

BETON A ZDIVO



1995/1

Odborný čtvrtletník

České betonářské společnosti
při Českém svazu stavebních inženýrů

Redakční rada:

Ing. Pavel Čížek
Doc. Ing. Jaromír Klouda, CSc.
Doc. Ing. Vladimír Meloun, CSc.
Prof. Ing. Milík Tichý, DrSc. (předseda)
Ing. Vladimír Urban, CSc.
Prof. Ing. Bohumír Voves, DrSc.

Odborný redaktor:

Ing. Pavel Čížek

Vydavatelství, redakce, inzerce:

Oblastní pobočka ČBS Pardubice
Masarykovo nám. 1544
532 29 Pardubice
tel.: 040 – 510 638, 511 158
fax: 040 – 512 076

Vydavatelství řídí:

Ing. Věra Prokopová

Tisk:

Tiskárna Urbánek
Kostěnice 11, 533 03 Dašice v Čechách

Grafická úprava:

PrePress studio Aris
Jiráskova 169, 530 02 Pardubice

Časopis je registrován pod číslem OKÚ Pce 11/R/93

Podávání novinových zásilek povolila ObSP Pardubice
pod čj.: PP/1-3579/93 ze dne 19.10.1993

Fotografie na obálce:

Parking Center v Chicagu – design nároží prefabrikované
konstrukce vícepodlažní účelové budovy

Autor snímku Pavel Čížek

Obsah

Spolupráce	2
Jiří Bradáč	
Prefabrikace v pozemních stavbách na XII. kongresu FIP..	2
Pavel Čížek	
Poruchy při výstavbě rozhlasového střediska v Praze	6
Tomáš Vaněk, Jaroslav Procházka	
Železobetonová monolitická konstrukce budovy	
Pragobanky v Praze	10
Jan Kupeček	
Polypropylenová vlákna CRACKSTOP®	12
Petr Bezděk	
Výpočetní metody prognózy životnosti betonových	
konstrukcí	14
Břetislav Teplý, Zdeněk Šmerda, Zbyněk Keršner	
Pravděpodobnostní prognóza životnosti	
železobetonového vazníku	19
Drahomír Novák, Zdeněk Šmerda	
Účinky cihelných zdí na podporující konstrukce	22
Vlastimil Šedo	
Vliv polypropylenových vláken FIBRIN na fyzikálně	
mechanické vlastnosti malty a betonu	25
Jiří Dohnálek	
Zajištění vodotěsnosti betonových konstrukcí	30
Zdeněk Tobolka	
Migrující inhibitory koroze	32
Petr Bezděk	
Nebojme se stavařské angličtiny (5)	34
Konference, semináře, kolokvia	34
IV. konference o technologii betonu	34
Modern Design of Concrete Structures – Aalborg	35
Utilization of High Strength/High-Performance	
Concrete – BHP 96 – Paříž	35
Sanace betonových konstrukcí – Brno	35
Structural Lightweight Aggregate Concrete	
– Sandefjord	35
Computing in Civil and Building Engineering	
– Berlín	35
Extending the Lifespan of Structures – San Francisco	35
Dynamic Behaviour of Concrete Structures – Košice	36
Structural Engineering – Kodaň	36
Conference '95 – Auckland.....	36
Roadware '95 – Praha	36
Post-Tensioned Concrete Structures – Londýn	36
Recenze	
Vrtané piloty	18
Konstrukce pozemních staveb 60.....	29
Aktuality a antikvity	
O betonu a zdivu v českých časopisech – 11; Houževnatost	
betonu – 17; Postgraduální betonářské kurzy v Miláně – 21;	
Svisle vyztužené zdivo – 21; Zedník – 24.	
Keywords, BaZ 1995/1	5

V prosinci jsme se pokoušeli o zhodnocení výsledků naší ČBS od doby jejího založení v roce 1992, a to nejen sami, ale také s přispěním nezávislých pozorovatelů. Není třeba tajit, že kromě příznivých ohlasů se objevily i některé kritické postřehy. Mohli bychom být patrně rádi, že kritiku nebude dnes studovat nikdo "nahore".

Je to snad chyba, že někde "nahore" nejsou anonymní lidé, kteří přidělují "prostředky", vydávají "směrnice", jak na to či ono, a pak nekompromisně "přijímají nezbytná opatření"? Ta doba pominula, a tak musíme skládat účty výhradně členům naší společnosti. Nejde jenom o účty účetnické, ale také o "účty", které ukazují, co společnost udělala ve skromných podmínkách, v nichž pracuje.

Otevřeně si řekněme - a každému je to snad dnes již dokonale jasné -, že se bez finančních prostředků žádná činnost rozvíjet nedá. Čekáme na zákon o **neziskových organizacích**, který by nám pomohl vyřešit různé problémy, před kterými stojíme. Betonářské společnosti v jiných státech vesměs pracují na jakémsi polokomerčním přístupu: za služby, které poskytují betonářské komunitě, dostávají nepřímo nebo i přímo zaplacený náklady, kterými je jejich činnost podmíněna. Služby jsou to rozmanité: od vydávání časopisů až po poradenství v konkrétních otázkách. Všechny takové služby však spočívají na **principu spolupráce**, a to nejen společnosti s jejími členy, ale také vzájemné spolupráce členů mezi sebou.

Přestože je financování aktivit ČBS nepochybně kardinální otázkou naší existence, **výměna informací** a jejich plynulý tok jsou druhým hlavním problémem. Ten je však řešitelný jenom s pochopením všech členů. Máme zatím jen členy individuální, ale otevíráme již dveře **členům kolektivním**, od kterých budeme očekávat významný podíl na zabezpečení naší činnosti.

K výměně informací přispívá zatím jen tento **časopis**, vstupující právě do druhého ročníku. Chtěli bychom toho členům ČBS poskytnout ovšem více, ale jistě každý pochopí, že to není jednoduché ani finančně, ani fyzicky. Neobejdeme se bez Vaší pomoci. Všestranná a všesměrná spolupráce je nutnou podmínkou našeho rozvoje.



Prefabrikace v pozemních stavbách na XII. kongresu FIP

Pavel Čížek

Prefabrikace – dosavadní vývoj – perspektivy – dílce – skelety – architektonický beton – výroby

Na XII. kongresu FIP ve Washingtonu vyslovil pan **Arnold Van Acker** domněnku, že se prefabrikace stane jednou z dominantních výrobních technologií pozemního stavitelství v příštím století. Tato domněnka pramení z mnohostranné analýzy vývoje prefabrikace za posledních čtyřicet let, jejího současného stavu a předpokládaného vývoje společnosti v hospodářsky a kulturně vyspělých zemích.

Používání monolitických nebo prefabrikovaných konstrukcí v současném období je v České republice podmíněno spíše emotivním než racionálním rozhodováním účastníků výstavby. Je to logický důsledek státní politiky násilného ovlivňování vývoje betonových konstrukcí u nás po roce 1948 s preferencí prefabrikace a její dogmatické typizace dovedené ad absurdum.

Všeobecné postřehy

Podívejme se na důvody, které vedly pana Arnolda Van Ackera k optimistické prognóze předpokládaného vývoje prefabrikace. Předně je nutné vyjít z postulátu, že politické a sociální změny

ve společnosti významně ovlivňují také betonové konstrukce, aniž by tyto měly možnost společenské změny zpětně ovlivnit. Proto je potřebné zkoumat vztahy, trendy a jejich vývoj v minulosti, a na základě zjištěných skutečností zvážit *perspektivy prefabrikace*. Nové a připravované zákony vyvolávají již dnes potřebu zabývat se zejména ekologickými aspekty výstavby betonových konstrukcí. Doposud se klade důraz zvláště na spotřebu energií, což je sice podstatné, nikoli však vyčerpávající. Při výstavbě se objevují další vlivy, s kterými musíme počítat:

- požadavky měřítka a charakteru okolí,
- znečištění během výroby, doby životnosti a likvidace konstrukce,
- obtíže při recyklaci materiálů,
- spotřeba přírodních zdrojů,
- ochrana proti hlučnosti,
- estetické vlastnosti výrobků,
- podmínky vnitřního prostředí v budovách (vzduch, teplota, prach, vlhkost, hlučnost aj.),
- působení konstrukce na ekologii v průběhu doby životnosti,
- ochrana osob používajících konstrukci.

Lze říci, že se lidé stávají stále citlivějšími k *jakosti výrobků a služeb*. Zvyšují se nároky na úroveň bydlení, pracovní prostředí a terciární sféru výstavby. Tendence k individualizaci se odráží v architektonické tvorbě, kde se objevuje současně více stylů i s historickými podněty. Architekti budou navrhovat budovy s ohledem na *lidské měřítko a genia loci* místa výstavby. Budou se vyžadovat *dokonalejší a trvanlivější výrobky*. Kontrola jakosti bude vynucena odběrateli a všeobecným zájmem společnosti. Prefabrikace může nabídnout dílce s vysokou kvalitou designu a povrchových úprav.

Činnost v prefabrikaci započatá před čtyřiceti lety se ustálila, a nelze očekávat výraznější vývoj v používání materiálů a konstrukčních návrhů. Pokrokové metody pro zlepšení výrobního procesu se budou přebírat z *jiných průmyslových odvětví*: zavádění výpočetní techniky, komunikační systémy, manipulační a transportní zařízení. Zavádění těchto nových technologií povede ke zvýšení produkce a jakosti dílců, ke zlepšení služeb odběratelům, a tedy ke zvýšení schopnosti konkurence.

Soutěž s monolitickými technologiemi nutí prefabrikaci průběžně zlepšovat výkony a jakost. Je třeba vycházet z předpokladu, že platy a mzdy se budou stále zvyšovat, zatímco ceny robotů, výpočetní techniky a softwarového vybavení potřebné pro automatizaci výroby a její přípravy se budou snižovat. Očekává se zavádění plné nebo částečné automatizace pro kombinaci hromadné i individuální výroby dílců. Nalézt rovnováhu při investicích do automatizace a mechanizace je možné pouze za předpokladu komplexního vypracování výrobního programu a jeho předpokládaného vývoje. Zavedení *Dimension TM CAD/CAM System* firmy Partek umožňuje např. výrobu třírozměrných architektonických dílců navržených programem s přímým převodem roboty na výrobu forem se znovupoužitelnými formovacími materiály. Tento výrobní postup zaručuje výrobu dílců s tolerancemi ± 1 mm a současně výstup certifikačního dokladu kontroly rozměrů hotového dílce, založené na laserovém měření.

Předpokladem úspěšného použití prefabrikované konstrukce však je stanovení její koncepce s ohledem na zákonitosti prefabrikace už v prvopočátku návrhu budovy. Výrobce se musí připravit na výrobu a dodávku dílců s komplexnějším využitím než dosud, to jest připravit se na vyšší produkci odlišných prvků. Bude se požadovat komplexnost dodávek zahrnující v oblasti konstrukcí aspekty statické, konstrukční, architektonické a funkční. Současná i budoucí nevyjasněnost požadavků musí být odstraněna navázáním kontaktů výrobce s architektonickými ateliéry a s inženýrskými kancelářemi, které pro ně pracují. *Propagaci výrobků a jejich využitelnosti* je nutné zaměřit nejen na projektanty, ale také na odběratele. Vyžaduje to plynulý tok vzájemných informací, znalost cen a záměrů konstrukčních výrobců. Výrobce se musí stát rovnocenným partnerem ve stavebním procesu a musí přebírat iniciativu. Musí mít tým lidí s tvůrčími schopnostmi, kteří budou schopni realizovat svoje záměry. Výrobce musí změnit marketing se zdůrazněním své aktivnější úlohy ve stavebním procesu a při návrhové činnosti. Úspěch nebude v budoucnosti snadno realizovatelný. Bude se třeba zaměřit na místní a okolní oblasti, zkoumat požadavky na výrobky a *porozumět odběrateli*, co od nás žádá.

Vzrůstající povědomí *ochrany životního prostředí* mluví ve prospěch prefabrikace. Zvyšování jakosti betonu a oceli a jejich maximální využití vede k snížení spotřeby vstupních materiálů, a tedy k ochraně přírodních zdrojů (štěrků, písku apod.). Například lze zpracovat zbytky materiálů vzniklé při výrobě, restaurovat starší dílce a znovu je použít, hospodárně recyklovat materiály a likvidovat zmetky. Všechny další činnosti lze spolu se zajištěním jakosti uskutečnit ve specializovaných výrobních lépe než na staveništích. Zvláštní postavení mají nové konstrukční systémy se styky, jež umožňují snadnou demontáž a nové použití konstrukce pro jinou budovu.

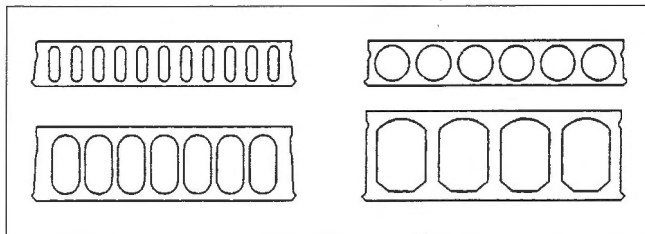
Z uvedeného je zřejmé, co může prefabrikace nabídnout:

- rychlou výstavbu s malou závislostí na povětrnostních podmínkách, a tím snížení doby výstavby na staveništi,

- snadnější dosažení vyšší kvality betonu, povrchů a rozměrové přesnosti i tvarově náročnějších dílců,
- snadnější plnění požadavků ochrany životního prostředí.

Nosné prefabrikované konstrukce

Stropní dutinové předem předpjaté panely (obr. 1) se vyrábějí v tloušťkách 150 až 500 mm až do délky 20,0 m. Zvyšování únosnosti a užitných vlastností se dosahuje nadbetonovanou membránou s vloženou sítí na stavbě. U nás se vyrábějí panely SPIROLL s výškou 150, 250 a 300 mm. Na českém trhu chybí předem předpjaté dutinové stropní panely s výškami 350 nebo 400 mm pro rozpory nad 12,0 m a pro vyšší hodnoty užitných zatížení.



Obr. 1 – Základní průřezy dutinových panelů

Žebrové předem předpjaté panely průřezu TT nebo T se dnes používají až do rozponu 30,0 m. Oproti standardním šířkám panelů do 2,5 m začaly se vyrábět panely s většími šířkami až do 4,0 m. Důvodem k tomu je zrychlení výstavby, nižší četnost panelů a menší počet podélných spár mezi dílci.

Vytvářením větších otvorů v žebrech panelů se rozšiřuje jejich uplatnění i při výstavbě budov s náročnými rozvody, zvláště vzduchotechnickými, vedenými ve směru kolmém na podélnou osu panelů (obr. 2). Navíc dochází ke snížení hmotnosti dílců s příznivým dopadem na dimenzování podporujících konstrukcí a základů, zejména v seizmicky aktivních oblastech.

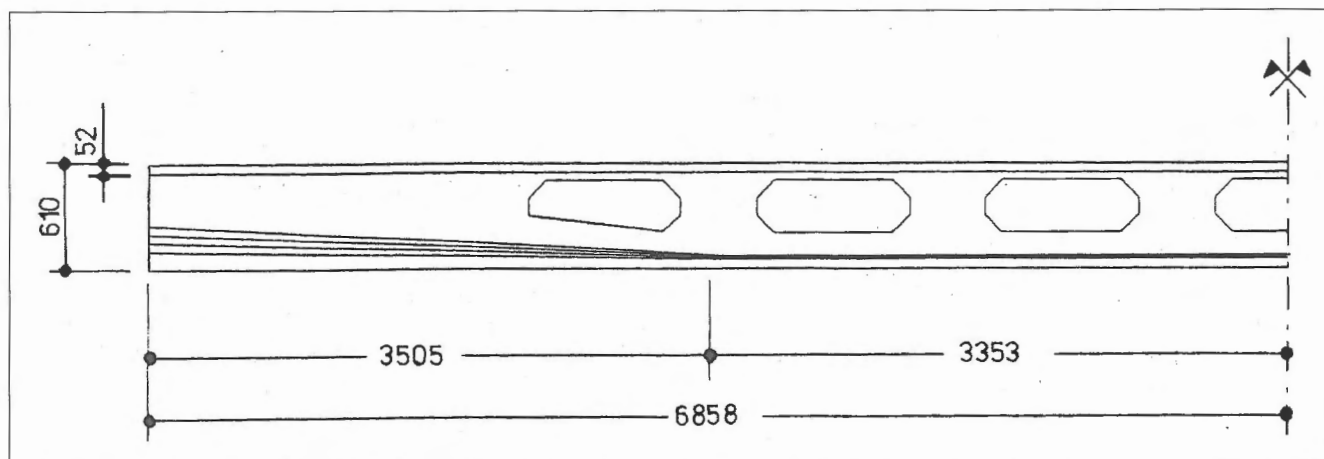
Výsledky zatěžovacích zkoušek předem předpjatých panelů s otvory v žebrech provedené v USA ukázaly, že pro zatížení do vzniku trhlinek jsou průhyby dílců bez otvorů i s otvory prakticky identické.

Žebrové panely TT patří k staticky a funkčně nejefektivnějším prefabrikovaným dílcům stropních konstrukcí. Snížení konstrukční výšky stropní konstrukce v místě uložení na podporující nosník tak, aby tato nepřesáhla výšku žebrového panelu, se řeší tzv. zapuštěným uložením. Tímto úložným detailem s variantním uspořádáním výztuže se zabývá samostatná publikace PCI (Research Project N° 6 *Strength of Members with Dapped Ends*), kde jsou kromě výpočetního řešení uvedeny i výsledky experimentálního výzkumu.

Skelety

Příkladem inteligentního, hromadně vyráběného konstrukčního systému je celomontovaný skelet SOLDAL (obr. 3). Sestava dílců s děrovanými žebry umožňuje mnohonásobnou inovaci uživatelské náplně kdykoli v době životnosti konstrukce. Použitím tohoto skeletu se zvyšuje užitná hodnota budovy. Skelet se vyznačuje lehkostí, účinným statickým využitím vylehčených průřezů, zejména však horizontální prostupností stropní konstrukce ve všech směrech a s vývody v podlaze i pod stropem.

Individuální výroba *atypických montovaných skeletů pro jedno použití* je dnes samozřejmostí. Příkladem je administrativní budova z Washingtonu (obr. 4 – v příloze). Široké uplatnění mají velkorozponové montované skelety určené pro výstavbu vícepodlažních parkovacích garáží. Zde se uplatňuje hromadná výroba stropních předem předpjatých žebrových panelů s rozpory od 16,8 m do 20,0 m, zatímco sloupy, parapetní nosníky a rampy se navrhují pro každou budovu zvlášť. Individuální návrh těchto prvků umožňuje vytvářet architektonicky nestandardizované, a proto zajímavé budovy (obr. 5 až 9 – v příloze).



Obr. 2 – Tvar zkušební dílce s průřezem T a s otvory v žebrech

Důležitým prvkem těchto konstrukcí jsou obvodové parapetní nosníky. Na jejich jednostranně vyloženou spodní přírubu jsou výstředně uloženy velkorozponové stropní panely. Plní částečně funkci zavětrovacích ztužidel a tvoří dominantní architektonický povrch horizontálních pásů. Výsledky statické analýzy, zatěžovacích zkoušek i možných poruch vzniklých zanedbáním pokynů pro vyztužování a ukládání těchto prvků jsou souhrnně uvedeny v publikaci PCI (Research Project N° 5 *Design of Spandrel Beams*).

Architektonický beton

Prefabrikace může nabídnout dílce s vysokou kvalitou designu a povrchových úprav, a tím nahradit i drahé obkladové materiály (obr. 10, 11 – v příloze). Uplatnění architektonických dílců vyžaduje zkušené projektanty a zručné provedení. Dobrý výsledek je závislý na zohlednění principů prefabrikace již při stanovení základní koncepce stavby, na průběžných konzultacích a na úzké spolupráci výrobce s projektanty.

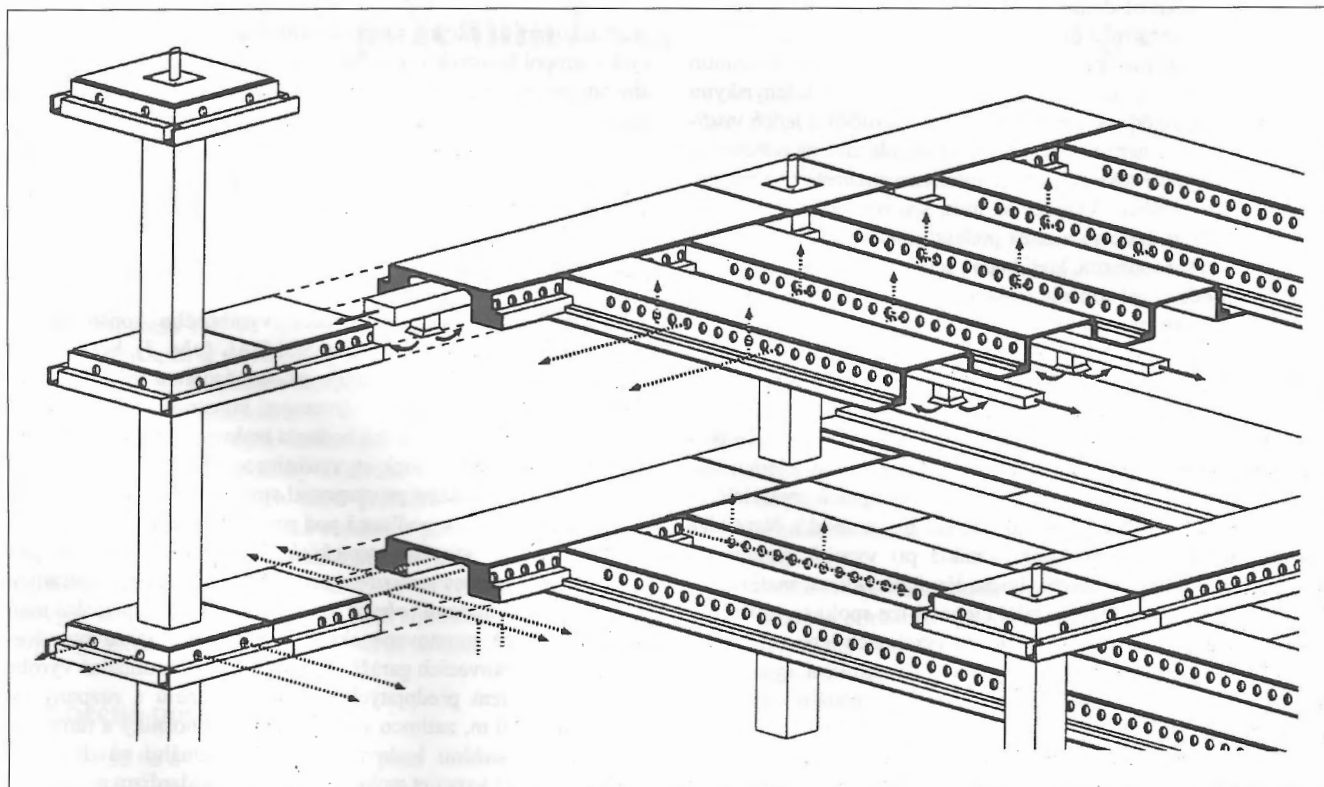
Použití architektonického betonu si u nosných konstrukcí vyžaduje přehodnocení některých dosud používaných *styků*, které

jsou z estetických, ale i jiných důvodů nevhodné. Architektonické betonové obkladové dílce mají stále širší uplatnění. Nabídku téměř neomezeně tvarovaných dílců s různými úpravami povrchů a s širokou paletou barevných odstínů, navíc v cenově výhodných relacích pomalu, ale jistě vytlačuje z trhu kamenné obklady (obr. 12 až 14 – v příloze).

Pro velkorozměrové dílce se používá i technologii předpínání. Dutinové předem předpjaté panely doplněné o izolaci a vnější betonovou vrstvu s konečnou povrchovou úpravou se používají pro obvodové pláště zejména velkorozměrových budov. Na použití těchto dílců pro stropní a střešní konstrukce a obvodové pláště jsou založeny ucelené systémy např. COREWALL, SPANCRETE a FABCON.

Poučné byly *exkurze* konané v rámci kongresu do dvou významných výroben prefabrikovaných dílců: *Arban & Carosi, Inc.* (Woodbridge) a *Shockey Bros., Inc.* (Winchester, Virginia). Ale spon některé poznatky lze shrnout do následujících bodů:

- Výrobce má marketingové oddělení s úkolem starat se o odbyt výrobků. Úspěch nespočívá v kvalitní produkci, ale v jejím uplatnění na trhu. Neprodávají se jednotlivé dílce, ale ucelené systémy pro celé objekty.



Obr. 3 – Skladba dílců montovaného skeletu SOLDAL s vyznačením vedení rozvodů

- Výrobce má vlastní projekční kancelář, která zpracovává výrobní dokumentaci a jejíž pracovníci konzultují použití sortimentu výrobků s projektanty.
- Výrobce má *tradici* (*Shockey Bros.* od r. 1908, *obr. 15 – v příloze*) a rozvíjí kontinuálně svůj výrobní program. Nové výrobky, např. architektonické pláště, dílce a doplňky, se vyrábějí odděleně v samostatném provozu.
- Administrativní budova je účelně zařízena s rozumným využitím všech prostor. Všude je vidět, co se v závodě vyrábí.
- Vzorkovna dílců a úprav povrchů je instalována tak, aby si ji zákazník na své cestě k jednání povšiml (*obr. 16 – v příloze*).
- Při vjezdu před branou závodu je nápis: "*Touto branou vyvážíme vysoce kvalitní výrobky, které jsou výsledkem týmové spolupráce zaměstnanců hrdých na výsledky své práce*". Při výjezdu čteme: "*Děkujeme Vám, že jste dnes pracovali bezpečně a že se vracíte z práce ve zdraví do svých domovů*".
- Všeobecně platí zásada, že *týmová práce* všech, od vedení až po posledního dělníka, je předpokladem úspěšnosti firmy. Pěstuje se pocit hrdosti na svou práci a na celou firmu. *Tvořivá pracovní atmosféra* mezi zaměstnanci je předpokladem úspěchu firmy: funkční tým a nikoli skupina individualit.
- Firma má několik pracovníků s *kvalifikací pro několik různých druhů práce*, kteří zastupují specializované pracovníky při jejich eventuální nepřítomnosti ve směně; jsou vysoce hodnoceni.

- Dělníci jsou pravidelně *odborně školeni* (školení zajišťují odbory) a každému je zřejmý smysl jeho práce a důsledky opomenutí provedení úkolů podle předepsaných technologických pokynů.
- Dělníci mají speciální *opasky s úchyty pro nošení pracovního nářadí*. Mají k dispozici lehko ovladatelné vozíky s *potřebnými přípravky a nářadím*.
- V provozu nosí všichni, včetně návštěvníků, *ochranné přilby*.

Závěr

Všeobecně se předpokládá, že význam prefabrikace bude v budoucnosti vzrůstat, a to z těchto důvodů:

- *prefabrikace zabezpečuje rychlou výstavbu s malou závislostí na povětrnostních podmínkách,*
- *umožňuje snadnější dosažení kvality betonu, povrchů a rozměrové přesnosti i tvarově náročnějších dílců,*
- *zajišťuje snadnější plnění zákonů na ochranu prostředí.*

Ing. Pavel Čížek, vedoucí projektové skupiny betonových konstrukcí, PREMING a.s. Chrudim, Masarykovo nám. 1544, 532 29 Pardubice

BETON A ZDIVO

1995/1

CONCRETE AND MASONRY

Keywords

Pavel Čížek

Precast concrete in building

precast concrete; actual state; carcasses; precast members; architectural concrete; precast concrete plants

Tomáš Vaněk, Jaroslav Procházka

Failure during the construction of the Prague Broadcasting Centre

multi-storey buildings; faults; structural failure; reinforced concrete; demolition; bracing elements; strengthening; existing structures

Jan Kupeček

The structure of the Pragobanka building in Prague

reinforced concrete; structural analysis; shuttering; casting of concrete; precast concrete

Petr Bezděk

The CRACKSTOP® polypropylene fibres

fibre reinforced concrete; CRACKSTOP® fibres; PP fibres; comparison tests; concrete slabs; tests

Břetislav Teplý, Zdeněk Šmerda, Zdeněk Keršner

Mathematical assessment of the concrete structure life

reinforced concrete; life; limit states; analysis; reinforcement; corrosion; concrete carbonation; failure probability; random behaviour

Daniel Novák, Zdeněk Šmerda

Probability-based life forecasting of a reinforced concrete truss

structural life; reinforced concrete; concrete carbonation; corrosion of reinforcement; random variables; failure probability; sensitivity analysis

Vlastimil Šedo

Effects of brickwork walls on supporting structures

structural analysis; deformation; combined materials; load distribution; load concentration; demolition effects

Jiří Dohnálek

The influence of FIBRIN on mortar properties

PP fibres; fibre reinforced concrete; dispersed fibres; FIBRIN

Zdeněk Tobolka

Impermeability of concrete with new materials

impermeability; concrete structures; working joints; expansion joints; sealing of joints; macromolecular resins

Petr Bezděk

Migrating corrosion inhibitors

corrosion of reinforcement; reconstruction; chlorine contaminated structures; tests; highway pavements; life

Poruchy při výstavbě rozhlasového střediska v Praze

Tomáš Vaněk, Jaroslav Procházka

Vícepodlažní budovy – vady a poruchy – výstavba – přerušení výstavby – částečná demolice – změna nosné konstrukce – zavětrovací prvky – zesílení železobetonových stěn

Již v průběhu výstavby objektů se někdy vyskytují poruchy. Jejich příčina je většinou v nepozornosti a hrubých chybách zúčastněných osob. Je ovšem nutné připomenout i jistý kladný význam stavebních poruch. Pomineme-li národohospodářské a morální škody, jsou poruchy cenným zdrojem poznatků o únosnosti a spolehlivosti konstrukcí.

V následujícím výkladu popisujeme stručně poruchy, které se vyskytly při výstavbě železobetonové, částečně montované konstrukce výškové budovy *Českého rozhlasu* v Praze. Konstrukce byla následně změněna na konstrukci ocelovou se železobetonovými ztužujícími prvky (podrobnosti jsou uvedeny v článku [1]).

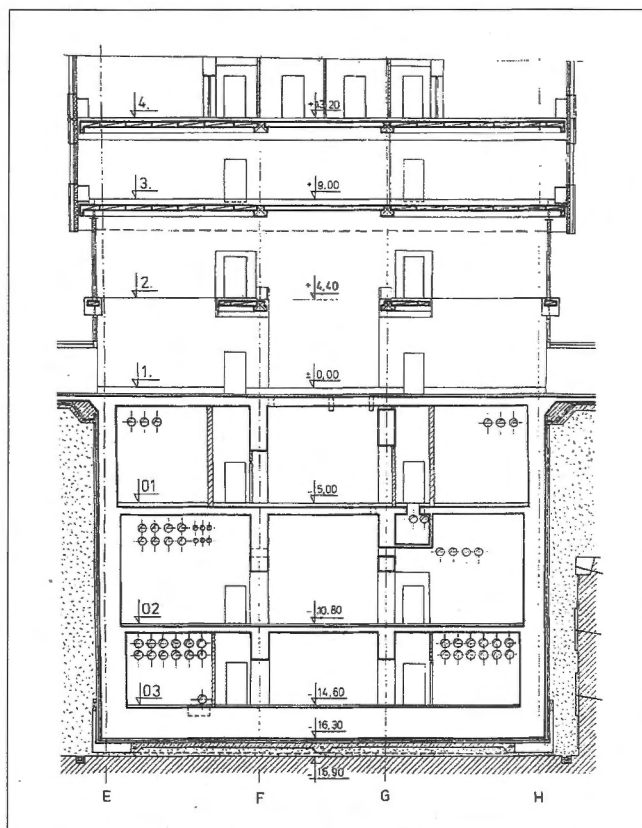
Charakteristika konstrukce

Příprava stavby začala v roce 1957 dvěma soutěžemi s následným zahájením stavebních prací, přerušených v roce 1968. Po novém zahájení v roce 1974 stavba pokračovala až do roku 1987, kdy byla kvůli mimořádné události znovu na dva a půl roku přerušena. Dokončena má být v roce 1995.

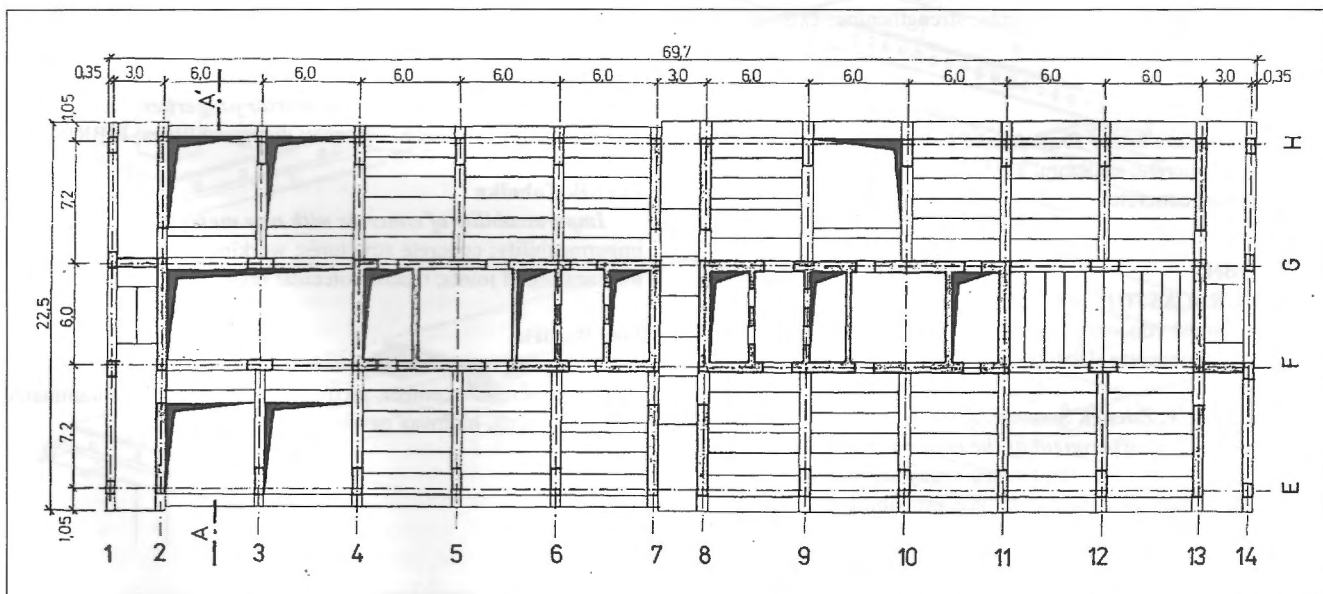
Jde o stavbu *nejvyššího železobetonového objektu v Praze*; bude mít 27 nadzemních a 3 podzemní podlaží. Půdorys tvoří obdélník osové délky 69,7 m a šířky 22,5 m (obr. 1). Střední část (s dilatační spárou) je zúžena. Ze statického hlediska je nadzemní objekt rozdělen na dvě přibližně půdorysné a výškově stejné části.

Suterénní část tvoří poměrně tuhá základová skříň, v příčném směru s dvěma podélnými vnitřními stěnami (obr. 2). V nadzemních podlažích jsou v podélné ose situovány výtahy v šachtách z monolitického železobetonu, zajišťující stabilitu v podélném směru. V příčném směru hlavní ztužení tvoří v každé části vždy dvě ztužující monolitické stěny tloušťky 0,40 m, v řadě 2, 7, 8, 13

(obr. 1). Ostatní části nosných konstrukcí jsou převážně montované železobetonové prvky, tj. sloupy, průvlaky a stropní panely. Konstrukční prvky byly vyrobeny pro celý projekt. Projektant



Obr. 2 – Řez základovou skříň a prvním nadzemním podlažím – původní návrh železobetonové částečně montované konstrukce



Obr. 1 – Půdorys typického podlaží – původní návrh železobetonové konstrukce

předpokládal jejich přesný tvar, řádně provedenou výztuž a kvalitní montáž.

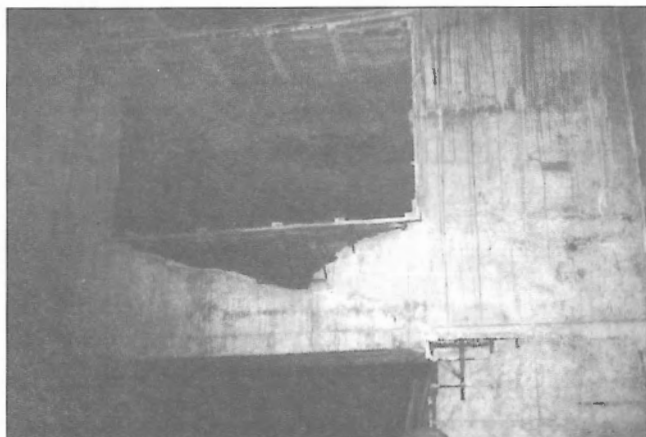
Pohled na realizovanou nadzemní část konstrukce je patrný z obr. 3.



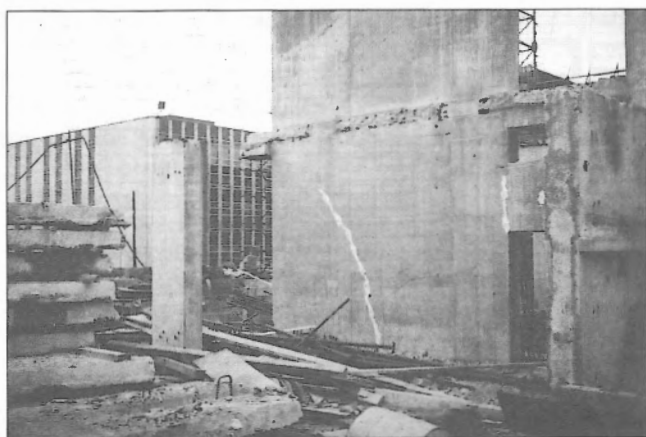
Obr. 3 – Pohled na rozestavěnou nadzemní část nosné konstrukce

Vady a poruchy

Převážně montovaná nosná konstrukce v návaznosti na monolitickou část vyžadovala mimořádně pečlivé provádění betonářských a dalších prací. Rovněž kvalitní měl by být i projekt. Bohužel uvedené základní předpoklady zde nebyly zcela splněny. Vady a poruchy se začaly projevovat již v průběhu betonářských prací v suterénech, kdy některé stěny a sloupky nebyly kvalitně zabetonovány, a musely se během stavby opravovat. To je např. patrné



Obr. 4 – Chybějící beton překladu v suterénní stěně

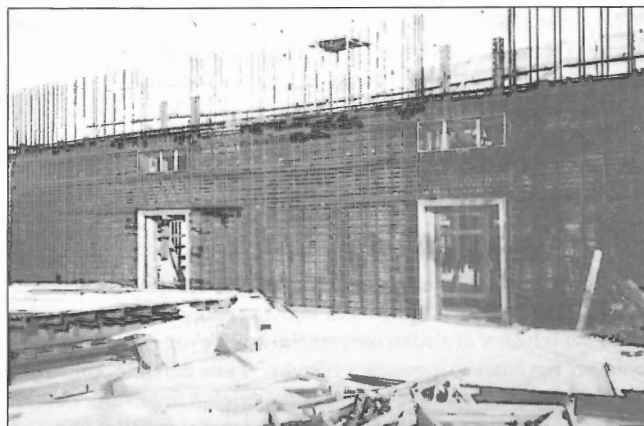


Obr. 5 – Trhliny v příčné monolitické stěně

z obr. 4, kde je pohled na suterénní stěnu s otvory. V této stěně betonované na celou výšku patra se nepodařilo vybetonovat překlad nad otvorem. Nekvalitně zpracované betony se musely sanovat injektáží již v době, kdy stavba nedosahovala ani úrovně ± 0 .

Vážnější projevy vad a poruch vznikaly při výstavbě nadzemních podlaží. Byly to zejména:

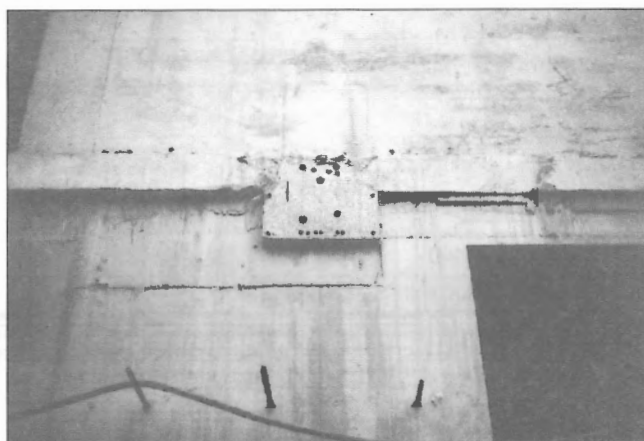
1. *Trhliny v příčných monolitických stěnách a vnitřích výtahových šachtách v přízemí.* Na těchto částech byly zjištěny po odbednění za 4 až 6 dnů po betonáži četné trhliny procházející celou tloušťkou stěn (svislé a šikmé trhliny) a dále pak v nadpražích a jejich okolí – viz obr. 5.



Obr. 6 – Zesílená vodorovná výztuž příčné stěny

2. *Nedostatečná vodorovná výztuž v příčných stěnách v přízemí.* V prvním patře byla pak tato výztuž zesílena – viz obr. 6.

3. *Nesprávně navržená a chybně umístěná výztuž v příčných průvlacích.* Statické posouzení prokázalo, že takto provedené průvlakly měly nedostatečnou únosnost. Skutečné umístění výztuže je patrné z obr. 7 (po odříznutí průvlaklu u stěny).



Obr. 7 – Umístění výztuže v průvlaklu nad podporou (zjištěno po odříznutí průvlaklu)

4. *Nekvalitní styky sloupů a průvlaků.* Styčná spára se nalézala pod průvlakem i nad ním. Při celkovém počtu 27 nadzemních podlaží je to celkem 53 ložných spár. Po demontáži sloupů bylo zjištěno jen částečné a nekvalitní vyplnění těchto spár betonem.

5. *Nedostatečné vyztužení obvodových sloupů ve spodních 15 podlažích.* Výztuž z hlediska konstrukčních předpisů neodpovídala ČSN.

6. *Dosažená pevnost betonu sloupů a příčných stěn byla nižší než předpokládal projekt.*

7. *Nedostatečné zajištění stability vnitřního a dvou obvodových sloupů v přízemí a v 1. patře ve vchodové části objektu.*

8. *Nedostatečné spojení štítových sloupů a stropů v krajních polích s ostatní částí objektu.*

9. Nedořešená dilatační spára.

10. Ve statickém modelu příčného rámu se *zanedbala změna střednice sloupu* (střednice sloupu v přízemí je od vnějšího líce vzdálena 0,75 m, zatímco v nejvyšším podlaží je vzdálena 0,2 m).

11. *Nedostatečné vzájemné spojení stropních panelů*, které má přenášet zatížení větrem do ztužujících stěn a vnitřních jader.

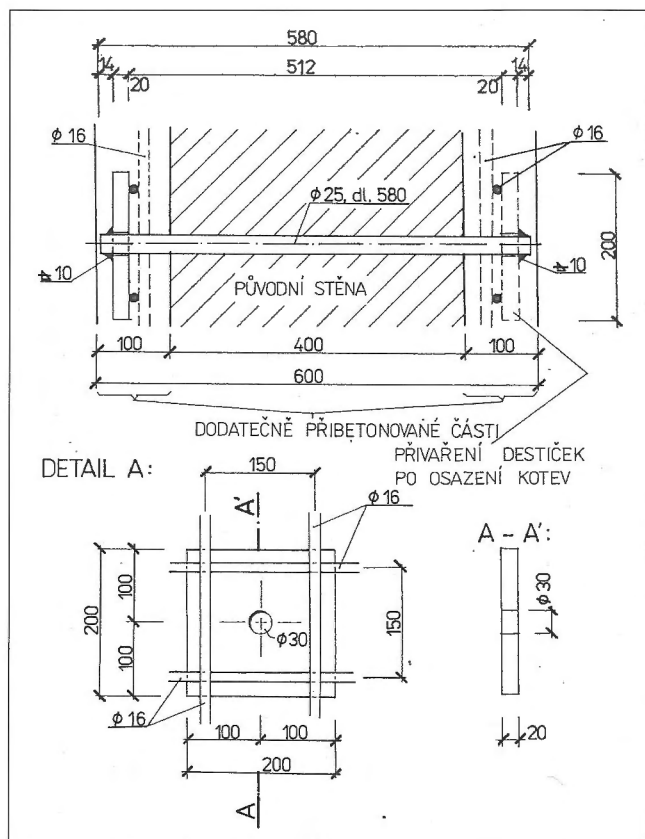
12. *Malé krytí výztuže stropních panelů a dalších prvků* s ohledem na požadovanou zvýšenou požární odolnost.

Příčiny vad a poruch

Příčiny vad a poruch lze z části přisoudit projektu a dále realizaci stavby. Technickému dozoru stavebníka v tomto případě nelze nic zásadního vytknout, neboť trvale sledoval stavební práce a vyvozoval z nich závěry.

V dalším se zaměříme pouze na *poruchy ve ztužujících železobetonových prvcích*, neboť tyto prvky byly v další fázi výstavby použity. Zbývající nosné prvky byly nahrazeny ocelovou konstrukcí.

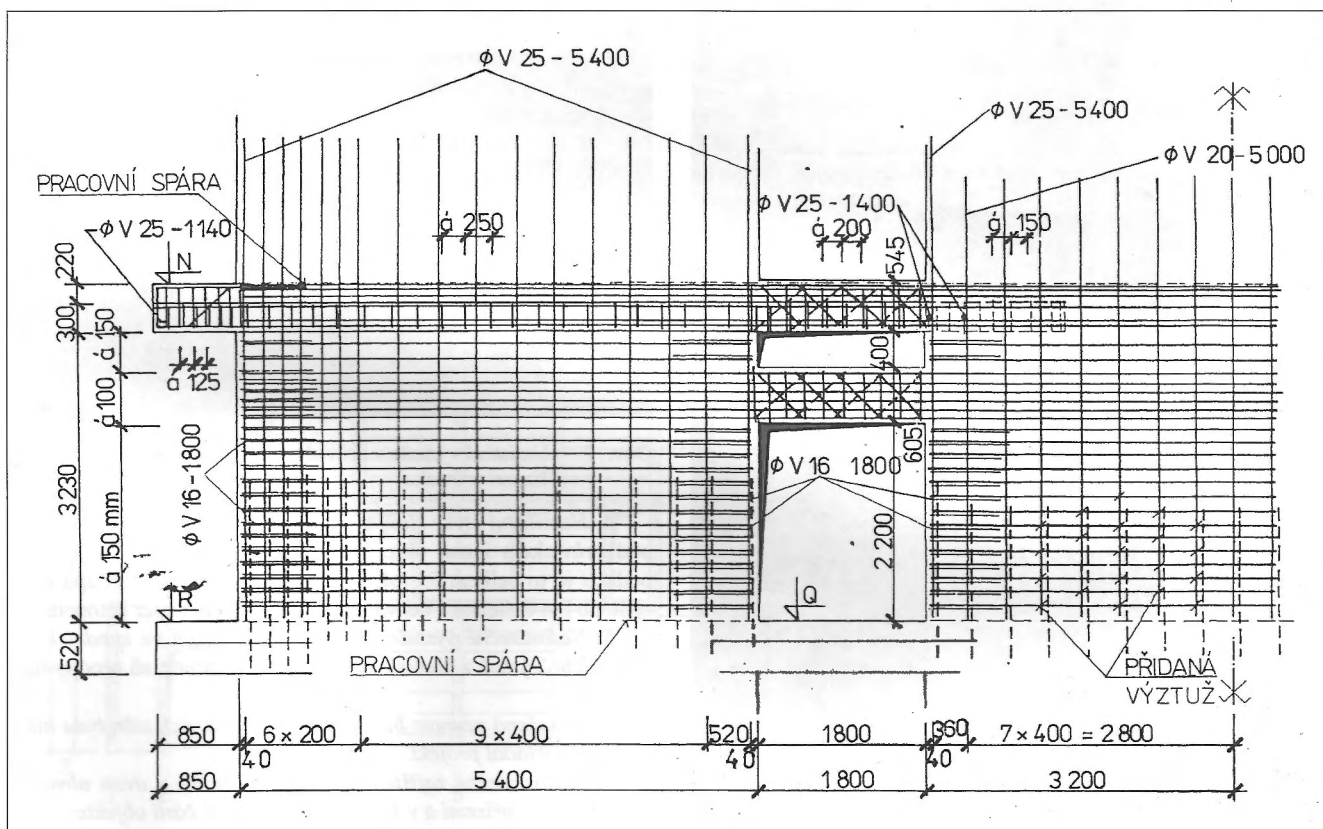
Hlavní příčinu vzniku *trhlin* v příčných stěnách a výtahových šachtách v přízemí a částečně i v 1. patře lze spatřovat v nedostatečné podélné výztuži stěn, která nebyla schopna regulovat šířku trhlin vzniklých v důsledku omezeného smršťování a hydratačního tepla při nevhodném postupu výstavby. Tyto důležité konstrukční části byly navrženy s ohledem na jejich namáhání z betonu B 40. Betonovaly se litým betonem při použití vyššího vodního součinitele. Jelikož větší množství vody má nepříznivý vliv na pevnost betonu, použilo se větší množství cementu (až 490 kg/m³), do směsi se přidávala ztekucující přísada SILFIX nebo LIGNOPLAST SF. V prvních hodinách a dnech se vyvíjelo nadměrné hydratační teplo (teplota uvnitř stěny byla až 70 °C). Pevnost betonu byla v této době ještě velmi nízká, a proto došlo zákonitě ke vzniku trhlin. Zvětšená vodorovná výztuž v příčných stěnách vyššího podlaží (obr. 8) podstatně zmenšila šířku trhlin.



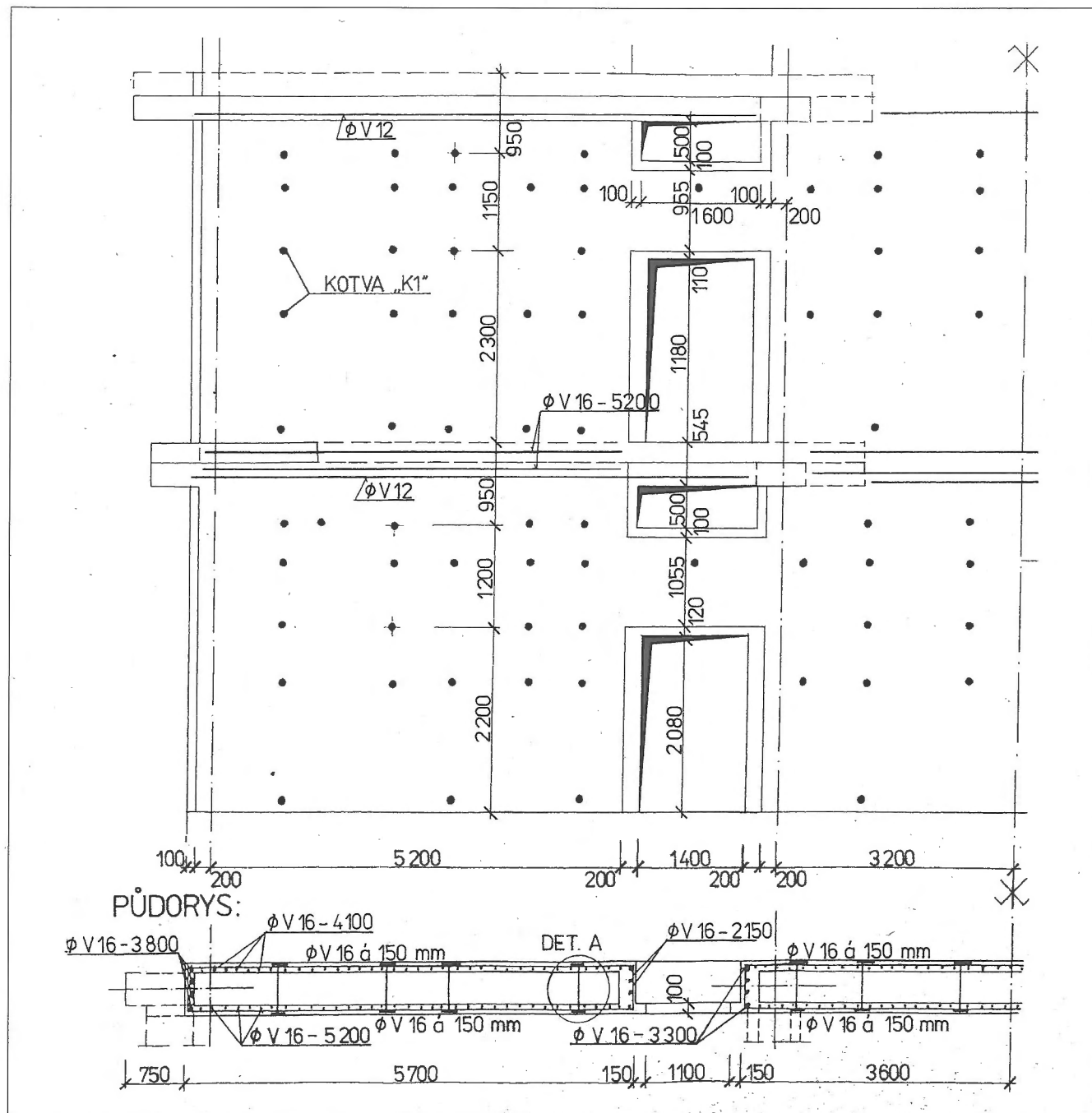
Obr. 10 – Detail A propojení přibetonovaných stěn (viz obr. 9)

Konstrukční důsledky

Po zhodnocení vad a poruch byl projekt přepracován při použití ocelové konstrukce a využití ztužujících železobetonových prvků



Obr. 8 – Zesílená vodorovná výztuž příčných stěn



Obr. 9 – Rekonstrukce příčných stěn – přibetonování

(příčné stěny a výtahové šachty). Železobetonové montované prvky v prvních dvou podlažích byly demontovány až na úroveň 0. Ponechány jsou jen monolitické výtahové šachty a příčné stěny v řadách 2, 7, 8 a 13. S ohledem na jejich sníženou únosnost a narušení trhlami bylo však nutné tyto stěny rekonstruovat. Zatření a injektáž spár se ukázaly jako neúčinné. Stěny byly proto oboustranně zesíleny přibetonováním po celém obvodu (i ve dveřních otvorech) o tloušťku 2×0,1 m s oboustrannou výztuží profilu V 16 po 150 mm (obr. 9). Vzájemné spojení oboustranného zesílení uvádí detail A v obr. 10. Pokračování stavby započalo po dvou a půlletém přerušení, samozřejmě s vyššími náklady a dalšími nepříznivými důsledky.

V současné době (prosinec 1994) je dokončena hrubá stavba a práce jsou opět téměř přerušeny, neboť není dosud rozhodnuto o dalším využití objektu.

Abstract:

Defects occurred during the construction of the 30-storey Broadcasting Centre building in Prague. Characteristic information about the structure

and the description of defects is given. Interruption during construction. Partial demolition of three upperground floors. The precast reinforced concrete frames with concrete bracing elements cast in situ has been changed in a steel frames with saving the concrete bracing elements. Description of the strengthening of four bracing reinforced concrete walls. Further interruption of the construction in 1994.

Literatura:

- [1] Zoubek P.: Rozhlasové středisko Praha, *Beton a zdivo*, 1994/2, s. 6–8.
- [2] Brůna B.: Základová skříň výškové budovy, *Beton a zdivo*, 1994/2, s. 9–12.

Prof. Ing. Tomáš Vaněk, DrSc., ČVUT – fakulta stavební Praha, Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

Prof. Ing. Jaroslav Procházka CSc., ČVUT – fakulta stavební Praha, Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

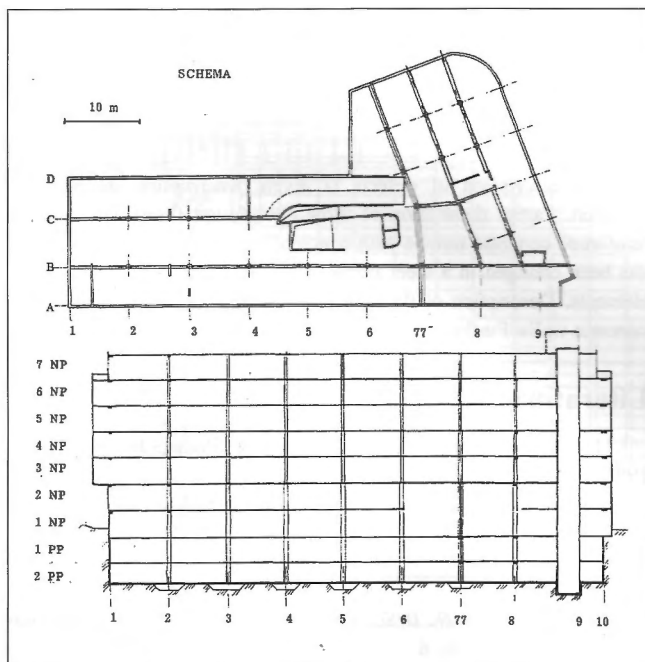
Železobetonová monolitická konstrukce budovy Pragobanky v Praze

Jan Kupeček

Občanská výstavba – monolitický železobeton – systémové bednění – provádění tesařských a železářských prací

Na rohu ulic Vinohradské a Starostrašnické v prostoru bývalého tržiště vyrůstá zajímavá administrativní budova. Je to samostatný objekt Pragobanky, který je propojen se stávající zástavbou objektu chráněného památkovým ústavem. Investorem je Pragobanka a. s., která mandátní smlouvou pověřila firmu BDO CS s. r. o. zastupováním. Stavební povolení bylo vydáno na projekt zpracovaný firmou SIAL s. r. o. Liberec. Dodavatelem stavební části včetně prováděcí dokumentace se stal po vítězství ve výběrovém řízení a.s. Metrostav Praha, divize 4. Stavbu pod vedením oblastního manažera Ing. Stanislava Dostála řídí hlavní stavbyvedoucí Ing. Jiří Weis. Doba výstavby je květen 1994 až červen 1995 s tím, že 80 % plochy stavebního pozemku předal investor až v červenci roku 1994. Vlastní stavbu musí tedy Metrostav dokončit za 12 měsíců. Přitom jde o objekt půdorysně velmi členitý a nepravidelný o zastavěné ploše 1 160 m² s 2 podzemními a 7 nadzemními podlažími.

S ohledem na mimořádně krátkou lhůtu výstavby byl jako konstrukční systém zvolen monolitický železobetonový skelet s částečným použitím prefabrikovaných nosníků a stropních desek Predal. Tato konstrukce umožňuje provést část betonářských a železářských prací jako prefabrikované, a tím i omezuje riziko prodlevy z důvodů nepříznivých klimatických podmínek, které se mohly očekávat v listopadu a prosinci. Podzemní podlaží byla navržena s monolitickými stěnami a sloupy, stropy z 80 % tak, jak bylo výše uvedeno, a 20 % z monolitu. V nadzemní části odpadly obvodové stěny, které byly nahrazeny parapetními prefabrikáty. Ztuzení celé konstrukce zajišťují schodišťové a výtahové železobetonové stěny. Základní rozpětí polí je 7,5×5,2 m a tloušťka stropních desek včetně desek PREDAL 0,18 m.



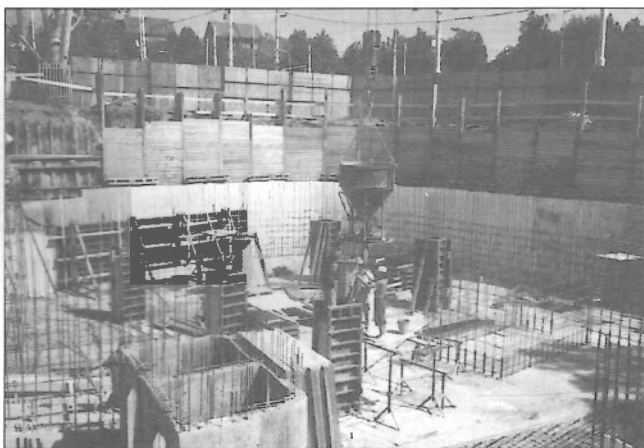
Obr. 1 – Schéma konstrukce

Na zhotovení vlastní železobetonové konstrukce se podílely divize 8 a 4 a. s. Metrostav a Prefa Praha. Divize 8 prováděla bednění, tesařské a železářské práce, Prefa Praha vyráběla a osazovala prefabrikáty a divize 4 završovala tyto činnosti betonáží. Práce divize 8 řídil vedoucí montáží Ing. Pavel Kasal. Zemní práce začaly 1. 7. 1994 a připravenost pro základovou desku byla 10. 8. 1994. Konečný termín dokončení hrubé konstrukce byl 21. 12. 1994, to zn. dobu výstavby pouze 18 týdnů.

Specialisté divize 4 a 8 a projektant museli řešit několik problémů. Hlavní vyplynul z časově náročného výběru definitivního řešení *obvodového pláště a jeho ukotvení*. Nabídnuté ceny za obvodový plášť byly tak vysoké, že je nebylo možné přijmout, a proto také dlouho nebyl znám dodavatel pláště a jeho požadavky pro uchycení k železobetonové konstrukci. Z toho důvodu se musela část parapetů původně prefabrikovaných provést jako monolitické, přičemž se nezměnil termín a bylo potřeba provést změnu dokumentace.

Dalším problémem byl *styk kruhového sloupu s obdélníkovým prefabrikovaným nosníkem*, jehož šířka byla menší než průměr sloupu. Ten byl vyřešen pomocí speciální vložky do bednění sloupu, která fixovala polohu výztuže a pilíř mohl být betonován až pod desku. Obtíže způsobilo i provádění stropu 1. N. P., který byl z důvodů volné dispozice zavěšen do stropu 2. N. P. Další technickou zajímavostí bylo provádění kruhových pilířů průměru 0,5 m v 1. N. P. a 2. N. P., které se betonovaly postupně na celou svou výšku 6,5 m. Na vyřešení těchto a dalších problémů a odborném posouzení projektů se podílel i pracovník stavební fakulty ČVUT prof. Tomáš Vaněk, DrSc.

Na stavbě pracovalo včetně sobot a nedělí denně 30 tesařů, 15 železářů a 15 stavebních dělníků a betonářů. Celkové množství 196 t volné výztuže 10 425 bylo jen mimořádně doplňováno svařovanými sítěmi. Nejběžnějšími profily v základové desce byly 16 a 20 mm, ve stěnách a stropích 10 a 14 mm. Bednění rovných stěn a pilířů bylo prováděno ze systému PERI TRIO, oblých stěn z PERI RUNDFLEX. V místech stropů, kde nebylo možné použít desky PREDAL se používalo bednění HÜNNEBECK Rastrschalung. Kruhové sloupy byly bedněny pomocí systému NOE, který je v současné době nejlepším kruhovým bedněním pilířů na našem trhu. Celkem bylo provedeno 10 500 m² bednění stěn stropů,



Obr. 2 – Pohled na práce v 2. P. P.



Obr. 3 – Pohled na práce v I. P. P. a I. N. P.



Obr. 4 – Dokončená hrubá železobetonová konstrukce

trámů a schodišť. Pro usnadnění provádění se používaly kotevní prvky STABOX, umožňující lepší využití systémového bednění.

Do konstrukce se uložilo 4 300 m³ betonu. Navrženou třídu betonu B 20 změnil dodavatel po dohodě s projektantem u některých konstrukčních prvků na třídu B 28. Tím bylo dosaženo rychlejšího nárůstu pevnosti betonu a možnosti rychlejšího otáčení bednění. Beton byl dodáván z betonárek Prefy Praha v Malešicích a Metrostavu na Rohanském ostrově a vyráběn z cementu CEM II. (SPC) a kameniva maximální zrnitosti 22 mm. Jako přísada se používal plastifikátor Addiment BV 3 v množství 0,3 % z dávky cementu. Jeho užitím byl snížen vodní součinitel, a tím se zabránilo i vzniku smršťovacích trhlin. Konzistence betonové směsi byla neustále na stavbě kontrolována. Při teplotách pod +5°C se záměsová voda do betonu ohřívala na 40°C. Pro případ betonáže při teplotách pod 0°C, které však nenastaly, byl připraven elektroohřev a další běžná zimní opatření.

Stropních prefabrikovaných desek PREDAL bylo celkem 6000 m² a byla v nich zabudována spodní výztuž desky. Byly osazovány pomocí vahadla na prefabrikované průvlaky, které ležely na pilířích a stěnách. Parapetní prefabrikáty byly osazovány současně se stropními deskami. Celkem se užilo 850 m³ prefabrikátů.

Prostor staveniště byl obsluhován 2 jeřáby Liebherr, což se pro požadované tempo výstavby a půdorysnou velikost ukázalo optimální, protože jeden jeřáb na tempo výstavby podlaží za 14 dnů neobsáhne plochu větší než 700 m². Dodávky jednotlivých polotovarů i výrobků a všechny práce byly neustále kontrolovány jak ve výrobních, tak i na stavbě. O kvalitě prací svědčí i fakt, že celá stavba nevykazuje odchylku od požadovaných tolerancí.

Poučením ze stavby tohoto objektu je potvrzení dřívějších zkušeností (jako např. z objektů IBC Těšnov, Sazka, Tiskárny Mír apod.), že spodní podlaží trvají v průměru 2× déle než vrchní. Ta bývají jednodušší, a je na nich možné dosáhnout pravidelného postupu. Zároveň se potvrdilo, že je možné provést v nejvyšším tempu (zprůměrováno na objekt) jednu vodorovnou konstrukci za 14 dnů, ale dochází tím ke zdražení stavby, protože není možné dosáhnout optimální obrátkovosti a nasazení bednění.

Závěrem je možné konstatovat, že hrubá stavba Pragobanky byla provedena v kvalitě běžné v západních zemích a v čase, který odpovídá zvyklostem.

Ing. Jan Kupeček, Metrostav a.s., obch. tech. náměstek divize 8, 180 00 Praha 8, Rohanský ostrov, tel. 02-232 42 05

O betonu a zdivu v českých časopisech

STAVEBNÍ OBZOR ♦ Poslední loňské číslo (1994/10) nepřineslo z oblasti betonových konstrukcí nic podstatného. Doporučujeme však čtenářově pozornosti informaci o mostu Normandie, podrobnější než jsme zveřejnili v BaŽ 1994/4. ♦ V čísle 1995/1 stojí za povšimnutí článek o využití plochých střech panelových objektů (J. Semeráková), který ukazuje cesty, jak se vypořádat s problémem plochých střech, oblíbených a politicky vynucovaných v uplynulém období. V témže čísle je pro betonáře zajímavá stat' o vozovce nad halou Wilsonova nádraží v Praze (D. Makovička). ♦ Letošní druhé číslo "Stavebního obzoru" (1995/2) má tři zajímavé články, které mají něco společného s betonářinou: J. Procházka a J. Krátký pojednávají o částečně sprážených betonových konstrukcích, a to z hlediska svých experimentálních poznatků (je potěšující číst, že se nějaké experimentální výzkumy v Česku ještě dějí). Pro statiky je nepochybně zajímavý článek o výztužných jádrech vysokých budov (K. Bauer a V. Krístek). O novinkách ČSN 73 2401 informuje B. Voves.

STAVITEL ♦ Pro betonáře je v č. 1994/10 patrně nejpoutavější článek o protihlukových cementových bariérách (T. Beneš). Jde o výrobky, které zná v různých provedeních každý, kdo vyjel alespoň do Vídně. Spolu s betonovými svodidly, jež se u nás vžila překvapivě rychle (a určité zachránila již několik lidských životů), jsou to výrobky velice užitečné a ekonomicky nepochybně efektivní. – Reklamní povahu má příspěvek o přísadách firmy Chryso (Z. Forster). To však neubírá na jeho zajímavosti. – Přesné zdění je oblíbeným tématem dne. Psali jsme o něm nedávno; své poznatky můžete doplnit ještě výkladem J. Talafuse v č. 1994/11. Za přečtení zde stojí i text o bednění Meva. ♦ K přemýšlení vybízí a pobavení nabízí (spíše je to ale černý humor) informace o zprávě o stavu stavebnictví v banánové republice ve Střední Evropě (D. Sedláková), kterou najdeme v č. 1994/12. ♦ O úmyslech postavit pod třídou Na Příkopě v Praze tunel pro motorová vozidla se dočtete v č. 1995/1 (J. Linha, J. Sochůrek, A. Žitkovský). – I když se betonových staveb netýkají, upozorňujeme na vzpomínky pana Ing. J. Rennera o tom, jaké bylo postavení autorizovaného civilního inženýra v dobách první republiky. Memoáry jsou vždy poučným čtením.

Znovu připomínáme, že náš výběr článků je spíše náhodný než systematický. Uvítáme spolupráci našich čtenářů na tomto zpravodajství. A ne jen na tomto!

Redakce

Polypropylenová vlákna CRACKSTOP®

Nový směr v technologii betonu

Petr Bezděk

Beton vyztužený vlákny – aplikace vláken CRACKSTOP® – výsledky porovnávacích testů desky vyztužené vlákny a desky vyztužené KARI sítí

Použití betonu i železobetonu je téměř vždy spojeno s nutností řešit jednu z velmi nepříjemných vlastností betonu; tou je smrštění se všemi důsledky, které přináší. Jednou ze zajímavých možností jak tomuto problému účinně a efektivně čelit je použití polypropylenových vláken do betonu.

Během vývoje vláknové výztuže do betonu se ukázalo, že náhrada klasické výztuže rozptýlenou ocelovou vláknovou výztuží je až na nepatrné výjimky téměř nemožná. Vyztužení vlákny, která by svou pevností výrazněji přispívala ke zvýšení pevnosti betonu v tahu, není u trojrozměrně orientovaných vláken v betonu prakticky dosažitelné. To platí bez ohledu na materiál, z něhož jsou vlákna vyrobena. Současně se však také ukázalo, že rozptýlená vláknová výztuž výrazně zvyšuje rázovou houževnatost betonu a výrazně omezuje nebo eliminuje negativní vlivy objemových změn doprovázené obvykle vznikem trhlin. Pro tuto funkci se jako velice ekonomické a efektivní jeví použití polypropylenových vláken CRACKSTOP®.

Výhody polypropylenových vláken CRACKSTOP®

Polypropylenová vlákna CRACKSTOP® narozdíl od vláken z jiných materiálů mají několik významných výhod:

1) vzhledem k použitému materiálu nepřináší použití vláken CRACKSTOP® žádná rizika v oblasti možné koroze, resp. jakékoliv ztráty vlastností, jako je tomu např. u ocelových nebo skleněných vláken,

2) naprostá zdravotní nezávadnost, snadné dávkování (předem připravené dávky na m³) a speciální povrchová úprava zajišťující bezproblémové rozmíslení v běžných míchačkách usnadňují manipulaci,

3) vysoká účinnost vláken CRACKSTOP® umožňuje velice nízké dávkování – 0,6 kg na 1 m³ betonu, což sebou samozřejmě nese pouze nepatrné zvýšení ceny vláknobetonu oproti běžné směsi (cca o 10 %),

4) vlákna CRACKSTOP® v čerstvé betonové směsi žádným negativním způsobem neovlivňují možnost čerpání, vibrování, stříkání apod., naopak je směs více plastická a méně náchylná k segregaci.

Funkce vláken

Pro správné použití vláken je velmi důležité se seznámit s jejich funkcí. Vlákna potlačí vznik malých trhlinek, které se jinak v praxi nevyhnutelně vyskytnou všude tam, kde se beton užije ve větším objemu. Trhlinky způsobují místní oslabení vedoucí k velkým viditelným trhlinám, eventuálně k prasknutí desky.

Jemně rozptýlená vlákna jsou velice dobře schopna zabránit vzniku kritických trhlinek betonu na začátku zrání tím, že účinně zvýší soudržnost tuhnoucí (nezralé) cementové pasty. Protože vlákna jsou hlavním přínosem betonu na začátku jeho zrání a zlepší tím výsledné vlastnosti betonu, stačí použít velmi malého množství vláken (na rozdíl od situace, kde je třeba dodat výztuž betonu, která přebírá tahové síly nezávisle). Malé dávky vláken jsou také

praktické a postup práce je jednodušší a hospodárnější. Při takovémto použití je množství vláken nezávisle přispívající k tahovému pevnostem desky nízké na to, aby se projevilo měřitelným nezávislým účinkem na pevnost zralého betonu v tahu. Ale tím, že se vyloučí oslabení betonu zamezením tvorby trhlinek, se zajistí výrazný vzestup účinné pevnosti desky způsobem, který umožní plného betonu využít jeho plného pevnostního potenciálu.

Na příklad pevnost relativně tenké, plně podepřené základové desky závisí zejména na vnitřní pevnosti betonu a případné vyztužení není hospodárné a efektivní. Umožníme-li betonu dosáhnout plného potenciálu užitím vláken, vytvoří silné a spolehlivé těleso.

Jakýmsi druhotným účinkem vláken CRACKSTOP® je zlepšení vlastností vyzrálého betonu:

- zvýšení trvanlivosti betonu,
- výrazné zvýšení mrazuvzdornosti,
- zvýšení vodotěsnosti betonu,
- zvýšení odolnosti proti dynamickému namáhání,
- zvýšení odolnosti proti obrušování,
- možnost betonáže větších dilatačních celků.

Vhodná vlákna ve velmi malém množství mohou účelně eliminovat nutnost použití ocelové sítě. Použití vláken nepřispívá jen k omezení vzniku trhlin, ale řeší celkový přístup k této problematice, který je založený na prevenci před prasknutím betonu.

Možnosti aplikace

Z výše uvedených faktů vyplývá, že použití vláken CRACKSTOP® je vhodné všude tam, kde chceme zabránit vzniku smršťovacích trhlin, zlepšit kvalitu betonu, zvýšit trvanlivost, mrazuvzdornost a vodotěsnost.

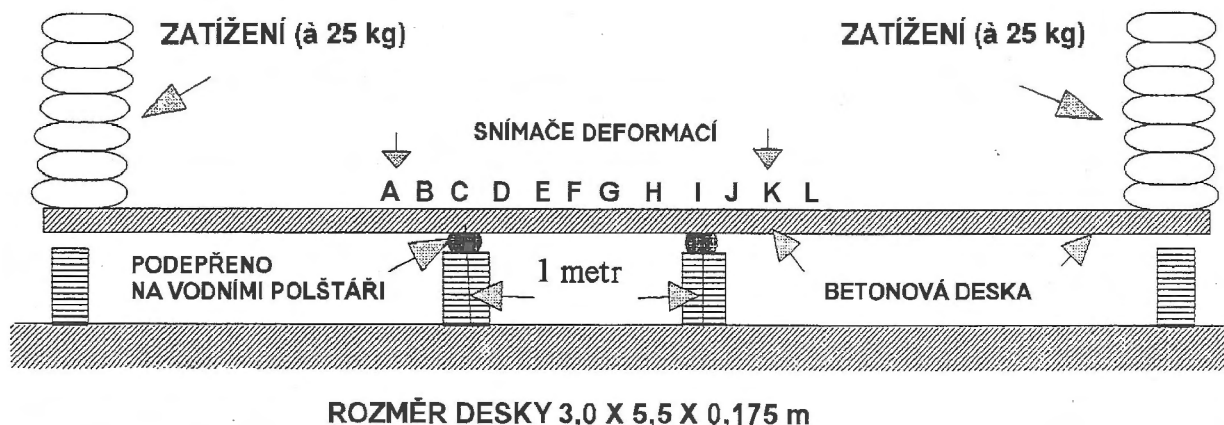
Typické případy pro použití vláken jsou:

- plně podepřené cementobetonové desky (podlahy, vozovky),
- stříkané betony,
- speciální malty,
- vodotěsné betony (nádrže),
- prefabrikáty,
- části konstrukcí vystavené nepříznivým povětrnostním vlivům.

Jako u každé nové technologie nás zajímá kromě technických výhod především ekonomický přínos. Ten je u betonu s vlákny CRACKSTOP® několikanásobný. V první řadě je možné v mnoha případech ušetřit finanční prostředky již během provádění, kdy je možné vypustit tradiční protitrhlinovou výztuž (KARI síť), čímž se sníží jak náklady, tak pracnost při ukládání materiálu. Za druhé je možné o ekonomickém přínosu hovořit s vyšší odolností konstrukce proti nepříznivým vlivům (pokud beton není narušen smršťovacími trhlinami, je daleko odolnější a poskytuje i lepší ochranu pro výztuž).

Praktický průkaz funkce vláken CRACKSTOP® v betonu

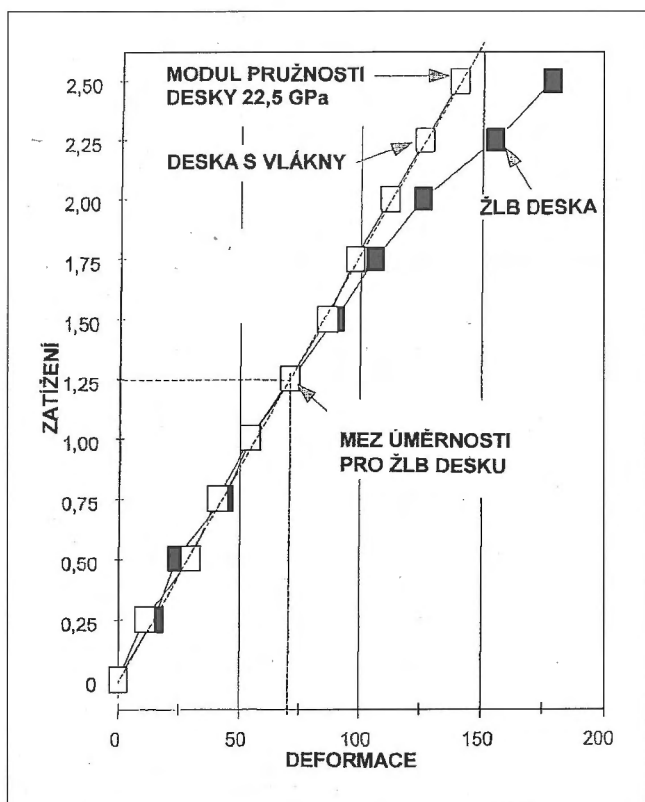
Prokázat názorně kvalitu a přínos vláken CRACKSTOP® v laboratorních podmínkách je vzhledem k charakteru jejich použití ve



Obr. 1 – Schéma zkoušky

lice obtížné. Proto Vás seznámíme s porovnávací zkouškou dvou desek, jedné s dávkou vláken 0,6 kg/m³ CRACKSTOP® a druhé s běžnou KARI sítí.

Základní uspořádání zkoušky je vidět z obr. 1. Obě desky byly vyrobeny ze stejného betonu ve stejném čase, za stejných podmínek byly ztěžovány a byly měřeny deformace v bodech A až K. Výsledek zkoušky je znázorněn na dalším obrázku. V grafu závislosti zatížení a deformace je vidět, že obě desky se chovají téměř identicky do zatížení 1,25 tuny.



Obr. 2 – Výsledek zkoušky

Po dalším zatěžování deska s KARI sítí podléhá větším deformacím a dostává se do oblasti deformací trvalých. Deska s vlákny CRACKSTOP® i při vyšším zatížení zachovává lineární závislost, a to až do maximální hodnoty. Je tedy patrné, že u desky s vlákny při zatížení nad 1,25 tuny nedochází k trvalým de-

formacím a deska si zachovává "svůj" modul pružnosti až do porušení.

Toto zjištění je velice významné pro případy např. dynamicky namáhaných konstrukcí, kdy je možné předpokládat nárazové přetížení konstrukce nad mez úměrnosti. Zatímco deska s KARI sítí po přetížení konstrukce vykáže trvalé deformace, a sníží se tím tedy její únosnost, desku s vlákny CRACKSTOP® takový případ neovlivní.

Ing. Petr Bezděk, VERTITECH SYSTEM spol. s r.o., Palmovka 7/522, 180 00 Praha 8, tel./fax: 02 – 68 32 577

MATERIÁLY NA OPRAVY ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

PERMAPATCH®

PŘIPRAVILI JSME PRO VÁS:

Sanační materiály PERMAPATCH®

- na opravy svislých, převíslych a vodorovných ploch

Ochranné nátěry na betonové konstrukce

- ochrana proti vodě a karbonataci betonu

Materiál PERMAPATCH® KRYSTOL

- k utěsnění betonu pomocí krystalizace

HYDROTITE

- hydrofilní rozpínající se gumové těsnicí pásy

Polypropylénová vlákna CRACKSTOP® a KRENIT®

- přísada do betonu zamezující vzniku smršťovacích trhlin

Migrující inhibitory koroze CORTEC

- zabezpečující ochranu výztuže - přísady do betonu a nátěry na železobetonové konstrukce

Strojní vybavení pro zpracování sanačních malt

VERTITECH
system

VERTITECH SYSTEM spol. s r. o.
Palmovka 7 / 522
180 00 Praha 8
Tel.: (02) 684 62 50
Fax: (02) 66 31 33 23

Výpočetní metody prognózy životnosti betonových konstrukcí

Břetislav Teplý, Zdeněk Šmerda, Zbyněk Keršner

Železobetonové konstrukce – životnost – mezní stavy – výpočetní metody – koroze výztuže – karbonatace betonu – pravděpodobnost poruchy – náhodné vlastnosti

Stavebně-inženýrská praxe by se nikdy neměla vyhnout velmi důležitému problému, kterým je *odhad životnosti konstrukce*. Při projekci stavby nové jde přitom o cílovou (návrhovou) životnost, uvažovanou od jejího postavení; u konstrukcí, které jsou již po jistou dobu v provozu pak jde o životnost zbytkovou. V obou případech je však třeba se při odhadování životnosti také zaměřit na způsob údržby a u staveb již provozovaných i na prodloužení životnosti opravami, příp. i rekonstrukcemi.

Je zřejmé, že životnost konstrukce souvisí s hospodárností, a tedy s náklady, které se musí vynaložit na stavbu, její údržbu a případné opravy, a je také zřejmé, že jde o základní problém, jehož podstatou jsou celkové náklady, které se musí pro dosažení její požadované životnosti vložit. Odhadnout tyto finanční náklady je jistě velmi obtížné a je otázka, zda je to vůbec možné vzhledem k tak nejistým faktorům, jako jsou změny účinků prostředí a agresivity provozů, možné degradace navrhovaných anebo použitých stavebních materiálů, změny v působení zatížení a zejména nárůst cen ve stavebnictví. Je však nepochybné, že přes uvedené obtíže je nutné se odhadem životnosti zabývat.

Spolehlivost prvků stavební konstrukce a také konstrukce jako celku, která musí být splněna po celou dobu životnosti, se hodnotí ve dvou mezních stavech, a to únosnosti a použitelnosti. V nich se porovnávají účinky *zatížení* s účinky *odporu konstrukce* s ohledem na *vliv prostředí*. Všechny tyto akce mohou mít mnoho parametrů, které mají náhodný charakter a obecně vzato lze je vyšetřovat pravděpodobnostními metodami.

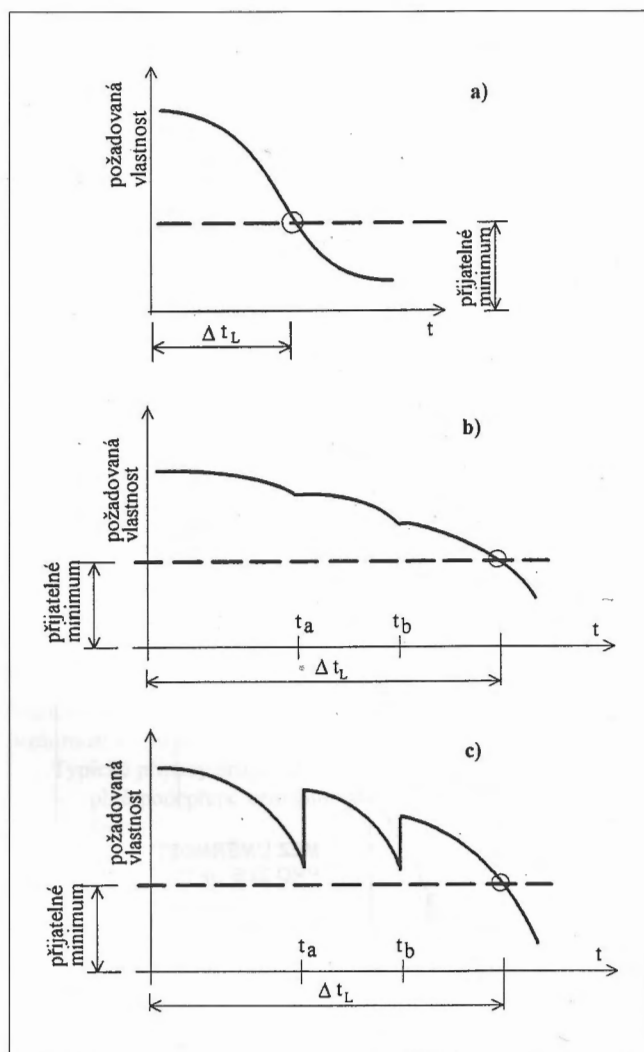
Má-li se však takto odhadnout životnost konstrukce, musíme znát změny zatížení, odporu konstrukce i prostředí, ke kterým dojde během budoucího období a ovšem také statistiky zúčastněných náhodných proměnných. Obtížnost řešení tohoto problému je možno ukázat na vlivu prostředí na vyztužený beton, kdy velkou degradaci tohoto stavebního materiálu způsobuje karbonatace (účinky CO_2) a ta vede ke ztrátě schopnosti krycích vrstev chránit výztuž proti korozi. Rychlost karbonatace však závisí na několika náhodných parametrech (vodním součiniteli aj.) a doposud nebyl pro ni ani nalezen zcela spolehlivý model. Podobně je tomu i v jiných případech agresivních prostředí.

Zdrojem nepřesnosti je také nedostatek experimentálních důkazů o vlivu degradace stavebních materiálů v průběhu dalších let, který zpravidla není možno objektivně posoudit jen ze zrychlených zkoušek. Nedostatkem současných postupů při studiu degračních vlivů je často i oddělený pohled na každý jev bez uvážení jejich vzájemné souvislosti.

Definice životnosti

Životností (resp. zbytkovou životností) konstrukce anebo konstrukčního prvku se rozumí časový úsek Δt_L od uvedení do provozu (resp. od posuzovaného okamžiku), po který *požadované vlastnosti* neklesnou pod své *přijatelné minimum*. Zde je možno též citovat čl. 1.1.2 ČSN 730031 [1]: "Základní vlastnosti definující spolehlivost konstrukce je bezporuchovost jejího obvyklého

užívání, spočívající ve schopnosti zachovat požadované užité vlastnosti během doby životnosti objektu". Je to znázorněno schematicky na obr. 1a, význam údržby a opravy je ukázán na obr. 1b a 1c.



Obr. 1 – Chování konstrukce v čase (a – konstrukce bez údržby, b – konstrukce s údržbou v časech t_a a t_b , c – konstrukce s opravami v časech t_a a t_b)

Poruchou se zde rozumí nesplnění podmínek spolehlivosti pro bezporuchový provoz, vyjádřených mezními stavy.

Teoreticky vzato, takto by bylo třeba hodnotit všechny varianty mezních stavů; obvykle však postačí zaměřit se jen na ty, které budou v daném případě rozhodující.

V zásadě je tedy nutno prokázat, který z mezních stavů povede u hodnocené konstrukce k minimálnímu Δt_L . Každý z možných mezních stavů se projevuje jinými příznaky a důsledky, vzniká za rozdílných okolností, může být ovlivněn různými vnějšími faktory a záviset na jiných vlastnostech konstrukce. Přitom je "přijatelná" hladina pravděpodobnosti vzniku mezních

stavů různá. Pro 1. skupinu je to pravděpodobnost cca 10^{-5} až 10^{-7} , zatímco u mezních stavů 2. skupiny je to asi 10^{-2} až 10^{-3} .

Optimalizace nákladů

Z hlediska volby nejlepší varianty materiálu, konstrukce a jejího uspořádání a strategie údržby či oprav jde o složitý optimalizační problém, v němž primární roli hraje celková cena konstrukce a míra přijatého rizika. V jednoduchém tvaru lze celkovou cenu C_T objektu vyjádřit součtem

$$C_T = C_I + C_M + p_f C_F$$

kde C_I je cena původní (projekt + stavba), C_M cena oprav a údržby, C_F náklady vyvolané poruchou (náklady na zásadní rekonstrukci, případně na odstranění stavby aj.) a p_f je teoretická pravděpodobnost poruchy.

Optimalizační problém ve vztahu k životnosti lze definovat deterministicky jako minimalizaci C_T za omezující podmínky

$$\Delta t_L > \Delta t_{L,d}$$

anebo pravděpodobnostně

$$P(\Delta t_L \leq \Delta t_{L,d}) \leq p_{f,d}$$

kde $\Delta t_{L,d}$ je návrhová životnost, $p_{f,d}$ návrhová pravděpodobnost poruchy.

Taková formulace naráží na řadu problémů – odhady cen a míry rizika vyjádřené pomocí p_f jsou obtížně realizovatelné.

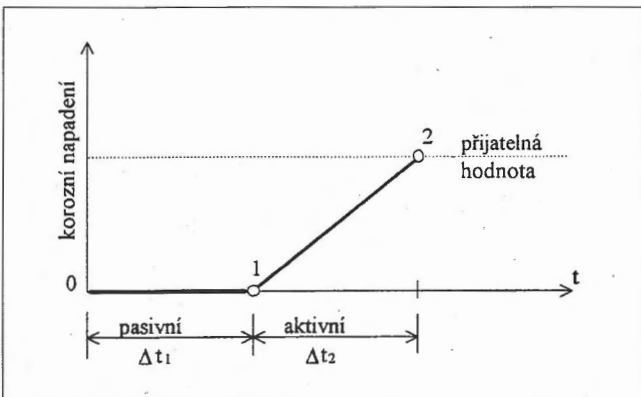
Poznamenejme ještě, že v souvislosti s problematikou životnosti konstrukcí se někdy uvádí obecný vztah – viz např. [2].

$$R(t) = R_0 g_{deg}(t)$$

kde $R(t)$ je na čase t závislá kapacita konstrukce (může to být "kapacita" ve smyslu únosnosti, deformovatelnosti aj.), R_0 počáteční hodnota této kapacity; tj. v čase $t = t_0$ a $g_{deg}(t)$ je tzv. degradační funkce. V jejím nalezení u komplexních úloh však právě spočívá obtížnost aplikace takovéto formulace.

Železobetonové konstrukce

U železobetonových konstrukcí je velmi častou příčinou vyčerpání životnosti koroze výztuže. Obr. 2 (v obdobné formě často v literatuře uváděný) ukazuje na časové ose dělení na *pasivní stadium* výztuže (úsek 0–1, výztuž je proti korozi dostatečně chráněna) a *aktivní stadium* (koroze probíhá – úsek 1–2). Bod 2 může ohraničovat životnost. Přitom přijatelnou hladinu korozního napadení (bod 2) na obr. 2 lze stanovit na základě takového korozního úbytku, pro který ještě bude splněna podmínka, že zmenšená prů-



Obr. 2 – Stadia vlivu koroze výztuže

řezová plocha výztuže bude větší nebo rovna ploše projektem požadované. To tedy může být pouze případ výztuže předimenzované. Jinak nemůžeme korozi vůbec připustit (přijatelná hodnota korozního napadení je nula) a mezi životností je již konec pasivního stadia, tj. bod 1 na obr. 2.

Délka pasivního stadia Δt_1 závisí na ochraně výztuže nekarbonatovanou krycí vrstvou betonu a na agresivitě prostředí; hloubku karbonatace lze odhadnout pomocí modelů popsanych v [3], [4]. Narušení pasivní ochrany výztuže může být ovšem způsobeno i jinými zdroji, jako pronikáním iontů chloridu (např. působením posypových solí).

Délku Δt_2 aktivního stadia a průběh koroze (spojnice bodů 1 a 2 na obr. 2 není ve skutečnosti přímková) lze modelovat způsobem uvedenými např. v [5].

Metody pro odhad životnosti

Dále se zmíníme o dvou možných cestách, jak určit životnost Δt_L :

- 1) časový úsek Δt_L se stanoví prostřednictvím jiné veličiny (pravděpodobnosti poruchy p_f),
- 2) časový úsek Δt_L je určen přímo.

Formální dělení výpočetních metod odhadu Δt_L může být ale také provedeno např. z hlediska *charakteru vstupních dat*:

- metody deterministické (pracuje se s deterministickými údaji);
- pravděpodobnostní (uvažují se náhodné vlastnosti vstupních údajů).

Nepřímé vyjádření Δt_L

Využití pravděpodobnosti poruchy

Dostatečně obecnou veličinou je pravděpodobnost poruchy p_f (resp. pravděpodobnost dosažení jistého stavu konstrukce). Při jejím určování se uvažují *náhodné vlastnosti* participujících veličin – viz např. [6], [7].

Pravděpodobnost poruchy p_f definujeme obvykle jako

$$p_f = P(A \geq B)$$

kde A je příslušná akce zatěžovacích účinků na konstrukci a B je bariéra, tj. odpor, kterým je konstrukce schopna této akci vzdorovat.

Běžnými příklady mohou být tedy

$$p_f = P(M \geq M_U)$$

kde M je moment v daném průřezu vyvozený zatížením a M_U je mezní moment únosnosti tohoto průřezu.

Nebo

$$p_f = P(\omega \geq \omega_{lim})$$

kde ω je přetvoření vyvolané zatížením a ω_{lim} je přetvoření mezní (připustné).

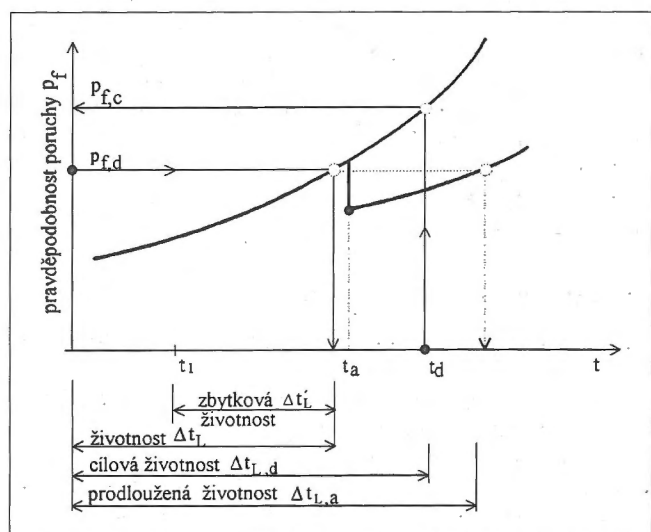
S využitím veličiny p_f jsme navrhli následovný postup určování životnosti konstrukcí, který splňuje uvedené podmínky obecnosti (viz též [8], [9]):

Nejprve se provede opakovaný výpočet pravděpodobnosti poruchy v několika časových okamžicích za účelem získání odhadu závislosti p_f vs. t . Přitom se započítává vliv degradujících procesů, takže závislost má vzestupný trend. Na obr. 3 je též naznačeno, jak by se tato závislost mohla měnit skokem při uvažování důsledků opravy konstrukce, provedené např. v časovém okamžiku t_a .

Průběh hladiny návrhové (připustné) pravděpodobnosti $p_{f,d}$ s křivkou p_f vs. t pak určuje životnost konstrukce Δt_L , případně prodlouženou životnost $\Delta t_{L,a}$. Vztáhneme-li čas k nějakému aktu-

álnímu okamžiku pozorování, např. t_1 , pak můžeme jednoduše určit zbytkovou životnost Δt_L .

Schema umožňuje též opačný postup: známe-li časový bod t_d , popisující nějakou cílovou životnost $\Delta t_{L,d}$, můžeme nalézt tomu odpovídající pravděpodobnost $p_{f,c}$.



Obr. 3 – Časová závislost pravděpodobnosti poruchy

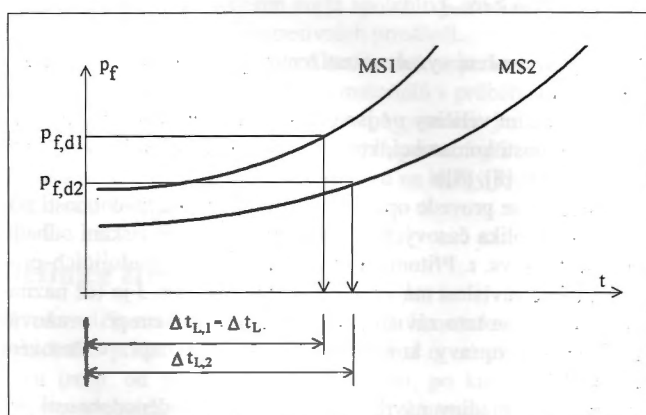
Poznamenejme, že metody výpočtu p_f v tomto příspěvku nepopisujeme; čtenáře odkazujeme např. na [10] nebo [11]. Přitom zmínku zasluhují zejména tyto metody: *FORM*, *SORM*, *curve fitting*, *importance sampling*, *response surface* aj. (české ekvivalenty názvů nejsou dosud běžně užívány).

Uvažme nyní, že obvykle nevíme předem, který mezní stav či který jev bude rozhodující pro stanovení životnosti. Kromě toho mezní stavy 1. a 2. skupiny mohou mít rozdílnou hladinu návrhové pravděpodobnosti poruchy, řekněme $p_{f,d1}$ a $p_{f,d2}$. Pak výše popsaný postup musíme doplnit tak, jak je znázorněno na obr. 4: závislosti p_f vs. t sestrojíme pro oba mezní stavy (resp. pro více stavů) a nalezneme Δt_L jako menší z hodnot Δt_{L1} a Δt_{L2} , resp. jako $\min(\Delta t_{Li})$.

Využití distribuční funkce doby životnosti

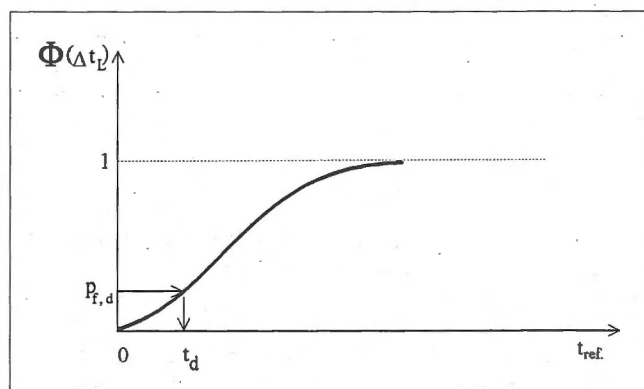
Nepřímé vyjádření doby životnosti Δt_L je možné interpretovat i jiným způsobem: uvažováním životnosti Δt_L jako náhodné veličiny. Odhady statistických parametrů této veličiny lze získat aplikací numerických simulačních metod [10]. Odhad distribuční funkce pak získáme opakovaným výpočtem pravděpodobnosti

$$P(\Delta t_L \leq \Delta t_{ref})$$



Obr. 4 – Schéma nalezení životnosti při dvou mezních stavech

pro zvolenou množinu referenční doby životnosti Δt_{ref} . Takto lze získat empirickou distribuční funkci životnosti $\Phi(\Delta t_L)$, viz obr. 5. Nepřímé stanovení Δt_L se v tomto případě realizuje volbou přijatelné míry rizika vyjádřené pravděpodobností $p_{f,d}$ a životnost se odvodí jako příslušný kvantil t_d distribuční funkce.



Obr. 5 – Distribuční funkce doby životnosti

Poznamenejme, že u této metody jde o naprosto jinou informaci než v předchozím případě, neboť životnost je zde popsána distribuční funkcí, vztahenou k určitému meznímu stavu. Obr. 3 resp. 4 zobrazují zvyšování pravděpodobnosti, že dojde k meznímu stavu (v čase), kdežto obr. 5 ukazuje pravděpodobnost, že životnost je menší nebo rovna určité hodnotě.

Metody pro přímé vyjádření Δt_L

V případech, kdy je rozhodující koroze výztuže (viz též obr. 2 a související text), lze odhad životnosti stanovit pomocí součtu (viz např. [12])

$$\Delta t_L = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_{ct}$$

Přitom Δt_1 je časový úsek, po který je výztuž chráněna – pasivní stadium. Je-li karbonatace betonu jediným důvodem pro postupnou depasivaci výztuže, pak odhad Δt_1 lze uskutečnit pomocí některého modelu dle [3], [4].

Je-li povrch betonu opatřen ochrannou vrstvou, pak se použije model popsáný též ve [4]. Při působení chloridů je nutno vzít pro odhad Δt_1 v úvahu např. model uvedený v [13], příp. je možné započítat působení dalších vlivů.

Člen Δt_2 odpovídá aktivnímu stadiu koroze výztuže, která je již tzv. depasivována. Toto stadium je ohraničeno okamžikem, kdy je dosažena přijatelná mez koroze; lze použít např. model dle [5].

Časový úsek Δt_{ct} je doba, o kterou se oddálí dosažení meze životnosti díky ochrannému nátěru výztuže, příp. jiným opatřením.

Při výše popsaném postupu určení Δt_L mohou být použity zmíněné modely s *deterministicky* uvažovanými vstupními parametry. Protože řada vstupních veličin má náhodný charakter, je vhodnější – jsou-li k dispozici potřebné statistické charakteristiky – postupovat *pravděpodobnostně*, přitom se získají též statistické charakteristiky jevu Δt_L . Obě tyto varianty jsou ukázány na příkladu vazníku – viz [14].

Jisté zlepšení uvedeného přístupu je doporučeno v [12]: v členu Δt_1 se místo průměrné tloušťky krycí vrstvy c dosadí $c - \delta$, kde korekční vzdálenost δ má zohlednit přirozenou fluktuaci délky c , resp. fluktuaci hloubky zkarbonatování vrstvy. V pravděpodobnostních metodách se ovšem i c považuje za náhodnou veličinu. Tento postup je však možný jen pro zjištění zbytkové životnosti.

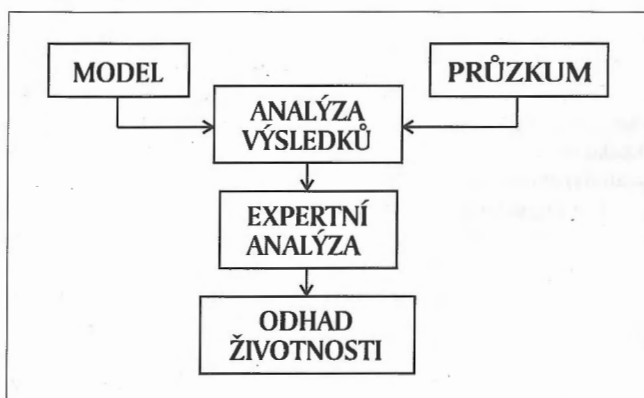
Právě popsané metody pro přímé vyjádření Δt_L nejsou univerzální ve smyslu různých mezních stavů, různých definic ohraničení životnosti, různých typů konstrukcí z různých materiálů.

Závěr

V předchozím byly uvedeny některé hlavní činitele, s nimiž je třeba počítat při odhadu životnosti nosného prvku nebo celé konstrukce. Je zřejmé, že odhad životnosti nově projektované konstrukce bude vycházet pouze z předpokladů o odporu konstrukce včetně jeho postupné degradace.

U konstrukce provozované budou již naproti tomu k dispozici výsledky průzkumu jejího stavu, a jen v případě, kdy bude třeba rozhodnout o způsobu další údržby anebo opravy, bude třeba mít k dispozici informace o materiálech a technologiích, které k tomu budou zapotřebí. Pro odhad životnosti takové konstrukce je již možný podrobný rozbor stavu konstrukce, pro který se využijí všechny adekvátní prostředky (průzkum, statistická, citlivostní a pravděpodobnostní analýza), který může o ní podávat již dosti objektivní obraz. Protože však teoretické frekvenční rozdělení náhodných veličin nemusí vždy zcela odrážet skutečnost, může v důsledku toho vést jak pravděpodobnostní, tak zejména deterministické hodnocení životnosti k ne zcela reálným závěrům a proto je třeba výsledky posoudit expertní analýzou, která vlastně představuje syntézu teoretických závěrů se zkušenostmi z podobných stavů.

Pro takové posuzování by bylo pak možno sestavit toto obecné schéma postupu:



Obr. 6 – Schéma postupu posuzování životnosti

MODEL zahrnuje statistické postupy, funkcionální závislosti pro stanovení životnosti a postupy pro vyřešení životnosti v závislosti na pravděpodobnosti, PRŮZKUM metodiku průzkumu a vlastní průzkum, EXPERTNÍ ANALÝZA přisouzení váhy výsledkům bloku ANALÝZA VÝSLEDKŮ a ODHAD ŽIVOTNOSTI úsudek na základě bloku EXPERTNÍ ANALÝZA.

Praktické použití výpočetních metod pro odhad životnosti betonové konstrukce u nás zatím nebylo aplikováno (pokud je autorem známo) – kromě práce [14], která jistým způsobem navazuje na tento článek a [9], kde je metoda s využitím pravděpodobnosti poruchy aplikována na problému předpjatého nosníku. Domníváme se však, že zejména při rozhodování o dalším osudu některých významných betonových staveb bude nutné takové metody používat. Kladou sice značné nároky na získání potřebných dat, ale tam,

kde omezení provozu, odstavení stavby z provozu či její demolice přináší vysoké ztráty, se bez takového nástroje inženýr neobejde.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu 103/93/2037, financovaného grantovou agenturou ČR.

Literatura

- [1] ČSN 73 0031 Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd, 1988.
- [2] Mori Y., Ellingwood B. R.: Reliability-based service-life assesment of aging concrete structures. *J. Struct. Engrg.*, 1993, č.119 (5), s. 1600–1621.
- [3] Schiessl P.: Zur Frage der zulässigen Rissbreite und der erforderlichen Betondeckung im Stahlbetonbau unter besonderer Berücksichtigung der Karbonatisierung des Betons. *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, Heft 255, Berlin, 1976.
- [4] Papadakis V. G., Fardis M. N., Vayenas G. G.: Effect of composition, environmental factors and cementlime mortar coating on concrete carbonation. *Mater. Struct.*, 1992/25, s. 293–304.
- [5] Smejkal P.: Výsledky dlouhodobého sledování koroze betonných ocelí. *Pozemní stavby*, 1987/9, s. 424–428.
- [6] Tichý M.: *Pravděpodobnostní optimalizace dimenzování stavebních konstrukcí*, Academia, Praha, 1986.
- [7] Teplý B.: Spolehlivostní analýza – možnosti její aplikace. *Stavební obzor*, 1994/6, s. 178–182.
- [8] Teplý B., Keršner Z., Rovnaníková P.: Estimation of remaining service life of PC beams. *Sborník konference CONCREEP'93*, Barcelona, 1993, s. 629–633.
- [9] Novák D., Keršner Z., Teplý B.: Probabilistic modelling of deterioration of PC beams. *Sborník konference Durability and Service Life of Bridge Structures*, Poznaň, 1994, s. 211–215.
- [10] Schuëller G. I., Stix R.: A critical appraisal of methods to determine failure probabilities. *Structural Safety*, 1987/4, s. 293–309.
- [11] Schuëller G. I., Bucher C. G., Bourgund U., Ouyypornprasert, W.: On efficient computational schemes to calculate structural failure probabilities. *Probabilistic Engineering Mechanics*, 1989/1, s. 10–18.
- [12] Siemes A. J. M., Vrouwendvender A. C. W. M., Beukel V. D.: Durability of buildings: A reliability analysis. *Heron*, 1985/3.
- [13] Clifton J. R.: Predicting the service life of concrete. *ACI Materials Journal*, 1993, s. 611–617.
- [14] Novák D., Šmerda Z.: Pravděpodobnostní prognóza životnosti železobetonového vazníku, *Beton a zdivo*, 1995/1, s. 18–20.

Doc. Ing. Břetislav Teplý, CSc., vedoucí Ústavu stavební mechaniky FAST VUT v Brně, Veveří 95, 662 37 Brno, tel. 05–7261 360

Prof. Ing. Dr. Zdeněk Šmerda, CSc., Cihlářská 30, Brno

Ing. Zbyněk Keršner, CSc., odborný asistent Ústavu stavební mechaniky FAST VUT v Brně, Veveří 95, 662 37 Brno, tel. 05–7261 367

Houževnatost betonu

Stále rostoucí zájem o seismickou odolnost betonových konstrukcí a odolnost proti výbuchům a jiným mimořádným zatížením se projevuje ve výzkumných laboratořích. Jedním z parametrů, který se sleduje, je houževnatost, vyjádřená obvykle mechanickou energií nutnou k porušení zkušební vzorku. Protože je známo, že pevnost betonu a jeho modul pružnosti s časem rostou, zatímco jeho duktilita se zmenšuje, vznikla otázka, jaký má tato protichůdnost vliv na houževnatost. Podrobný výzkum provedený na Vysoké škole technické v Miláně Albertem Castellanim ukázal, že houževnatost betonu se u vzorků starých dvacet let nijak významně nezměnila. Stárnutí betonu nemá proto podstatný vliv na spolehlivost konstrukcí. – Pokud jde o duktilitu betonu, je nutné ji věnovat při řešení konstrukcí vystavených ořesům pozornost, a to zejména u prostého betonu. (*Journal of Structural Engineering*, 1993/5, s. 1402–1412)

Tirelia

Jan Masopust: *Vrtané piloty*

Vydavatel: Čeněk a Ježek s.r.o., Praha, I. vydání 1994

263 stran, 167 obrázků, 62 tabulek, 11 stran barevných reklam devíti podniků se specializací na zakládání, soubor programů pro posouzení pilotových základů a pažicích stěn.

Autoři softwaru: Ing. David Hrycej, CSc., Ing. Vojtěch Ježek.

Orientační cena knihy 360,- Kč, software 4 380,- Kč.

Vydání knihy *Vrtané piloty* vítáme z mnoha důvodů. Způsob zakládání prostřednictvím vrtaných pilot v dnešní době nabývá v České republice na stále větším významu. Jejich zvyšující se obliba vyplývá zcela logicky z jejich vlastností. Možnost volby průměru a délky piloty v daných hydrogeologických poměrech staveniště umožňuje volit často jedinou pilotu velké únosnosti pro jeden základ. Rychlost provádění je další výhodnou vlastností vrtaných pilot a je ve shodě se současnými požadavky investorů na co nejkratší lhůtu výstavby. Tato technologie zakládání vyhovuje i stále se zpřísňujícím ekologickým požadavkům na ochranu životního prostředí. Snižuje prašnost a hluknost na staveništích na minimum a minimalizuje nároky na přesun vytěžené zeminy.

Zatímco navrhováním a realizací pilotových základů se v nedávné minulosti zabývalo jen několik specializovaných pracovišť, v dnešní době se zejména k navrhování vrtaných pilot dostávají i menší statické projektové kanceláře, často s projektanty, kteří mají malé nebo dokonce i vůbec žádné zkušenosti v tomto oboru. Nejinak je tomu s některými výrobními organizacemi a samozřejmě i se stavebním dozorem investorů. Nesprávné pochopení chování pilotových základů, nesprávná interpretace výsledků inženýrsko-geologického průzkumu, chybné stanovení únosnosti – to vše může vést k nezdaru a k neoprávněné diskreditaci zakládání na vrtaných pilotách.

Recenzovaná kniha je určena pro projektanty, stavební organizace i investory. Její autor, Ing. Jan Masopust, CSc., se zabývá problematikou zakládání a zvláště vrtaných pilot celoživotně, a má v tomto oboru bohaté teoretické i praktické zkušenosti z návrhové a realizační činnosti nejen u nás, ale i v zahraničí. Právě tato mnohostranná činnost umožnila autorovi pojednat o vrtaných pilotách a jejich použití ze všech možných hledisek na srozumitelné úrovni pro všechny účastníky výstavby, jímž je určena.

Kniha je přehledně rozčleněna do sedmi logicky na sebe navazujících kapitol.

1. *Faktory ovlivňující návrh vrtaných pilot*
2. *Únosnost osamělých svisle zatížených vrtaných pilot*
3. *Únosnost vrtaných vodorovně zatížených pilot*
4. *Skupiny pilot*
5. *Pilotové a záporové stěny*
6. *Technologie provádění vrtaných pilot*
7. *Konstrukční zásady při navrhování vrtaných pilot*

Vybrané kapitoly, zabývající se statickým výpočtem, jsou instruktivně doplněny četnými příklady výpočtů konkrétních zadání.

Ke knize byl zpracován soubor programů pro posouzení pilotových základů a pažicích stěn:

VP – pro výpočet sedání osamělých pilot, zatížených svislou silou

HP – pro výpočet vnitřních sil (momentů) a deformací osamělých pilot, zatížených vodorovnou silou (momentem) v úrovni hlavy piloty

SP – pro výpočet redistribuce sil a stanovení deformací pilot ve skupině, spojených dostatečně tuhou konstrukcí (patkou), přičemž skupina je zatížena obecnou množinou sil

STĚNA – pro výpočet vnitřních sil a deformací pilotových (i milánských, štetových a berlínských) stěn, kotvených i nekotvených, s plošným zatížením terénu za rubem.

Autoři software, Ing. David Hrycej, CSc. a Ing. Vojtěch Ježek, vypracovali programy na základě výpočtových metod popsaných v knize. Zejména projektantům, kteří se budou zabývat navrhováním vrtaných pilot, doporučuji spolu s knihou zakoupit i soubor zmíněných výpočtových programů, které umožňují ve velmi krátké době vypracovat alternativní návrhy zakládání a volbu optimálního způsobu založení.

Pro projektanty je důležité seznámit se i s poslední kapitolou knihy o konstrukčních zásadách při navrhování vrtaných pilot. Zejména kdy a jak je třeba vyztužovat piloty. Zvláště u tlačných pilot se někdy setkáváme s plýtváním výztuží. Pro mnohé bude užitečné seznámit se s novými poznatky o ochraně vrtaných pilot před účinky agresivního prostředí.

Kniha je přehledná, text doplněný množstvím obrázků a tabulek, takže při jejím použití není nutno hledat potřebné údaje v jiných pomůckách nebo publikacích. Snad jen u některých obrázků v popisu jsou indexy pro svou velikost téměř nečitelné. Zvětšení při příštím vydání by bylo prospěšné. A v tab. 1.9 na místě "písek" má být "šterk". Možná by bylo vhodné knihu doplnit o anglicko-český slovníček výrazů odborné terminologie, z kterých jsou odvozeny zkratky, používané v ČSN 731001 a Eurocode 7.

Vydání knihy *Vrtané piloty* usnadnila zveřejněná placená inzerce dodavatelských podniků se specializací tohoto druhu zakládání. A to je následovánímhodný příklad pro jiné obory betonového a zděného stavitelství, jak přistupovat k vydávání tolik potřebných knih a pomůcek pro navrhování a provádění konstrukcí nebo jejich částí.

Knihu Jana Masopusta s programovým vybavením našim čtenářům vřele doporučuji. Objednávky přijímá: ČENĚK & JEŽEK, spol. s r.o., Štikova 29, 169 00 Praha 6, tel./fax 02/3121745.

Ing. Pavel Čížek

Obrazová příloha k článku na str. 2



Obr. 7 - Vícepodlažní parking v centru Filadelfie



Obr. 4 - Administrativní budova ve Washingtonu s přiznaným prefabrikovaným skeletem



Obr. 5 - Vícepodlažní parking u stanice metra v Bostonu



Obr. 9 - Interiér patrových garáží s TT panely

VELKOROZPONOVÉ SKELETY



Obr. 6



Obr. 8

Obr. 6 - Vícepodlažní parking při MTI v Bostonu

Obr. 8 - Vícepodlažní parking v Chicagu

ARCHITEKTONICKÝ BETON



Obr. 10 - Washington Harbour
monolitická konstrukce obložená
prefabrikovanými dílci



Obr. 16 - Vzorok povrhu vyráběných dílců

**neomezeně tvarované
dílece s různou úpravou
povrchu ve všech barvách
a odstínech**

Obr. 11 - Boston - betonové dílece obvodového pláště
nahrazují dražší kamenný obklad





Obr. 12



Obr. 13



Obr. 14

Obr. 12 až 14
Příklady obkladových panelů
připravených pro expedici

Z VÝROBEN
prefabrikovaných dílců



Obr. 15 - Jedna z výrobních hal firmy Shockey Bros.



Obr. 17 - Forma parapetního dílce



Obr. 18 - Manipulace dílců pojízdnými jeřáby



Obr. 19 - Dílce připravené k odvozu

Pravděpodobnostní prognóza životnosti železobetonového vazníku

Drahomír Novák, Zdeněk Šmerda

Životnost – železobetonové konstrukce – karbonatace betonu – koroze výztuže – náhodné veličiny – pravděpodobnost poruchy – citlivostní analýza

Subjektivita pojmu *životnost* je všeobecně přijímána jak laiky tak odborníky v různých oblastech technické praxe. Společným rysem pro různé obory je vyjádření životnosti ve formě času: životnost výrobku je skončena, když přestane v určitém okamžiku plnit požadované funkce. Je možné jistě tvrdit, že pojem životnosti je pojem *smluvní* a bude se lišit případ od případu.

Ve stavebním inženýrství se tento pojem úzce váže na koncepci bezpečnosti a použitelnosti, tedy na první a druhou skupinu mezních stavů. Subjektivita pojmu životnost vzrůstá zvláště ve vztahu k mezním stavům použitelnosti a odhadem míry zhoršování (porušování) stavebních konstrukcí pro určité prostředí. Jednou z možností jak hodnotit životnost železobetonových konstrukcí je zaměřit se na vliv *karbonatace betonu a koroze výztuže*.

Při modelování těchto jevů je nutno pracovat s parametry, jejichž hodnoty jsou často značně nejisté. Pak je namístě uvažovat tyto parametry jako náhodné veličiny a použít k numerickému modelování spolehlivostních metod. Životnost lze potom chápat pravděpodobnostně, což může subjektivní realitu tohoto pojmu vyjádřit výstižněji.

Předmětem této práce je *pravděpodobnostní prognóza životnosti železobetonového prefabrikovaného střešního vazníku*. Prognóza je založena na experimentálním průzkumu a pravděpodobnostním analytickém přístupu k řešení. Příspěvek představuje praktickou aplikaci jednoho z výpočetních postupů pro prognózu životnosti betonových konstrukcí a navazuje tak na článek [1].

Analýzovaná konstrukce

Experimentální průzkum se realizoval na *železobetonových prefabrikovaných vaznicích* – nosné konstrukci střešního pláště skladu brambor ve Studenci [2]. Budova se stavěla v roce 1982, jedná se tedy o konstrukci z hlediska sledování karbonatace poměrně mladou. Vzhledem k funkci budovy je dostatečně známa teplota a vlhkost prostředí, což bylo významné pro odhad životnosti. Ze sledovaných parametrů dále popíšeme jen ty, které se uplatní pro hodnocení životnosti: Krytí podélné výztuže c , průměr výztuže Φ , k (relativní vlhkost prostředí/100) a tloušťku δ zkarbonatované vrstvy.

Model pro vyjádření životnosti

Posuzuje-li se životnost pouze na základě koroze betonu a výztuže, lze použít matematický model dle [3]. Model zde uvažujeme bez vlivu údržby, pak se tedy výraz pro životnost skládá ze dvou členů: času potřebného k tomu, aby hloubka zkarbonatovaného betonu byla rovna krytí výztuže Δt_{L1} , a času koroze výztuže Δt_{L2} . Hlavní příspěvek k životnosti je z prvního členu. Výraz pro zjednodušený odhad životnosti má tvar

$$\Delta t_L = \Delta t_{L1} + \Delta t_{L2} = \left(\frac{c - \delta}{Rk} \frac{2,7}{46w - 17,6} \right)^2 + \frac{0,08c}{\Phi v_c}$$

kde jsou c – tloušťka krytí výztuže betonem, δ – průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy, R – součinitel vyjadřující druh

cementu, k – relativní vlhkost vzduchu / 100, w – vodní součinitel, Φ – průměr výztuže, v_c – rychlost koroze výztuže.

Podrobnější popis tohoto modelu lze nalézt v práci [3], kde autoři provádějí spolehlivostní analýzu tak, že uvažují parametry modelu jako náhodné proměnné.

Deterministický přístup

Neuvažuje-li se životnost v závislosti na pravděpodobnosti výskytu náhodných veličin, lze mluvit o deterministickém odhadu. Ten je možno získat dosazením určitých hodnot proměnných parametrů, které jsou ve výše uvedeném výrazu pro odhad životnosti. V dalším textu vezmeme v úvahu střední hodnoty těchto parametrů, tj. $c = 20,2$ mm, $R = 2$, $\Phi = 22$ mm a $v_c = 0,04$ mm/rok; ostatní parametry se uvažují v několika variantách, a to: $\delta = 1,2$ a 3 mm, $k = 0,85$ a 0,90 a $w = 0,5$ a 0,6.

Vyčíslení první části (Δt_{L1}) výrazu pro odhad životnosti je uvedeno v tab.1.

Tab. 1 – Hodnoty Δt_{L1} (v rocích)

k	W	δ [mm]		
		1	2	3
0,85	0,5	31,89	28,65	25,29
	0,6	9,3	8,36	7,46
0,9	0,5	28,44	25,56	22,83
	0,6	8,29	7,45	6,66

Druhá část (Δt_{L2}) již závisí jen na velikosti krytí c , na průměru výztuže Φ a na rychlosti postupu koroze v_c ; a po vyčíslení má hodnotu $\Delta t_{L2} = 1,84$ roků.

Z výsledků plyne vliv jednotlivých parametrů na životnost prvků neboť:

- zvýšení vodního součinitele w z 0,5 na 0,6 vede ke snížení Δt_{L1} na cca 30% hodnoty vypočtené z $w = 0,5$ a
- zvýšení relativní vlhkosti vzduchu z 85% na 90% snižuje Δt_{L1} o cca 10% hodnoty vypočtené pro $k = 0,85$.

Rovněž větší zkarbonatovaná vrstva má za následek snížení životnosti Δt_{L1} . Je zřejmé, že vzhledem k vysoké citlivosti hodnoty životnosti na poměrně malé změny těchto parametrů, je žádoucí modelovat je jako náhodné veličiny a uplatnit tak spolehlivostní přístup k řešení této problematiky. Taktéž bude vhodné nalézt výstižnější modely postupu karbonatace.

Spolehlivostní přístup

Pravděpodobnostní modelování životnosti vazníku je zaměřeno na *vyšetřování času Δt_L jako náhodné veličiny*. Podobně jako v práci [3] nejsou na vstupu uvažovány náhodné procesy kvůli jednoduchosti a praktické nemožnosti určení parametrů. Statistické parametry náhodných veličin vycházejí z výsledků experimentálního vyšetřování [2] a z hodnot publikovaných v [3] a jsou souhrně

Pravděpodobnostní prognóza životnosti železobetonového vazníku

Drahomír Novák, Zdeněk Šmerda

Životnost – železobetonové konstrukce – karbonatace betonu – koroze výztuže – náhodné veličiny – pravděpodobnost poruchy – citlivostní analýza

Subjektivita pojmu *životnost* je všeobecně přijímána jak laiky tak odborníky v různých oblastech technické praxe. Společným rysem pro různé obory je vyjádření životnosti ve formě času: životnost výrobku je skončena, když přestane v určitém okamžiku plnit požadované funkce. Je možné jistě tvrdit, že pojem životnosti je pojem *smluvní* a bude se lišit případ od případu.

Ve stavebním inženýrství se tento pojem úzce váže na koncepci bezpečnosti a použitelnosti, tedy na první a druhou skupinu mezních stavů. Subjektivita pojmu životnost vzrůstá zvláště ve vztahu k mezním stavům použitelnosti a odhadem míry zhoršování (porušování) stavebních konstrukcí pro určité prostředí. Jednou z možností jak hodnotit životnost železobetonových konstrukcí je zaměřit se na vliv *karbonatace betonu a koroze výztuže*.

Při modelování těchto jevů je nutno pracovat s parametry, jejichž hodnoty jsou často značně nejisté. Pak je namísto uvažovat tyto parametry jako náhodné veličiny a použít k numerickému modelování spolehlivostních metod. Životnost lze potom chápat pravděpodobnostně, což může subjektivní realitu tohoto pojmu vyjádřit výstižněji.

Předmětem této práce je *pravděpodobnostní prognóza životnosti železobetonového prefabrikovaného střešního vazníku*. Prognóza je založena na experimentálním průzkumu a pravděpodobnostním analytickém přístupu k řešení. Příspěvek představuje praktickou aplikaci jednoho z výpočetních postupů pro prognózu životnosti betonových konstrukcí a navazuje tak na článek [1].

Analýzovaná konstrukce

Experimentální průzkum se realizoval na *železobetonových prefabrikovaných vaznicích* – nosné konstrukci střešního pláště skladu brambor ve Studenci [2]. Budova se stavěla v roce 1982, jedná se tedy o konstrukci z hlediska sledování karbonatace poměrně mladou. Vzhledem k funkci budovy je dostatečně známa teplota a vlhkost prostředí, což bylo významné pro odhad životnosti. Ze sledovaných parametrů dále popíšeme jen ty, které se uplatní pro hodnocení životnosti: Krytí podélné výztuže c , průměr výztuže Φ , k (relativní vlhkost prostředí/100) a tloušťku δ zkarbonatované vrstvy.

Model pro vyjádření životnosti

Posuzuje-li se životnost pouze na základě koroze betonu a výztuže, lze použít matematický model dle [3]. Model zde uvažujeme bez vlivu údržby, pak se tedy výraz pro životnost skládá ze dvou členů: času potřebného k tomu, aby hloubka zkarbonatovaného betonu byla rovna krytí výztuže Δt_{L1} , a času koroze výztuže Δt_{L2} . Hlavní příspěvek k životnosti je z prvního členu. Výraz pro zjednodušený odhad životnosti má tvar

$$\Delta t_L = \Delta t_{L1} + \Delta t_{L2} = \left(\frac{c - \delta}{Rk} \frac{2,7}{46w - 17,6} \right)^2 + \frac{0,08c}{\Phi v_c}$$

kde jsou c – tloušťka krytí výztuže betonem, δ – průměrná tloušťka zkarbonatované vrstvy, R – součinitel vyjadřující druh

cementu, k – relativní vlhkost vzduchu / 100, w – vodní součinitel, Φ – průměr výztuže, v_c – rychlost koroze výztuže.

Podrobnější popis tohoto modelu lze nalézt v práci [3], kde autoři provádějí spolehlivostní analýzu tak, že uvažují parametry modelu jako náhodné proměnné.

Deterministický přístup

Neuvažuje-li se životnost v závislosti na pravděpodobnosti výskytu náhodných veličin, lze mluvit o deterministickém odhadu. Ten je možno získat dosazením určitých hodnot proměnných parametrů, které jsou ve výše uvedeném výrazu pro odhad životnosti. V dalším textu vezmeme v úvahu střední hodnoty těchto parametrů, tj. $c = 20,2$ mm, $R = 2$, $\Phi = 22$ mm a $v_c = 0,04$ mm/rok; ostatní parametry se uvažují v několika variantách, a to: $\delta = 1,2$ a 3 mm, $k = 0,85$ a 0,90 a $w = 0,5$ a 0,6.

Vyčíslení první části (Δt_{L1}) výrazu pro odhad životnosti je uvedeno v tab. 1.

Tab. 1 – Hodnoty Δt_{L1} (v rocích)

k	W	δ [mm]		
		1	2	3
0,85	0,5	31,89	28,65	25,29
	0,6	9,3	8,36	7,46
0,9	0,5	28,44	25,56	22,83
	0,6	8,29	7,45	6,66

Druhá část (Δt_{L2}) již závisí jen na velikosti krytí c , na průměru výztuže Φ a na rychlosti postupu koroze v_c ; a po vyčíslení má hodnotu $\Delta t_{L2} = 1,84$ roků.

Z výsledků plyne vliv jednotlivých parametrů na životnost prvků neboť:

- zvýšení vodního součinitele w z 0,5 na 0,6 vede ke snížení Δt_{L1} na cca 30% hodnoty vypočtené z $w = 0,5$ a
- zvýšení relativní vlhkosti vzduchu z 85% na 90% sníží Δt_{L1} o cca 10% hodnoty vypočtené pro $k = 0,85$.

Rovněž větší zkarbonatovaná vrstva má za následek snížení životnosti Δt_{L1} . Je zřejmé, že vzhledem k vysoké citlivosti hodnoty životnosti na poměrně malé změny těchto parametrů, je žádoucí modelovat je jako náhodné veličiny a uplatnit tak spolehlivostní přístup k řešení této problematiky. Taktéž bude vhodné nalézt výstižnější modely postupu karbonatace.

Spolehlivostní přístup

Pravděpodobnostní modelování životnosti vazníku je zaměřeno na *vyšetřování času Δt_L jako náhodné veličiny*. Podobně jako v práci [3] nejsou na vstupu uvažovány náhodné procesy kvůli jednoduchosti a praktické nemožnosti určení parametrů. Statistické parametry náhodných veličin vycházejí z výsledků experimentálního vyšetřování [2] a z hodnot publikovaných v [3] a jsou souhrně

uvedeny v tab. 2. U všech uvedených veličin bylo předpokládáno lognormální rozdělení pravděpodobnosti.

Tab. 2 – Statistické parametry náhodných veličin

Náhodná veličina	Jednotky	Střední hodnota	Variační koeficient	Zdroj údajů
c	mm	20,2	0,2	[2]
δ	mm	3	0,2	[2]
R	-	2	0,15	[3]
k	-	0,85	0,1	[2]
w	-	0,5	0,05	[3]
Φ	mm	22	0,05	[2]
v_c	mm/rok	0,04	0,5	[3]

Spolehlivostní přístup zde aplikovaný zahrnuje analýzu:

Statistickou – cílem je odhad statistických parametrů doby životnosti, tj. průměru, rozptylu, variačního koeficientu a šikmosti. S výhodou je použita metoda Latin Hypercube Sampling [4], [5].

Citlivostní – zjišťuje se míra vlivu jednotlivých náhodných veličin na dobu životnosti.

Zde byla použita citlivost ve formě variačních koeficientů – viz [6]. Tato citlivost ukazuje procentuální podíl jednotlivých náhodných veličin na výsledném variačním koeficientu doby životnosti.

Pravděpodobnostní – je zaměřena na ocenění míry rizika vyjádřené teoretickou pravděpodobností poruchy p_f . Zde je p_f definována jako pravděpodobnost, že doba životnosti bude menší nebo rovna době referenční:

$$p_f = P(\Delta t_L \leq \Delta t_{L,ref})$$

Pro soubor referenčních dob lze takto provést odhad distribuční funkce náhodné veličiny "životnost" (viz též [1]).

K numerickým výpočtům byl použit spolehlivostní software SAMPLE [4], [5], SENSI [7] a ISPUD [8]. Uvedme, že s problematikou odhadu životnosti velmi úzce souvisí modelování postupu karbonatace. Stochastickým modelováním hloubky karbonatace jako náhodné veličiny se zabývá článek [9]. Zde je hloubka karbonatace použita přímo na vstupu modelu pro predikci životnosti.

Výsledky řešení

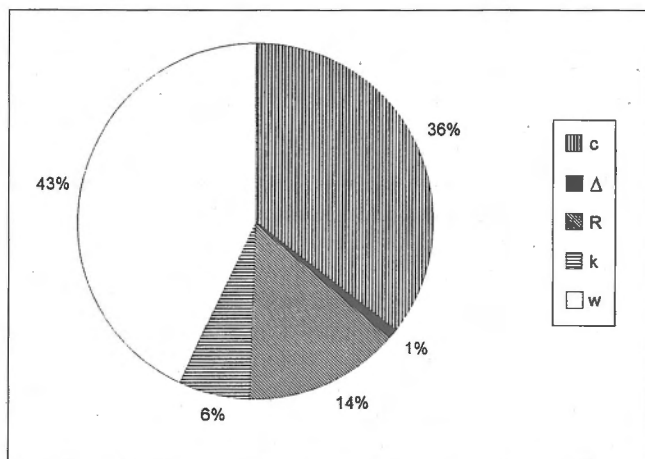
Po provedení numerické simulace doby životnosti (použito 100 simulací) byla určena střední hodnota doby životnosti 25,6 let. Proměnlivost doby životnosti je značná: 71,8 %. Hodnoty variačních koeficientů náhodných veličin v tab. 1 nejsou sice vysoké, nicméně nejistoty se "sčítají" a vedou k tak vysoké variabilitě.

Variační rozpětí, tj. střední hodnota plus/minus směrodatná odchylka je 7 až 44 roků. Koeficient šikmosti byl odhadnut 1,8, což naznačuje, že náhodná veličina doba životnosti má rozdělení pravděpodobnosti odchylující se od normálního.

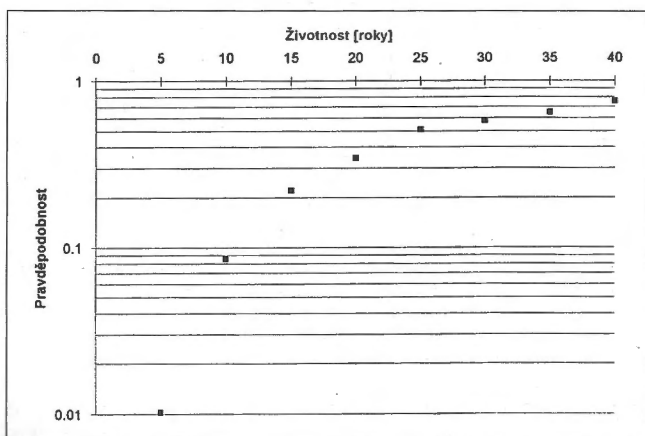
Kruhový diagram na obr. 1 ukazuje jakou měrou (v procentech) se jednotlivé náhodné veličiny podílejí na variačním koeficientu doby životnosti 0,718. Dominantní vliv mají dvě veličiny, a to vodní součinitel (43%) a tloušťka krytí podélné výztuže betonem (35,6%). Nulový vliv mají veličiny průměr výztuže Φ a rychlost koroze v_c , což je dáno skutečností, že z výpočetního modelu se prakticky uplatňuje pouze první člen. Malý vliv se projevil u tloušťky zkarbonatované vrstvy betonu (0,8%), což je zřejmě z její průměrné hodnoty 3 mm ve srovnání s hodnotou krytí výztu-

že. U analyzovaného vazníku, jak již bylo uvedeno, nebyla průzkumem prokázána významná karbonatace, tento výsledek je zde tedy přirozený.

Obr. 2 ukazuje výsledky pravděpodobnostní analýzy. Referenční doba životnosti byla volena v rozsahu do 40 let. Obr. 2 tedy představuje odhad distribuční funkce doby životnosti. Míra rizika je značná; např. pravděpodobnost, že doba životnosti bude kratší nebo rovna 10 rokům je $8,5 \cdot 10^{-2}$.



Obr. 1 – Vliv náhodných veličin na variabilitu doby životnosti v procentech



Obr. 2 – Odhad distribuční funkce doby životnosti

Závěr

Výsledky naznačují, že vzhledem k výrazným nejistotám parametrů matematického modelu pro predikci životnosti železobetonové konstrukce je použití klasického deterministického přístupu diskutabilní. Při pravděpodobnostním řešení obdržíme odhad celé distribuční funkce, což má jistě větší vypovídací schopnost.

Dalším kladem pravděpodobnostního řešení je hodnocení významu jednotlivých parametrů na základě citlivostního rozboru, které může vést k doporučení, na které parametry je třeba se při výrobě zaměřit.

Použití pravděpodobnostního přístupu k odhadu životnosti konstrukce však v sobě skrývá několik problematických otázek. Jednou z nich je skutečnost, že hustota pravděpodobnosti náhodně proměnných veličin je spolehlivěji určena měřením jen v některých užších oblastech (zpravidla kolem průměrných hodnot), zatímco v extrémnějších je značně neurčitá. Kromě toho nemohou ve skutečnosti hodnoty některých parametrů klesnout pod určitou mez. Problémem je určení statistických parametrů

vstupních náhodných veličin, které je nutno kvantifikovat experimentem či kvalifikovaným odhadem. Z tohoto pohledu je výběr nejvhodnějšího modelu rozdělení pravděpodobnosti pro jednotlivé náhodné veličiny krokem základním a velmi důležitým. Jinak mohou uvedené nedokonalosti vést ke zkráceným výsledkům.

Spolehlivostní přístup, zde naznačený, může poskytnout daleko cennější pohled na danou problematiku proto, že je to pohled realizovaný na pravděpodobnostním základě. Pravděpodobnostní postupy pro určení doby životnosti stavebních konstrukcí mohou sloužit jako užitečný podklad při odhadu životnosti expertní analýzou.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu 103/93/2037, financovaného grantovou agenturou ČR.

Literatura

- [1] Teplý B., Šmerda Z., Keršner Z.: Výpočetní metody prognózy životnosti betonových konstrukcí. *Beton a ždivo*, 1995/1, s. 14–17.
- [2] Šmerda Z.: Průzkum některých parametrů železobetonového prefabrikovaného vazníku, zpráva projektu GA/103/93/2037, Fakulta stavební VUT v Brně, 1993.

- [3] Siemes A. J. M., Vrouwendvender A. C. W. M., Beukel V. D.: Durability of buildings: A reliability analysis, *Heron*, 1985/3.
- [3] Teplý B., Novák D.: Consequence of uncertainty of input data on engineering software reliability, *Software for Engineering Workstations*, roč. 5 (1988), s. 33–34.
- [4] Teplý B., Novák D., Florian A.: Prostředky pro statistickou analýzu výpočetních modelů, *Stavebnický časopis*, 1988/4, s. 321–326.
- [5] Novák D., Teplý B., Shiraishi N.: Sensitivity analysis of structures: A review, *Sborník konference CIVIL COMP '93*, Edinburgh, August 1993, s. 201–207.
- [6] Novák D., Shiraishi N.: *Latin Hypercube Response Approximation and Sensitivity Analysis for Reliability Problems*. Research Report N° 93-ST-01, School of Civil Engineering, Kyoto University, Japan, March 1993.
- [7] Bourgund U., Bucher C. G.: *Importance Sampling Procedure Using Design Points – A User's Manual*. Internal Working Report, Institute of Engineering Mechanics, Innsbruck University, Austria, 1986.
- [8] Teplý B., Keršner Z., Novák D.: Stochastické modelování postupu karbonatce betonu. *Sborník konference Nové požadavky na stavby a jejich spolehlivost*, Praha, červen 1994, s. 170–173.

Prof. Ing. Dr. Zdeněk Šmerda, CSc., Cihlářská 30, 615 00 Brno
Ing. Drahomír Novák, CSc., Šaumannova 10, 615 00 Brno

Postgraduální betonářské kurzy v Miláně

Již více než patnáct roků probíhají na *Vysoké škole technické v Miláně* (Politecnico di Milano) postgraduální dvousemestrální kurzy, které mají prohloubit vzdělání inženýrů v oboru betonových konstrukcí. Kurzy jsou sponzorovány italským cementářským a stavebním průmyslem a označují se jako "Scuola di specializzazione in costruzioni in cemento armato". Ředitelem školy je Prof. Antonio Migliacci, známý italský odborník, úzce spjatý se stavebně-inženýrskou praxí, a vědeckým redaktorem kurzů je jejich zakladatel Prof. Sandro Dei Poli. Přednášejí především učitelé Vysoké školy technické v Miláně, dále přední italscí odborníci působící ve stavebním průmyslu a obvykle alespoň jeden zahraniční host. Posluchačů je velice málo, jde většinou o stipendisty italského Ministerstva vysokých škol a společnosti Italcementi S.a.P. v Bergamu.

Program kurzů je víceméně ustálený; je zaměřen na aktuální problémy betonového stavitelství, přičemž se klade důraz na praktické aplikace. Součástí kurzů jsou exkurze do výroby, stavenišť a výzkumných pracovišť. Kromě standardních předmětů se posluchačům poskytují informace o nejnovějších problémech teorie betonových konstrukcí. Tyto přednášky jsou pravidelně zveřejňovány ve svazcích "Studi e Ricerche", které vydává společnost Italcementi.

Kurzů se mohou zúčastnit také cizinci; je tu jistá příležitost pro mladé české inženýry, neboť v roce 1994 se nám nabízela stipendia. Podmínkou účasti je ovšem znalost italštiny a angličtiny.

Milík Tichý

Svisle vyztužené zdivo

Skutečnost, že vyztužení zdiva vodorovnou výztuží vkládanou do spár podstatně zvětšuje jeho únosnost, je všeobecně známa a využívá se již po desetiletí. V současné době se však věnuje pozornost i svislému vyztužení, a to především pro zvýšení únosnosti zdiva objektů stavených v seizmických oblastech. Překážkou svislého vyztužení je ovšem prastaré pravidlo (dnes bohužel někdy opomíjené), že zdivo má mít takovou vazbu, aby svislé spáry neprobíhaly spojitě. Přesto se již používá svisle vyztužené zdivo ve Spojených státech, v Japonsku a na Novém Zélandu. Ve výzkumném úkolu podporovaném Evropskou unií a probíhajícím současně v Německu, Itálii a Řecku se vyšetřují vlastnosti zdiva z děrovaných tvárnic, které mají nesymetricky umístěný zvětšený úchytný otvor. Otvor, popřípadě vybrání v cihle slouží k provlečení svislé výztuže. Otvor se zaplní cementovou maltou. Výzkum se zabývá nejen únosností zdiva, ale pochopitelně také technologií tohoto neobvyklého způsobu zdění. (Darmstadt Concrete, 1994, s. 109–116)

Tirelia

Zatížení průvlaku zdi – různost deformací obou systémů – předpoklady rozdělení zatížení – zjednodušená schémata koncentrace zatížení u podpor – účinek dodatečného prolomení zdiva otvory

Při navrhování konstrukcí budov se často vyskytuje případ, že do skeletového systému jsou vloženy tuhé cihelné zdi. Jedná se například o požární zdi, výtahové šachty, schodišťové zdi a dělicí příčky. Pokud tyto zdi nelze provést až do základů, je třeba navrhnout jejich podepření.

Určení účinků zdí na podporující průvlaky je vzhledem k různosti deformací obou systémů – vysoká cihelná zeď, pružný průvlak – problematické.

Ve výpočtech se setkáváme s různými předpoklady rozdělení zatížení. Uvedeme některé zásady:

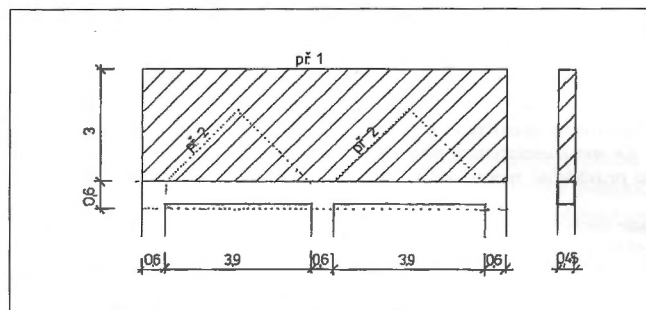
a) Bez ohledu na rozdílnost deformací je celé zatížení rozneseno rovnoměrně po průvlaku.

b) Podporující průvlak se zatíží trojúhelníkovým hranoem zdiva, odděleným dvěma rovinami, vedenými od opěr pod úhlem 45 až 60°. Zbytek zdiva zatěžuje přímo podporující sloupy.

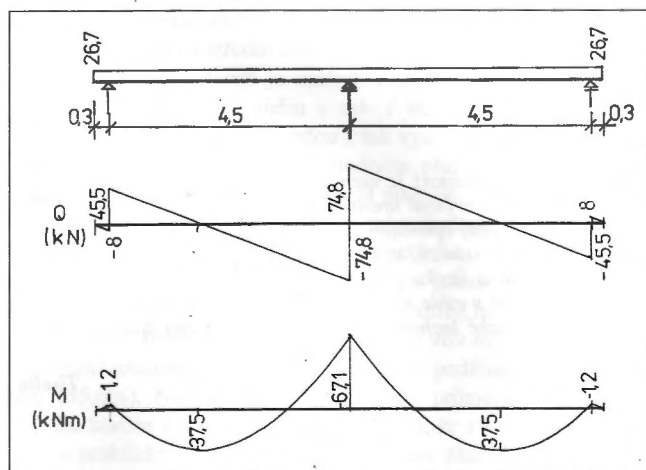
c) Systém "průvlak + stěna" se posuzuje jako pružná polovina, podepřená bodově sloupy. Postup byl popsán v [1].

d) Roznos zatížení po průvlaku se provede obdobně jako při přibližných výpočtech základových pasů pod skeletovou konstrukcí [2].

Pro posouzení vhodnosti postupu byl proveden výpočet jednoduchého podepření uvedenými metodami. Ve výpočtech se použily tyto předpoklady:



Obr. 1 – Schéma konstrukce



Obr. 2 – Schéma zatížení a průběhy posouvajících sil a momentů k 1. případu

a) Cihelná zeď byla vyzděna před odebdením železobetonového průvlaku.

b) Zeď nemá zajištěno přenášení vodorovných sil v patě, např. opřením mezi obvodové sloupy.

c) Zeď nemá žádné otvory a není dále zatížena.

Případ 1

Extrémní zatížení zdivem $g_d = 0,45 \times 3 \times 18 \times 1,1 = 26,73 \text{ kN/m}$

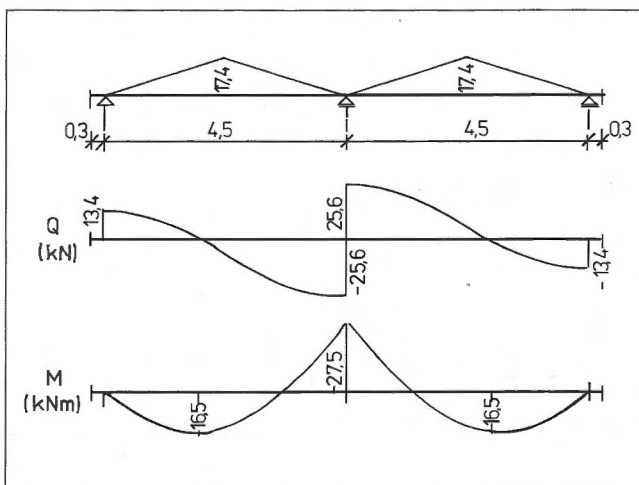
Účinek vlastní tíhy průvlaku se neuvažuje.

Případ 2

Na průvlak působí trojúhelníkové zatížení, sklon stěn 45°.

Maximální pořadnice extrémního zatížení

$g_d = 1,95 \times 0,45 \times 18 \times 1,1 = 17,37 \text{ kN/m}$.

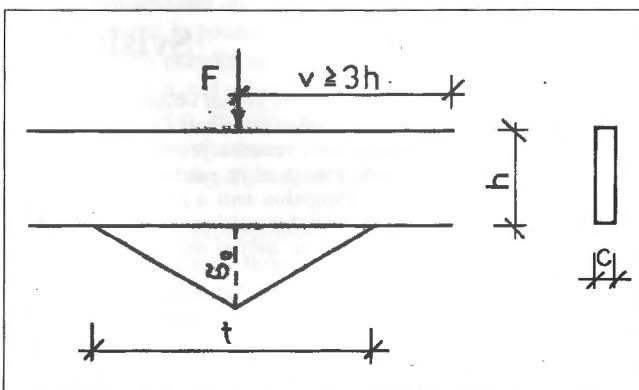


Obr. 3 – Schéma zatížení a průběhy posouvajících sil a momentů k 2. případu

Případ 3

Konstrukce je řešena jako polovina, podepřená sloupy. Reakce ve sloupech jsou úměrné zatěžovací šířce bez vlivu spojitosti průvlaku. Byly použity funkce, uvedené v [1] pro tyto případy:

a) Břemeno, zatěžující polovinu ve vzdálenosti $v \geq 1,5h$ od kraje poloviny:

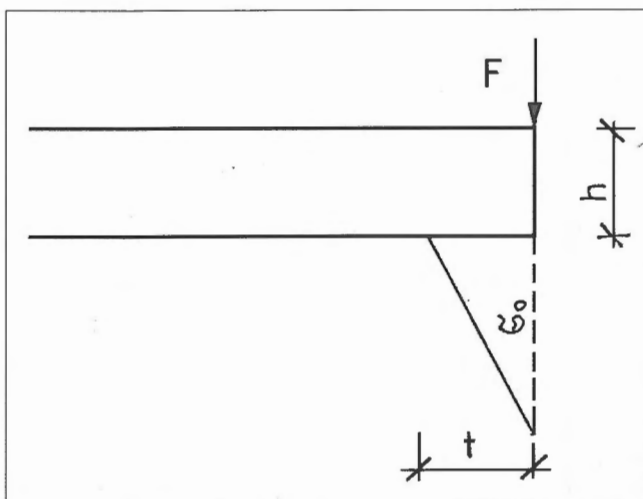


Obr. 4 – Břemeno zatěžující polovinu ve vzdálenosti $v \geq 1,5h$ od kraje poloviny

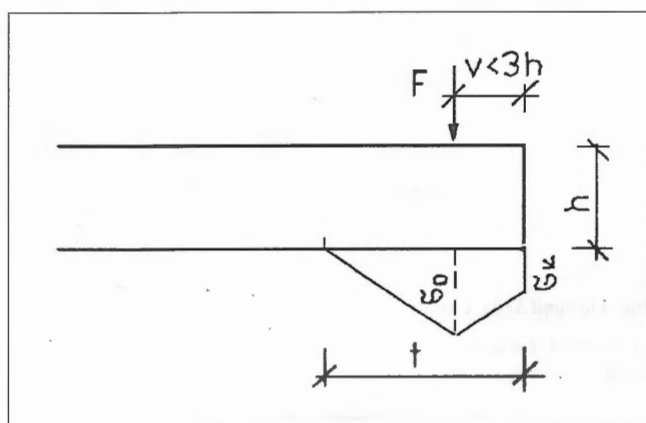
$$t = 3h: \quad \sigma_0 = \frac{2F}{3hc}$$

b) Břemeno na hraně poloroviny:

$$t = h: \quad \sigma_0 = \frac{2F}{hc}$$



Obr. 5 – Břemeno na hraně poloroviny



Obr. 6 – Břemeno v mezilehlé poloze

c) Břemeno v mezilehlé poloze:

$$t = h + 1.3v: \quad \sigma_0 = 2F \frac{t-v}{(t^2 - 2v^2)} c$$

$$\sigma_k = \sigma_0 \left(1 - \frac{v}{t-v}\right)$$

Vliv železobetonového průvlastku se uvažuje zvýšením výšky zdiva o (viz [1]):

$$h_i = 2 \left(\frac{E_b I_b}{E_z c} \right)^{0.333}$$

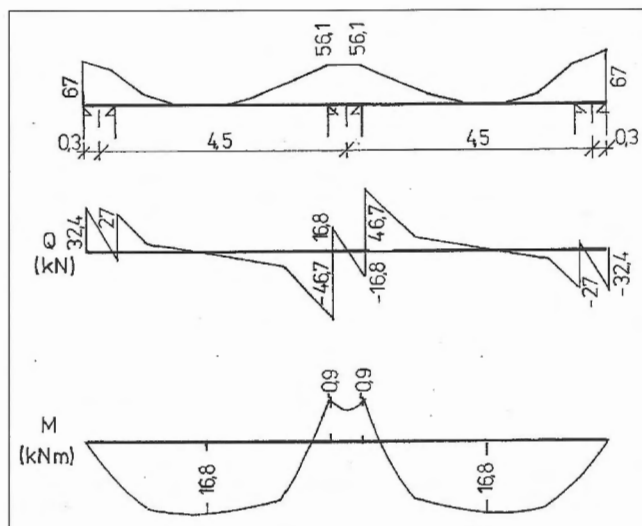
Superpozicí všech těchto případů lze určit roznoš zatížení po průvlastku.

Průběh zatížení, posouvajících sil a momentů je na obr. 7.

Případ 4

Průběh zatížení zdivem se předpokládá zjednodušeně takto:

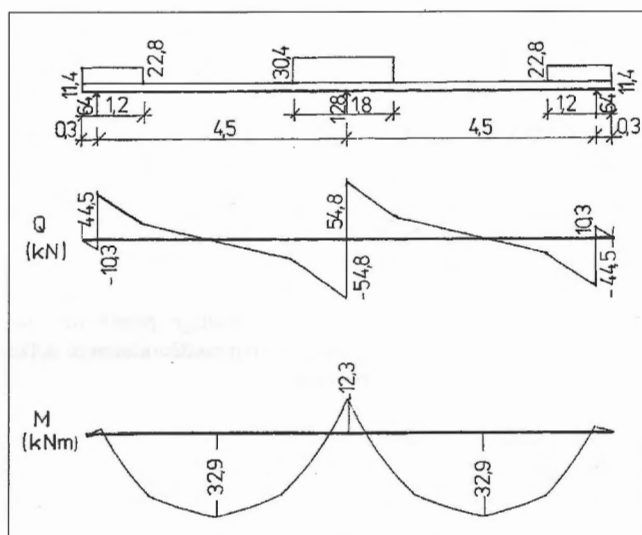
- reakce sloupů jsou určeny shodně s případem 3,
- polovina zatížení zdivem se přenáší rovnoměrně po délce průvlastku,



Obr. 7 – Průběh zatížení, posouvajících sil a momentů

– zbytek se přenesl přímo pod sloupy při roznesení na výšku průvlastku pod úhlem 45° – viz [2].

Průběh zatížení, posouvajících sil a momentů viz obr. 8.



Obr. 8 – Průběh zatížení, posouvajících sil a momentů

Jako další je možné uvést tento postup:

Jestliže je plná cihelná zeď umístěna v patrovém rámu, je možné určit rozdělení zatížení stěnou na průvlastky při zanedbání vlivu průhybu zdi. Potom stlačení zdiva je úměrné zatížení.

Modul stlačitelnosti je možné určit takto:

$$\frac{h}{A_s E_z} = \frac{1}{Z}$$

dále

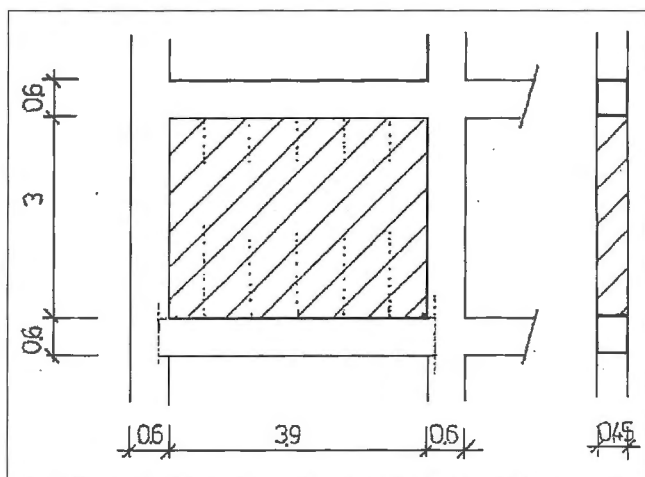
$$Z = \frac{A_s E_z}{h}$$

kde A_s – plocha sloupce zdiva, h – výška sloupce, E_z – modul pružnosti zdiva.

Pro případ dle obr. 9 je Z

- pro krajní sloupec
- pro střední sloupec

$$\begin{aligned} &84.10^6 \text{ N/m} \\ &168.10^6 \text{ N/m} \end{aligned}$$



Obr. 9 – Schéma konstrukce

Průběh Q a M řešíme za předpokladu, že prut je v krajních uzlech zajištěn proti pootočení a ve všech prutových uzlech pružně podepřen.

Průběh zatížení, posouvajících sil a momentů je na obr. 10.

Výslednými reakcemi v krajních uzlech zatížíme řešený rám.

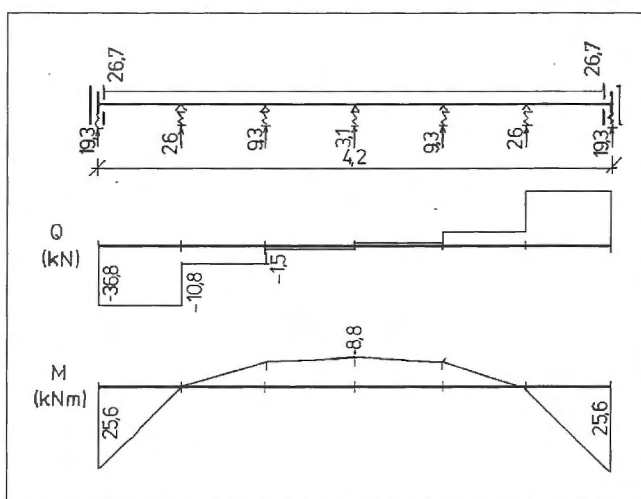
Závěr

Z provedených výpočtů je zřejmé:

- Roznos zatížení podle trojúhelníku lze použít při menších rozpětích a za předpokladu, že je zabezpečeno přenesení vodorovné síly, a to zvlášť v krajních polích.

- Podepření stěny na sloupech za předpokladu průběhu napětí v pružné polorovině vyžaduje poměrně složitý výpočet. Přitom je nutné provést srovnávací výpočty pro různé rozdělení podporových sil ve sloupech.

- Výpočet při použití roznosu dle analogie posuzování základových pasů dává výsledky zřejmě nejpravděpodobnější a lze jim přisoudit dostatečnou bezpečnost.



Obr. 10 – Průběh zatížení, posouvajících sil a momentů

- Výpočty účinků zatížení na oboustranně vetknuté přičli pro rámové konstrukce lze výhodně provést za předpokladu pružného podepření vnitřních uzlů přičle.

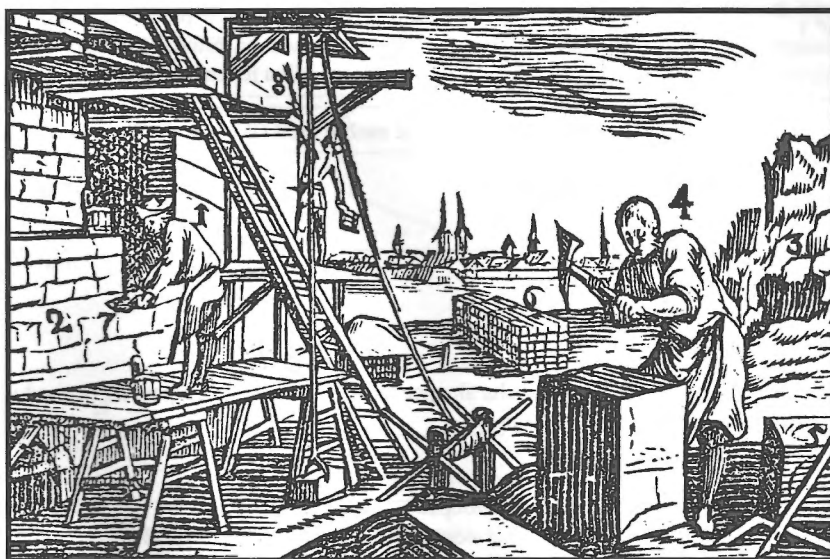
- Pokud je stěna prolomena otvory nebo přenáší další zatížení nebo pokud lze předpokládat, že během životnosti stavby by taková změna mohla nastat, pak je nejvhodnější počítat s běžným uložením na průvlaku bez jakéhokoliv využití tuhosti stěny.

Literatura

- [1] Handlík V.: *Pozemní stavby*, 1962/5, s. 235.
- [2] Hruban K.: *Betonové konstrukce*, SNTL Praha (1959).

Ing. Vlastimil Šedo, CSc., Riegrova 6, 460 01 Liberec 1

Antikvita



Zednj.

Zednj 1 klade základ a stawj zdi 2 buďto z kamene, který lomec láme w lomu 3 a kamenjk 4 přitesává (čtwerhranj) podle pravidla (uhelnice), 5 anebo z cyhel, 6 které z pjsku a hlíny do wody namjchané (wodau rozmjchané) dělaj se a ohněm se wypalugj. Potom obwrhugje (odmjítá) gi wápnem (malicau) pomocj ometačky (lžjce zednické) 7 a lžj (bjlj) 8.

J.A. Komenský, *Orbis Pictus*, vyd. 1833

Vliv polypropylénových vláken FIBRIN na fyzikálně mechanické vlastnosti malty a betonu

Jiří Dohnálek

Vláknová rozptýlená výztuž – fibrinovaná rozptýlená výztuž – malta s PP vlákny FIBRIN 623 – beton s PP vlákny FIBRIN 23 – porovnávací zkoušky – zhodnocení vlivu vláken

Více než stoleté používání železobetonu je spojeno s tradiční kombinací betonu a ocelové prutové výztuže, která zachycuje tahová napětí a smykové síly. Tato šťastná kombinace vytvořila ze železobetonu materiál, umožňující přenášet jak tlaková, tak i tahová napětí, když prostý beton samotný má tahové pevnosti z konstrukčního hlediska zcela neuspokojivé.

V posledních desetiletích se však začal rozvíjet principiálně nový způsob vyztužování betonu tzv. vláknovou, resp. rozptýlenou výztuží. Navazovalo se přitom na starší zkušenosti, např. používání azbestových vláken pro výrobu nejrůznějších azbestocementových výrobků. Již v 60. a počátkem 70. let byly prováděny rozsáhlé experimenty s aplikací ocelových vláken (drátků) speciálních skleněných vláken a současně i vláken ze syntetických polymerů, zejména z polypropylénu. Vývoj polypropylénových vláken byl mimoto spojen i s požadavkem na náhradu azbestu vláknem bez vedlejších karcinogenních účinků.

Zpočátku bylo hlavním cílem aplikace vláknové výztuže zvýšení mechanických vlastností betonu a případné nahrazení klasické prutové výztuže. Koncem 70. let bylo již zřejmé, že náhrada klasické výztuže rozptýlenou vláknovou mikrovýztuží není až na nepatrné výjimky možná. Současně se však ukázalo, že vláknová výztuž mimořádně zvyšuje rázovou houževnatost betonu a výrazně omezuje nebo eliminuje jeho objemové změny doprovázené obvykle vznikem trhlin nebo mikrotrhlin. V tomto směru se zejména osvědčila polypropylénová vlákna (PP vlákna), která se na rozdíl od vláken ocelových a skleněných velmi snadno do betonové směsi zapracovávají, a není proto při jejich aplikaci třeba užívat speciální doplňková zařízení.

Polypropylénová vlákna se obvykle dělí na dva typy podle způsobu jejich výroby. Prvním typ má příčný průřez prakticky kruhový a povrch vláken hladký. Jejich průměr by se měl pohybovat od 15 do 40 μm . Délka těchto vláken se pohybuje obvykle od 6 do 12 mm. Pro představu lze uvést, že při průměru vlákna 20 μm a délce 6 mm je v jednom kg cca 500 milionů vláken o celkové délce více než 3 000 km a jejich měrný povrch je více než 200 m^2 . Kotvení těchto vláken do cementové matrice je tedy jednoznačně zprostředkováno třením. Optimální účinná dávka těchto tažených vláken je na úrovni 0,9 kg/m^3 betonové směsi.

Druhým typem polypropylénového vlákna jsou tzv. vlákna fibrilovaná, vyráběná rozvláknováním polyetylenové fólie. Tato vlákna mají čtverhranný průřez a jsou podstatně hrubší. Proto také jejich optimální účinná dávka je výrazně vyšší než u vláken tažených a pohybuje se na úrovni 0,4 % objemu směsi, tj. 3,6 kg/m^3 .

Oba typy vláken musí být opatřeny speciální povrchovou úpravou, tzv. lubrikací, která výrazně zvyšuje jejich smáčivost vodou a tím umožňuje jejich snadné rozptýlení v betonové směsi během míchání.

1 Vliv polypropylénových vláken FIBRIN 623 na vlastnosti jemnozrnné cementové malty

K přípravě jemnozrnné cementové malty, z které byla vyráběna zkušební tělesa, bylo použito jemné křemičité plnivo plynulé gra-

nulometrie frakce 0/2 mm, dále pak portlandský cement PC 42,5 R a vlákna FIBRIN 623 v délce 6 mm. Receptura byla navržena podle standardních zásad tak, aby výsledná konzistence maltové směsi umožňovala její dobrou aplikaci ručním nahazováním. Použitá receptura měla následující složení:

cement PC 42,5 R	400 kg
křemičitý písek 0/2 mm	1,560 kg
vlákna FIBRIN 623	0,91 kg
voda	235 l

Z uvedené maltové směsi bylo vyrobeno celkem 21 zkušebních těles 40×40×160 mm bez přísady vláken (porovnávacích) a 21 zkušebních těles shodných rozměrů s výše uvedeným obsahem vláken FIBRIN 623. Z každé této série bylo 12 těles použito ke zkouškám pevnosti tlaku a tahu za ohybu, na šesti tělesech byla určována mrazuvzdornost a zbývající tři tělesa byla využita ke stanovení dynamického modulu pružnosti a nasákavosti. Tělesa po odformování byla ošetřována různým způsobem tak, aby bylo možné co nejpřesněji ověřit vliv polypropylénových vláken na měřené vlastnosti.

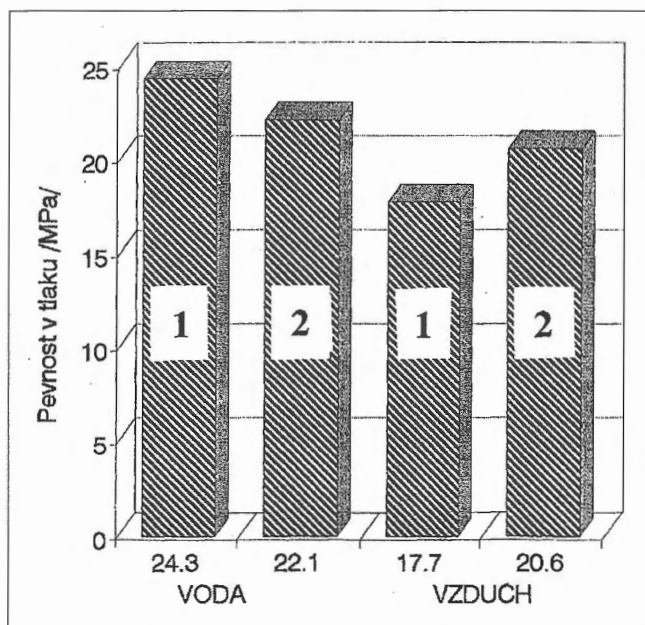
1.1 Pevnost v tlaku a tahu za ohybu

Pevnost v tlaku i v tahu za ohybu byla určována podle ČSN 72 2450. Po provedení zkoušky pevnosti malty v tahu za ohybu byla pevnost v tlaku zjišťována na zlomcích trámečků 40×40×160 mm. Vždy 6 těles s vlákny a 6 těles bez vláken bylo uloženo jednak ve vodě, jednak na vzduchu s relativní vlhkostí cca 60%. Zkoušky vždy jedné sady zkušebních těles (3 ks) byly prováděny ve stáří 7 a 28 dnů. Výsledky těchto zkoušek jsou uvedeny na obr. 1 a 4. Z výsledků vyplývá, že pozitivní vliv vláken se projevuje u pevnosti v tlaku a tahu za ohybu pouze při uložení na vzduchu. Za tohoto stavu totiž dochází k rychlému vysychání povrchových partií zkušebních těles, a tím i ke vzniku strukturálních mikrotrhlin, které negativně ovlivňují zejména pevnosti v tahu za ohybu. Při uložení zkušebních těles ve vodním prostředí, tj. tehdy nedochází-li k vysychání, a tím i ke smršťování malty, vliv vláken se prakticky neprojevuje a zjištěné rozdíly je možné vysvětlit běžným statistickým kolísáním měřeného parametru. Tato zjištění vysvětlují i časté rozdíly, uváděné jednotlivými autory nebo pracovišti při ověřování vlivu PP vláken na mechanické vlastnosti betonu. Dominantní vliv tedy nemá přímé vyztužení betonu PP vlákny (to je ostatně s ohledem na nízký modul pružnosti PP vláken v podstatě zanedbatelné), ale nepřímé pozitivní ovlivnění struktury malty spočívající v zamezení vzniku mikrotrhlin v počátečních fázích tuhnutí.

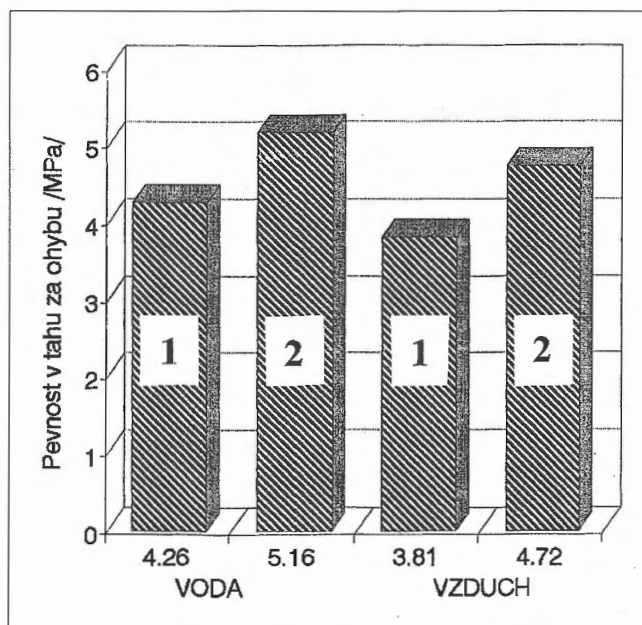
V případě neošetřované malty může tedy aplikace PP vláken vést k nárůstu pevnosti v tahu za ohybu až o 35 %.

1.2 Vázané smrštění

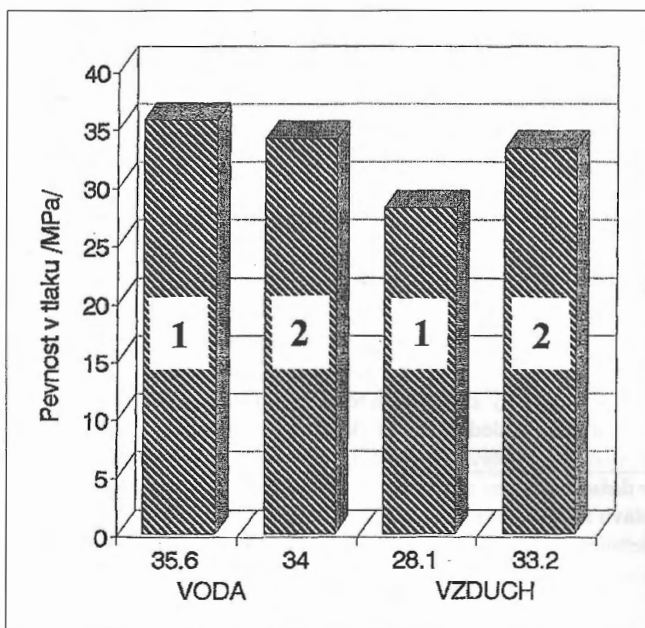
Na rozdíl od měření tzv. volného smrštění tvarově definovaných těles, vychází zkouška vázaného smrštění z představy, že maltová směs se po zatuhnutí ihned spojí s podkladem, a nemůže tedy volně dilatovat. Pro zkoušky vázaného smrštění byla použita tzv. "korýtková" zkouška. Při této zkoušce se maltová směs aplikuje do dlouhé ocelové formy (korýtka), vytvořené ocelovým úhelní-



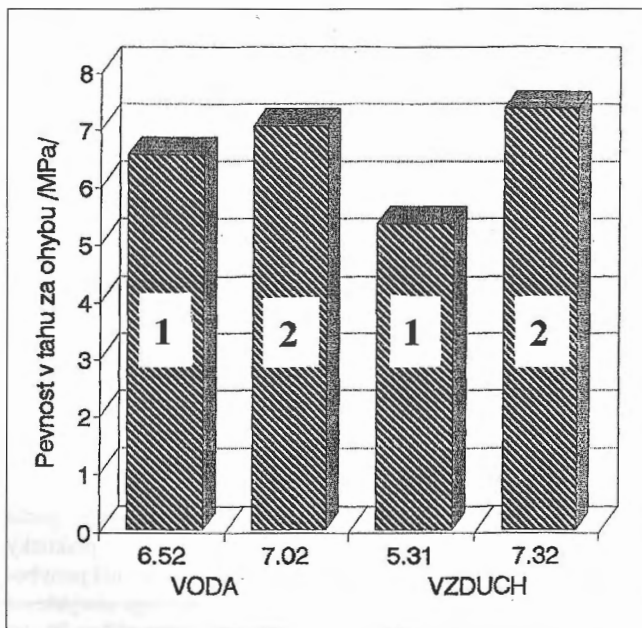
Obr. 1 – Cementová malta – 7 dnů (1 – bez PP vláken, 2 – s PP vlákny FB623)



Obr. 2 – Cementová malta – 7 dnů (1 – bez PP vláken, 2 – s PP vlákny FB623)



Obr. 3 – Cementová malta – 28 dnů (1 – bez PP vláken, 2 – s PP vlákny FB623)



Obr. 4 – Cementová malta – 28 dnů (1 – bez PP vláken, 2 – s PP vlákny FB623)

kem o délce 1500 mm. Vnitřek ocelové formy je odmaštěn a opískován tak, aby došlo po zatuhnutí maltové směsi k jejímu pevnému přikotvení k podkladu. Jakékoliv deformace se pak mohou realizovat pouze vytvořením trhlin na povrchu zatvrdlé malty. Celkem byla připravena vždy dvě zkušební tělesa s maltou bez vláken a dvě zkušební tělesa s maltou obsahující vlákna FIBRIN 623. Všechna 4 tělesa byla uložena na vzduch s relativní vlhkostí cca 60% a během prvních 7 dnů byl vizuálně sledován vznik smršťovacích trhlin. U zkušebních těles bez vláken se během prvních 7 dnů objevily v průměru 4 trhliny o šířce 0,2 až 0,3 mm. U korytek vyplněných maltovou směsí s vlákny FIBRIN 623 došlo ke vzniku jedné trhliny o šířce menší než 0,1 mm.

I když tato zkouška je relativně velmi jednoduchá, představuje z hlediska hodnocení objemových změn, resp. náchylnosti ke vzniku trhlin jednu z nejpřesnějších metodik. Provedené testy jednoznačně prokázaly, že přidavek vláken FIBRIN 623 výrazně

snižuje náchylnost cementové maltové směsi ke vzniku trhlin. Velmi zjednodušeně se dá konstatovat, že náchylnost ke tvorbě smršťovacích trhlin je u malty s přísadou vláken FIBRIN 623 3× až 4× menší.

1.3 Mrazuvzdornost

Mrazuvzdornost maltové směsi bez vláken a s vlákny FIBRIN 623 byla hodnocena podle ČSN 72 2452. Zkušební tělesa – trámečky 40×40×160 mm – se testují tak, že jeden zmrazovací cyklus sestává ze 4 hodin zmrazování na teplotu $-20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ a následného dvouhodinového rozmrazování ve vodě s teplotou $+20^{\circ}\text{C}$. Současně se zmrazovanými tělesy se hodnotí i tzv. tělesa porovnávací. Při zkoušce se sledovaly změny hmotnosti zkoušených trámečků, dále pak pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku na zbytcích. Součinitel mrazuvzdornosti malty je poměr aritmetického průměru hodnot pevností v tahu za ohybu trámečků zmrazo-

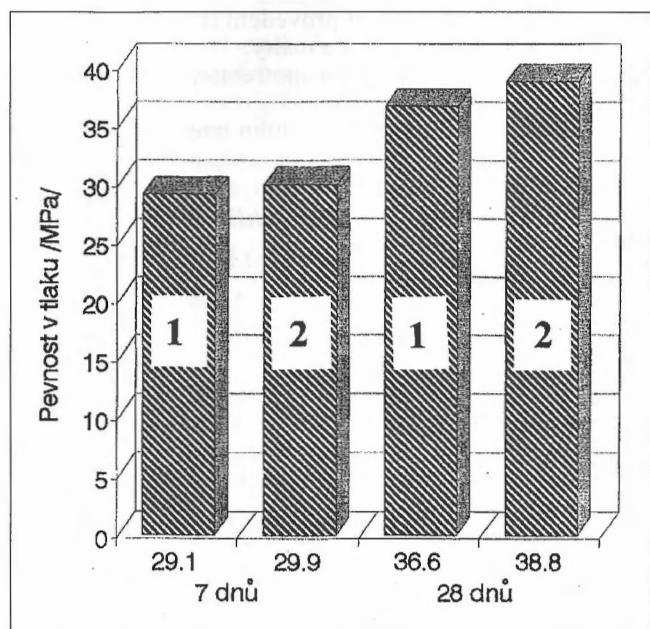
vaných k aritmetickému průměru hodnot pevnosti v tahu za ohybu trámečků porovnávacích, zkoušených po ukončení zmrazovacích zkoušek.

Malta se považuje za mrazuvzdornou podle ČSN 72 2452 na ten počet zmrazovacích cyklů, při kterém úbytek pevnosti zmrazovaných vzorků proti pevnostem porovnávacích vzorků není větší než 25% pevnosti porovnávacích vzorků.

Výsledky zkoušek mrazuvzdornosti jsou uvedeny na obr. 7. U maltových těles bez vláken má součinitel mrazuvzdornosti hodnotu 0,757 (75,7%), u těles s vlákny FIBRIN 623 pak hodnotu 0,98 (98,0%). V obou případech byl součinitel mrazuvzdornosti zjišťován po 50 zmrazovacích cyklech. Zároveň zkoušky zřetelně prokazují, že vliv zmrazování zkušebních těles se podstatně výrazněji projevuje, ve srovnání s pevností v tlaku, na pevnosti v tahu za ohybu. I když zkoušené soubory těles nebyly velké, je možné jednoznačně konstatovat, že přidavek PP vláken FIBRIN 623 výrazně zvyšuje mrazuvzdornost cementové malty. Absolutní míra tohoto vlivu může pochopitelně kolísat v jistém rozmezí, ale mimořádně příznivé působení vláken na zvýšení mrazuvzdornosti je zcela evidentní.

1.4 Dynamický modul pružnosti

Dynamický modul pružnosti cementové malty byl určován na tělesech o rozměrech 40×40×160 mm ultrazvukovou impulsovou metodou podle ČSN 73 1371. Podle čl. 41 této normy se zjistí nejprve objemová hmotnost zkušebních těles, dále pak ultrazvuková impulzová rychlost, vypočtená jako podíl vzdálenosti mezi budičem a snímačem a časem šíření UZ impulsu. Výsledný modul pružnosti E_{bu} se vypočte jako součin objemové hmotnosti, kvadrátu rychlosti ultrazvukového vlnění a korekčního koeficientu vyjadřujícího rozměrnost prostředí. Ke zkouškám byla využita jednak tři zvlášť vyrobená zkušební tělesa, uložená po odformování na vzduchu s relativní vlhkostí 60%, jednak zkušební tělesa před zkouškou v tahu za ohybu ve stáří 28 dnů. Celkem bylo měření prováděno na 6 zkušebních tělesech ve stáří 28 dnů. Průměrná hodnota ze 6 měření u těles bez vláken je 41,6 GPa, u těles s vlákny pak je průměrná hodnota 43,3 GPa. Z uvedených výsledků je zřejmé, že přidavek polypropylénových vláken FIBRIN 623 neovlivňuje významněji dynamický modul pružnosti malty. Podobný vliv je možné očekávat i v případě statického modulu pružnosti. Zanedbatelný vliv PP vláken na modul pružnosti betonu lze jednoznačně vysvětlit jejich nízkým modulem pružnosti, který celkově nemůže parametry maltové matrice nijak ovlivnit.



Obr. 5 – Beton (1 – bez PP vláken, 2 – s PP vlákny 23)

1.5 Nasákavost

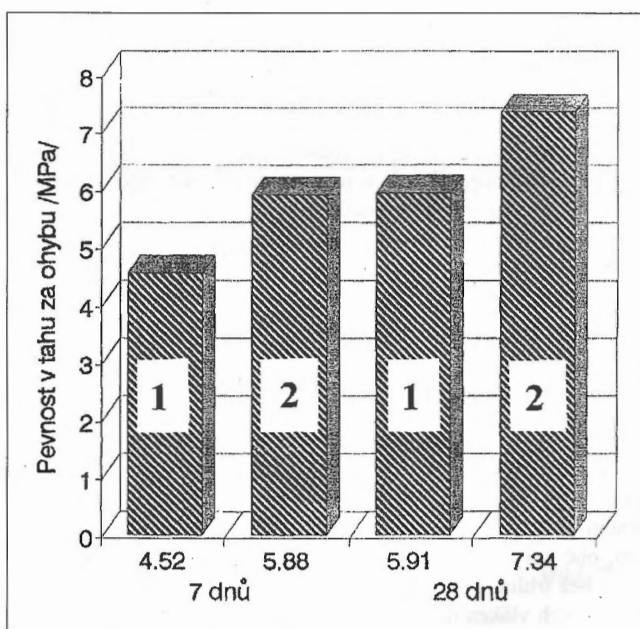
Měření nasákavosti byla realizována na 3 tělesech 40×40×160 mm, vysušených do ustálené hmotnosti, a to speciálním způsobem tak, že na jednu z podélných stran trámečků byl tmelem Lukopren fixován plexisklový 150 mm vysoký nástavec, přetažený přes boky těles. Do tohoto nástavce byla nalita voda tak, že její výška nad povrchem vzorku byla 100 mm, tj. hladina byla cca 10 mm pod horní hranou nástavce. Po 24 hodinách byla zkouška ukončena a tělesa byla zvážena s přesností na 0,1 g. Porovnána byla pak hmotnost těles před zkouškou a po zkoušce, přičemž zjištěný přírůstek hmotnosti reprezentuje povrchovou nasákavost cementové malty, citlivě indikující nejen pórovou strukturu malty, ale zároveň i smršťovací mikrotrhliny. Zatímco takto měřená nasákavost u těles bez vláken činila 3,2 hmotnostního procenta, u těles s polypropylénovými vlákny FIBRIN 623 byla hodnota nasákavosti 2,1%, tj. cca o 30% nižší.

Takto provedený test nasákavosti jednoznačně ukazuje, že polypropylénová vlákna se významně podílejí na eliminaci vzniku smršťovacích mikrotrhlín, což může významně zvyšovat hutnost povrchových vrstev betonu, tj. krycích vrstev betonu nad výztuží. Zvýšená hutnost těchto vrstev pak vede ke snížení rychlosti karbonatace a tím i k celkovému prodloužení trvanlivosti železobetonových prvků. Proto lze doporučit zejména u tenkostěnných železobetonových prvků s nižší tloušťkou krycí vrstvy betonu nad výztuží použití polypropylénových vláken s cílem maximálním způsobem zvýšit hutnost povrchových oblastí betonu, a tím perspektivně zamezit vzniku koroze výztuže.

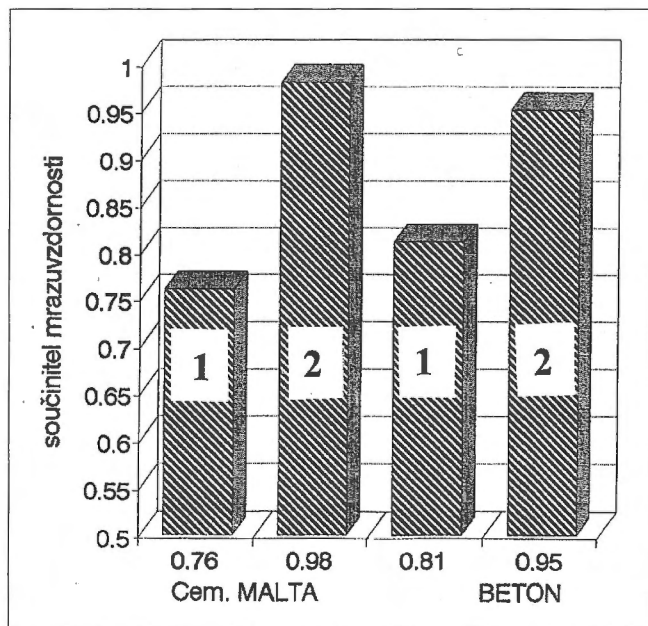
2 Vliv PP vláken FIBRIN 23 na vlastnosti konstrukčního podlahového betonu

Podobně jako v případě cementové malty byly ověřovací zkoušky vlivu polypropylénových vláken FIBRIN provedeny i na konstrukčním betonu následujícího složení:

portlandský cement PC 42,5 R	450 kg
písek 0/8 mm	920 kg
kamenivo 8/16 mm	660 kg
Umaform SM	4,5 l
PP vlákna FIBRIN 23 (12 mm)	0,91 kg
voda	22 l



Obr. 6 – Beton (1 – bez PP vláken, 2 – s PP vlákny 23)



Obr. 7 – Mrazuvzdornost (1 – bez PP vláken, 2 – s PP vlákny FB)

Pro zkoušky s tímto typem konstrukčního materiálu musela být použita větší tělesa, a to pro zkoušky pevnosti v tlaku krychle o hraně 150 mm, pro ostatní typy zkoušek pak hranoly 100×100×400 mm. Celkem bylo vyrobeno 6 krychlí bez vláken a 6 krychlí s vlákny FIBRIN 23 o délce 12 mm. Dále bylo vyrobeno 12 hranolů 100×100×400 mm s vlákny a 12 hranolů těchto rozměrů bez vláken. Vždy 6 hranolů bylo použito pro zkoušky mechanických vlastností, 6 pak pro zkoušky mrazuvzdornosti. Dynamický modul pružnosti byl měřen na hranolech ve stáří 28 dnů před zkouškou pevnosti v tahu za ohybu, povrchová nasákavost byla zjišťována na zlomcích po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu.

Všechna tělesa byla po odformování uložena na vzduchu s relativní vlhkostí 60% tak, aby byla modelována situace, kdy konstrukční beton není ošetřován, a nejprůkazněji se tedy může projevit vliv působení polypropylénových vláken tak, jak to již bylo prokázáno v případě cementové malty.

2.1 Pevnost v tlaku a tahu za ohybu

Výsledky zkoušek pevnosti v tlaku jsou uvedeny na obr. 5. Z výsledků vyplývá, že vliv přísady polypropylénových vláken FIBRIN 23 je relativně malý a dosahuje u 28 denních pevností cca 6%, což je hodnota na úrovni běžného statistického rozptylu. Naopak relativně velmi výrazný je vliv polypropylénových vláken FIBRIN 23 na pevnosti v tahu za ohybu, kde dosahuje téměř 25% (viz obr. 6). Vcelku se tak i u konstrukčního cementového betonu potvrdila tendence, zjištěná u jemnozrnných cementových malt. Celkově ze získaných poznatků vyplývá, že při dokonalém ošetřování betonových konstrukčních prvků je vliv polypropylénových vláken na mechanické vlastnosti nevýrazný. V případě, že však beton není důsledně ošetřován, projev se přísady polypropylénových vláken velmi pozitivně zejména u pevnosti v tahu za ohybu.

2.2 Vázané smrštění

Podobně jako v případě cementové malty bylo vázané smrštění testováno pomocí tzv. "korýtkové" zkoušky. Zatímco u obou korýtek, v nichž byla umístěna betonová směs bez vláken, došlo během prvních sedmi dnů ke vzniku dvou trhlin o šířce cca 0,2 mm, obě korýtka s betonovou směsí s vlákny FIBRIN 23 zůstala zcela bez trhlin. To opět prokazuje zásadní vliv přísady polypropylénových vláken na potlačení rizika vzniku trhlin. Tohoto vlivu lze zejména velmi dobře využít u podlahových betonů, a to ať už

jako pojistka proti vzniku smršťovacích trhlin, nebo jako opatření, které umožňuje zvětšit vzdálenost dilatačních spar. Stejným způsobem se pochopitelně vliv polypropylénových vláken uplatní i u jakýchkoliv jiných plošných betonových konstrukčních prvků.

2.3 Mrazuvzdornost

Mrazuvzdornost hodnoceného betonu byla zkoušena podle ČSN 73 1322 na hranolech 100×100×400 mm. Výsledky jsou uvedeny na obr. 7. Koeficient mrazuvzdornosti zjištěný po 50 cyklech porovnáním pevnosti v tahu za ohybu těles zmrazovaných a těles porovnávacích, nezmrazovaných, je 0,81 (81%). U těles s vlákny FIBRIN 23 je tentýž součinitel mrazuvzdornosti 0,949 (94,9%). I zde je tedy patrné z porovnání obou součinitelů mrazuvzdornosti výrazný pozitivní vliv přísady polypropylénových vláken.

Positivní vliv polypropylénových vláken FIBRIN na mrazuvzdornost cementové malty i cementového konstrukčního betonu lze tedy považovat za zcela evidentní, a měl by být využit všude tam, kde lze obtížně zajistit důkladné provzdušnění betonu, resp. v těch případech, kdy není k dispozici spolehlivá provzdušňující přísada, nebo není zajištěno její přesné dávkování. Použití polypropylénových vláken ke zvýšení mrazuvzdornosti by bylo účelné i v těch případech, kdy intenzivní vibrace konstrukčních prvků může provzdušňující vzduchové póry ze směsi vypudit, a tím může být účinnost provzdušňující přísady eliminována nebo výrazně snížena. Toto riziko v případě použití polypropylénových vláken nehrozí.

2.4 Dynamický modul pružnosti

Dynamický modul pružnosti byl zjišťován na hranolech 100×100×400 mm ve stáří 28 dnů, a to ultrazvukovou impulzovou metodou podle ČSN 73 1371. Způsob jeho stanovení je popsán v kapitole 3.4. Výsledná průměrná hodnota dynamického modulu



FIBRIN 23
■ pro betony ■

FIBRIN 623
■ pro omítky ■

■ vláknenná výztuž do betonu a malt ■

Profesionální možnost provedení trvanlivějšího betonu a malt.
Nyní i pro malospotřebitele.

Prostým přidáním odpovídajícího množství vláken do betonu nebo maltové směsi:

■ omezíte počet trhlin ■

■ zvýšíte pevnost ■

■ zredukujete údržbu ■

Ohledně dodávky a dalších informací kontaktujte:

MARLEN TRADE COOPERATION s.r.o.
Kubišova 1102/1
140 00 PRAHA 4

tel/fax (02) 643 2672
tel: (02) 643 68 45

FIBRIN JE ÚČINNÝ A EKONOMICKÝ

pružnosti u tří hranolových vzorků vyrobených z betonu bez vláken je 41,8 GPa, u shodných těles vyrobených z betonu s vlákny FIBRIN 23 pak 40,7 GPa. Podobně jako u cementové malty *nebyl zjištěn výraznější vliv polypropylénových vláken na pokles nebo nárůst dynamického modulu pružnosti*. Jak již bylo uvedeno, nemohou polypropylénová vlákna s ohledem na svůj nízký modul pružnosti přetvárné chování betonu nijak ovlivnit.

3 Celkové závěry

Z celkového zhodnocení provedených zkoušek vyplývá, že polypropylénová vlákna FIBRIN nemohou podstatněji zvýšit mechanické vlastnosti malt a betonů, mají však *velmi pozitivní vliv zejména na pevnosti v tahu za ohybu v těch případech, kdy nelze hotový konstrukční prvek řádně ošetřovat*. Zatímco neošetřovaná zkušební tělesa bez vláken mají výrazně nižší pevnosti než tělesa uložená ve vodě, tělesa neošetřovaná s přísadou vláken jsou v tomto směru podstatně méně citlivá. Z toho vyplývá, že *použití polypropylénových vláken FIBRIN lze doporučit všude tam, kde z nejrůznějších důvodů nelze povrch dokončených betonových konstrukcí řádně dlouhodoběji ošetřovat*.

Velmi výrazný vliv však mají polypropylénová vlákna FIBRIN na *potlačení objemových změn*, resp. snížení rizika vzniku smršťovacích trhlin. Proto jejich užití je zejména vhodné v těch případech, kdy je požadován beton bez trhlin (např. povrchy sanovaných betonových konstrukcí), nebo v těch případech, kdy vznik trhlin prakticky zhotovený konstrukční prvek znehodnocuje (podlahové desky, tenkostěnné prvky).

Přísada polypropylénových vláken FIBRIN také *výrazně zvyšuje mrazuvzdornost betonu*, a to jak v případě jemnozrnných cementových malt, tak i v případě konstrukčních betonů. I když absolutní míra tohoto vlivu se může pohybovat v jistém intervalu, pozitivní vliv přísady polypropylénových vláken na zvýšení mrazuvzdornosti je zcela evidentní.

Naopak zcela indiferentně se chovají polypropylénová vlákna vůči dynamickému modulu pružnosti. Zjištěné rozdíly jak u cementové malty, tak i u betonu jsou velmi malé a nevybočují z běžného statistického kolísání měřeného parametru. Je to dáno především tím, že nízkomodulová polypropylénová vlákna nemohou cementovou matici z hlediska přetvárných vlastností nijak ovlivnit.

Měření povrchové nasákavosti prokázalo její podstatné snížení, a to až o 30%. To indikuje, že povrch zkušebních těles s polypropylénovými vlákny FIBRIN je výrazně hutnější, bez smršťovacích mikrotrhlin. Tohoto efektu může být využito zejména s ohledem na zvýšení hutnosti krycích vrstev betonu nad výztuží, a tím k celkovému prodloužení trvanlivosti železobetonových, zejména tenkostěnných prvků. Celkově lze konstatovat, že užití polypropylénových vláken FIBRIN umožňuje výrazně zvýšit rozhodující užité parametry betonu a vyhnout se u řady betonových a železobetonových konstrukcí problémům se vznikem trhlin, nízkou mrazuvzdorností, nízkou vodotěsností nebo nízkou trvanlivostí betonu.

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc., Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

RECENZE:

Jiří Witzany a kolektiv: Konstrukce pozemních staveb 60

*Vydalo Vydavatelství ČVUT, Praha 1994
356 stran, 257 pérovek a fotografií, cena 92,40 Kč vč. DPH*

Není běžné recenzovat vysokoškolská skripta. Jestliže však skriptum překračuje rámec učebnice anebo doplňuje to, co je nové, stojí za to se takovým dílem zabývat.

Jde teprve o první díl dvousvazkového souboru věnovaného poruchám a rekonstrukcím pozemních stavebních objektů; na druhý díl snad nebudeme dlouho čekat. To je přání motivované množstvím informací, které se inženýrovi nabízejí již v tomto prvním díle, o kterém zde píšeme.

Charakteristické pro celou publikaci je, že poskytuje zcela novodobé poznatky na tradičním pozadí. Autorský kolektiv se zaměřil na předvedení problémů, jež se vyskytují v soudobém stavitelství, vyznačujícím se vysokým podílem rekonstrukcí. Inženýr má možnost se komplexně seznámit především s původem poruch, s jejich znaky a se způsoby, jak se s poruchami vypořádat. Přitom není výklad orientován jednostranně, neboť se přistupuje k poruchám nejen z konstrukčně nosného hlediska, ale také z hlediska jejich biologických, fyzikálních a chemických příčin. Věnuje se pozornost diagnostickým metodám, průzkumům, různým sanačním metodám, zajištění konstrukcí během provádění prací a dal-

ším hlediskům, souvisejícím s rekonstrukcemi a modernizací budov.

Hlavním sledovaným materiálem je dřevo a zdivo, menší pozornost se věnuje ocelovým konstrukcím, které by si ovšem zasloužily samostatnou publikaci.

Uveďme názvy jednotlivých kapitol díla: **1 Poruchy materiálů, konstrukcí a staveb**, **2 Trvanlivost, stárnutí a degradační procesy stavebních hmot a konstrukcí**, **3 Stavebně technický průzkum a hodnocení budov a konečně 4 Poruchy, rekonstrukce a modernizace zděných budov**.

Je pochopitelné, že skriptum nedokáže odpovědět na všechny otázky denní praxe. Přesto je vynikajícím zdrojem podnětů a nápadů. Dá se předpokládat, že i druhý díl, který se má zabývat rekonstrukcí a modernizací schodišť, obvodových konstrukcí, výplňových a podlahových konstrukcí, rekonstrukcí prefabrikovaných stěnových konstrukcí a modernizací panelových budov, bude neméně užitečný.

Předností publikace je přehlednost, jednota výkladu, typografické zpracování a veliké množství názorných obrázků. Ve všeobecném nedostatku české technické literatury je zcela mimořádným přínosem a lze se domnívat, že náklad 1200 výtisků při velmi nízké ceně bude brzy rozebrán.

Milík Tichý

Vodotěsnost betonových konstrukcí – nová výstavba a opravy – pracovní a dilatační spáry – dodatečné těsnění injektážemi – makromolekulární pryskyřice

Na vodotěsnost betonových konstrukcí především u podzemních částí staveb jsou kladeny stále přísnější požadavky. To se projevuje i zaváděním nových kritérií pro vodotěsnost konstrukcí. Například kritéria STUVA (viz tab.1) ve srovnání s dosavadními předpisy pro vodotěsnost tunelů pražského metra vyžadují snížení největších průsaků vody až stonásobně.

Tab. 1 – Třídy vodotěsnosti podzemních objektů podle STUVA

Třída	Charakteristika	Využití	Max. průsak l/m ² /24 h na délce	
			10 m	100 m
1	zcela suché, žádné vlhké skvrny	sklady, místnosti pro pobyt osob, spec.prostory	0,02	0,01
2	v podstatě suché, pouze mírně zavlhlé izolované skvrny	staniční a eskalátorové tunely, úseky tunelů ohrožené mrazem	0,10	0,05
3	kapilární průnik vlhkosti	dopravní tunely	0,20	0,10
4	slabé pramínky proudící vody	komunální tunely	0,50	0,20
5	pramínky vody	kanalizační štol, vodní přívaděče	1,00	0,50

Zajištění vodotěsnosti betonových konstrukcí, ať už monolitických či prefabrikovaných, lze dosáhnout ve dvou stádiích:

- 1) zajištěním vodotěsnosti během výstavby,
- 2) dodatečnou sanací netěsných míst.

Zajištění vodotěsnosti při výstavbě

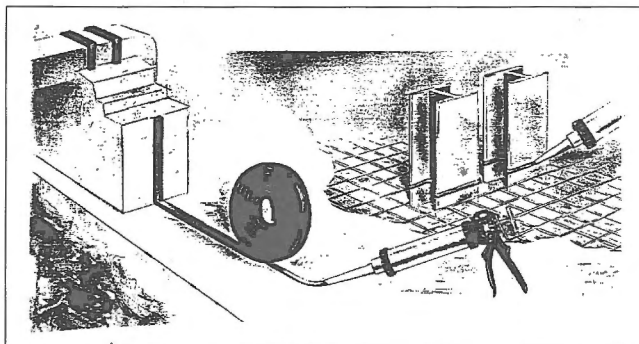
V tomto případě u monolitických konstrukcí lze jistého stupně vodotěsnosti docílit použitím vodostavebního betonu, úplnou vodotěsnost jen celoplošnou izolací. U podzemních částí staveb se na vodotěsné izolace používají dnes nejčastěji hladké či profilované fólie z měkčeného PVC nebo vysokotlakého polyetylenu (PE). V poslední době se u nás začínají objevovat i folie na bázi kaučuku.

Není-li vlastní izolace, jsou nejohroženějším místem všechny druhy spar v betonové konstrukci. Pro jejich těsnost se v poslední době objevila řada nových materiálů a konstrukčních řešení. Může to být například:

- a) vkládání rozpínavých pásků do spar,
- b) používání rozpínavých tmelů,
- c) kombinace obou způsobů (obr. 1),
- d) vkládání gumového těsnění v kombinaci s rozpínavým tmelem a případnou injektáží (obr. 2),
- e) vtlačování gumového těsnění do hotové spáry.

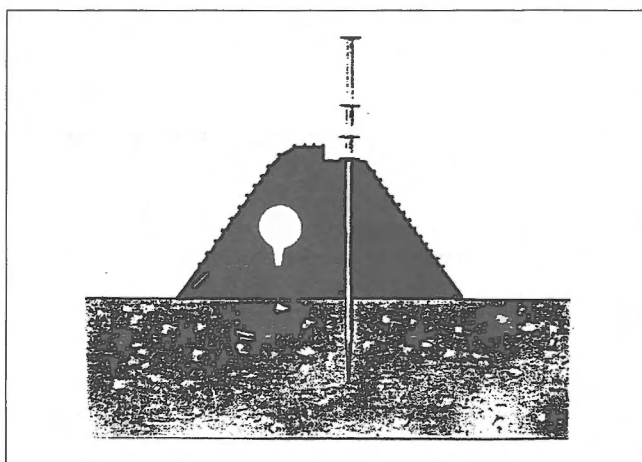
Rozpínavé pásky a tmely jsou většinou založeny na materiálové kombinaci sodného bentonitu a butylkaučuku. U prefabrikovaných konstrukcí jsou hlavním problémem spáry mezi dílci. Nejspolehlivější, ne však vždy použitelné, je vložení gumového nebo rozpíná-

vého těsnění do drážky v dílcích před jejich montáží. Těsnění křehkými cementovými tmely je účinné jen u konstrukcí bez výraznějších deformací a pohybů. Pokud v konstrukci nastanou deformace, těsnění spar praskají, a po čase dochází k průsakům.



Obr. 1 – Vkládání rozpínavého pásku a tmelu do pracovní spáry

Pozornost budoucí vodotěsnosti je třeba věnovat již v projektové přípravě. Při použití fóliových izolací chráněných netkanými textiliemi působí tato textilie jako drenážní vrstva, která rozvádí prosakující vodu od místa poškozené izolace do vzdálených míst, kde pak dochází k průsakům. Vyhledání místa poruchy izolace je prakticky vyloučené. Při dodatečné injektáži poruch pak nekontrolovatelně stoupá množství drahých injektážních směsí. Zvláště nebezpečné jsou dilatační spáry bez navrženého zvláštního těsnění proti průsakům. Zde při posunech dilatačních celků dochází nejčastěji k poruchám fóliové izolace a silnému zatékání.



Obr. 2 – Kombinace gumového těsnění s rozpínavým tmelem a injektážní hadičkou

Pro zlepšení vodotěsnosti dilatačních spar v běžných případech (např. u podlahových konstrukcí) se doporučuje místo vkládání heraklitu ap. vkládání profilovaných dilatačních lišt. Dilatační lišta, kromě omezení průniku vlhkosti, slouží i jako nivelační podklad při následné úpravě rovinnosti podlah. Do více namáhaných spar s většími tlaky vody se vkládají před betonáží pružné profilované pásy na bázi měkčeného PVC nebo kaučuků. Ty mohou v zásadě být uloženy uvnitř spáry v betonové konstrukci (bývají opatřeny oboustrannými "žebry") nebo při jednom z povrchů ("žebra" jen jednostranně). Je možná i dodatečná úprava spáry páskem z plastu (PVC) přilepeným speciální epoxidovou pryskyřicí.

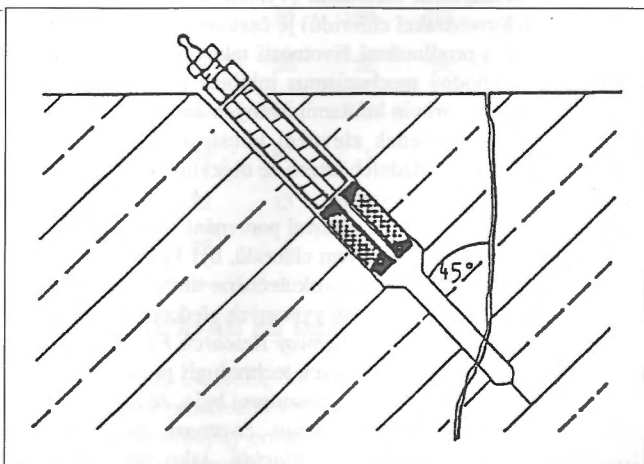
Rovněž pracovní spáry konstrukce, pokud není dokonalá sekundární izolace, je vhodné předem upravit pro případné dodatečné dotěsnění (např. vložením injektážní perforované hadice), i když dojde k zvýšení ceny konstrukce. Totéž platí pro velkoplošná systémová bednění, kde je nutné ucpávkami, případně spojenými s injektáží, uzavřít průchozí distanční trubky. Vkládané distanční trubky by neměly mít hladký vnější povrch, který při nedostatečné soudržnosti s obklopujícím betonem působí průsaky vzniklou trhlinou, což pak vyžaduje další injektáž.

Dodatečné sanace betonových konstrukcí

Pokud při výstavbě nebylo pamatováno na patřičnou těsnost nebo opatření nebyla provedena důkladně, lze vodotěsnost hmoty betonu i spar a trhlin zlepšit:

- a) povrchovými izolačními nátěry či vrstvami,
- b) sanací dvousložkovými tekutými foliemi,
- c) injektáží pracovních spár a trhlin,
- d) vtlačováním gumového těsnění do spár prefabrikovaných konstrukcí (jako v předchozím).

K dobrému vyplnění trhlin či spár jsou vhodné materiály expandující během aplikace či dodatečně účinkem vlhkosti. U dopravních staveb (železniční tunely, metro ap.) je volba sanačních metod omezena vzhledem k dynamickým účinkům, které postupně způsobí narušení všech křehkých výplní. Zde se osvědčují především hmoty trvale pružné s dobrou soudržností k základnímu těsněnému materiálu. Na bázi cementů s mikrovláknitou výztuží a modifikovanými polymery tohoto typu je např. nátěrová hmota CEM-KOTE FLEX. Ještě větší pružnost dosahují těsnicí hmoty na bázi polyuretanů a akrylátů.



Obr. 3 – Průřez osazenou injektážní trubičkou (packrem)

Polyuretanové dvousložkové pryskyřice vyrábí řada firem, známější jsou německé WEBAC, MC-BAUCHEMIE, BBZ, KOSTER, CARBOTECH, švýcarská SIKA, belgické DE NEEF a DENYS, francouzské RHONE POULENC a WEBER, britské TAM, COLEBRAND, švédská CODON a americká 3M. Pryskyřice mohou být dvousložkové, výjimečně též jednosložkové.

Podle chování při injektáži jsou trojího typu:

Pěnové s napěněním až 40 násobným

Když namíchaná polyuretanová pryskyřice přijde do styku s vodou nebo vlhkostí, nastane chemická reakce, při níž se u pěnových hmot uvolňuje CO_2 , který způsobí napěnění směsi. Po proběhnutí reakce se směs změní v tuhou nebo měkkou pěnu, která je dále stabilní. Hmoty jsou nerozpustné ve vodě a většinou běžných chemikálií, neutrální a netoxické, jsou proto většinou použitelné i pro pitnou vodu. Vzhledem k nízké viskozitě je možné injektovat i trhliny menší než 0,1 mm. Zpěňující hmoty s nastavitelnou reakční dobou 5 až 80 s se používají především k prvotnímu zastavení prudkých výronů.

Pružné vytvářející s vodou gel při zhruba dvojnásobném zvětšení objemu

Připravené pryskyřice mají normálně dobu zpracování při 20°C asi 40 minut. Tu lze použitím urychlovačů (dávkování 0,5 – 2 %) zkrátit i pod 120 sekund. Při styku s vodou či vlhkostí vážou na sebe vodu a vytvářejí gel, který uzavře prosakující trhlinu. Vyschnutím se hmota smršťuje, ale při novém navlhčení se opět obnoví gelová struktura.

Pružné tuhé s nepatrnou expanzí pouze 1–3 %

Injektáž pružnými relativně hutnými pryskyřicemi se užívá jako druhotná injektáž pro trvalé dotěsnění trhlin prvotně vyplněných pěnovou pryskyřicí. Tuto injektáž je možné provést již cca po 30 minutách do stejných injektážních trubiček. Reakční doba těchto směsí je 15 až 60 s a lze je použít i samostatně tam, kde není větší tlak a jejich vytvrzování nastane dříve, než dojde k vyplavení tekuté pryskyřice z trhliny. Při použití katalyzátorů lze tyto pryskyřice zpracovávat i při teplotách slabě pod 0 °C



Obr. 4 – Výron vody spárou konstrukce



Obr. 5 – Osazování injektážní trubičky (packeru) do předvrtaného otvoru

Podobně se chovají i dvousložkové akrylátové hmoty (např. RASCOFLEX) s programovatelnou dobou polymerace od 1 sekundy do 180 minut. Některé akrylátové hmoty během vytvrzovací reakce mění svou barvu. To umožňuje při vyplavování nezreagované pryskyřice z trhliny vizuální kontrolu správnosti nastavené reakční doby. Akryláty lze použít v širokém rozsahu teplot od -20°C do +50°C.

Vlastní utěsňování spočívá ve vyvrtání otvorů do betonu (profil 6 až 32 mm, nejčastěji mezi 8 až 14 mm), osazení injektážních trubiček (injektorů, packerů) se zpětnými ventily (obr. 3), a následně injektáží tekutou pryskyřicí (obr. 4, 5). Injektování konstrukce probíhá zdola směrem vzhůru u nízkoviskózních typů tlakem již od 20 barů. U rychle reagujících směsí je třeba použít dvouhadicové pumpy, aby k smísení složek došlo až v místě působení.

Vhodné pumpy jsou elektrické nebo pneumatické, pro více tekuté pryskyřice a menší tlaky se vystačí i s pumpou ruční. Po zatuhnutí injektážních hmot se osazené injektory vyjmou nebo odlomí a povrch se zatře cementovou maltou.

Provedené práce u a. s. Metrostav, jak s akrylátovými tak i polyuretanovými hmotami, ukazují, že dodatečnou injektáží lze celkem spolehlivě zabránit průsakům do dopravních tunelů. Je však třeba počítat s vysokou cenou těchto oprav. Při aplikaci těsnících materiálů již při betonáži pracovních spar či ukládání

prefabrikátů betonového ostění se odhadují náklady pouze na 40 až 50 % nákladů na dodatečnou sanaci. Rozhodně je tedy výhodnější v projektové a výrobní přípravě i při vlastním provádění věnovat pozornost místům možných průsaků a včas provést příslušné úpravy než nákladně sanovat prosakující konstrukce.

Doc. Ing. Zdeněk Tobolka, CSc., Útvar materiálu a technologií, Metrostav a. s., 170 04 Praha 7, Dělnická 12, tel. 02-66793 262

Migrující inhibitory koroze

Nový systém sanace železobetonových konstrukcí

Petr Bezděk

Koroze výztuže – prevence – sanace – funkce migrujících inhibitorů koroze MCI – technologie oprav konstrukcí kontaminovaných chloridy – praktické ověření – porovnávací zkoušky – prodloužení životnosti vozovek

O špatném stavu železobetonových konstrukcí bylo řečeno a napsáno již mnoho. Můžeme se zabývat vyhledáním a rozdělením druhů poruch, zmapováním všech negativních vlivů na konstrukce. My se však v našem příspěvku budeme věnovat pouze jediné, a to zásadní oblasti – korozi výztuže. Je obecně známo, že koroze výztuže je největším problémem při sanaci resp. prodloužení životnosti konstrukce. Korodující výztuž v konstrukci způsobuje nejen oslabení únosnosti konstrukce při oslabení samotného průřezu výztuže, ale zároveň výrazně napomáhá k dezintegraci betonu. Při tvorbě korozního produktu dochází často k narušení soudržnosti betonu, vzniku "dutých" míst, a po čase pak k uvolňování betonu zejména v krycí vrstvě.

Možnosti ochrany výztuže

K zajištění uspokojivého stavu výztuže v konstrukci máme několik možností:

- dostatečné krytí výztuže zásaditým prostředím, které zajistí její pasivaci; to však neochrání výztuž dostatečně např. proti působení chloridových iontů,
- dostatečně odolný nátěr na výztuži či betonu k zamezení přístupu vlhkosti, která s sebou přináší i další negativní vlivy,
- katodická ochrana,
- ochrana výztuže pomocí inhibitorů koroze.

Je samozřejmé, že pro zvýšení efektu je možné tyto způsoby kombinovat. Jednou z velmi zajímavých a moderních možností je využití migrujících inhibitorů koroze MCI – migrating corrosion inhibitors.

Migrující inhibitory koroze

Již po dvě desetiletí se objevují v odborných časopisech zprávy o úsilí vědců objevit vhodný způsob zajištění ochrany výztuže před korozi, a to i v betonu kontaminovaném chloridy. Důvodů k tomuto snažení je několik. Jednak existuje velké množství konstrukcí, které byly postaveny z betonu obsahujícího vyšší než

přípustné množství chloridových iontů (solí kontaminovaný písek, voda), jednak existuje velké množství konstrukcí, jejichž části byly dodatečně kontaminovány. Jsou to převážně konstrukce vystavené působení posypových solí, chemikáliím, působení mořské vody a přímořské povětrnosti. Rehabilitovat takto kontaminované konstrukce existujícími metodami (výměnou betonu, katodickou ochranou, elektroextrakcí chloridů) je často technicky nemožné či neekonomické a prodloužení životnosti takovýmto zásahem relativně krátké. Vhodný mechanismus inhibice koroze by zároveň umožnil stavět ze surovin kontaminovaných agresivními látkami, což by mělo za následek zlevnění konstrukcí zejména v odlehklých místech. V posledních letech se objevilo několik takových systémů inhibice koroze výztuže.

Jedním z prvních, kdo se věnoval porovnání vlivu těchto inhibitorů na ocel zkorodovanou vlivem chloridů, byl *Virginský polytechnický institut*. V roce 1991 bylo uskutečněno tímto institutem další rozsáhlé posouzení pěti přípravků vybraných předchozími zkouškami financované SHRP (*Strategic Highway Research Program* – orgán pro výzkum strategicky závažných technologií pro údržbu a provoz dálnic a silnic). Výsledkem posouzení bylo, že *užití inhibitorů jednoznačně a výrazně prodloužuje životnost železobetonové konstrukce vystavené působení chloridů*. Jako nejúčinnější se projevil přípravek firmy CORTEC, a to produkty MCI 2020 a MCI 2000.

Nové možnosti technologie oprav i ochrany novostaveb

Produkty na bázi migrujících inhibitorů koroze otevírají celou škálu nových možností technologie oprav i konstrukce nových objektů se zabudovanými ochrannými mechanismy. Již není nutné se spoléhat pouze na ochrannou bariéru krytí výztuže, či ochranný nátěr. Největší přínos vidíme v sanaci konstrukcí částečně nebo úplně kontaminovaných chloridy, kde je možné účinně chránit výztuž, aniž by bylo nutné odstraňovat všechny kontaminovaný beton. V kombinaci s klasickou sanační metodou je možné zabránit tvorbě mikročlánků na ploše styku nového (vysoce alkalického) materiálu se "starým" (zkarbonatovaným) v okolí výztuže. Není tedy nutné odstraňovat všechny zkarbonatovaný beton. Při preventivním nebo sanačním preventivním opatření je pak možné oddálit počátek koroze, či zpomalit její průběh, a tím i oddálit počátek problémů s konstrukcí.

Tab. 1 – Výsledky měření na mostě Randolph Street v St. Paul, stát Minnesota, USA. Hodnoty v tabulce označené "pre" jsou hodnoty naměřené přibližně 14 dní před sanací, hodnoty označené "post" jsou hodnoty naměřené bezprostředně po sanaci. Hodnoty nižší než 200 milivoltů indikují, že koroze je nepravděpodobná, hodnoty mezi 200 a 350 mV indikují střední riziko koroze a hodnoty nad 350 indikují téměř korozi. Měření 3. a 4. roku je nutné považovat za anomální. Ve 3. roce byla vlivem velmi studeného počasí snížena korozní aktivita, naopak ve 4. roce byly podmínky pro korozi velice dobré

Veličina	pre	post	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok
kontrolní strana							
prům. hodnota	260	100	292	299	173	276	230
maximum *	620	270	444	466	382	574	445
minimum	120	0	157	204	37	162	154
odchylka	90	50	59	49	63	73	54
počet měření	228	282	255	255	273	276	132
0–200 mV (%)	24	94	4	0	67	7	71
200–350 mV (%)	63	6	80	86	30	77	20
350 mV a více	13	0	16	14	3	16	9
strana s MCI							
prům. hodnota	290	140	302	270	130	238	180
maximum	650	300	479	485	344	512	347
minimum	150	30	180	161	9	133	66
odchylka	110	50	52	50	56	59	48
počet měření	273	273	279	273	276	276	138
0–200 mV (%)	12	87	1	5	89	2	72
200–350 mV (%)	62	13	81	90	11	94	25
350 mV a více	26	0	18	5	0	4	3

Funkce přípravků na bázi MCI

Všechny produkty CORTEC MCI obsahují látku, jež má unikátní schopnost šířit se prostředím v podobě páry (tlak par 4 mm Hg při 20°C). Páry jsou schopny prostupovat postupně do značné vzdálenosti a kondenzovat na povrchu kovů, kde vytvoří jednomolekulární ochranný film, který separuje kov od okolního prostředí. Tento film je tvořen neustále a obnovován všude tam, kde se objeví "odhalený" povrch kovu či vlhkost na jeho povrchu. MCI působí jak na anodickou, tak na katodickou část výztuže, a proto vytváří bariéru pro vytvoření korozního článku.

K vytvoření účinku je třeba přítomnosti par MCI v blízkosti výztuže, proto je schopnost prostupovat (migrovat) betonem jedna z nejdůležitějších. Celý proces migrace je hnán tendencí k vyrovnání koncentrace. Na základě měření radioaktivním stopováním bylo zjištěno, že u přímé aplikace MCI 2020 na povrch betonu prostoupily páry MCI během 24 dní do hloubky 30 mm. Lepšího výsledku bylo dosaženo při aplikaci 20 mm malty obsahující MCI na povrch betonu. Páry MCI během 24 dní dostoupily do hloubky 4 cm a množství MCI, které bylo již obsaženo v betonu, bylo 30% celkového množství příměsi v maltě.

Přípravek MCI 2000

Přípravek MCI 2000 je možné použít jako přísadu do betonu nebo sanačních hmot před aplikací. Zároveň je možné užití pro injektáž.

MCI 2000 je světlá tekutina čpavkové vůně, její použití z hlediska hygienických podmínek není problematické. Přibližné dávkování přísady do betonu je 0,5–2,1 l/m³.

Přípravek MCI 2020

Přípravek MCI 2020 je vodou ředitelný přípravek určený k přímému postřiku povrchu betonu stávající konstrukce. Postřik se provádí na očištěný povrch. Aplikaci MCI 2020 je vhodné v několikaletých intervalech opakovat.

Ostatní produkty MCI

Ostatní produkty jsou modifikacemi pro jiný způsob aplikace. Jedná se o práškové formy, gely, nádoby pro usazení do předvrtaných děr atp.

Praktické ověření funkce MCI

Produkty CORTEC MCI 2000 a MCI 2020 byly rovněž jako projekt SHRP testovány prakticky na mostní konstrukci následujících parametrů:

- konstrukce 22 let v provozu,
- betonová vozovka kontaminována posypovými solemi,
- korodující výztuž,
- začínající dezintegrace betonu.

Oprava byla provedena v obou směrech následujícím způsobem:

- odfrézování cca 13 mm vrstvy betonu,
- odstranění dezintegrovaného a nejvíce chloridy zasaženého betonu lokálně,
- důkladné očištění konstrukce,
- položení nové vrstvy jemnozrnného betonu.

Před započítím opravy byly obě strany mostu pečlivě proměřeny a elektrický potenciál indikující stupeň koroze byl zaznamenán. Strana mostu s nižším stupněm koroze byla poté zvolena jako strana kontrolní a byla opravena bez použití MCI. Strana s vyšším stupněm koroze byla opravena stejným materiálem, ale s příměsí inhibitoru MCI 2000. MCI 2000 byl přimíchán do směsi v dávce 0,6 l/m³ při zachování všech vlastností směsi. Po dobu 5 let byl pak měřen elektrický potenciál na obou stranách mostu. Výsledky jsou shrnuty v tab. 1.

Na základě provedených zkoušek je možné říci, že v situaci podobné mostu popsaném v testu lze použitím systému inhibitorů MCI prodloužit životnost opravy o 30 až 70% oproti systému bez inhibitorů. Odhaduje se, že při použití MCI 2020 (vodný roztok) ve formě jednoduchého postřiku povrchu železobetonu s běžným krytím, je možné prodloužit bezproblémový provoz konstrukce o 5 let, při opakované aplikaci až o 15 let. Při použití přísady MCI 2000 při výrobě prefabrikátů, či betonáži konstrukce, lze očekávat bezproblémový provoz 30 let.

Závěr

Při použití produktů na bázi MCI je možné výrazně zefektivnit sanaci konstrukce. Vzhledem k tomu, že při sanaci železobetonových konstrukcí s využitím MCI není třeba odhalit výztuž všude, kde je beton zkarbonatován, či kde je zvýšený obsah chloridových iontů, je možné opravy provádět rychleji a s nižší spotřebou drahých sanačních materiálů. Rovněž je možné přistoupit k řešení problému koroze výztuže na stávající konstrukci ještě před jejím započítím. Jako nejvíce efektivní se jeví možnost ochrany výztuže využitím produktů MCI jako přísady již při výrobě.

Ing. Petr Bezdek, VERTITECH SYSTEM spol. s r.o., Nad Krocínkou 34, 190 00 Praha 9, tel./fax: 02 – 68 32 577

... stavařské angličtiny

(66) zařízení staveniště: *contractor's plant and equipment*; ohrada, ohrazení: *hoarding, boarding, site fence*; zábor: *easement*; trvalý z.: *permanent e.*; dočasný z.: *temporary e.*; brána: *gate*; staveništní buňka: *site hut, site office*;

(67) věcné břemeno: *right of way, easement* (e. znamená též "zábor", viz (66));

(68) řemeslo, profese: *trade*; řemeslník: *tradesman, craftsman*; zedník: *bricklayer, brickmason* (am.); přidavač: *bricklayer's labourer, builder's labourer*; kopáč: *navvy, excavator* (am.); tesař: *carpenter*; elektrikář: *electrician*; stavební truhlář: *joiner*; sklenář: *glazier*; klempíř: *tinman, tinsmith*; omítkař: *plasterer*; instalatér: *plumber, fitter*; obkladač: *tiler*; svářeč: *welder*; pokrývač: *roofer*; pomocný dělník: *labourer*;

(69) nářadí: *tools*; kladivo: *hammer*; sekera: *axe*; pila: *saw*; kleště: *pliers*; kombinačky: *lineman's p., combination p.*; štípačky: *cutting nippers*; šroubovák: *screwdriver*; hoblík: *smoothing plane*; dláto: *chisel*; pilník: *file*; rašple: *rasp*; svářečí agregát: *welding set*; lopata: *shovel*; krumpáč: *pick, mattock*;

(70) zednická lžice: *trowel*; zednické kladívko: *bricklayer's hammer*; palice: *mallet*; tesařská tužka: *thick lead pencil*; truhlík na maltu: *mortar trough*; prohazovačka: *screen*; vodováha: *spirit level*; olovnice: *plumb bob, plummet*; hladítko: *float*;

(71) míchačka: *concrete mixer, mortar m.*; buben míchačky: *mixing drum*; kolečko (dopravní): *wheelbarrow*; dopravní pás: *conveyor belt*; hadice: *hose*;

(72) lešení: *scaffold*; žebříkové l.: *ladder scaffold*; pracovní podlaha: *plank platform, platform*; lešeníový sloupek: *scaffold pole, scaffold standard*; podélník: *ledger*; příčník: *putlog, putlock*; ztužení: *diagonal strut, angle brace*; žebřík: *ladder*;

(73) podezdívka: *base course, plinth wall, plinth*;

(74) zeď: *brick wall*; cihla: *brick*; malta: *mortar*; tvárnice: *block, hollow b.*; betonová t.: *concrete b., concrete masonry unit, CMU*; zdivo: *brickwork, stonework*; vrstva zdiva: *course*; vazba zdiva: *masonry bond*; běhounová vazba: *stretching bond*; vazáková v.: *heading b.*; křížová v.: *cross b.*; v. komínového zdiva: *chimney b.*; spára: *joint*; ložná s.: *bed j.*; svislá s.: *perpend, perpendicular*;

(75) schodiště: *staircase, stairs*; schodišťový světlík: *staircase shaft, staircase well*; schodišťové rameno: *flight of stairs*; podesta: *landing*; schodnice: *stringer*; stupeň: *step, stair*; šířka stupně: *run*; výška s.: *rise*; stupnice: *tread*; podstupnice: *riser*;

(76) terasa: *terrace*; balkon: *balcony*; veranda: *sun lounge, sun parlor* (am.); zábradlí: *balustrade, railing*; madlo: *hand-rail, guard rail*; stojka v zábradlí: *balustre*;

(77) střecha: *roof*; plochá s.: *flat r.*; sedlová s.: *pitched r., gable r., saddle r., saddleback r.*; valbová s.: *hipped r.*; pultová s.: *pent r.*; mansardová s.: *mansard r.*; stanová s.: *pavilion r.*; routová s.: *hip-and-valley r.*; šedová s.: *sawtooth r.*; s. s vrcholovým světlíkem: *monitor r.*; kupole: *dome r., bell r.*; volské oko: *bull's eye*; větrací otvor: *roof vent*; hromosvod: *lightning rod*;

(78) římsa: *cornice*; okap (dolní okraj střechy): *eaves, lower edge*; hřeben: *ridge, upper e.*; nároží: *penetration e.*; úžlabí: *valley*; štít: *gable*;

(79) střešní konstrukce, krov: *roof structure*; vazník: *roof truss*; krokev: *rafter*; vazný trám: *tiebeam*; vaznice: *purlin*; pozednice: *wall plate, top p.*; lať: *batten, lath*; kleštiny: *ridge beam*; sloupek: *Queen post*; bednění: *boarding*; vzpěra: *strut, brace, principal*, (am.) *angle brace, knee b.*; pásek: *web member*;

(80) krytina: *roofing, roof covering*; taška: *tile*; hřebennáč: *ridge t.*; keramická t.: *clay t., tile*; břidličná t.: *slate t., slate*; došek: *thatch*; šindel: *shingle*; kanadský, bonnský š.: *bitumen s., asphalt s.*; plechová krytina: *metal roofing*; vlnitý eternit: *corrugated asbestos sheet*;

(81) oplechování, lemování: *flashing*; krycí lišta: *counterflashing*; žlab: *gutter*; svod: *downpipe, downspout* (am.); koleno: *swan's neck*; hák (žlabový): *clip*;

(82) komín: *chimney*; komínové těleso: *chimney stack*; komínová zeď: *chimney wall*; průduch, sopouch: *flue*; sopouch: *throat*; komínová vložka: *liner, parging*; komínová hlava: *chimney head*;

(83) okno: *window*; o. otočné: *swing w., vertical pivoting w.*; sklepní okno: *cellar w., basement w.*; střešní o.: *skylight*; vikýř: *dormer*; anglický dvorek: *window well*; dvojité zasklení: *double glazing*; okenní rám: *frame*; ostění: *reveal*; šambrána: *jamb*; parapetní deska: *window ledge, window sill*; okenice: *shutter*; žaluzie: *jalousie*; okenní tabule: *pane*;

(84) dveře: *door*; posuvné d.: *sliding d.*; zápraží: *porch*; práh: *threshold*; nadpraží: *lintel*; závěs: *hinge*; klika: *handle, doorknob*; zámek: *lock*; dveřní výplň: *pane*;

(85) zámečnický výrobek: *insert, ironmongery*;

Milík Tichý

Konference, semináře, kolokvia

IV. KONFERENCE O TECHNOLOGII BETONU

Česká betonářská společnost při ČSSI (skupina technologie Praha) ve spolupráci s organizacemi:

- Vodní stavby a.s. Praha,
- Armabeton a.s. Praha,
- Cementárny a vápenky Prachovice,
- Kloknerův ústav ČVUT Praha,
- Česká národní skupina RILEM

uspořádala 7. února 1995 v Praze IV. konferenci o technologii betonu se zaměřením: "Možnosti technologie betonu pro snižování energetických a ekologických dopadů jeho výroby."

Po vystoupení představitelů spolupracujících organizací pokračovalo vlastní jednání konference ve čtyřech tematických okruzích:

- Vliv stavební výroby na životní prostředí
- Možnosti technologie betonu
- Celoživotní vzdělávání v oboru

– *Příklady aplikací*

Konference se zúčastnilo 125 odborníků z výrobních, podnikatelských, projekčních i vědeckých organizací a vysokých škol. Průběh byl veden ve svižném tempu na podkladě předem připraveného programu a vystoupení jednotlivých autorů pouze doplňovala a rozšiřovala text sborníku.

Ing. Bohumil Horký, CSc., Kloknerův ústav ČVUT, Praha

MODERN DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES

Skandinávské sympozium

Doba a místo konání:

3. až 5. květen 1995, Aalborg, Dánsko

Pořadatel:

Univerzita v Aalborgu

Tématika:

Perspektivy technologie betonu – experimentální a počítačové vyšetřování prostého betonu – budoucnost výpočtu betonových konstrukcí

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden.

Adresa sekretariátu:

*Kirsten Aakjaer
Aalborg University
Sohngaardsholmvej 57
DK – 9000 Aalborg, Denmark*

Telefon: +45-98-154211-6632, **Fax:** +45-98-148243

UTILIZATION OF HIGH STRENGTH/HIGH-PERFORMANCE CONCRETE – BHP 96

4. mezinárodní sympozium

Doba a místo konání:

29. až 31. květen 1996, Paříž, Francie

Pořadatel:

Association française pour la construction

Tématika:

Použití betonů o vysokých pevnostech a s mimořádnými vlastnostmi (HS/HPC). Mechanické vlastnosti takových betonů. Projektování konstrukcí. Normalizační hlediska. Uskutečnění a zamýšlené akce, kde se použily betony HS/HPC.

Účastnický poplatek:

3500 fr. franků při platbě do 15.3.1996

Adresa sekretariátu:

*BHP 96
École nationale de ponts et chaussées
28, rue des Saints-Pères
75343 Paris, France*

Telefon: 0033-1-44582822, **Fax:** 4458276

SANACE BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

V. sympozium

Doba a místo konání:

10. až 11. květen 1995, Brno

Pořadatel:

Sdružení pro sanaci betonových konstrukcí se sídlem v Brně

Tématika:

Vady a poruchy betonových konstrukcí – zkoušení a diagnostika – sanace betonových konstrukcí – zesilování betonových konstrukcí – dělení a úprava povrchu betonových konstrukcí –

sanační hmoty na silikátové bázi – sanační hmoty na bázi nesi-likátové – stříkané betony

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden

Adresa sekretariátu:

*SSBK
Burešova 17
660 02 Brno*

Telefon: 05-4121 1624, **Fax:** 4121 1874

STRUCTURAL LIGHTWEIGHT AGGREGATE CONCRETE

Mezinárodní konference

Doba a místo konání:

20. až 24. červen 1995, Sandefjord, Norsko

Pořadatel:

Norwegian Concrete Association

Tématika:

Design – construction – materials – concrete production, transportation and placing

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden

Adresa sekretariátu:

*Mrs. Siri Engen
Norwegian Concrete Association
P.O.Box 2312, Solli
Dronning Maudsgt 15
N-0201 OSLO, Norway*

Fax: +47 22 94 75 02

COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING

6. mezinárodní konference

Doba a místo konání:

12. až 15. červenec 1995, Berlin, Německo

Pořadatel:

Technologie-Vermittlungs-Agentur Berlin e.V.

Tématika:

Methods for design and presentation – modeling – algorithms – practical application of computers

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden

Adresa sekretariátu:

*Technologie-Vermittlungs-Agentur Berlin e.V.
Ms. Ingeborg Engelhardt
Kleiststraße 23-26
D-10787 Berlin*

Telefon: +49-30-210003-53, **Fax:** +49-30-3130807

EXTENDING THE LIFESPAN OF STRUCTURES

Sympozium

Doba a místo konání:

23. až 25. srpen 1995, San Francisco, CA, USA

Pořadatel:

International Association for Bridge and Structural Engineering

Tématika:

Evaluation of existing structures – monitoring and maintenance for longer life – strengthening for improved seismic performance – design and construction issues

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden.

Adresa sekretariátu:

Secretariat of IABSE
ETH-Honggerberg
CH-8093 Zurich, Switzerland

Telefon: +41-1-6332647, **Fax:** +41-1-3712131

DYNAMIC BEHAVIOUR OF CONCRETE STRUCTURES

Mezinárodní konference

Doba a místo konání:

5. až 8. září 1995, Košice, Slovensko

Pořadatel:

The International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures

Tématika:

New experimental testing methods – modal analysis of structures – dynamic testing of bridges – dynamic influence of machines in industrial buildings – the wind effect into the sky-buildings and towers – earthquake influences to the concrete structures – impact loads and impulsive loading

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden

Adresa sekretariátu:

Prof. Tibor Javor, EXPERTCENTRUM
Šulekova 8
811 06 Bratislava, Slovensko

Fax: +42-7-311738

STRUCTURAL ENGINEERING

15. kongres

Doba a místo konání:

16. až 20. červen 1996, Copenhagen, Dánsko

Pořadatel:

International Association for Bridge and Structural Engineering

Tématika:

Environmental impact of large engineering works – structural engineering for sustainable development – aesthetics in structural engineering – structural engineering and mitigation of natural disasters – high performance structural materials

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden

Adresa sekretariátu:

IABSE Congress 1996
c/o DIS Congress Service Copenhagen A/S
2C, Herlev Ringvej
DK-2730 Herlev, Denmark

Telefon: +45-44-924492, **Fax:** +45-44-925050

CONFERENCE '95

Konference

Doba a místo konání:

31. srpen až 1. září 1995, Auckland, New Zealand

Pořadatel:

The NZ Concrete Society and the Cement and Concrete Association of New Zealand

Tématika:

Feature sessions on design – construction – prefabrication – materials and seismic research – particular reference to seismic design and construction

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden.

Adresa:

New Zealand Concrete Society Inc
PO Box 12, Beachlands
Auckland, New Zealand

ROADWARE '95

Mezinárodní silniční a mostní veletrh a konference

Doba a místo konání:

27. až 29. červen 1995, Praha

Pořadatel:

Silniční společnost Praha

Tématika:

Výstavba silnic a dálnic ve střední a východní Evropě se zaměřením na kvalitu

Účastnický poplatek:

3 700 Kč

Adresa sekretariátu:

Agentura VIACO
Jindřich Volf
Patočkova 93
169 00 Praha 6

Tel./fax: 02-3517161

POST-TENSIONED CONCRETE STRUCTURES

Symposium FIP 1996

Doba a místo konání:

25. až 27. září 1996, London

Pořadatel:

UK Member Group – The Concrete Society

Tématika:

The FIP Symposium will be a major event the concrete industry's activities in 1996 and will provide an important examination of post-tensioned concrete in all its structural forms. Lessons learnt from the world-wide stock of post-tensioned structures will be examined, as well as new and novel uses of post-tensioning for the future. Bridges, buildings, arches, retaining walls are among the types of structures to be considered. Post-tensioning as a means of up-grading, and strengthening existing structures will be included. Design, construction, materials and assessment will be covered.

Účastnický poplatek:

není v pozvánce uveden

Adresa sekretariátu:

The Secretariat
FIP Symposium on Post-tensioned Concrete Structures
The Concrete Society
3, Eatongate, Windsor Road, Slough SL1 2JA, UK

Telefon: 0753 693313, **Fax:** 0753 692333

Zájemci o prezentaci příspěvku na sympoziu obdrží na požádání v redakci Vydavatelství ČBS potřebný formulář.

ARCHITEKTURA A BETON



Odbavovací budova společnosti TWA na Kennedyho letišti v New Yorku je posledním dílem významného architekta **Eero Saarinen**. Monumentální architektura - plastika z betonu a skla z padesátých let - představuje realizaci autorovy osobní syntézy orientované ke zdůraznění výtvarně plastických hodnot stavby. Konstrukce s rozponem do 95 m je exkluzivním příkladem využití betonu jako tvárného materiálu uplatněného v exteriéru i interiéru budovy. Připomeňme, že návrh a realizace je z období, kdy nebyla k dispozici výpočetní technika.



Foto a text:
Ing. Pavel Čížek