

# Krytí předpínací výztuže nepředpjatým betonem

*Ordinary Concrete Cover to the Prestressing Steel*

**Bohumír Voves**

**Je-li předpínací výztuž kryta nepředpjatým betonem, je nutné postupovat tak, aby se neohrozila nosná funkce a trvanlivost konstrukce. Pro nevhodný postup se u několika konstrukcí přistoupilo k rekonstrukcím.**

*If prestressing steel is covered by in situ concrete, the used method of construction must not endanger the safety and durability of the prestressed concrete structure. Some structure repairs were caused by unacceptable procedures.*

Některé technologické postupy zavedené v oboru konstrukcí z předpjatého betonu (dále pouze konstrukcí) vyžadují, aby byla předpínací výztuž (dále pouze výztuž) kryta nepředpjatým betonem naneseným po zavedení předpětí. To se týká zejména nádrží ovinutých výztuží a mostních konstrukcí s výztuží uloženou na povrchu předpjatého betonu. Nepředpjatým betonem se kryjí též kotvy kabelů. V několika případech se u starších konstrukcí zjistily závady plynoucí z podcenění významu nepředpjatého betonu pro nosnou funkci a trvanlivost konstrukcí. Proto se dále pojednává o krytí výztuže a kotev nepředpjatým betonem.

## Požadavky na nepředpjatý beton

U běžných konstrukcí se výztuž chrání před korozí krycí vrstvou z hutného předpjatého betonu, jejíž tloušťka vyhovuje požadavkům předpisů. Přitom se předpokládá, že plné a omezené předpětí zabrání vzniku trhlin v krycí vrstvě a že částečné předpětí omezí jejich šířku.

U konstrukcí s výztuží krytou nepředpjatým betonem je tento beton spřažen s předpjatým betonem a jeho přetvoření odpovídá podmínce zachování rovinnosti spřaženého průřezu. V nepředpjatém betonu tažené oblasti spřažené konstrukce dochází k namáhání v tahu vyvozeném zatížením. Namáhání v tahu je způsobeno i rozdílným smrštěním nepředpjatého a předpjatého betonu. Proto v taženém nepředpjatém betonu vznikají často trhliny, které by mohly ohrozit výztuž korozí. Aby byla výztuž bezpečně chráněna před korozí, stanoví se na základě průkazných zkoušek tloušťka vrstvy nepředpjatého betonu a jeho složení, zpracování a ošetření. Pro zmenšení smršťování má být nepředpjatý beton vyroben s co nejmenšími dávkami portlandského cementu a vody, které dostačují pro dosažení požadované pevnosti betonu. Způsob zhutňování se má volit tak, aby byl beton hutný. Soudržnost betonu vyhovujícího těmto požadavkům a výztuže bývá obvykle zajištěna a nemusí se proto dále pojednávat.

Nepředpjatý beton kryjící kotvy kabelů má chránit kotvu i kotvenou výztuž před korozí. Jeho složení a zpracování se volí tak, aby se dosáhl hutný beton zabraňující přístupu vody a korozních činitelů ke kotvě a výztuži.

Tloušťka vrstvy kryjící výztuž a kotvy má alespoň vyhovovat požadavkům na krytí výztuže předpjatým betonem.

## Soudržnost mezi předpjatým a nepředpjatým betonem

Spřažení předpjatého a nepředpjatého betonu závisí na soudržnosti mezi oběma betony. Povrch předpjatého betonu

na styku obou betonů je nutné zbavit nečistot, navlhčit a popřípadě zdrsnit nebo styk opatřit betonářskou výztuží. Soudržnost mezi oběma betony se zajišťuje se zvláštní péčí, protože nepředpjatý beton přenáší síly mezi výztuží a předpjatým betonem. Soudržnost se posuzuje podle smykového napětí působícího mezi předpjatým a nepředpjatým betonem, které se určuje způsobem obvyklým u běžných spřažených konstrukcí [1], např.:

$$\tau = Q \frac{S_n}{bI_s} \quad (1)$$

kde  $S_n$  je statický moment ideálního průřezu tlačeního nepředpjatého betonu a výztuže,  $b$  je šířka styku. Tažený nepředpjatý beton se do průřezu spřažené konstrukce nezahrnuje a ideální průřez je dán výztuží. Smykové napětí nemá přestoupit dovolené namáhání, které se např. u mostních konstrukcí s drsným povrchem předpjatého betonu na styku rovná 0,2násobku dovoleného namáhání v hlavním tahu. Vyhoví-li se tomuto požadavku, je možné konstrukci řešit za předpokladu zajištění soudržnosti mezi výztuží a předpjatým betonem. Pokud by soudržnost nebyla dostatečná, mohly by se oba betony vzájemně posouvat, takže by se vůči předpjatému betonu posouvala i výztuž, a konstrukce by byla předepnutá v podstatě volnou výztuží.

Volná výztuž je s předpjatým betonem spojena pouze po koncích kotvami a síla ve výztuži závisí na přetvoření celé konstrukce. Proto volná výztuž nespolutpůsobí podstatně s předpjatým betonem [2] a nosnost a tuhost konstrukce při použití volné výztuže je menší než při použití výztuže, jejíž soudržnost s předpjatým betonem je zajištěna.

## Ovijené konstrukce

Nepředpjatý beton kryjící výztuž ovinutých konstrukcí, např. válcových nádrží a tlakových trub, bývá jedinou překážkou přístupu korozních činitelů k výztuži. Proto se užívají zvláštní způsoby, zajišťující řádné zhutnění nepředpjatého betonu. U nádrží se krycí vrstva nanáší stříkáním betonové směsi (po případě s přísadou vláken) ve třech vrstvách. U trub se krycí vrstva vibruje nebo lisuje. Pro omezení rozvoje trhlin je vhodné krycí vrstvu nanášet na konstrukci namáhanou užitným zatížením (např. na naplněnou ovinutou nádrž). Konstrukce bývají zatíženy souměrně k ose rotace, takže se smykové napětí mezi předpjatým a nepředpjatým betonem v příčném průřezu nemusí sledovat.

## Mosty

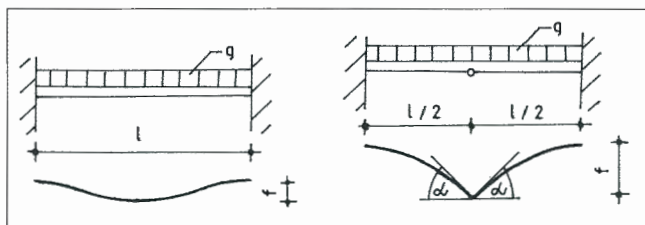
Pro snazší rozmístění výztuže po průřezu konstrukce a pro zmenšení pracnosti vyloučením vytváření kabelových kanálků se u některých mostů ukládala výztuž na povrch konstrukce. U komorových trámů se to dalo v oboru záporných momentů na strop komory a v oboru kladných momentů na dno komory. V obou případech se výztuž kryla nepředpjatým betonem a chránila se izolací před přístupem korozních činitelů k výztuži. Od tohoto řešení se nyní ustupuje pro závady, které byly zjištěny při pozorování mostů za provozu a které zpochyb-

ňují trvanlivost konstrukcí. Prvním nápadným jevem signalizujícím závalu bylo přetvoření konstrukcí narůstající nad hodnoty určené v projektové dokumentaci. To mohlo mít několik příčin. Vzhledem k tomu, že přetvoření konstrukce z předpjatého betonu je dáno rozdílem deformačních účinků předpětí a zatížení, může být nežádoucí přetvoření způsobeno zvětšením stálého zatížení (např. větší tloušťkou nepředpjatého betonu zakrývajícího odchylky letmo betonované či montované konstrukce od projektantem požadovaného tvaru) nebo nepředpokládaným nadměrným úbytkem předpínací síly (např. pro zmenšení průřezu výztuže způsobené korozi). Dalším činitelem by mohla být nedostatečná soudržnost předpjatého a nepředpjatého betonu (nebo dokonce selhávající soudržnost výztuže a nepředpjatého betonu), vedoucí k tomu, že se výztuž, již se v projektové dokumentaci přisuzuje řádná soudržnost s předpjatým betonem, chová jako výztuž volná. To, že se zvětšení přetvoření projevilo zejména u konstrukcí s kloubem v poli, se dá odůvodnit porovnáním přetvoření oboustranně vetknutého trámu stálého průřezu jednak s kloubem v polovině rozpětí a jednak bez kloubu (obr. 1). Při působení rovnoměrného zatížení je u trámu s kloubem v polovině rozpětí průhyb a pootočení

$$f = \frac{gl^4}{128EI} \quad \alpha = \frac{gl^3}{48EI} \quad (2)$$

a u trámu bez kloubu

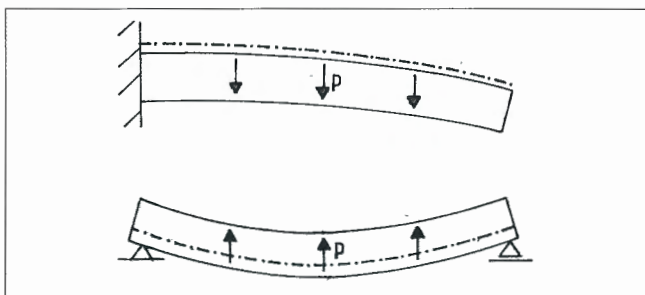
$$f = \frac{gl^4}{384EI} \quad \alpha = 0 \quad (3)$$



Obr. 1 – Vliv kloubu na přetvoření trámu / Influence of a hinge on girder deformation

Průhyb trámu s kloubem je tedy trojnásobný. Ohybová čára se u trámu s kloubem nápadně lomí a u trámu bez kloubu je plynulá. Pro dotvarování betonu narůstá přetvoření trvale s časem. Je zřejmé, že se u mostů s klouby zvětšení stálého zatížení, úbytek předpínací síly nebo narušení soudržnosti projevuje přetvořením nápadněji než u mostů bez kloubů, u kterých může závala zůstat skrytá.

Při působení zatížení sleduje výztuž v oboru záporných momentů přetvoření konstrukce a přitlačuje nepředpjatý beton k předpjatému betonu (obr. 2). Ale v oboru kladných momentů musí být výztuž uložena na dno komory k sledování prohýbající se konstrukce přinucena nepředpjatým betonem. Výztuž se snaží napřímít a tak dochází mezi oběma betony k tahu.



Obr. 2 – Působení výztuže na beton / Prestressing steel action on concrete

Na mostech, kde byla výztuž kryta nepředpjatým betonem, se v ČR projevilo několik závad. Dále se uvádějí dva případy.

U letmo betonované rámové konstrukce o čtyřech polích s klouby uprostřed obou vnitřních polí byla výztuž uložena na horní desce komorových příčlí a kryta nepředpjatým betonem. Závala se projevila nadměrným plynulým zvětšováním průhybu a pootočením v kloubu. Voda prosakovala stropem komor, kde vytvářela rezavě zbarvené krápníky. Při průzkumu bylo zjištěno, že je izolace značně narušena, že je nepředpjatý beton neuspokojivý a že je výztuž postižena korozi. Při rekonstrukci mostu starého 30 let se požadované předpětí zajistilo volnými kabely a kloub se zrušil.

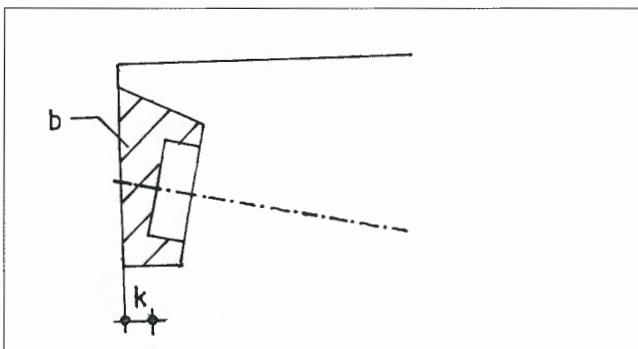
Letmo montovaná rámová konstrukce mostu o třech polích byla předepnuta výztuží uloženou na horní i spodní desce komorových příčlí a krytou nepředpjatým betonem. Na horní desce byla provedena běžná izolace a vozovka. Dno komory nebylo opatřeno izolací. Komorami procházelo potrubí z ocelového plechu odvádějící vodu z vozovky mimo most. Nedostatečně udržované potrubí bylo narušeno korozi ocele a voda z něj vytékala na povrch nepředpjatého betonu v komoře. To vedlo ke korozi výztuže. V místech, kde tloušťka krycí vrstvy byla pouze 2 mm, se několik drátů Ø P7 přetrhlo. Při rekonstrukci mostu po 20 letech provozu mostu se předpětí doplňují volnými kabely.

K obdobným závadám došlo i v zahraničí. Například u mostů přes Marnu podle Freyssineta došlo ke korozi výztuže uložené na povrchu konstrukce a kryté nepředpjatým betonem. Konstrukce nebyla chráněna izolací. Po 30 letech provozu se při rekonstrukci most předepnul volnými kabely.

Je zřejmé, že u mostů s výztuží krytou nepředpjatým betonem bývá příčinou závad vypuštění nebo selhání izolace, nedostatečné zhutnění nepředpjatého betonu, malá tloušťka krycí a průnik korozních činitelů nepředpjatým betonem k výztuži. Těmto závadám se dalo zabránit dodržováním kázně při provádění, důsledným dozorem a včasným odhalováním závad při pravidelných prohlídkách za provozu mostu. Nelepšili se úroveň kázně, dozoru a prohlídek, bude lépe krytí výztuže nepředpjatým betonem u mostů neprovádět (ale výztuž kryt běžně předpjatým betonem), klouby v polích mostů nezavádět a vodu z vozovky odvádět přímo mimo konstrukci.

## Kotvy

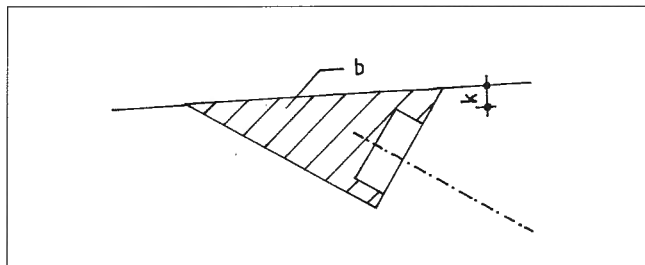
Kotvy kabelů se osazují do kapes a po zavedení předpětí se kryjí se zvýšenou pečlivostí nepředpjatým betonem (obr. 3).



Obr. 3 – Kapsa v čele konstrukce, k – krytí kotvy, b – nepředpjatý beton / Pocket at end of a structure, k – cover to the anchorage, b – ordinary concrete

Uvolňování betonu z kapes má být zabráněno předpínací výztuží vyčnívající z kotev nebo betonářskou výztuží. Při nedokonalém provedení se může beton kryjící kotvu smršťovat natolik, že vznikne mezi ním a předpjatým betonem spára umož-

ňující průnik korozních činitelů k výztuži. Proto se má zabránit stékání vody po čele konstrukce a omezit vyvádění kabelu na horní povrch konstrukce (obr. 4).



Obr. 4 – Kapsa na horním povrchu konstrukce, *k* – krytí kotvy, *b* – nepředpjatý beton / Pocket on the bottom of a structure, *k* – cover to the anchorage, *b* – ordinary concrete

Přestože je krytí kotev snadno zajistitelné a opravitelné, zjišťuje se často, že se u starších mostů uvolnil beton z kapes a správa mostů ponechává tento stav, který ohrožuje výztuž korozi, po delší dobu. Dokonce na jednom mostu byly kotvy

po 20 let prostě přiloženy na rovinné čelo trámů, tedy bez kapes, a nebyly obetonovány. V takovém případě se při rekonstrukci kotvy mají opatřit litinovým krytem vyplněným injektážní maltou.

## Závěr

Při navrhování, provádění a provozu konstrukcí z předpjatého betonu se má uvážít, že krytí předpínací výztuže a kotev nepředpjatým betonem je jedním ze závažných činitelů, které rozhodují o nosné funkci a trvanlivosti konstrukce.

V příspěvku jsou prezentovány výsledky dosažené při řešení grantu GAČR 103/95/1644.

## Literatura

[1] Voves, B.: Navrhování sprážených konstrukcí z předpjatého betonu, *Beton a zdivo*, 1995, č. 4, s. 28 až 32

[2] Voves, B.: Navrhování konstrukcí s volnou předpínací výztuží, *Beton a zdivo*, 1994, č. 2, s. 24 až 27

Prof. Ing. Bohumír Voves, DrSc., Pod Fialkou 7, 150 00 Praha 5

# Semináře technologů betonářů

*Seminars of Concrete Technologists*

**Bohumil Horký**

Kloknerův ústav a Česká společnost pro beton a zdivo organizují periodické semináře technologů betonářů. Stavební firmy spolupracují při organizaci zajištění náplně seminářů. Semináře jsou též důležité ze společenského a kontraktčního hlediska.

*The Klokner Institute and the Czech Concrete and Masonry Society organize periodical seminars of concrete technologists. Building companies collaborate in the organization of events by ensuring the seminar content. Seminars are also important from the social and contracting point of view.*

K aktivitám Kloknerova ústavu ČVUT Praha a České společnosti pro beton a zdivo při ČSSI patří i organizování pravidelných odborných seminářů technologů betonářů, populárně nazývaných jako Klubové večery.

Zmíněné semináře vznikly na půdě ČSSI v roce 1977. Organizace ČSSI byla na konci roku 1978 politickým zásahem zrušena.

Činnost aktivů technologů se udržela i v rámci tehdejší Československé vědeckotechnické společnosti. Současná organizace zmíněných seminářů je uplatňována od roku 1991.

Vlastní odborná náplň není zaměřena pouze na technologii, ale i na zkušebnictví a systémy řízení jakosti betonu. Při vytváření konkrétního programu každého setkání technologů je s úspěchem uplatňována spoluúčast stavebních firem s účastí ředitele nebo člena vedení těchto organizací. Dosud se podílely na těchto setkáních následující firmy:

- ◆ Cementárny a vápenky Prachovice, a. s.
- ◆ Stachema Kolín, s. r. o.
- ◆ Armabeton Praha, a. s.
- ◆ Subterra Praha, a. s.
- ◆ Luhov Stráž pod Ralskem, a. s.

- ◆ Lias Vintřív, Lehký stavební materiál, k. s.
- ◆ TBG Metrostav Praha, s. r. o.
- ◆ Lafarge cement, Čížkovická cementárna, a. s.
- ◆ Beton Lafarge Praha, s. r. o.
- ◆ Transbeton IPS Praha, s. r. o.

Vlastní jednání tradičně probíhá na půdě Kloknerova ústavu, časově se nejedná o večer, ale o pozdní odpoledne. Uvedené místní a časové dispozice umožňují sice větší účast technologů z Prahy a okolí, avšak zástupci z jiných oblastí nejsou výjimkou (Pardubice, Brno, Plzeň, Liberec apod.). Účast na večerech není podmiňována členstvím v ČSSI, neboť každé organizační omezení by odporovalo základnímu motu seminářů:

## Profesionalita – kolegialita – informovanost

Klubové večery se konají na jaře před hlavní stavební sezónou a na podzim většinou v listopadu, aby nedošlo ke kolizi s Betonářskými dny v Pardubicích. Setkává se zde pravidelně asi šedesát zájemců o tuto problematiku. V současné době jsou zvažovány i další termíny a místa těchto setkání.

Kromě zvoleného hlavního tématu se na seminář zařazují i další aktuální otázky. Příkladem může být program poslední akce, která proběhla 4. listopadu 1997.

Vlastní jednání proběhlo v pěti bodech (první a poslední nemají přímý odborný charakter, druhý bylo plánované téma, třetí a čtvrtý byly vytypovány těsně před zahájením):

- ◆ úvodní pozdravy ředitelů: TB IPS (p. Jiří Novotný) a KÚ ČVUT (Ing. Tomáš Klečka, CSc.),
- ◆ výroba betonu a kontrola jeho kvality (Ing. Jiří Jelínek) se zaměřením právě na zkušenosti TB IPS,
- ◆ použití drátkobetonu pro průmyslové podlahy (Ing. Jan