

# ZAVÁDĚNÍ EN 1992: „NÁVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ“ DO PRAXE - KONSTRUKČNÍ ÚPRAVY VÝZTUŽE, ZÁSADY VYZTUŽOVÁNÍ PRVKŮ

SERIÁL  
EN 1992

## INTRODUCTION OF EN 1992-1-1 TO PRACTICE - DETAILING OF REINFORCEMENT, DETAILING OF MEMBERS

**ALENA KOHOŮTKOVÁ,  
JAROSLAV PROCHÁZKA,  
JITKA VAŠKOVÁ**

*Příspěvek, další pokračování částí uveřejněných v předchozích číslech časopisu [8], [13], [15], [26], je věnován problematice konstrukčních zásad – kotvení a stykování výztuže a konstrukčním úpravám vyztužování prvků (desky, trámy, sloupy, stěny).*

*This paper follows the introductory parts published in the previous numbers of this journal [8], [13], [15], [26]. In this paper attention is drawn on detailing – anchorage of reinforcement, laps and mechanical couplers and detailing of members (slabs, beams, columns, walls).*

### KOTVENÍ VÝZTUŽE

Zásady pro kotvení výztuže podle [4] platí pro betonářskou i předpínací výztuž při působení statického zatížení. Neplatí pro

Obr. 38 Úpravy kotvení pro pruty, které nejsou přímé

Fig. 38 Methods of anchorage other than by a straight bar

dynamicky zatížené konstrukce, účinky seizmicity, vibrací a nárazů, pro konstrukce namáhané na únavu a pro beton z lehkého kameniva. Zásady nemusí být dostatečné pro výztužné pruty se speciálními nátěry, epoxidovými nebo zinkovými povlaky. Pro pruty velkých průměrů platí další pravidla. Kotvení podélné výztuže musí zajistit bezpečné přenesení sil z výztuže do betonu a zabránit vzniku podélných trhlin nebo odlupování betonu. Podle potřeby je nutno přidat příčnou výztuž. Na obr. 38 jsou uvedeny úpravy kotvení. Délka přímého úseku u háku podle EN je  $5\varnothing$ , podle ČSN postačilo jen  $3\varnothing$ .

K výpočtu kotevnických délek je potřeba znát návrhovou hodnotu **mezního napětí v soudržnosti**  $f_{bd}$ . Určuje se pro žebírkovou výztuž podle vztahu (154):

$$f_{bd} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}, \quad (154)$$

kde  $f_{ctd}$  je návrhová pevnost betonu v tahu, která by neměla přesahovat hodnotu pro C60, pokud se neověří, že průměrná hodnota pevnosti v soudržnosti přesahuje tuto mez;  $\eta_1$  je koeficient, zohledňující kvalitu podmínek soudržnosti a polohu prutu během betonáže podle obr. 39:  $\eta_1$

= 1,0 pro „dobré“ podmínky,  $\eta_1 = 0,7$  pro ostatní případy;  $\eta_2$  je koeficient zohledňující průměr prutu  $\varnothing$ :  $\eta_2 = 1,0$  pro  $\varnothing \leq 32$  mm,  $\eta_2 = (132 - \varnothing) / 100$  pro  $\varnothing > 32$  mm.

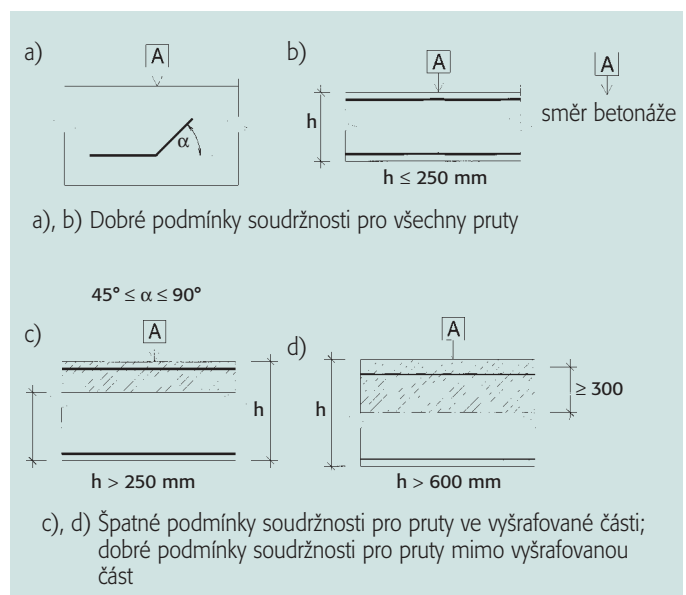
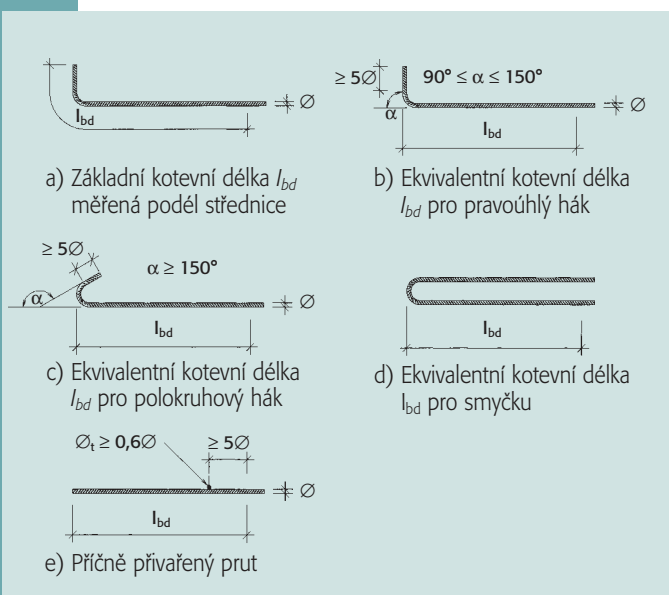
**Základní kotevní délka** závisí na typu oceli a vlastnostech prutu z hlediska soudržnosti. Základní požadovaná kotevní délka  $l_{b,rd}$  nutná k zachycení síly  $A_s f_{yd}$  v prutu za předpokladu, že napětí v soudržnosti je podél této kotevní délky konstantní a rovná se  $f_{bd}$ , se vypočte podle vztahu (155):

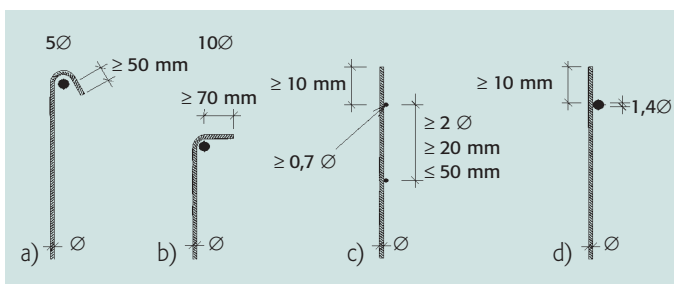
$$l_{b,rd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}, \quad (155)$$

kde  $\sigma_{sd}$  je návrhové namáhání prutu v mezím stavu v místě, odkud se měří kotvení; hodnoty  $f_{bd}$  se stanoví na základě vztahu (154).

Pro ohnuté pruty se základní kotevní délka a návrhová kotevní délka měří podél střednice prutu (obr. 38a). U svařovaných sítí se zdvojenými vložkami se

Obr. 39 Definice podmínek soudržnosti  
Fig. 39 Description of bond conditions





Obr. 40 Kotvení třmínků  
Fig. 40 Anchorage of links

za průměr  $\varnothing$  do vztahu (155) dosazuje náhradní průřez  $\varnothing_n = \varnothing \sqrt{2}$ .

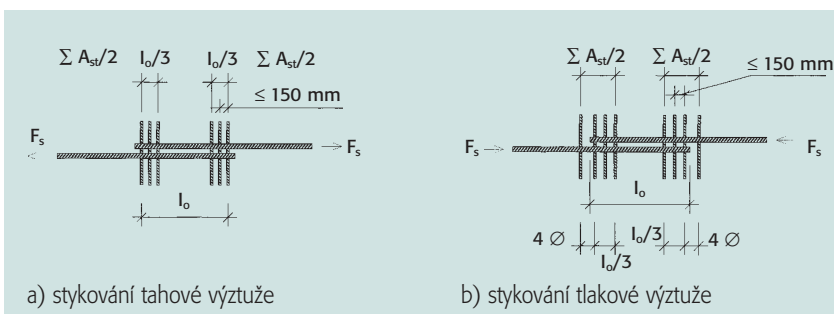
Návrhová kotevní délka je dána vztahem (156):

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rd} \geq l_{b,min}, \quad (156)$$

kde  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$  jsou součinitele, jejichž hodnoty (v rozmezí 0,7 až 1,0) se určují podle tabulky v normě a vyjadřují:  $\alpha_1$  vliv tvaru prutu (pro tlačené a rovné tažené pruty  $\alpha_1 = 1$ , pro ostatní za předpokladu dostatečné tloušťky betonu krycí vrstvy  $\alpha_1 = 0,7$ );  $\alpha_2$  vliv velikosti krycí vrstvy betonu a mezer mezi pruty;  $\alpha_3$  vliv příčné výztuže;  $\alpha_4$  vliv příčně přivařeného výztuže;  $\alpha_5$  vliv tlaku kolmého na plochu štěpení podél návrhové kotevní délky. Musí zároveň platit, že součin  $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \geq 0,7$ . Hodnota  $l_{b,rd}$  se určí podle vztahu (154) a  $l_{b,min}$  je minimální kotevní délka: pro kotvení v oblastech tahu  $l_{b,min} > \max(0,3 l_{b,rd}; 10\varnothing; 100 \text{ mm})$ , pro tlačené pruty  $l_{b,min} > \max(0,6 l_{b,rd}; 10\varnothing; 100 \text{ mm})$ .

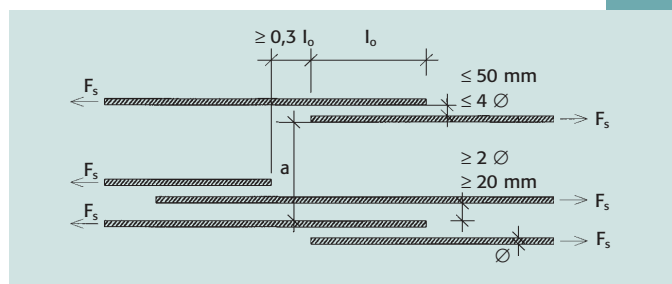
Kotvení příčně přivařenými pruty se považuje za doplňkové. Měla by být prokázána odpovídající kvalita svarového spoje připojeného prutu (průměru  $\varnothing_1$  14 až 32 mm). Kotevní kapacitu jednoho prutu příčně přivařeného určí NP, případně lze užít doporučené hodnoty vypočtené podle vztahu v normě [4], který vyjadřuje zejména závislost na návrhové smykové pevnosti svaru.

Kotvení třmínků a smykové výztuže



a) stykování tahové výztuže

b) stykování tlakové výztuže



Obr. 41 Uspořádání přesahů  
Fig. 41 Adjacent laps

Tab. 11\*) Hodnoty součinitele  $\alpha_6$  (mezilehlé hodnoty se stanoví interpolací)

Tab. 11 Values of the coefficient  $\alpha_6$  (intermediate values may be determined by interpolation)

\*) Číslování tabulek navazuje na předchozí díly. V [4] měly být tabulky číslovány Tab. 7 až 10.

Procento stykované výztuže	< 25 %	33 %	50 %	> 50 %
$\alpha_6$	1,0	1,15	1,4	1,5

$$l_0 = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 \alpha_6 l_{b,rd} \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{0,min} \quad (157)$$

vané přesahem v oblasti  $0,65 l_0$  od osy přesahu (v obou směrech), hodnoty  $\alpha_6$  viz Tab. 11.

Příčná výztuž v oblasti stykování přesahem je nutná k zachycení příčných tahových sil. Pokud průměr stykované výztuže  $\varnothing < 20 \text{ mm}$  nebo je v průřezu stykováno méně než 20 % výztuže, je možné ponechat pouze běžnou příčnou výztuž bez dalšího ověření. Při stykování výztuže profilu  $\varnothing \geq 20 \text{ mm}$  má být navržena příčná výztuž kolmá na stykované pruty a umístěna mezi ně a povrchem betonu. Má platit:

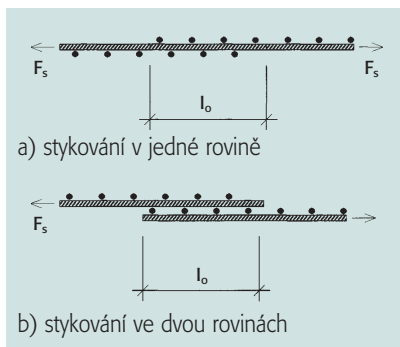
$$\Sigma A_{st} \geq 1,0 A_s, \quad (158)$$

kde  $\Sigma A_{st}$  je součet ploch všech větví příčné výztuže rovnoběžných s rovinou stykované výztuže;  $A_s$  je plocha jednoho stykovaného prutu. Pokud je stykováno najednou víc než 50 % výztuže a vzdálenost  $a < 10\varnothing$ , ( $a$  viz obr. 41) má být příčná výztuž ve formě třmínků nebo prutů tvaru U kotvených uvnitř průřezu. Umístění příčné výztuže podle obr. 42.

Norma [4] uvádí pravidla pro přesahy

Obr. 42 Umístění příčné výztuže v oblasti stykování přesahem

Fig. 42 Transfers reinforcement for lapped splices



Obr. 43 Stykování sítí – přesahy nosné výztuže

Fig. 43 Lapping of welded fabric – laps of the main reinforcement

sítí ze žebírkových drátů, hladkou výztuž neuvažuje. U přesahů nosné výztuže je třeba rozlišovat provedení – způsob kladení stykovaných sítí – viz obr. 43.

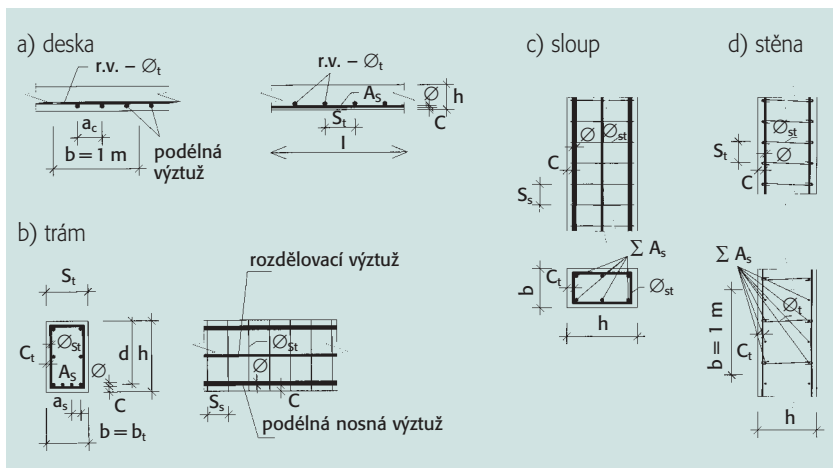
Pro stykování v jedné rovině (obr. 43a) platí stejná pravidla jako pro stykování jednotlivých prutů přesahem. Při stanovení  $l_0$  podle vztahu (157) se uvažuje vždy  $\alpha_3 = 1,0$ . Platí vztah pro  $\alpha_6$  a Tab. 11. Při namáhání na únavu má být užito stykování v jedné rovině.

Při stykování ve dvou rovinách (obr. 43b) má být návrh proveden tak, aby napětí ve výztuži v mezním stavu únosnosti nebylo větší než 80 % návrhové pevnosti. Pokud není požadavek splněn, má se při výpočtu momentu únosnosti stanovit účinná výška z polohy výztuže vzdálenější od taženého okraje. Kromě toho je třeba zvýšit o 25 % plochu výztuže nutnou z hlediska omezení šířky trhlin. V jednom průřezu je možno stykovat:

- 100 % výztuže, pokud  $(A_s/s)_{prov} \leq 1200 \text{ mm}^2/\text{m}$ ,
- max. 60 % výztuže, pokud  $(A_s/s)_{prov} > 1200 \text{ mm}^2/\text{m}$ .

Obr. 44 Základní konstrukční prvky – označení: deska, trám, sloup, stěna

Fig. 44 Basic structural members – notation: slab, beam, column, wall



ztuže). Norma uvádí pravidla pro návrh této doplňkové výztuže.

### SKUPINOVÉ VLOŽKY

Při navrhování uvažujeme střed skupinové vložky v těžišti skupiny (svazku) prutů. Ekvivalentní průřez náhradního prutu se podle normy [4] stanoví podle vztahu (159):

$$\varnothing_n = \varnothing \sqrt{n_b} \leq 55 \text{ mm} \quad (159)$$

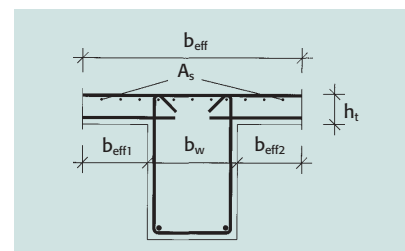
Evropská norma omezuje počet prutů ve skupině,  $n_b \leq 4$  pro svislé tlačené pruty a pruty v oblasti stykování přesahem,  $n_b \leq 3$  v ostatních případech. Dále stanoví doplňující pravidla pro kotvení a stykování skupinových vložek, rozlišuje pruty s náhradním průřezem  $\varnothing_n \leq 32 \text{ mm}$  a  $\varnothing_n > 32 \text{ mm}$ .

### KONSTRUKČNÍ PRVKY

Při navrhování prvků a konstrukcí nestačí pouze ověřit splnění mezních stavů únosnosti a použitelnosti podle požadavků uvedených v normě [4], ale je nutno splnit i konstrukční zásady předepsané normou v závislosti na použitém návrhovém modelu. Je nutné si uvědomit, že splněním konstrukčních požadavků zajišťujeme spolehlivost v těch oblastech, které přímo neověřujeme výpočtem. Jedná se většinou o takové případy namáhání, kde výpočet by byl neúměrně a zbytečně složitý vzhledem k dosaženému výsledku, popř. o případy, kde zatím ještě není dostatek teoretických a vstupních údajů pro výpočet (např. v oblasti trvanlivosti). Je pravda, že v některých případech dávají konstrukční požadavky výsledky na konzervativní straně, a to vzhledem k tomu, že tyto požadavky musí pokrývat celou škálu různých vstupních veličin, dalším jejich upřesňováním by bylo jejich použití

Obr. 45 Umístění tahové výztuže v přírubách T průřezu

Fig. 45 Placing of tension reinforcement in flanged cross-section



složitě. Proto v některých případech norma uvádí základní výchozí požadavek a dále ustanovení „pokud se nevyšetří přesněji, pak ...“

Důležité jsou požadavky týkající se minimální plochy výztuže. Minimální výztuž musí jednak vyloučit křehký lom, jednak zajistit, že nedojde k rozevření trhlin nad přípustnou šířku. Prvky, nebo jejich části, nespĺňující požadavky na minimální plochu výztuže, je třeba považovat za nevytuzené. Přehled základních konstrukčních prvků s označením je uveden na obr. 44 a konstrukční požadavky v tab. 12.

Oproti ENV 1992-1-1 došlo v těchto ustanoveních k řadě upřesnění a změn. Např. ustanovení týkající se minimální ohybové výztuže má reálný fyzikální podklad, je obdobné ustanovení v ČSN 73 1201. Hodnoty v tab. 12 jsou doporučené a mohou být pozmeněny v NP EN 1992-1-1.

## TRÁMY

### Uspořádání výztuže

U monolitických konstrukcí, i když bylo v výpočtu předpokládáno jejich prosté uložení, by měly být průřezy u podpor vyztuženy na ohybový moment vznikající z jejich částečného upnutí tak, aby přenesly nejméně  $\beta_1$  násobek ohybového momentu v poli (doporučuje se volit  $\beta_1 = 0,15$ ), přičemž tato výztuž by měla splňovat podmínku minimálního stupně vyztužení (viz tab. 12).

Nad středními podporami spojitých trámů T průřezu by měla být tahová výztuž rozmístěna i na spolupůsobící šířce  $b_{eff}$  (viz obr. 45). Tlaková výztuž uvažovaná ve výpočtu musí být ovinuta tříminky v maximálních vzdálenostech  $15\varnothing$  tlačných prutů.

### Ukončení podélné tahové výztuže v poli

Tahová výztuž v ohybaných prvcích má být uspořádána tak, aby odolávala obálce tahových sil  $F_s$  stanovené i s přihlédnutím k účinku posouvajících sil (šikmých trhlin), tedy

$$F_s = (M_{Ed} / z + N_{Ed}) + \Delta F_{st}, \quad (160)$$

kde  $\Delta F_{st}$  je zvětšení tahové síly s přihlédnutím k účinku posouvajících sil; tahová síla  $\Delta F_{st}$  se stanoví ze vztahu

$$\Delta F_{st} = 0,5 V_{Ed} \alpha / z; \quad (161)$$

$M_{Ed}$ ,  $N_{Ed}$  a  $V_{Ed}$  jsou návrhové hodnoty ohybového momentu, normálové a po-

souvající síly;  $z$  je rameno vnitřních sil;  $\alpha$  je vodorovný posun čáry ( $M_{Ed} / z + N_{Ed}$ ) viz obr. 46; vzdálenost  $a_1$  je uvažována:

$$- \text{u prvků se smykovou výztuží} \\ a_1 = 0,5 (\cot \theta - \cot \alpha) / z, \quad (162)$$

$$- \text{u prvků bez smykové výztuže} \\ a_1 = d. \quad (163)$$

Účinek tahové síly  $\Delta F_{st}$  lze vyjádřit vodorovným posunutím čáry ( $M_{Ed} / z + N_{Ed}$ ) o vzdálenost  $a_1$ , jak je znázorněno na obr. 46.

Tažené pruty lze ukončit ve vzdálenosti rovné nejméně jejich návrhové kotevní délce  $l_{bd}$  od místa jejich plného využití, přičemž konec prutu musí být nejméně ve vzdálenosti  $10\varnothing$ , minimálně však 100 mm od místa počátku jejich působení; místo jejich plného působení a začátku působení leží v místech, kde proužek představující únosnost prutu protíná obálku tahových sil  $F_s$ . Obrazec únosnosti tahových sil prutů  $F_{Rs}$  nesmí vytínat obálku tahových sil  $F_s$ , přičemž lze předpokládat, že na kotevní délce se síla v prutu mění lineárně od místa plné únosnosti až po nulu na konci kotevní délky (viz obr. 46). Podle výše uvedeného, obrazec únosnosti tahových sil vložek  $F_{Rs}$  vytvoří nad podporou jakýsi „stromček“, který lze převést na plynulý rovnoplochý obrazec.

### Ukončení dolní výztuže v podporách

Průřezová plocha dolní výztuže v krajních podporách s malým nebo nulovým vetknutím musí být nejméně  $\beta_2$  násobek průřezové plochy výztuže v poli (doporučuje se volit  $\beta_2 = 0,25$ ).

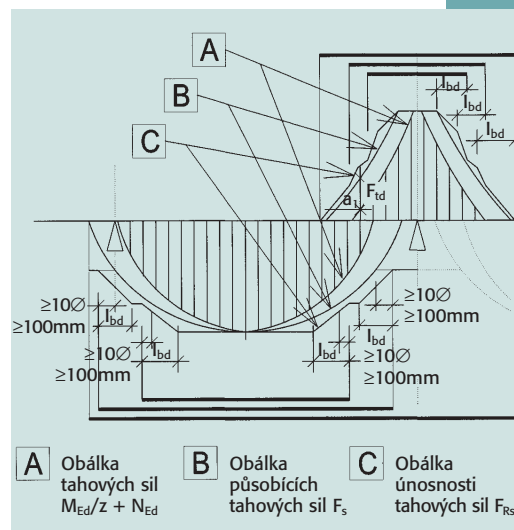
V krajní podpoře musí být zakotvena tahová síla stanovená s přihlédnutím k obrazy tahových sil (viz obr. 46). Tuto sílu lze též stanovit ze vztahu

$$F_E = |V_{Ed}| a_1 / z + N_{Ed} \quad (164)$$

kde  $N_{Ed}$  je normálová síla, která se přičte (tah) nebo odečte (tlak) od tahové síly,  $z$  je rameno vnitřních sil,  $a_1$  se stanoví podle vztahů (162), (163).

Návrhová kotevní délka  $l_{bd}$  se stanoví s přihlédnutím k této síle; u přímých podpor (obr. 47a) lze přihlédnout k příznivému působení příčných tlaků. Kotevní délka se měří od začátku kontaktu trámu s podporou.

Průřezová plocha dolní výztuže ve středních podporách musí být nejméně  $\beta_2$  násobek průřezové plochy výztuže v poli (doporučuje se volit  $\beta_2 = 0,25$ ).



Obr. 46 Příklad ukončení tahových podélných vložek

Fig. 46 Illustration of the curtailment of longitudinal reinforcement

Kotevní délka nesmí být menší než je  $10\varnothing$ , ani ne menší než je vnitřní průměr trnu kolem kterého se ohýbá prut (u háků nebo ohybů prutu o průměru alespoň 16 mm), nebo dvojnásobek průměru trnu (v ostatních případech) – viz obr. 48a.

Výztuž potřebná pro zachycení případných kladných momentů (např. při sednutí podpory, při výbuchu apod.) měla by být specifikována ve smlouvě. V tomto případě musí být zajištěna spojitost dolní výztuže, což lze dosáhnout „přesahovými“ pruty – viz obr. 48 b), nebo c).

### Smyková výztuž

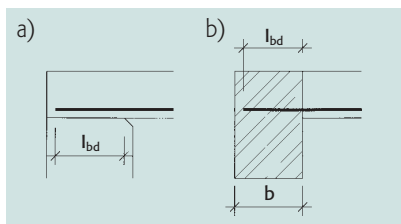
Smyková výztuž může svírat se střednicí konstrukčního prvku úhel mezi  $45^\circ$  a  $90^\circ$ . Smyková výztuž může být tvořena:

- tříminky obepínajícími podélnou tahovou výztuž a tlačnou oblast – viz obr. 49;
- ohybovými pruty;
- výztužnými koši, mřížovinami apod., které neobepínají podélnou výztuž, ale jsou řádně kotveny v tlačené a tažené oblasti prvku.

Tříminky musí být účinně zakotveny. Stykovaní větvi tříminkové výztuže přesahem v blízkosti povrchu stěny průřezu je dovolené, pokud třímínek nezachycuje účinky kroucení. Tříminky musí zachycovat nejméně  $\beta_3$  násobek plochy potřebné smykové výztuže; doporučuje se volit  $\beta = 0,5$ .

Stupeň smykového vyztužení  $\rho_w$  je dán vztahem

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) \geq \rho_{w,min} \quad (165)$$



Obr. 47 Kotvení dolní výztuže v krajní podpoře – a) přímá podpora, b) nepřímá podpora

Fig. 47 Anchorage of bottom reinforcement at end supports – a) direct support, b) indirect support

kde  $A_{sw}$  je plocha smykové výztuže v rozsahu délky  $s$ ;  $s$  je vzdálenost smykové výztuže měřená ve střednici prvku;  $b_w$  je šířka stojiny prvku a  $\alpha$  je úhel, který svírá smyková výztuž se střednicí prvku. Doporučená hodnota minimálního stupně vyztužení  $\rho_{w,min}$  se stanoví ze vztahu

$$\rho_{w,min} = (0,08 \sqrt{f_{ck}}) / f_{yk} \quad (166)$$

kde  $f_{ck}$  i  $f_{yk}$  se dosazuje v MPa.

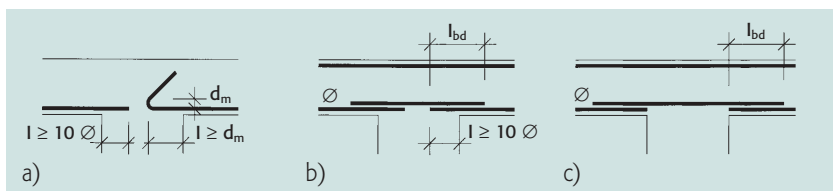
Maximální podélná vzdálenost  $s$  mezi smykovými výztužnými sestavami (třmínky) nesmí přesáhnout  $s_{l,max}$ ; doporučená hodnota  $s_{l,max}$  se stanoví ze vztahu

$$s_{l,max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha), \quad (167)$$

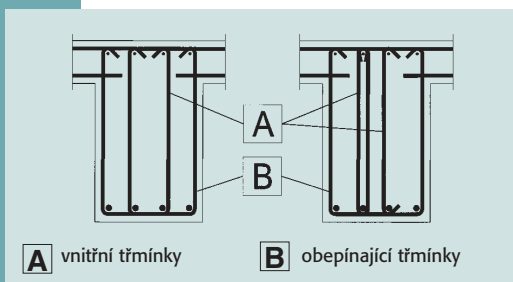
vzdálenost ohybů nesmí přesáhnout  $s_{b,max}$ ; doporučená hodnota  $s_{b,max}$  se stanoví ze vztahu

$$s_{b,max} = 0,6 d (1 + \cot \alpha), \quad (168)$$

Obr. 48 Kotvení výztuže ve střední podpoře  
Fig. 48 Anchorage at intermediate supports



Obr. 49 Příklady třmínkové výztuže  
Fig. 49 Examples of shear reinforcement



příčná vzdálenost větví v řadách třmínkové výztuže nesmí přesáhnout  $s_{l,max}$ ; doporučená hodnota  $s_{l,max}$  se stanoví ze vztahu

$$s_{l,max} = 0,75 d \leq 600 \text{ mm}, \quad (169)$$

kde  $d$  je účinná výška trámu a  $\alpha$  je úhel, který svírá smyková výztuž se střednicí prvku.

### Výztuž pro zachycení účinků kroucení

Třmínky pro zachycení účinků kroucení mají být uzavřené, kotvení přesahem nebo koncovými háky podle obr. 50 a mají svírat úhel 90° se střednicí prvku.

Podélná vzdálenost třmínků pro zachycení účinků kroucení nemá překročit hodnotu  $u/8$ , kde  $u$  je vnější obvod průřezu.

Podélné vložky mají být uspořádány tak, aby v každém rohu průřezu byla alespoň jedna vložka; ostatní vložky se rozdělí pravidelně podél vnitřního obvodu třmínků v osových vzdálenostech nepřesahujících 350 mm.

### Povrchová výztuž

V některých případech je nutné navrhnout povrchovou výztuž buď pro omezení trhlin nebo pro zajištění potřebné odolnosti proti odštěpování krycí vrstvy betonu u vložek s  $\phi > 32$  mm nebo u skupinové výztuže s  $\phi_n > 32$  mm.

Povrchová výztuž může být tvořena sítí, popř. vložkami malého průměru; ukládá se vně třmínků – viz obr. 51. Průřezová plocha povrchové výztuže  $A_{s,surf}$  nesmí být menší než  $A_{s,surf,min}$  ve směru rovnoběžném a kolmém k tahové výztuži trámu. Doporučená hodnota  $A_{s,surf,min} = 0,01 A_{ct,ext}$  kde  $A_{ct,ext}$  je plocha taženého beto-

nu vně třmínků. Pokud je krycí vrstva betonu větší než 70 mm, má být použita povrchová výztuž o průřezové ploše  $0,005 A_{ct,ext}$  v každém směru. Krycí vrstva povrchové výztuže musí být nejméně rovna minimální hodnotě krycí vrstvy výztuže  $c_{min}$ .

Podélné pruty povrchové výztuže mohou být započteny do podélné ohybové výztuže a příčné pruty do smykové výztuže za předpokladu, že splňují podmínky pro uspořádání a kotvení obou typů výztuží.

### MASIVNÍ DESKY

Masivní desky jsou desky nosné v jednom směru a desky křížem vyztužené, jejichž půdorysné rozměry  $b$  a  $l_{eff}$  nejsou menší než pěti násobek tloušťky desky  $h$ .

Zásady uvedené pro ukončení výztuže v poli, krajních a středních podporách uvedené u trámů, platí i pro desky.

### Uspořádání výztuže v blízkosti podpor, v rozích a v okrajích desky

U prostě podepřených desek musí být polovina navržené výztuže pro průřez v poli dovedena do podpory a zde řádně zakotvena (obdobně jako u trámů).

Pokud je deska po okraji částečně upnutá, ale není toto uvažováno ve výpočtu, měla by zde být navržena horní výztuž, která přenesne 25 % ohybového momentu v přilehlém poli. Tato výztuž musí od podpory zasahovat nejméně na 0,2 násobek délky do přilehlého pole.

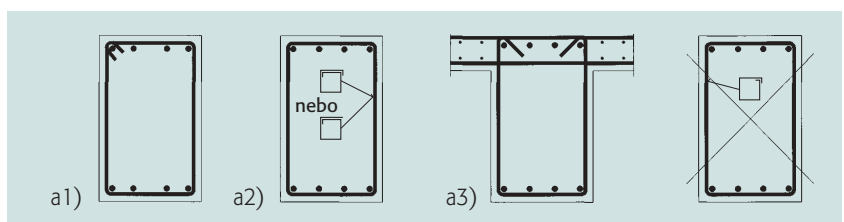
Pokud dochází k nadzvedávání rohů desky, je třeba navrhnout vhodnou výztuž pro zachycení kroutících momentů. Podél volných okrajů desky je třeba navrhnout podélnou a příčnou výztuž, jak je znázorněno na obr. 52. Běžně navržená výztuž v desce může být použita jako okrajová.

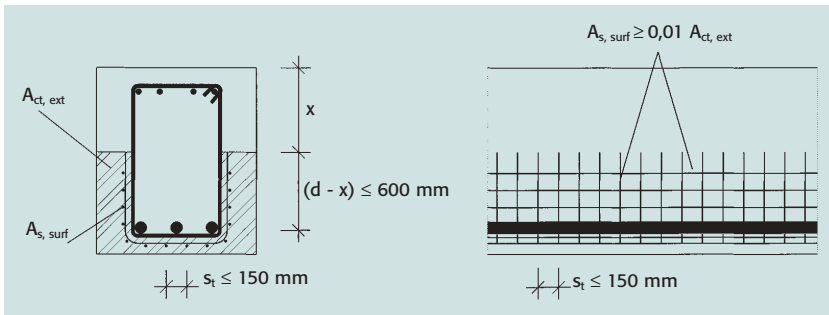
### Smyková výztuž

Smykovou výztuž lze navrhovat do desek

Obr. 50 Příklady tvarů třmínků zachycujících účinky kroucení – a) doporučené tvary, (Pozn.: U a2) má být celá přesahová délka podél horního okraje)

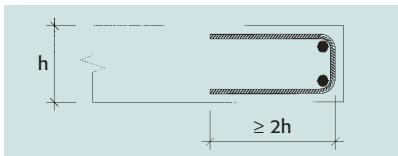
Fig. 50 Examples of shapes for torsion links – a) recommended shapes, (Note: For a2) should have a full lap length along the top)





Obr. 51 Příklad povrchové výztuže –  $x$  je vzdálenost neutrální osy od horního okraje v MSÚ

Fig. 51 Example of surface reinforcement –  $x$  is the depth of neutral axis at ULS



Obr. 52 Uspořádání výztuže desky ve volném okraji

Fig. 52 Edge reinforcement for a slab

$$s_{max} = 0,75 d (1 + \cot \alpha), \quad (170)$$

tloušťky minimálně 200 mm. Pro smykovou výztuž platí zásady uvedené u trámů, pokud není dále uvedeno jinak.

U desek, kde je  $|V_{Ed}| \leq 0,33 V_{Rd,max}$  může být smyková výztuž tvořena buď ohyby nebo smykovými výztužnými sestavami (spony, třmínky).

Maximální podélná vzdálenost mezi smykovými výztužnými sestavami je dána vztahem

maximální podélná vzdálenost ohybů nesmí přesáhnout  $d$ , příčná vzdálenost

**Literatura:**

[26] Zavádění EN 1992: „Navrhování betonových konstrukcí“ do praxe – Mezní stavy použitelnosti; in Beton TKS, ročník 3, č. 5/2003, str. 51–57

Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.  
tel.: 224 354 633; fax: 233 335 797  
e-mail: proch@beton.fsv.cvut.cz

Ing. Alena Kohoutková, CSc.  
tel.: 224 354 740, fax: 233 335 797  
e-mail: akohout@fsv.cvut.cz

Ing. Jitka Vašková, CSc.  
tel.: 224 354 636, fax: 233 335 797  
e-mail: jitka.vaskova@fsv.cvut.cz

všichni: ČVUT FSV, Katedra betonových konstrukcí a mostů  
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tab. 12 Požadavky na max. a min. plochu výztuže, max. a min. vzdálenosti a jmenovité průměry vložek konstrukčních prvků podle obr. 44  
Tab. 12 Requirements on the max. and min. area of the reinforcement, max. and min. spacing and diameters of bars of structural members in Fig. 44

Parametr (obr. 44)	Desky	Trámy	Sloupy	Stěny
Podélná nosná výztuž $\varnothing$	průřezová plocha výztuže $A_s \geq A_{s,min}; A_s \leq A_{s,max}$	$A_{s,min}^{1)2)} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk} \geq 0,0013 b_t d$ $A_{s,max} = 0,04 A_c^{3)}$	$A_{s,min} = 0,1 N_{Ed} / f_{yd} \geq 0,002 A_c$ $A_{s,max} = 0,04 A_c^{3)}$	$A_{s,min} = 0,002 A_c$ $A_{s,max} = 0,04 A_c^{3)}$
maximální osová vzdálenost prutů $a_{s,max}$	$a_{s,max} = 3 h \leq 400$ mm $a_{s,max}^{4)} = 2 h \leq 250$ mm	–	–	$a_{s,max} = 3 h \leq 400$ mm
minimální počet prutů	$(1000 / a_{s,max}) \varnothing / m$	–	4Ø8 – min. v každém rohu Ø8	$(1000 / a_{s,max}) / m$
minimální světllost mezi pruty	max. z hodnot: $\varnothing, d_r + 5$ mm; 20 mm; $d_r$ – maximální průměr zrn kameniva			
Příčná výztuž	–	viz třmínky text na str. 46	$\varnothing_{st} \geq 6$ mm (5 mm svař. síť) $s_s^{5)} \leq 20 \varnothing$ $\leq b$ $\leq 400$ mm	Příčná výztuž jen při $A_s \geq 0,02 A_c$ ; $\varnothing_{st}$ a $s_s$ stejně jako u sloupů <sup>6)</sup>
Rozdělovací výztuž (vodorovná u stěn)	minimální průřezová plocha ( $A_{sh,min}$ u každého povrchu)	0,2 $A_s$	–	$A_{sh,min} \geq 0,25 A_s$ ; $A_{sh,min} \geq 0,001 A_c$
maximální vzdálenost $s_{t,max}$	$s_{t,max} = 3,5 h \leq 400$ mm $s_{t,max}^{4)} = 3,5 h \leq 400$ mm	–	–	$s_{t,max} = 400$ mm
průměr $\varnothing_t$	–	–	–	–

**Poznámky:**

- $f_{ctm}$  – průměrná pevnost betonu v tahu;  $b_t$  – průměrná šířka tažené oblasti betonu, u T průřezu  $b_t = b_w$  ;  
 $d$  – účinná výška průřezu ;  $f_{yk}$  – charakteristická mez kluzu výztuže;  $A_c$  – průřezová plocha betonu ;  $h$  – tloušťka desky
- Pro prvky, u nichž lze připustit křehké porušení, lze uvažovat  $A_{s,min} = 1,2 A_{sd}$  kde  $A_{sd}$  je návrhová průřezová plocha stanovená v MSÚ.
  - U předpjatých prvků s nesoudržnou nebo vnější předpínací výztuží je třeba ověřit, že ohybová únosnost je větší než odpovídá 1,15 násobku ohybového momentu při vzniku trhlin.
  - Mimo styk přesahem.
  - Platí pro oblasti, kde může působit osamělé břemeno.
  - Maximální vzdálenost se snižuje na 0,6 násobek: – v průřezích umístěných nad a pod trámem nebo deskou na délce rovné většímu rozměru průřezu sloupu, – v oblasti styků přesahem, pokud jsou stykované pruty  $\varnothing > 14$  mm.
  - Pokud je však svíslá výztuž umístěna nejbližší povrchu stěny, je třeba provést příčnou výztuž ve tvaru spon, a to min. 4 spony /m<sup>2</sup>.