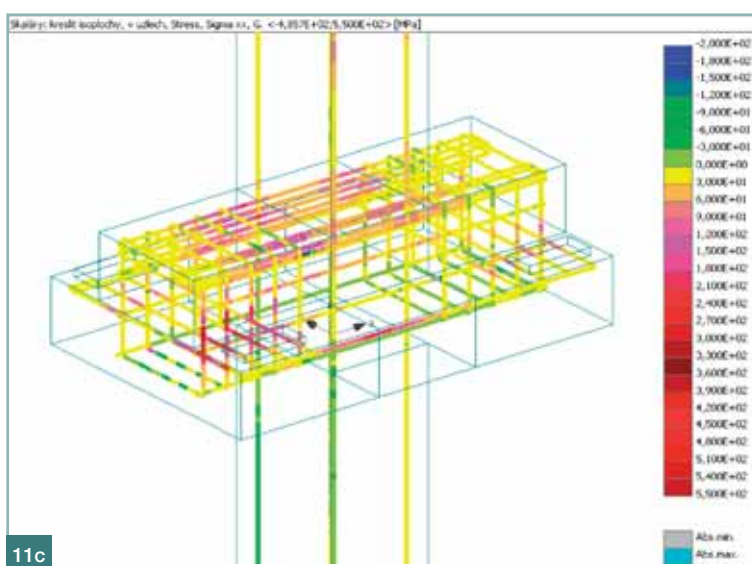
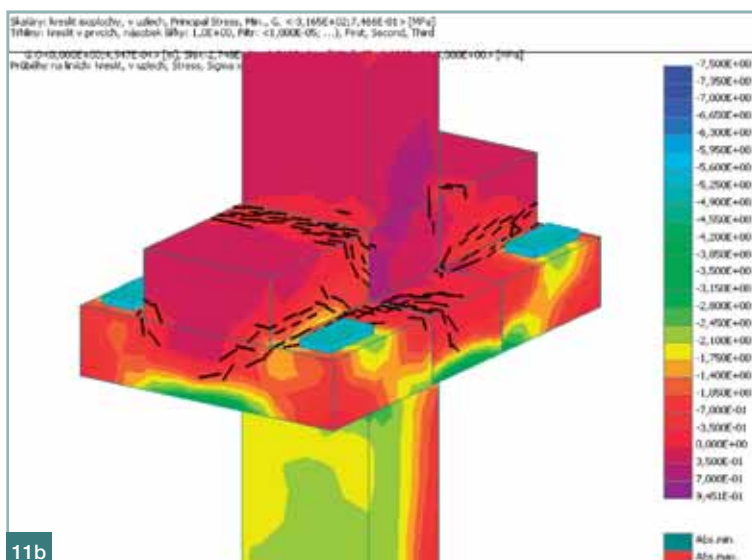
Při návrhu průběžné konzoly je nutné jako u klasické konzoly navrhnout taženou výztuž při horním lici a překontrolovat únosnost tlačené betonové diagonály s tím, že vznikající příčné tahy musí spolehlivě přenést beton v tahu. Styčník 1 se jako u nepřímo uložených konzol předpokládá nad těžištěm podélné výztuže (obr. 5). Z polohy styčnicku 1 vyplývá geometrie modelu a sklon tlačené betonové vzpěry θ . Pro zjednodu-



Obr. 11 a) Vícenásobná konzola, b) nelineární analýza vícenásobné konzoly programem ATENA – průběh minimálního hlavního napětí v betonu, c) průběh napětí ve výztuži ■ Fig. 11 a) Multiple corbel, b) nonlinear analysis of the multiple corbel by the software system ATENA – development of the minimum main stress in concrete, c) stress development in the reinforcing bars

Obr. 12 Vícenásobná konzola, a) příklad, b) model náhradní příhradoviny ■ Fig. 12 Multiple corbel, a) example, b) S&T model

Obr. 13 Konzola a ozub nosníku, a) s vodorovnými smyčkami, b) se svisle kotvenou výztuží ■ Fig. 13 Corbel and gerber beam, a) with horizontal loop reinforcement, b) with vertical anchored reinforcement



šení návrhu můžeme stanovit únosnost ve smyku konzolového pásu jako smykem namáhané desky podle vztahu:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k(100\rho_l f_{ck})^{1/3}] b_w d \geq v_{min} b_w d \quad (5)$$

kde f_{ck} je pevnost betonu v tlaku [MPa], $k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0$, kde d [mm]; $\rho_l = A_{sl} / (b_w d) \leq 0,02$; A_{sl} plocha tahové výztuže, která je dostatečně zakotvena za posuzovaným průřezem (zasahuje do vzdálenosti $\geq (l_{bd} + d)$ za posuzovaný průřez); b_w nejmenší šířka konzolového pásu [mm] a $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,12$.

Podle článku 6.2.2 (6) normy [1] lze svislou zatěžovací sílu redukovat součinitelem β . Hodnotu součinitele stanovíme jako

$$\beta = a_v / 2d, \quad (6)$$

kde a_v je vzdálenost mezi vnitřním lícem styčné desky a osou přilehlé větve trníčku podle obr. 4 a d účinná výška konzolového pásu.

Přitom posouvající síla V_{Ed} stanovená bez redukce musí splňovat podmínku (7)

$$V_{Ed} = 0,5b_w d v f_{cd}, \quad (7)$$

kde f_{cd} je návrhová pevnost betonu v tlaku a $v = 0,6(1 - f_{ck}/250)$ je redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem.

VÍČENÁSOBNÉ KONZOLY

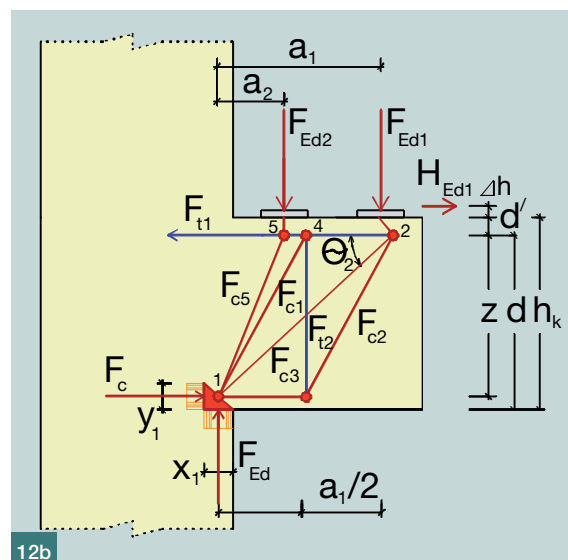
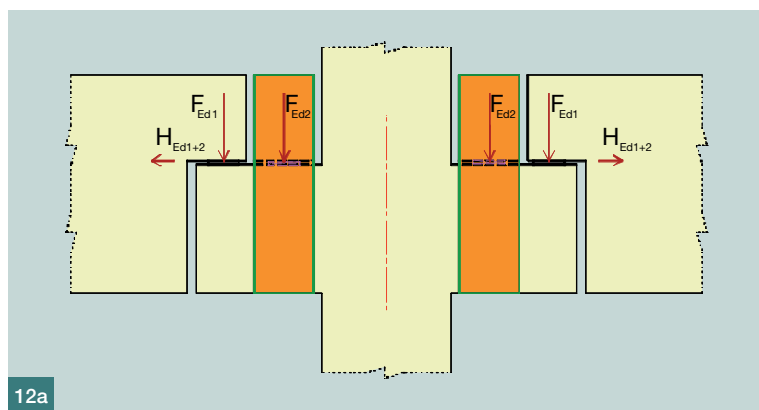
Vícenásobné konzoly jsou konzoly, na kterých je uloženo více prvků – průvlaků, vazníků nebo trámů (obr. 11a). Konzoly jsou zatíženy více silami v různých působících. Pro návrh vícenásobných konzol je možné využít pouze speciální software na nelineární prostorové výpočty (např. ATENA 3D – obr. 1b, 11b a 11c). Pokud podobný software při návrhu vícenásobné konzoly není dostupný, použijeme pro návrh vícenásobný model náhradní příhradoviny. Pro každé zatížení sestavíme zvláštní model náhradní příhradoviny. Společná místa, jako je např. opření konzoly do sloupu – styčník 1 nebo hlavní tahová výztuž, musíme řešit společně pro všechny modely. Vícenásobná konzola je na obr. 11 a 12.

Např. pro konzolu na obr. 12a je model náhradní příhradoviny na obr. 12b. Při návrhu se nejprve stanoví výška tlačné oblasti x_1 dle vztahu:

$$x_1 = \frac{F_{Ed1}}{b \sigma_{Rd,max}} + \frac{F_{Ed2}}{b \sigma_{Rd,max}}, \quad (8)$$

kde b je šířka konzoly, F_{Ed1} a F_{Ed2} jsou vertikální zatížení konzoly.

Obdobně jako u jednoduché konzoly stanovíme ramena vnějších sil a_1 a a_2 . Hlavní tahovou sílu stanovíme z momentové podmínky a silové podmínky ve svislém směru ve styčníku 1 a dopočteme výšku tlačné oblasti.



U prostorově zatížených vícenásobných konzol se postupuje obdobně. Zatížení rozložíme do základních směrů a řešíme každou oblast zvlášť. Zatížení se směrem k podporujícím prvkům sčítají. U konzoly zatížené více silami je nutné vždy překontrolovat kroucení konzoly při nesymetrickém zatížení. Veškerá výztuž zachycující kroucí účinky se musí v plné hodnotě přidat k navržené výztuži podporující konstrukce. Dále je nutné u složených konzol uvažovat všechny zatěžovací stavy včetně montážních.

VLIV NEPŘESNOSTÍ PŘI VÝROBĚ A MONTÁŽI PRVKU S KONZOLAMI

Při návrhu konzol a ozubů je nutné zohlednit výrobní a montážní tolerance. I při dodržení přípustných tolerancí při výrobě prvků a při velmi pečlivé montáži může být rameno vnějších sil působících na konzole výrazně odlišné od hodnoty uvažované ve statickém výpočtu. Mezi výrobní tolerance prvku musíme uvažovat i nepřesnost v uložení výztuže. Poloha výztuže ovlivňuje i geometrii použitého modelu náhradní příhradoviny [11].

Pro lokalizaci místa uložení je doporučeno použít úložné prvky např. neoprénová či jiná ložiska. Při menších zatí-

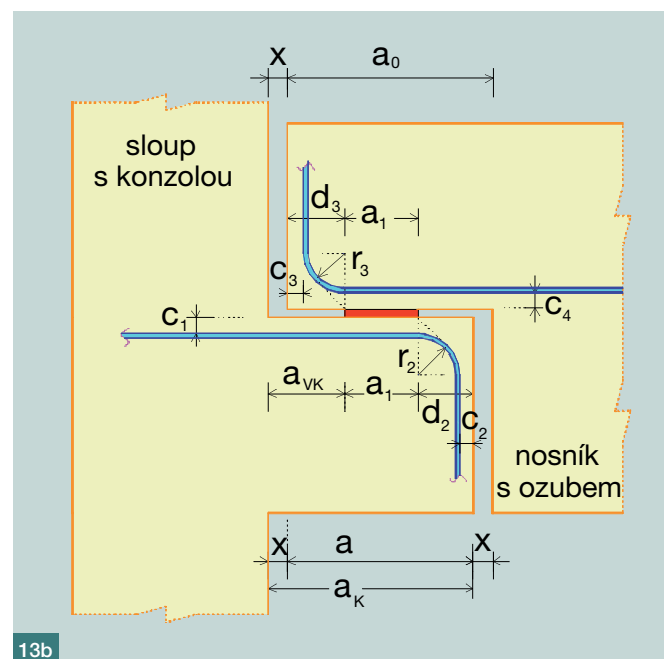
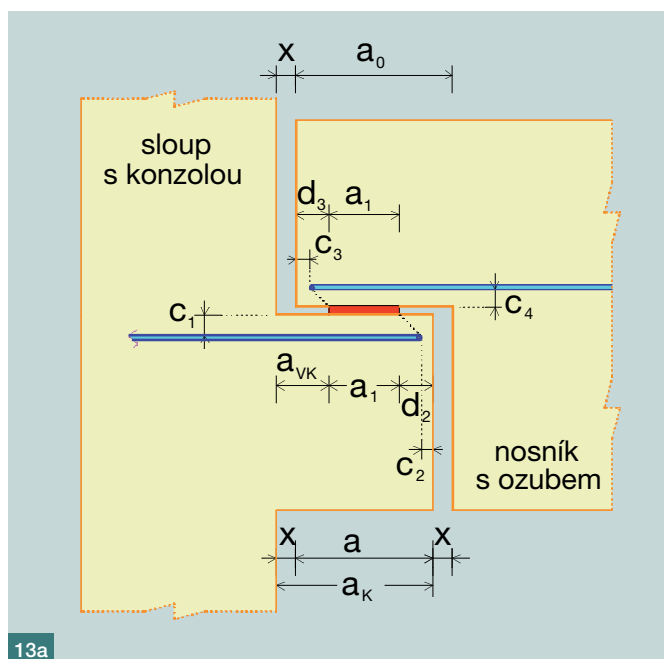
ženích lze použít i maltové lože. Ložiska koncentrují zatížení do styčné plochy, která musí být dostatečně vzdálena od hrany prvku, aby nedošlo k ulomení jeho hrany. Pod ložiskem uvažujeme rovnoměrné roznesení zatížení.

Délku uložení a (obr. 13) lze vyjádřit následovně

$$a = a_1 + d_2 + d_3 + \Delta d, \quad (9)$$

kde a je délka uložení; σ_{Ed} napětí v betonu pod ložiskem $\sigma_{Ed} = F_{Ed} / (a_1 \cdot b_1)$; a_1 základní (čistá) délka ložiska, pro kterou platí $a_1 = F_{Ed} / (b_1 \cdot f_{Rd})$, ne však menší než hodnota uvedená v tab. 1 podle [1] a [5]; F_{Ed} návrhová hodnota reakce v uložení; b_1 šířka ložiska, pokud je $b_1 = 600$ mm a prvek je uložen do maltového lože nebo na neoprénové či jiné ložisko, lze uvažovat rovnoměrné roznesení v příčném směru; f_{Rd} návrhová hodnota pevnosti v uložení: $f_{Rd} = 0,4 f_{cd}$ pro suché uložení bez ložiska nebo malty, $f_{Rd} = f_{bed} \leq 0,85 f_{cd}$ pro všechny ostatní případy; f_{cd} návrhová pevnost betonu v tlaku, uvažuje se menší z hodnot konzoly a ozubu; f_{bed} návrhová pevnost materiálu ložiska; d_2 vzdálenost ložiska ke kraji podporujícího prvku pro redukci odštěpení prvku:

• při vyztužení vodorovnými smyčkami (obr. 13a) platí $d_2 > a_2 \geq c_1 + c_2$,



Tab. 1 Minimální hodnota a_1 [mm] ■ Tab. 1 Minimum value of a_1 [mm]

Typ uložení		Poměr σ_{Ed} / f_{cd}		
		$\leq 0,15$	$0,15 > 0,40$	$> 0,4$
Liniové uložení (desky)		25	30	40
Soustředěná podpora	žebrové stropy a vaznice	55	70	80
	nosníky	90	110	140

Tab. 2 Předpokládaná neúčinná vzdálenost a_2 [mm] k vnějšímu konci podporujícího prvku ■ Tab. 2 Distance a_2 [mm] assumed ineffective from outer end of supporting member

Materiál podporující konstrukce		Poměr σ_{Ed} / f_{cd}		
		$\leq 0,15$	$0,15 > 0,40$	$> 0,4$
Železobetonová konstrukce < C30/37	liniové uložení	5	10	15
	soustředěná podpora	10	15	25
Prostý beton a železobeton < C30/37	liniové uložení	10	15	25
	soustředěná podpora	20	25	35

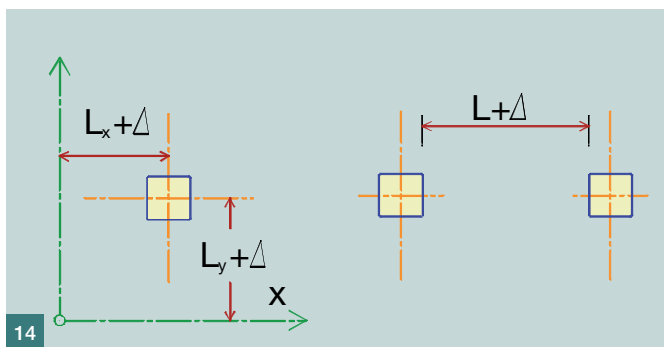
Tab. 3 Předpokládaná neúčinná vzdálenost a_3 [mm] k vnějšímu konci podporovaného prvku ■ Tab. 3 Distance a_3 [mm] assumed ineffective beyond outer end of supported member

Způsob vyztužení stýčnicku	Způsob uložení	
	Liniové uložení	Soustředěná podpora
Spojité výztuž nad vnitřní podporou	0	0
Rovná výztuž nebo vodorovné smyčky ukončené za ložiskem	5	15
Svislé výztužné smyčky	15	$c_{nom} + \text{vnitřní poloměr smyčky } (r_2 \text{ nebo } r_3)$

Tab. 4 Příklad Δa_2 pro odchylku světla vzdálenosti mezi líci podpěr ■ Tab. 4 Allowance Δa_2 for deviations for the clear distance between the faces of the supports

Materiál podporující konstrukce	Δa_2
Ocel a prefabrikovaný železobeton	$10 \leq L / 1200 \leq 30 \text{ mm}$
Zdivo a monolitický železobeton	$15 \leq L / 1200 + 5 \leq 40 \text{ mm}$

Kde L [m] je rozpětí mezi podpěrami



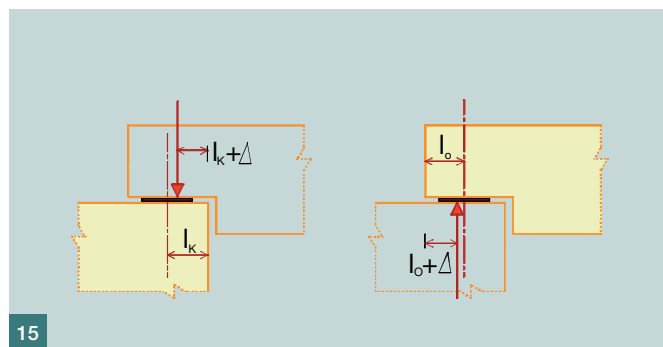
- při vyztužení se svisle kotvenou výztuží (obr. 13b) platí $d_2 > a_2 + r_2 \geq c_1 + c_2 + r_2$; roznášení v betonové krycí vrstvě je uvažováno pod úhlem 45°, c_1 , c_2 je betonové krytí výztuže podporujícího prvku, a_2 předpokládaná neúčinná vzdálenost k vnějšímu líci podporujícího prvku, hodnota a_2 podle [1] a [5] je v tab. 2; d_3 vzdálenost ložiska ke kraji podporovaného prvku pro redukci odstěpení prvku;
- při vyztužení vodorovnými smyčkami platí $d_3 > a_3 \geq c_3 + c_4$,

Literatura:

- ČSN EN 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ČNI 2006
- Reineck, K. H.: Modellierung der D-Bereiche von Fertigteilen. BetonKalender 2005, Ernst & Sohn, A Wiley Company, 2005, ISBN 3-433-01670-4
- Bachmann H., Steinle A., Hahn V.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau. BetonKalender 2009, Ernst & Sohn A Wiley Company, 2009, ISBN-10-3-433-01854-5
- 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
- DAfStb Heft 525 Beuth Verlag GmbH, Berlin, září 2003
- Šmejkal J., Procházka J.: Navrhování s použitím modelů náhradní příhradoviny, Beton TKS 5/2009, str. 80-85
- Šmejkal J., Procházka J.: Navrhování konzol s použitím modelů náhradní příhradoviny, Beton TKS 6/2009, str. 48-53
- ČSN P ENV 13670-1 Provádění betonových konstrukcí – Část 1: Společná ustanovení ČNI 2001
- ČSN EN 730205 Geometrická přesnost ve výstavbě. Navrhování geometrické přesnosti. ČNI 1995
- ČSN EN 13369+ změna A1 Společná ustanovení pro betonové prefabrikáty, ČNI 2006
- Šmejkal J., Procházka J.: Statický výpočet konzol a ozubů a výrobní tolerance prvků. 16. konf. Betonářské dny 2009. Hradec Králové, ČBS Servis, s. r. o., 2009
- Paul J. a kol.: Navrhování betonových konstrukcí podle ČSN 731201, SNTL 1968, Praha
- Graubner C. A.: Zur Bemessung von Stahlbetonbalken bei unsymmetrischer Belastung aus Konsolenbänder, Bauingenieur 59 (1984), Springer-Verlag 1984, BRD

Obr. 14 Montážní tolerance, a) poloha sloupů, b) světla vzdálenost mezi sloupky ■ Fig. 14 Montage tolerances, a) column position, b) net distance between columns

Obr. 15 Tolerance polohy osy ložiska, a) pro návrh konzoly, b) pro návrh ozubu ■ Fig. 15 Tolerance of the bearing axis, a) for corbel design, b) for Gerber beam design



- při vyztužení svisle kotvenou výztuží platí $d_3 > a_3 + r_3 \geq c_3 + c_4 + r_3$, c_3 , c_4 je betonové krytí výztuže podporovaného prvku, a_3 předpokládaná neúčinná vzdálenost k vnějšímu líci podporovaného prvku, hodnota a_3 podle [1] a [5] je v tab. 3; Δd celková mezní odchylka uložení, kterou lze vyjádřit $\Delta d = \sqrt{\Delta a_2^2 + \Delta a_3^2}$, Δa_2 mezní odchylka pro světla vzdálenosti mezi podporujícími prvky (tab. 4), Δa_3 mezní odchylka délky podporovaného prvku $\Delta a_3 = l_n / 2500$, l_n délka podpíraného prefabrikátu – prvku a r_2 a r_3 jsou vnitřní poloměry zakřivení

výztuže ve svislém směru podírajícího a podporovaného prvku. Význam uvede-
ných a dalších veličin je patrný také z obr. 13.

Pro jednotlivé prostě uložené prefabrikáty bez možnosti redistribuce je doporu-
čeno zvětšit délku uložení a podle rovnice (9) o 20 mm. Pokud se použijí posuv-
ná ložiska, je nutné délku uložení příslušně upravit podle délky předpokládané-
ho posunu.

Při výrobě prvků dochází k nepřesnostem. Podle [10] je výrobní délková tole-
rance tyčových prvků

$$\Delta L = \pm(10 + L / 1000) \leq \pm 40 \text{ mm}, \quad (10)$$

kde L je délka prefabrikátu.

Pro průřezové rozměry velikostí odpovídajících konzole a ozubu je návrho-
vá odchylka rozměru ± 15 mm. Návrhová odchylka v poloze výztuže je ± 15 mm
a -10 mm [8].

Při montáži sloupů dochází rovněž k nepřesnostem. Přípustné odchylky v ulo-
žení prvků jsou definovány v [8] a [9]. Poloha sloupu ve vodorovném směru má
návrhovou odchylku ± 25 mm (obr. 14a). Návrhová odchylka délky volného pro-
storu mezi sloupy, a tím i mezi líci konzol, je větší z hodnot $L/600$ a ± 25 mm (obr.
14b). Návrhová odchylka svislosti sloupů je větší z hodnot $\pm H/300$ a ± 15 mm. Pro
vodorovné dílce platí vodorovná odchylka od osy ± 25 mm a prostor mezi prvky
– větší z hodnot $\pm L/500$ a ± 15 mm, maximálně 40 mm.

Poloha osy ložiska má toleranci Δ vůči okraji prvku podle [8]. Hodnota Δ je větší
z hodnot $\pm L/20$ a ± 15 mm podle obr. 15. Ve většině případů ozubů a konzol
v pozemním stavitelství bude rozhodovat hodnota tolerance $\Delta = \pm 15$ mm. Polohu
osy ložiska potřebujeme při výpočtu konzoly a ozubu, v obou případech budeme
uvažovat nepříznivější hodnotu, tedy posun osy k okraji prvku.

Ke změně návrhového modelu D-oblastí vedou i odchylky v poloze výztu-
že a rozměrové odchylky průřezů jednotlivých oblastí. Pro analýzu uvedených
odchylek chybí dostatečné soubory měření a v době návrhu oblastí nebudou vět-
šinou k dispozici. Proto je vhodné posunout při návrhu oblasti působnosti síly nebo
reakce o $1/6 a_1$ k vnějšímu líci ložiska.

ZÁVĚR

Nepřímě uložené – zavěšené konzoly jsou běžné konstrukční prvky při použití pre-
fabrikovaných konstrukcí. Jejich řešení je náročnější ve srovnání s přímo uložený-
mi konzolami. Obecně konzoly představují z hlediska bezpečnosti a spolehlivosti
konstrukce velmi významné prvky. Proto je nutné jejich návrhu věnovat maximální
pozornost. Na dokumentaci pro konzoly je nutné uvádět všechny závazné para-
metry a předpoklady, které jsou při návrhu použity.

Pro vytvoření modelu náhradní příhradoviny obou oblastí je nutné uvážit toleran-
ci polohy osy uložení a toleranci v umístění hlavní výztuže prvku. Působíště zatí-
žení je tedy vhodné volit nikoli v ose uložení, ale ve vzdálenosti přibližně jedné tře-
tiny délky uložení a_1 od vnějšího líce uložení.

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR 103/08/153.

Ing. Jiří Šmejkal, CSc.

ŠPS statická kancelář

Lísková 10, 312 16 Plzeň

tel.: 739 613 929, mob.: 777 241 470

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



Navrhování ŽB průřezů podle nových evropských norem

Nový software RIB **RTcDesign** poskytuje
nezávislý a samostatně funkční statický návrh
a posouzení běžných prutových nebo des-
kových železobetonových průřezů pozem-
ních a mostních staveb. Podle nových norem
řady ČSN EN tak lze velmi rychle a efektivně
zajistit únosnost kritických řezů nosné kon-
strukce a dle požadavků na její životnost dále
na mezních stavech použitelnosti vyhodnoco-
vat šířku a stabilitu trhlin, napětí, popř. navr-
hovat i na mezní stav únavy.

Informujte se o zaváděcí nabídce RTcDesign.

Více podrobností se dozvíte na: **www.rib.cz**

RIB stavební software s.r.o.

Zelený pruh 1560/99

CZ-140 00 Praha 4

telefon: +420 241 442 078

telefax: +420 241 442 085

e-mail: info@rib.cz



RIB

plan it, build it, run it