

Závady při provádění konstrukcí z předpjatého betonu

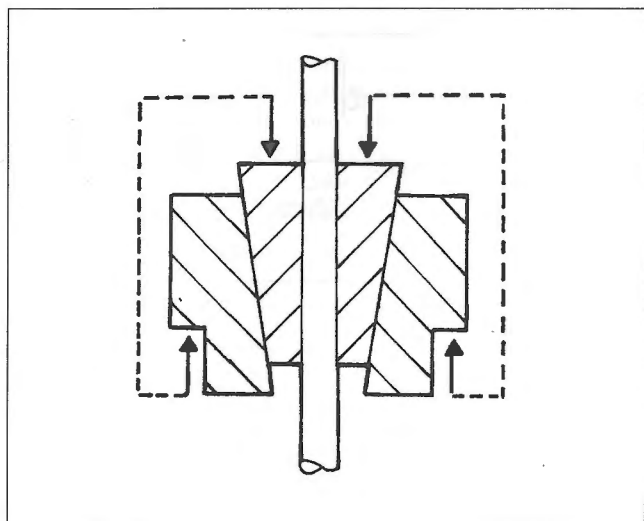
Bohumír Voves

Předpjatý beton – závady – kotvení – segmentové konstrukce – inhibitory – sedla volných kabelů – voda v dutinách konstrukcí.

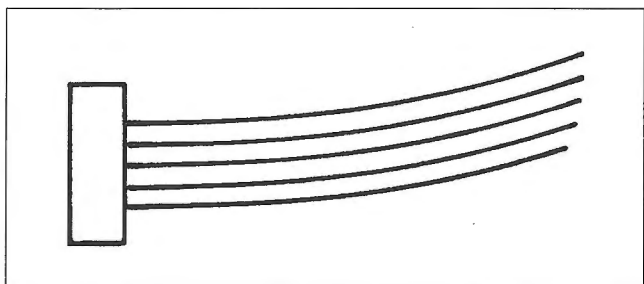
Kromě běžných závad plynoucích z nekázně se při provádění konstrukcí z předpjatého betonu vyskytly závady, jejichž příčinou byl nedostatek zkušeností při zavádění nových technologických postupů. O těchto závadách se dále pojednává.

Kotvení předpínací výztuže

Kabely napínané běžným napínacím zařízením se v samosvorných kotvách kotví zatlačením kuželíků nebo čelistí silou rovnou 0,15 až 0,35násobku předpínací síly. To pro řádné ukotvení postačí, je-li předpínací výztuž napínána silou odpovídající alespoň polovině dovoleného namáhání předpínací výztuže. Když je ale v projektové dokumentaci předepsána síla menší, nemusí být kabel řádně ukotven a při změně napětí se může z kotvy uvolnit. K tomu došlo např. u opěrné stěny se zemními kotvami z lan. Lana byla napínacím zařízením napínána a kotvena malou silou. Nosnost lan měla být využita až při zatížení opěrné stěny. Během provádění stavby lana ležela 0,5 m pod úrovní terénu pojižděného nákladními auty. Pojezd aut způsobil svislý posun zeminy, a tím i prohnutí lan, což vedlo k uvolnění čelistí z kotevních objímek, a tedy i k vyloučení lan z nosné funkce. Takové závadě je možné zabránit tím, že se při malých předpínacích silách budou kuželíky nebo čelisti zatlačovat



Obr. 1 – Zatlačování čelistí



Obr. 2 – Ohýbání předkotveného kabelu

nezávisle na napínacím zařízení, např. hydraulickým válcem rozpírajícím se o vybrání v objímce (obr. 1).

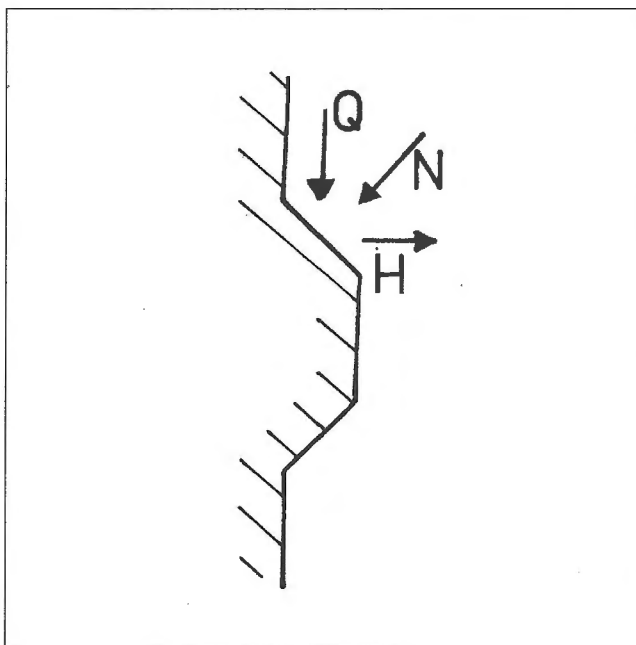
Ve spojkách, které nejsou při napínání přístupné, se kabely předkotvují silou vyvozenou hydraulickým válcem, aby se při osazování do formy, při sestavování spojky, při zabetonování a při napínání kabel z kotvení neuvolnil. Na jedné stavbě se kabely ve spojkách řádně předkotvily, ale při napínání se v kotvení uvolnily. Proto bylo nutné odsekát beton kryjící spojky a kabely znovu předkotvit a napnout. Tato závada byla způsobena tím, že lana kabelu předkotvená na jedné straně byla na druhé straně svařena. Při osazování do formy se takto upravený kabel ohýbal a změna délky jednotlivých lan, způsobená ohybem, si vynutila uvolnění čelistí z kotevních objímek. Proto mají být kabely, které jsou na jedné straně předkotveny, na druhé straně volné, aby se mohly při ohýbání vzájemně posouvat (obr. 2).



Segmentové konstrukce

Mají-li u segmentové konstrukce spáry s nevytvrzeným lepidlem přenášet posouvající sílu, opatřují se čela spojovaných částí drobnými ozubými (obr. 3). Řádné provedení ozubů je předpokladem pro nosnou funkci konstrukce, dokud se lepidlo nevytvdí.

Přesto byly na jednu stavbu dodány tři segmenty s poškozenými ozubými. U nejvíce postiženého segmentu chyběly tři ozuby, v jedné stěně byla vylomena vnitřní hrana a čtyři ozuby byly narušeny trhlinami. Tyto segmenty byly vyrobeny v zimním období, kdy poklesla účinnost urychlování tvrdnutí betonu ohřevem, takže dříve vybetonovaný segment nebyl ve styčné ploše ohřát a odebíral teplo z čerstvého betonu přibetonovaného segmentu. Tak došlo



Obr. 3 – Ozub

ke snížení pevnosti betonu v čele přibetonovaných segmentů, což vedlo k poškození ozubů při uvolňování z výrobního zatížení. Kdyby se tyto závady projevíly u segmentů mimo oblast pilíře, bylo by nutné podstatně upravit výrobní postup. Poškozené segmenty byly ale určeny pro oblast pilíře a postiženy byly ve styčné ploše s pilířovým segmentem. Tyto segmenty jsou během montování přilehlých polí podepřeny, takže spáry mezi nimi a pilířovým segmentem nejsou téměř namáhány posouvající silou a namáhání ozubu je nepodstatné. Po odstranění podpěr je lepidlo zcela vytvrzeno, spára působí jako u běžné dělené konstrukce a je schopna přenášet příslušné posouvající síly a kroutící momenty. Proto bylo možné i při použití poškozených segmentů zachovat obvyklý postup montáže. Pro nápravu uvedených závad se spáry s postiženými čely segmentů vyplnily hustším lepidlem, po vytvrzení lepidla se dutiny doplnily dusaným betonem a trhliny v ozubech se zatřely lepidlem.

Nyní již nedochází k trhlinám v segmentech pro lokální přemáhání betonu ve spáře. Tyto trhliny byly dříve zjišťovány v betonu při ocelových vložkách vkládaných do spár pro zajištění předepsaného tvaru montované konstrukce. Úroveň provádění segmentů daná dosavadním vývojem zajišťuje rovnoměrné roznesení tlaků po spáře.

Rádné vyplnění a utěsnění spár segmentových konstrukcí lepidlem je předpokladem pro spolehlivou nosnou funkci a trvanlivost konstrukcí. Přesto na jedné stavbě bylo zjištěno, že některé spáry mezi segmenty nebyly lepidlem řádně vyplněny. Jednou spárou dokonce procházelo světlo. Spárami pronikala srážková voda dovnitř komorového nosníku, do kabelových kanálků a k předpínací výztuži. V některých kapsách pro kotvy stála voda. Při průzkumu stavu napnutých kabelů endoskopem děrou v kotevní objímce určené pro injektování byly odhaleny podstatné závady. Např. u jednoho kabelu byly zjištěny následující skutečnosti. Po uvolnění díry v objímce vyteklo z kabelových kanálků 5 l vody. Na dně kanálků zůstala voda, jejíž hladina sahala k dolní úrovni díry v objímce. Všechna lana kabelu byla napadena rovnoměrnou korozi a byly u nich zjištěny náznaky šupinkovitého odlučování korozních zplodin. K takové závadě došlo, přestože se požaduje, aby spára byla lepidlem zcela vyplněna a aby předpínací výztuž byla ve spáře řádně chráněna před korozi. I když po získání dostatečných zkušeností k obdobným závadám nedochází, považovalo se za nutné do změny ČSN 73 2401 vložit toto ustanovení: Na nepropustnost kabelového kanálu ve spáře dělené konstrukce se usuzuje z tlakové zkoušky při přetlaku vody nebo vzduchu 0,05 MPa.

Inhibitory

U letmo montovaných konstrukcí se připouští, aby kabelové kanálky byly zainjektovány i po 14 dnech po napnutí kabelů, pokud se provede opatření, které chrání předpínací výztuž před korozi. Za takové opatření se na jedné stavbě považovala ochrana zainjektovaných kabelů inhibitorem. Do kabelového kanálku se vhněl aerosol vypařovacího inhibitoru, kterým byl v tomto případě benzoan amonný. Kabelové kanálky se uzavřely pryžovými zátkami v trubkách určených pro vhnění injektážní malty a pro odvodušnění kanálků. Požadovalo se vhnění aerosolu inhibitoru opakovat po dvou měsících v létě a po třech měsících v ostatních ročních obdobích. Při této technologii jsou páry inhibitoru schopny zabránit korozi ocele.

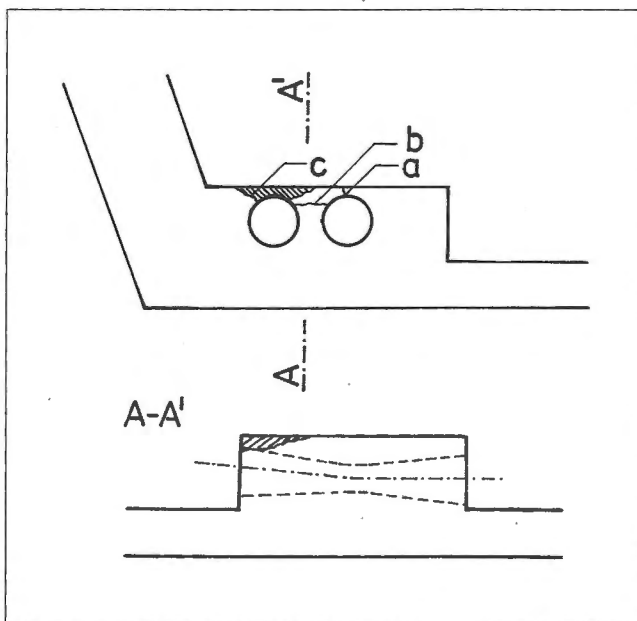
Při zjišťování stavu předpínací výztuže endoskopem bylo zjištěno, že je nezainjektovaná předpínací výztuž napadena korozi. Příčinou toho bylo nedodržení technologické kázně. Odvodušňovací trubky nebyly utěsněny zátkami a některé trubky byly vylomené. V těchto místech nebyly tedy kabelové kanálky vzduchotěsně uzavřeny a vlhký vnější vzduch mohl do nich pronikat. Zanedbalo se opakování vhnění aerosolu inhibitoru. Proto přestala být ochrana inhibitorem dostatečně účinná. Po zjištění tohoto stavu bylo požadováno urychlené zainjektování kanálků.

Je zřejmé, že dočasnou ochranu nezainjektovaných kabelů proti korozi inhibitorem je možné připustit v nutných případech pouze pokud bude zaručeno dodržení technologické kázně.

Sedla volných kabelů

U jednoho mostu došlo k závadám na sedlech vnějších volných kabelů. Tyto kabely jsou složeny z jednotlivých lan, opatřených povlakem z hutného polyetylénu, který je vyplněn mazivem. Kabely se ukládají do průběžných trubek z hutného polyetylénu, které byly před napnutím a ukotvením kabelu zainjektovány injektážní maltou. Kabely procházejí ve vnitřní části pole vodorovně a při podporách se zvedají. Směr kabelu se mění v železobetonových sedlech, která jsou připojena ke spodním koutům komorového průřezu trámů. Sedla jsou vyztužena oky betonářské výztuže, které obepínají kabely a které jsou určeny na přenesení sil, vyplývajících ze změny směru kabelu, do spodní desky průřezu konstrukce. Sklon zvedaného úseku kabelů a síla, kterou působí kabely na sedlo, je větší u sedel bližších podpěře trámů.

Při prohlídkách budovaného mostu byly zjištěny u sedel bližších podpěře na straně, z které vychází zvedaný úsek kabelu, praskliny v betonu krycí vrstvy nad kabelem, praskliny v čele sedla na úrovni kabelu až odprýsknutí betonu krycí vrstvy kabelu (obr. 4). Dále bylo zjištěno obnažení ok betonářské výztuže.



Obr. 4 – Závady na sedle: (a – praskliny v krycí vrstvě, b – praskliny v čele sedla, c – odprýsknutí krycí vrstvy)

Příčinou uvedených závad bylo odchýlení kabelového kanálku nebo kabelu v sedle od předepsaného směru, takže se kabel opíral o čelo sedla, kde pro malou tloušťku krycí betonové vrstvy nebyla osazena oka. Kabel ve výstupu ze sedla působil proto na prostý beton soustředěným tlakem.

Praskliny v sedle neohrožují trvanlivost volných kabelů, které jsou před korozi chráněny mazivem, injektážní maltou a dvojitým polyetylenovým obalem. Oka osazená v sedle byla navržena tak, aby betonářská výztuž bezpečně přenesla sílu vyplývající ze změny směru volného kabelu. Nosná funkce obnažených ok by však mohla být v budoucnu ohrožena korozi.

Pro sanaci sedel se navrhla tato opatření: praskliny v betonu krycí vrstvy nad kabelem široké do 0,3 mm se zatřou cementovou kaší, širší praskliny se zainjektují pryskyřicí. Stejným způsobem se ošetří vodorovné praskliny v čele, pokud při poklepu nevydávají dutý zvuk. Pokud ale takový zvuk vydávají, nasvědčuje to na náběh betonu k odprýsknutí a krycí vrstva betonu se

odstraní a dobetonuje. Před betonováním se do kanálku nad kabel vloží poddajná vložka, aby se zabránilo opření kabelu o čelo sedla. Obnažená oka se obetonují.

Aby se předešlo uvedeným závadám, bylo zvětšeno krytí kabelu v sedle betonem a výstup kabelu ze sedla byl upraven tak, aby se při možných odchylkách kanálku v sedle nebo kabelu od předepsaného směru kabel neopíral o čelo sedla. Za takovou odchylku se může považovat úhel 0,05 rad. Polohu kabelu je vhodné zajistit např. zabetonovanou ohnutou ocelovou trubkou, jejíž poloměr zakřivení je menší než poloměr zakřivení kabelu, ale nejméně 3 m.

Voda v dutinách konstrukcí

Konstrukce s komorovým průřezem vystavené vlivům povětrnosti je nutné opatřovat na nejnižším místě komory otvory umožňujícími výtok vody, která např. pro selhání izolace do komory pronikla. Tyto otvory mají být tak velké, aby nebyly zaneseny možnými nečistotami. To je obecně známo po zkušenostech s několika haváriemi, kdy led vzniklý z vody za mrazu

zcela znehodnotil konstrukce. Výtok vody je ovšem nutné zajišťovat u kterékoliv dutiny v konstrukci, a pokud to není možné, je nutné dutinu zabetonovat. Ještě v nedávné době na jedné mostní stavbě se nezabetonovaly kapsy pro osazení kotev při horní desce komorového průřezu. Voda proniklá do kapsy při změně v led narušila desku i vozovku, což vyžadovalo nákladnou opravu.

Závěr

Při zavádění nových technologických postupů zatím nedošlo k závadám, které by se nedaly napravit. Příčinou těchto závad byl převážně nedostatek zkušeností se zaváděnou technologií. Získávání zkušeností je ale vykoupeno zvýšením pracnosti a nákladů při nápravách závad.

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

Dotazy a odpovědi

Dotaz:

Lze navrhovat betonové konstrukce podle Eurokódu 2?

Odpověď:

Eurokód 2 (EC2) je pracovní název souboru norem pro navrhování betonových konstrukcí. Tento soubor má několik částí [1].

V rámci Evropského normalizačního úřadu CEN byla zatím schválena k prozatímnímu užívání a předána normalizačním společenstvem jednotlivých států k zavedení do soustavy národních norem první část EC2, a to jako přednorma ENV 1992-1-1: "Navrhování betonových konstrukcí. Základní pravidla pro pozemní stavby". Podle této části lze navrhovat vyztužené betonové, tj. železobetonové a předpjaté konstrukce pozemních staveb.

Se zřetelem k odpovědnosti úřadů členských států CEN za bezpečnost, zdraví a další skutečnosti jsou některé parametry v ENV uváděny směrnými hodnotami. Úřady členských států musí pro tyto parametry stanovit konečné hodnoty. V době vydání ENV nemusí být zpracována řada souvisejících a doplňkových norem, na něž se ENV odvolává. Je proto nutné, aby každý stát, popř. jeho normalizační úřad, vydal k ENV příslušný *Národní aplikační dokument* (dále NAD), v němž budou uvedeny návazné normy, konečné hodnoty parametrů, popř. další národní směrnice nebo doporučení pro používání této ENV. Přednorma ENV je tedy nutné používat současně s NAD platným ve státě, kde je umístěna uvažovaná stavba.

V ČR je schválena ČSN P ENV 1992-1-1, která obsahuje překlad ENV 1992-1-1 spolu s NAD platným pro ČR. Uvedená ČSN je v tisku a podle údajů ČSNI má být v prodeji na podzim tohoto roku.

Při navrhování konstrukcí pozemních stavebních objektů realizovaných v České republice je tedy třeba ENV 1992-1-1 používat současně s NAD včetně dalších normativních dokumentů uvedených v NAD. NAD má poskytnout podklad ENV a realizovaných

v České republice. Pokud se ustanovení NAD odlišují od ustanovení ENV 1992-1-1, rozhoduje NAD.

Používání ČSN P ENV 1992-1-1 jako normativního dokumentu rovnocenného s ČSN 73 1201-86 a eventuálních navazujících ČSN se dovoluje na základě rozhodnutí Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví a je v souladu s ustanovením Evropské organizace pro normalizaci (CEN). V rámci CEN/TC 250/SC2 (subkomise pro EC2) se začíná již pracovat na převodu této ENV na normu EN. Proto se shromažďují poznatky z používání ENV.

Použivatelé této normy ENV a NAD se proto žádají, aby všechny připomínky, pokud se jedná o věcné i formální nedostatky těchto dokumentů, srozumitelnost textu, eventuální dvojjazyčnosti, nesrovnatelnosti apod., laskavě sdělovali průběžně na adresu:

Technická normalizační komise TNK č. 36 pro betonové konstrukce

*Stavební fakulta ČVUT – katedra betonových konstrukcí,
Tháškova 7, 166 29 Praha 6*

a to s odkazem na příslušný článek ENV, popř. NAD, a případně s návrhem změny ustanovení.

Závěrem lze tedy konstatovat, že **po vydání ČSN P ENV 1992-1-1 bude možné navrhovat vyztužené betonové konstrukce pozemních staveb buď podle této ČSN nebo podle ČSN 73 1201**. Je však vždy nutné používat návazné normy příslušné k použité ČSN.

Jaroslav Procházka

Literatura

[1] **Procházka J.:** Eurokód 2 – postup prací a zavádění do ČSN. *Stavební obzor*, roč. 3 (1994) č. 1, str. 24–25.