

Havárie a poškození stropů provedených systémem W a systémem Prefa-monolit – teorie samosvornosti – předpjaté hlavice – vyšetřování případu

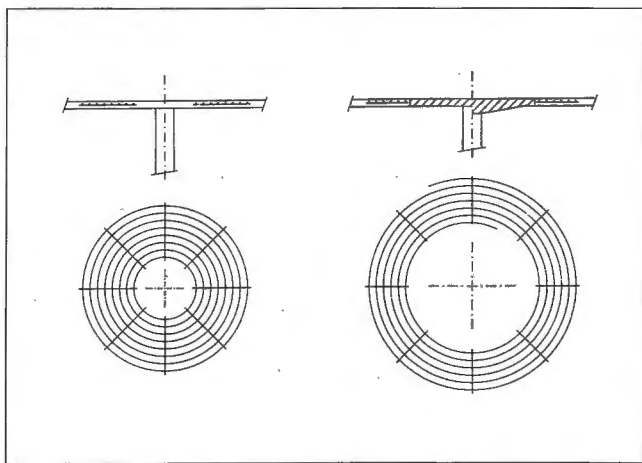
*Autorské osvědčení č. 155 991
se zrušuje v plném rozsahu.*

Tak zní rozhodnutí předsedy Úřadu průmyslového vlastnictví ze dne 17. prosince 1993 týkající se autorského osvědčení o názvu "Výztužná rohož pro vyztužování bezprůvlakových stropních desek". Jeho autorem byl Prof. Dr. Ing. Josef Wünsch, DrSc. Je to jakási tečka za případem, který se rozvíjel téměř třicet let a který zamotal hlavu mnoha lidem, odborníkům i neodborníkům. Možná, že to ani není tečka definitivní. O co vlastně šlo? Není tak jednoduché celou věc popsat; pozadí problému bylo složité a vlastně to byly problémy dva.

Předpjatá hlavice

Někdy v polovině šedesátých let přišel Josef Wünsch (1910 – 1988) s myšlenkou využít švédských poznatků získaných experimentálně na kruhových železobetonových deskách namáhaných na protlačení. Zkoušky provedli ve Stockholmu Kinnunen a Nylander [1]. Dospěli při nich mimo jiné k závěru, že beton má účinkem radiálních tlakových napětí působících v rovině desky větší pevnost v tlaku než při jednoosém namáhání. Nebylo to nic mimořádně nového, oba pánové nepředstírali, že něco objevili; ověřili vlastně jen to, co bylo celkem známé, a ukázali jak tento triviální jev zužitkovat při navrhování bezhlavicových, bodově podepřených desek. Profesor Wünsch jejich myšlenku dále rozvinul, a navrhl, aby se do prefabrikované kruhové ploché hlavice záměrně vnesla tlaková napětí ovinutím předpínací výztuží. V roce 1967 podal spolu s Ing. Antonínem Šulákem přihlášku vynálezu, na který pak byl v roce 1972 udělen patent 144928 "Monolitický železobetonový strop". Název byl poněkud nepřesný, neboť hlavním přínosem vynálezu byla právě předpjatá hlavice.

Ovinutí hlavice předpínací výztuží bylo sice dobrým nápadem, ale jeho realizace měla několik zásadních nedostatků.



Obr. 1 – Uspořádání výztužné rohože v oblasti, kde je deska podepřena sloupem. Schémata jsou převzata až na drobné úpravy z popisu zrušeného vynálezu 155991. Radiální pruty a mají pouze funkci rozdělovací výztuže

Především statický výpočet desky byl přinejmenším podivný. Nedal se vlastně kontrolovat, autor například místy zaváděl různé neodůvodněné přibližnosti, které naopak na jiných místech výpočtu nerespektoval. Patrně by bylo lépe navrhnout hlavice bez výpočtu pouze na základě zkoušek; ostatně jsme toto museli při ověřování spolehlivosti vyrobených hlavic ve dvou případech udělat.

Dalším, a to hrubým nedostatkem bylo podcenění mezních stavů použitelnosti, zejména pokud jde o vznik trhlin. Ukázalo se, že desky byly navrženy jen na únosnost, a to navíc jen při působení svislého, po obvodě hlavice rovnoměrně rozděleného zatížení.

Třetím nedostatkem byla nedostatečná ochrana předpínací výztuže proti korozi, neboť nebyla dodržena normová ustanovení o krycí tloušťce betonu.

Chybělo konečně jakékoliv posouzení spolehlivosti desek během výroby a zhodnocení vlivu vysokých napětí mladého betonu, vnesených předpínáním, na jeho strukturu, vznik mikrotrhlin apod. Některé hlavice se již při výrobě porušovaly účinkem sil od ovinutí. To samo o sobě mělo být varováním, že něco není v pořádku.

Teorie samosvornosti

Prof. Wünsch se však neomezil pouze na předpjatou prefabrikovanou hlavici. Prakticky souběžně navrhl, aby se monolitická část bodově podepřeného stropu "připojila" k betonové hlavici (předpjaté nebo nepředpjaté) tzv. samosvorným účinkem výztuže uspořádané buď ve spirále nebo v soustředných kruzích kolem hlavice (obr. 1). Tuto myšlenku dal chránit autorským osvědčením, které jsme citovali v úvodu; bylo schváleno v roce 1974 na základě přihlášky z r. 1972.

V osvědčení se mimo jiné uvádí:

Rohože podle vynálezu jsou výhodné pro vyztužování stropů s prefabrikovanými železobetonovými nebo ocelovými hlavici, jež jsou například předpnuty, protože se rohože uloží kolem hlavic, aniž by bylo nutno hlavice opatřovat vyčnívající radiální zabetonovanou nebo přivínutou výztuží. Styk hlavic, například ve formě kónických skořepin, se stropní deskou se tím podstatně zjednodušuje a usnadňuje se i jejich výroba, protože zajišťování vyčnívajících radiálních prutů velmi ztěžovalo výrobu a tyto pruty překážely při dopravě hlavic.

Autor vynálezu podlehl totiž klamně představě, že tahové síly v koncentrické výztuži (umístěné při horním povrchu monolitické desky), vzniklé svislým rovnoměrným zatížením desky, vyvodí dostatečně veliké dostředně působící radiální tlaky. Tím se dobetonovaná část měla přitlačit k hlavici a radiální síly měly vyvodit tření, které by přeneslo posouvající síly. Autor tak dospěl k mylnému závěru, že styk hlavice s deskou nemusí být opatřen smykovou výztuží. Všimněte si citovaného odstavce z autorského osvědčení.

Myšlenku se autor snažil doložit buď složitým výpočtem (který však byl podobně jako v případě hlavic nesrozumitelný a nekontrolovatelný) anebo naopak zcela jednoduchou podmínkou spolehlivosti [2]

$$T \leq s k N$$



kde T = posouvající síla od zatížení (tato síla působí po obvodě hlavice), N = radiálně působící normálová síla vyvolaná samosvorností výztuže, k = součinitel tření, s = stupeň bezpečnosti. Podmínka je však ze *spolehlivostního hlediska* zcela chybná. Především by měla správně znít

$$T \leq \frac{s \cdot k}{2} N$$

tj. stupeň bezpečnosti musí být ve *jmenovateli* a nikoliv v čitateli pravé strany (je zvláštní, že tato chyba po léta unikala pozornosti a teprve v roce 1992 na ni přišel Ing. Ladislav Pazdera z Metrostavu). Dále je podmínka chybná tím, že její pravá a levá strana jsou na sobě přímo závislé, a *stupeň bezpečnosti nelze tedy k hodnocení spolehlivosti v tomto případě vůbec použít*. Avšak podmínka je chybná i ze *statického hlediska*. Normálovou sílu stanovil totiž prof. Wünsch z chybného modelu působení kruhové desky vyztužené kruhovou výztuží. Dospěl tím k nereálně vysoké hodnotě radiální síly, která neodpovídala skutečnosti.

Prof. Wünsch se snažil dokázat teorii samosvornosti také jednoduchým *modelem obručového působení* [2]. Model však nezobrazoval složitý stav napjatosti v okolí desky; při podrobnějším vyšetření jeho *kinematických vlastností* by se spíše ukázala nebezpečnost tzv. teorie samosvornosti.

Někdy také autor tvrdil, že výpočet, jsouc předmětem ochrany autorských práv, je uložen v trezoru, a odmítal ho předložit k posouzení nebo ověření. To by pochopitelně bylo dostatečným důvodem k tomu, aby se návrh použít patent zamítl; avšak politické ovzduší tehdejších let přálo podivným vynálezům. Mnoho kvalifikovaných odborníků podlelo teoretickému výkladu prof. Wünsche, vzalo věc bez diskuze, byť třeba se smíšenými pocity, na vědomí, a vynálezy realizovalo v rozporu nejen s předpisy a se zásadami navrhování železobetonu, ale také se zdravým rozumem. Musím ovšem zdůraznit, že většina statických teorií ubránila a navrhla dostatečnou radiální výztuž. Na obhajobu těch, co teorii samosvornosti přijali jako slovo boží, je nutno říci, že její myšlenka byla mimořádně svůdná a autorova argumentace působila přesvědčivě. Vyskytl se však muž, který fundovaně a aktivně proti myšlenkám prof. Wünsche vystoupil. Zmíníme se o něm v druhé části těchto technických vzpomínek.

Pokud se v konstrukci uplatnila pouze spirálová, popřípadě kruhová rohož, označovalo se konstrukční uspořádání jako *systém W*; jestliže se systém W použil současně s předpjatými hlavicemi, označovalo se to jako *systém Prefa-monolit* (v prvních obdobích se takto označovala i jen pouhá kombinace předpjaté hlavice bez použití systému W).

Výjimka z normy

Je samozřejmé, že pro navrhování konstrukcí se mnohdy nedají normy použít tam, kde jde o nová řešení nebo nové výrobky. V takových případech lze ovšem provést náležité zkoušky, a chování nosných prvků ověřit experimentálně. K tomu se však v daném případě nepřistoupilo. Aby čelil pochybnostem některých inženýrů, požádal prof. Wünsch v r. 1976 prostřednictvím jednoho dodavatelského podniku o výjimku z ČSN 73 1201, která by systémem Prefa-monolit normativně podepřela. Byl jsem tehdy předsedou *Stálé normalizační komise pro betonové konstrukce*; návrh, který jsem dostal k vyjádření, se mi nezdál být odůvodněný a byl i podivně formulován. Výkresy, jež nám byly předloženy, zřetelně ukazovaly, že není dostatečně zabezpečeno spojení monolitické desky s předpjatou hlavicí. Proto jsem komisi navrhl, aby žadatel o výjimku z ČSN 73 1201 doložil svůj návrh podrobnou expertizou. Členové komise toto stanovisko podpořili, neboť většina z nich měla o věci vážné pochybnosti. V písemném vyjádření jsme žadatele na problém styku hlavice s deskou výslovně upozornili.

Expertizu však nikdo nezpracoval, údajně na to nebyly finanční prostředky... Konstrukce se začaly realizovat bez jakéhokoliv oprávnění, přičemž nebyla dodržena řada normativních ustanovení. Například se vůbec neověřovaly mezní stavy přetvoření a šířky trhlin, stropní desky byly nedostatečně vyztuženy, nedodržela se řada konstrukčních ustanovení.

Později se několikrát tvrdilo, že tehdy Stavební ústav ČVUT (dnes Kloknerův ústav) dal souhlas k výjimce z ČSN 73 1201 umožňující realizaci systému Prefa-monolit. Nic takového se však nestalo; tvrzení byla klamná.

Havárie OAC

Dne 26. října 1979 ve 2:30 h havarovaly dvě stropní desky systému Prefa-monolit na stavbě Obchodního a administrativního centra (OAC) v Praze 7. Během několika sekund se tehdy zřítlo 1500 m³ betonu (*obr. 2*). Stalo se to v nočních hodinách, kdy na horní desce pracovali pouze tři dělníci. Těm se naštěstí podařilo během kolapsu uprchnout, takže si nehoda nevyžádala žádné oběti. Kdyby k tomu bývalo došlo, *vyčítal bych si, že jsem se nesnažil učinit vše, aby se realizaci konstrukce, která nerespektovala základní pravidla železobetonu, zabránilo*. Bylo by to ovšem marné snažení, neboť se vždy najde dost lidí, kteří nesmyslná řešení obhajují, a to zvláště tehdy, mají-li politickou podporu nebo politickou a třeba i ekonomickou motivaci. Ostatně jsem ani nevěděl, že se Prefa-monolit realizuje.



Obr. 2 – A takto to dopadlo 26. října 1979. Fotografie ze staveniště budovy Obchodního a administrativního centra v Praze 7 dopoledne po zřícení dvou stropních desek o celkovém objemu 1500 m³ betonu

Po havárii OAC byla tehdejší českým ministerstvem stavebnictví zřízena *odborná komise*, která měla vysvětlit příčiny zřícení a eventuálně navrhnout, jak by se myšlenka dala dále používat při zachování zdánlivých výhod systému. Komise, jejímž předsedou byl zpočátku prof. Jiří Klimeš, se v prvním roce činnosti zaměřila pouze na problém *spojení monolitické desky s hlavicí*. O hlavici samotné nikdo nevznesl pochybnosti. Bylo prohlédnuto několik víceméně náhodně vybraných objektů projektovaných za účasti prof. Wünsche. Na objektech byla nalezena závažná poškození: rozevírání spáry mezi hlavicí a deskou a nápadné, až 2 mm široké trhliny na horním povrchu desek ve spojnicích sloupů. Tyto trhliny měly jednoduchý původ: z neznámé příčiny autor projektů podcenil vliv záporných momentů působících v desce kolmo na spojnice sloupů, a proto do těchto míst prostě nevložil žádnou výztuž. Důvod k tomu byl ovšem praktický: zjednodušilo se tak provádění

konstrukce. Skutečnost, že konstrukce s trhlinami působila zcela jinak, než se předpokládalo, nebyla vzata v úvahu. Tím se vyznačovaly všechny projekty založené na systému W nebo systému Prefa-monolit, při nichž se prof. Wünsch aktivně zúčastnil projektování.

Prohlédl jsem tehdy dva takto postižené objekty a zapsal jsem do stavebních deníků, že konstrukce jsou vážně ohroženy. V obou případech byla ihned zastavena stavba až do vyřešení případu. Tato moje opatření měla jeden zajímavý důsledek: aniž bychom to přirozeně věděli, bylo proti Jiřímu Krchovovi a mně zahájeno šetření, zda nemáme úmysl poškozovat socialistické stavebnictví. O tom jsme se dozvěděli až později. Šetření bylo zastaveno, protože došlo k další havárii.

Havárie v Jirkově

Konstrukce nákupního střediska v Jirkově u Chomutova, která byla již zesílena doplněnou smykovou výztuží nad hlavicemi, se porušila pod vlastní tíhou a tíhou mokrého sněhu, a to *protlačěním hlavice*. Shodou okolností jsem byl několik dní před touto událostí projektantem požádán, abych se vyjádřil k jakési úpravě hlavice, kterou navrhoval. Musel jsem proto tentokrát důkladně prostudovat Wünschovo řešení, a zjistil jsem – ke svému zděšení –, že *ani hlavice není staticky v pořádku*. Tento poznatek jsem předložil na nejbližším zasedání odborné komise, načež shodou okolností několik minut po mém výkladu přišla zpráva, že došlo k oné havárii. Jako bych si to byl býval objednal.

Prvotní příčinou havárie v Jirkově paradoxně nebyla v konstrukčním uspořádání, ale v naprosté nekvalitě předpjatého betonu,

kteřý byl děravý jak řešeto tak, že jím protékala voda! Nekvalita se zjistila již při průkazných zkouškách, kdy zaměstnanci zkušebny prolévají dílec vodou. Přesto se hlavice schválila k použití. – Jirkovská havárie odvrátila pozornost od Stavebního ústavu. Byla ihned ustavena "porada tří ministrů" tehdejší ČSR – ministrů výstavby a techniky, stavebnictví a vnitra –, která se zpočátku scházela ob týden, činila kupodivu rychlá a účinná rozhodnutí a ukončila svou činnost teprve v dubnu 1986. Přitom se ukázalo, že před kolapsem OAC došlo již dříve k havárii střešní desky na jednom objektu v Kutné Hoře. O tom se do té doby nevědělo, neboť událost byla prováděcím podnikem, na který svalil autor vynálezu odpovědnost, utajena před nadřízenými orgány, její příčina se proto řádně nevyšetřovala, a tak zůstala stranou pozornosti.

Dokončení příště

Literatura

[1] Kinnunen S., Nylander H.: *Punching of Concrete Slabs without Shear Reinforcement*. Transactions of the Royal Institute of Technology, Nr. 158, Stockholm, 1960, 112 ss.

[2] Wünsch J.: Zpětná vazba mezi betonem a jeho zakřivenou výztuží. *Inženýrské stavby*, 1983/7, s. 352–359; diskuse (E. Horáček, J. Zvara) 1984/5, s. 307–314; 1985/7, s. 394–401.

Milík Tichý, Karolíny Světlé 14, 110 00 Praha 1

BETON A ZDIVO

1994/3

CONCRETE AND MASONRY

Keywords

Jaromír Vrba

Regional archives in Olomouc

archives; performance requirements; precast columns; reinforced concrete floor slab; flat slab floor; brickwork; bracing; building costs; material consumption

Milík Tichý

The end of an invention

reinforced concrete; prestressed concrete; flat slabs; precast prestressed column caps; structural failures; collapse; cracks; deflections; patents

Josef Kubíček

A highway bridge in Pardubice

highway bridges; composite structure; bridge floor; piles; abutments; precast prestressed beams; monolithic slab; precast elements

Vladimír Urban

CEB Advisory Committee meeting in Oostende, September 1994

CEB; FIP; prefabrication; international organization; education

František Futera

The building of the Czech Insurance Company in Hradec Králové

flat slab floor; precast columns; precast column caps; bracing walls; structural design; software; architects

Milan Svoboda, Zdeněk Bažant

Extension of a hospital in Brno

building extension; steel structures; joints; execution

Bohumír Voves

Faults in the execution of prestressed concrete structures

defects; prestressed concrete; anchorage; prestressing reinforcement; cable supports; cavities in structures

Jiří Bradáč

Structural concrete at the Brno Institute of Technology

education of structural engineers; concrete structures; universities; history

Vlastimil Holas

Concrete flag pavement

flags; pavement; concrete; costs