

NAVRHOVÁNÍ SPŘAŽENÝCH DESKOVÝCH KONSTRUKCÍ BETON - BETON PODLE EUROCODE 2-1-1B

V posledním návrhu EC 2-1-1B jsou uvedeny zásady, z nichž lze vycházet při návrhu spřažených konstrukcí vytvořených přibetonováním části betonu k betonové části, jejíž beton již dosáhl jisté pevnosti.

Podle tohoto předpisu může být **nosná soustava** spřažená a nespřažená:

- **spřažená**, jestliže přibetonovaná část a eventuálně i vložky u některých stropních desek jsou v hlavní nosné soustavě funkční,
- **nespřažená**, jestliže se s přibetonovanou částí v hlavní nosné soustavě nepočítá.

Vzhledem k tomu, že tento předpis se zabývá zejména prefabrikovanými konstrukcemi pozemních staveb, je zde v oblasti spřažení zaměřena pozornost zejména na:

- **spřažené deskové konstrukce vytvořené vybetonováním vrstvy monolitického betonu na tenké deskové dílce**, železobetonové nebo předpjaté tenké deskové dílce tvoří tedy bednění nezatvrdlého monolitického betonu a po jeho zatvrdnutí působí jako spodní část definitivní desky.
- **spřažené deskové konstrukce z částečně prefabrikovaných žebér a vložek**, kdy deska je vytvořena z žebér podpírajících mezilehlé vložky, mezery mezi vložkami a trámy se zabetonují, čímž se vytvoří horní příruba trámu.
- **deskové konstrukce vzniklé nadbetonováním dutinových železobetonových nebo předpjatých dílců** (obvykle tenkou vrstvou nevyztuženého betonu).

Ve výpočtu je třeba vystihnout zatížení a chování jak samostatných dílců v jednotlivých stadiích působení, tak konstrukční soustavy jako celku.

Při navrhování těchto spřažených konstrukcí se vychází z předpokladu úplného spřažení obou betonových částí, tj. konstrukce v definitivním stavu se vyšetřuje jako monolitická a musí se zajistit přenos smykových sil ve spárách. Návrh musí vycházet z vlastností spřahovaných materiálů (pevnosti, smršťování, dotvarování, teplotních přetvoření).

Spřaženou desku vytvořenou nadbetonováním vrstvy monolitického betonu na tenké deskové dílce lze považovat v konečném stavu působení za monolitickou, pokud jsou splněny tyto podmínky:

- způsob výroby prefabrikovaných prvků musí zajistit drsný povrch styku,



Doc. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.

- přenášení smyku (bez posunutí ve styčné spáře) je spolehlivě zajištěno pouhou soudržností nebo také spolupůsobící spřahující výztuží,
- je zajištěno příčné spojení v místě styků prefabrikovaných prvků.

U nosníkových desek vytvořených nadbetonováním monolitického betonu na tenkou prefabrikovanou desku má být hlavní výztuž v prefabrikované tenké desce. Příčnou výztuž lze umístit v prefabrikované tenké desce anebo v monolitické desce.

Je-li příčná výztuž umístěna v prefabrikované desce, musí být její spojitost zajištěna ve styčných dílcích, a to buď dodatečnými výztužnými pruty umístěnými v monolitickém betonu, nebo pruty odehnutými z prefabrikované desky na délku přesahu na obou koncích.

U desek podepřených po obvodě se má výztuž v jednom hlavním směru umístit do prefabrikovaných tenkých desek a výztuž v druhém směru do monolitické nadbetonované části. Tenké desky ve tvaru panelů mohou mít výztuž pro oba směry umístěnou v prefabrikované tenké desce.

Horní výztuž spojitých nebo konzolových desek se umísťuje v nadbetonované vrstvě spřažené s konstrukcí.

Únosnost a přetvoření prefabrikovaných tenkých desek v jednotlivých stavebních stadiích se musí posoudit výpočtem nebo zkouškami, a to s uvážením eventuálních dočasných podpor.

Spřažené stropy z žebér a vložek se mohou považovat za monolitické desky, jestliže:

- nejsou překročeny vzdálenosti s_q uvedené v tab. 1
- spřažení monolitického betonu a prefabrikované části žebra je zajištěno soudržností a příp. spolupůsobící spřahující výztuží.

Tab. 1. Vzdálenost s_q

Typ budovy	s_q při vzdálenosti příčných žebér	
	$s_1 \leq l/8$	$s_1 > l/8$
obytná	---	12d ₀
ostatní	10d ₀	8d ₀

s_1 - osová vzdálenost podélných žebér
 l - rozpětí žebér
 d_0 - tloušťka stropu

Vložky mohou být funkční jen v příčném směru (při přenášení nahodilých zatížení do trámů), nebo též mohou spolupůsobit s monolitickým betonem tvořícím tlačnou oblast celého nosného systému.

Stropní konstrukce vzniklé nadbetonováním dutinových panelů lze považovat za monolitické pokud:

- styky mezi stropními dílci jsou navrženy na přenesení smykových sil působících mezi dílci, smykové síly mohou být přeneseny rovnoměrně podél povrchu styků (betonem nebo maltou), nebo soustředěny do smykových spojek,
- spřažení horní monolitické a dolní prefabrikované vrstvy je zajištěno soudržností, lze však také použít spolupůsobící spřahující výztuž.

Řešení smykových styků

Jeden z hlavních problémů spočívá v návrhu smykových styků. Rozeznávají se **styky hladké, drsné a zazubené**.

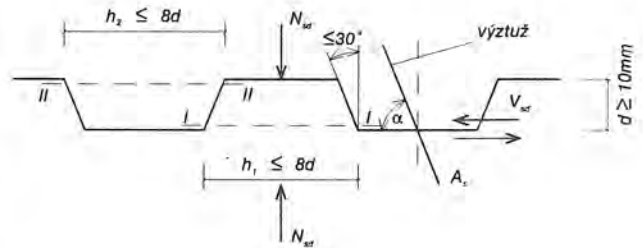
Styk lze považovat za **drsný**, pokud jsou splněny tyto podmínky:

- povrch je ponechán drsný po betonáži nebo je opracován (mechanicky nebo ručně), hloubka drsnosti musí být nejméně 3 mm
- nebo zrna kameniva vyčnívají přiměřeně z povrchu dílce (např. při ošetření povrchu stlačeným vzduchem).

Důležitá je pečlivá betonáž styku, přičemž povrch stávajícího betonu musí být očištěn před ukládáním betonu.

Styk lze považovat za **zazubený**, jestliže je sklon zubů $\leq 30^\circ$ a výška zubů $d \geq 10$ mm (obr.1). Plocha zazubení je definována jako průřezová plocha zubů po jedné straně styku v řezu s ním rovnoběžném. Účinná délka zubu h_1 popř. h_2 se nemá uvažovat hodnotou větší než 8d, přičemž $0,8 \leq h_1/h_2 \leq 1,2$

Obr. 1. Zazubený styk



Styčný povrch má být očištěn a zbaven cementového povlaku. Povrch, který vzniká při betonování ve styku s hladkou stěnou formy, nelze považovat za drsný, pokud není výrazně upraven (např. zazubením).

Výpočtová únosnost ve smyku

Posouvající síla ve styku nejvíce závisí na proměnnosti podélné síly $F_{cx} = M_{sd}/z$, tj. číslu síly F_{xj} působící v monolitickém betonu.

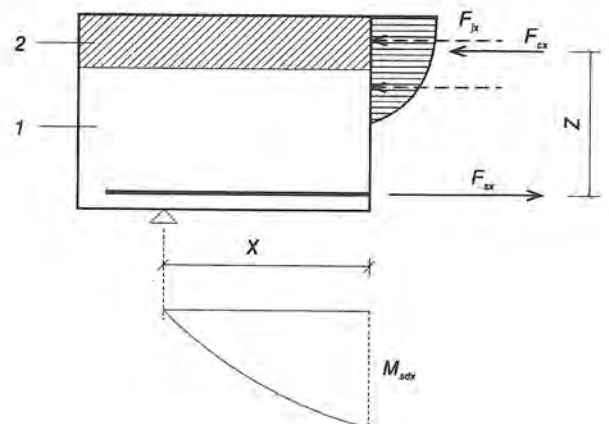
Smykové napětí ve styku lze vyjádřit vztahem

$$\tau_{Sdj} = \frac{F_{jx} V_{sd}}{F_{cx} z b_j} \quad (1)$$

kde $F_{cx} = M_{sd}/z$ - celková vodorovná síla vyvozená ohybem (obr. 2),

- z - rameno vnitřních sil pro sílu
- F_{jx} - část síly působící v monolitickém betonu
- V_{sd} - svislá posouvající síla
- b_j - šířka styku.

Obr. 2. Síly F_{cx} , F_{jx}



Výpočtová smyková pevnost ve styku je:

$$\tau_{Rdj} = k_T \cdot \tau_{Rd} + \mu \cdot \sigma_N + \rho \cdot f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,2 f_{cd} \quad (2)$$

kde k_T - součinitel účinnosti ($k_T = 0$, je-li styk tažen)

μ - součinitel tření:

hodnoty k_T a μ lze uvažovat podle tab. 2

τ_{Rd} - napětí uvažované podle tab. 3

σ_N - napětí vyvozené vnější normálovou silou působící ve styku: uvažuje se kladné, jde-li o tlak, záporné při tahu, neuvažuje se hodnotou větší než $0,6 f_{cd}$

α - úkol sklonu výztuže procházející stykem, kde $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

$\rho = A_s/A_c$

A_s - průřezová plocha výztuže procházející stykem (včetně eventuální smykové výztuže)

A_c - průřezová plocha betonu uvažovaná při výpočtu smykového napětí.

U styků vyplněných maltou mezi stropními panely lze smykovou únosnost styku stanovit podle vztahu (2). Avšak v případech, kdy ve styku mohou být již trhliny od příčného tahu (např. ve stropech působících jako zavětrovací tabule), uvažuje se $k_T = 0$ pro hladké a $k_T = 0,5$ pro zazubené styky. Průměrné výpočtové vodorovné smykové napětí ve stycích bez zazubení mezi deskovými prvky je omezeno 0,10 MPa.

Tab. 2. Hodnoty součinitelů k_T a μ

Povrch	k_T	μ
zazubený (záměrně)	2	0,9
drsný	1,8	0,7
z posuvného bednění	1	0,5
velmi hladký (betonovaný v ocel. bednění a pod.)	0	0,5

Tab. 3. Hodnoty $\tau_{Rd} = \frac{f_{ctk} 0,05}{\gamma_c}$, při $\gamma_c = 1,5$

f_{ck}	12	16	20	25	30	35	40	45	50
τ_{Rd}	0,18	0,22	0,26	0,3	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48

f_{ck} je menší z charakteristických pevností betonu přiléhajícího ke styku

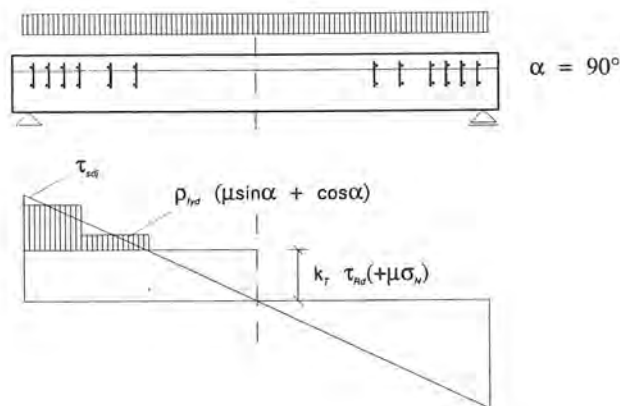
Výztuž ve stycích je vyžadována v oblastech, kde

$$\tau_{Sdj} > k_T \cdot \tau_{Rd} + \mu \cdot \sigma_N \quad (3)$$

Výztuž musí mít celkovou průřezovou plochu a musí být rozdělena podle osy prvku tak, aby odpovídala smykovému napětí $\tau_{Sdj} = (k_T \cdot \tau_{Rd} + \mu \cdot \sigma_N)$.

Rozdělení smykové výztuže odpovídající průběhu smykového napětí, znázorněné na obr. 3 je přijatelné.

Obr. 3 Rozdělení spráhovací výztuže



LITERATURA:

ENV 1992-1-3: Eurocode 2 - Design of Concrete Structures, Part 1-3: Supplementary Rules for Precast Concrete Elements and Structures (Draft August 1992)

Doc. Ing. Jaroslav Procházka, CSc
Katedra betonových konstrukcí
Stavební fakulty ČVUT Praha 6

Thákurova 7
PSČ 166 29
tel.: 3324633

Navrhování betonových, zděných a spřažených konstrukcí pozemních a inženýrských staveb, expertivní a soudně znalecké posudky, konzultace, školení.

Praha 4
Viktorinova 1
PSČ 140 00
tel. 427825