

aniž by došlo k výraznému poklesu konečných pevností (po 28 dnech proti nulovému betonu).

V Kloknerově ústavu byly laboratorně ověřovány vlastnosti řady urychlujících přísad jak tuzemského, tak zahraničního původu: Alsit, Vukosal, Testudix AB, URL 02 (Torganit L 02), Barra Gunit, Uma Gunit a Sigunit N 71. Z těchto sledovaných přísad má nejpříznivější vliv na zvýšení počátečních pevností betonu přísada Barra Gunit. Ta však negativně působí na konečnou 28-denní pevnost, kde klesá pevnost o cca 45%. Nejpomalejší nárůsty pevností jeví směsi s přísadou Alsit, resp. Vukosal, přičemž tyto přísady též negativně působí na konečnou pevnost. Směsi s přísadou Testudix lze hodnotit jako dobré. Uvedená přísada příznivě působí na urychlení počátečních pevností s tím, že konečná pevnost klesá o cca 40%. Celkově nejlepší výsledky vykazují

směsi s přísadou Sigunitu a zejména URL 02, u kterých jsou poměrně dobré nejen počáteční pevnosti, ale i konečné pevnosti, které jsou proti nulovému betonu dokonce vyšší.

Ze zhodnocení dosud získaných výsledků a zkušeností vyplývá, že stříkané betony jsou v oblasti tunelového stavitelství velmi racionální a ekonomicky výhodnou technologií.

Ing. Tomáš Klečka, CSc.

vědecký pracovník Kloknerova ústavu ČVUT, kam nastoupil po absolvování VŠCHT Praha v r. 1974. V KÚ ČVUT řeší výzkumné úkoly spojené s problematikou trvanlivosti a technologie betonu. Deset let působil jako technický poradce při stavbě Nové odvodňovací štoly v Banské Štiavnici.

VLASTNOSTI STŘÍKANÉHO BETONU DO STÁŘÍ 24 HODIN

Podzemní konstrukce - stříkaný beton - mechanické vlastnosti po 24hodinách - kalibrační vztahy - zkoušky krychelné pevnosti a modulu pružnosti.

Spolehlivost stříkaného betonu hlavně ve složitých hydrogeologických poměrech vyžaduje znalost jeho základních mechanických vlastností jako je krychelná pevnost v tlaku $R_{c,cu}$ a výpočtový statický modul pružnosti v tlaku E_e a to v reálných teplotních a vlhkostních poměrech i do jeho stáří 24 hodin. Vlastní pokus byl realizován přímo na stavbě prodlužování trasy B pražského metra do stáří 72 hodin.

Kalibrační vztahy mezi měřeními a požadovanými vlastnostmi betonu byly stanoveny experimentálním programem na Kloknerově ústavu. Pro zjištění vlastností betonu v místě uložení byly použity vtačovací a špičkové metody pevnosti, rychlost UZ vlnění s realizací na zkušebních vzorcích 500/500/200 mm. Požadované vlastnosti byly definovány hodnotami $R_{c,cu}$ s uplatněním zkušebních těles 100/100/100 mm a E_e použitím trámčů 100/100/400mm. Laboratorní tělesa byla ošetřována a umístěna v prostředí odolném teplotně vlhkostním poměrům stavby.

Při zjišťování vlastností na stavbě i při experimentálním programu byly zachovávány příslušné postupy podle ČSN 73 1311 až 73 1373 a dalších souvisejících zkušebních standardů.

Kontrolní normová pevnost (vzorky uložené v klimatizovaném vlhkém prostředí podle ČSN 73 1311 do stáří 28 dní) dosáhla hodnoty $R_{c,cu} = 20,9$ MPa při hmotnostní koncentraci cementu PC 400 c = 372 kg.m⁻³, s upraveným kamenivem Chržín na

stavbě do podmínek frakce 0-4 a uplatněním přísady Torganit v koncentraci $p = 18,5$ l.m⁻³.

Na podkladě zjištěných a zhodnocených výsledků lze uvažovat při podmínkách stavby (teplota vzduchu 9 až 12°C a jeho relativní vlhkost 85 až 95%) s nárůstem pevnosti $R_{c,cu}$ i modulu E_e a průběhem jejich vzájemného poměru:



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

Stáří (hod.)	2	4	6	8	16	24	72
$R_{c,cu}$ (MPa)	0,38	1,12	2,20	3,54	7,93	9,60	13,15
E_e (GPa)	-	3,78	5,71	6,16	8,61	9,74	11,24
$E_e/10^3 R_{c,cu}$	-	3,38	2,60	1,74	1,09	1,01	0,85

Získané hodnoty tak umožňují reálný přepočítání a posouzení napětí i deformace podzemní konstrukce v počáteční fázi její funkce a v jejích skutečných podmínkách.

ZKUŠENOSTI S VYUŽÍVÁNÍM VÝPOČETNÍ TECHNIKY VE ZKUŠEBNĚ A. S. ARMABETON

Řízení jakosti - druhy zkoušek ve zkušebně a. s. Armabeton - používaný software pro vyhodnocení zkoušek betonu a zemin a jejich fakturaci.

Zkušebna a. s. Armabeton má standardní vybavení pro prokazování jakostních parametrů stavební výroby a výstavbových technologií v oboru zemních prací, betonářských prací a prací defektoskopických. Pro tyto vyjmenované obory provádí zkušebna kontrolní zkoušky a jejich výsledky jsou využívány k systémovému řízení jakosti v celé akciové společnosti.

Pro ilustraci uvádíme stručně přehled prováděných zkoušek:

- kameniva (zrnitost, objemová a sypaná hmotnost, odplavitelné látky, humusovitost, tvarový index, mezerovitost),
- betonářské oceli (mechanické zkoušky),
- betonu (tlak, tah za ohybu, vodotěsnost, mrazuvzdornost, nedestruktivní zkouška Schmidovým tvrdoměrem),
- zemin (vlhkost, objemová a měrná hmotnost, zrnitost, Atterbergerovy meze, pedometrický modul stlačitelnosti, smyková pevnost, Proctorova zkouška, zkouška zhutnění radiačním hutnoměrem),
- cementu (pouze do 1.8. 1993),
- zkoušky defektoskopické (svary a vybrané materiály prozáření).

Tyto vyjmenované zkoušky zajišťuje ve zkušebně nebo v terénu celkem šest pracovníků.

Dnes už by bylo nemyslitelné takovou druhovost prací provádět bez

používání výpočetní techniky. Kapacita jednoho, ve zkušebně používaného počítače typu 286 Olymp s tiskárnou EPSON FX - 1050, začíná být nedostatečná. Počítač je vybaven těmito programy:

- fakturace všech zkoušek prováděných zkušebnou,
- hodnocení laboratorních zkoušek zemin podle ČSN 721002 až ČSN 721006,
- vyhodnocení kontrolních zkoušek betonu dle ČSN 732400 včetně hodnocení statistického,
- hodnocení dle metodiky TAZÚS,
- vyhodnocení kontrolních zkoušek betonu dle ČSNP ENV 206.

Z uvedených programů nejvíce využíváme programy pro vyhodnocování kontrolních zkoušek betonu, a to pro pět betonáren a. s. Armabeton a pro tři betonárny cizí. V celém procesu kontrolní činnosti použijeme "propisku" pouze pro zápis objemové hmotnosti krychle a tlakové síly. Programy pro kontrolní zkoušky betonu nám na zakázku dodala spol. s r. o. X Data. Naše zkušebna je s programy spokojena, a to i s dnes již



*Ing. Alena Šrůtková
a. s. Armabeton*

nevyžívanou metodikou hodnocení TAZÚS. S jejich pomocí lze nejen jakostní parametry dodaného betonu dokladovat, ale navíc na betonárnách operativně řídit technologii výroby betonu. Grafické záznamy využívají betonárny k jejich prezentaci při nabídkové činnosti.

Závěrem můžeme doporučit betonárnám, které mají požádáno o certifikaci systému jakosti pro výrobu betonu podle norem ISO řady 9000, použití těchto nebo obdobných programů. Statistická hodnocení betonů, operativní řízení technolo-

gie výroby betonu, interní audity apod. jsou pro tyto normy nezbytností.

Ing. Alena Šrůtková

absolvovala stavební fakultu ČVUT obor pozemní stavby v r. 1972, pět let pracovala v technickém rozvoji s. p. Armabeton Praha, deset let působila v ORKJ s. p. Armabeton Praha a v současné době je vedoucí zkušebny a. s. Armabeton Praha.

EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM LOMOVÝCH VLASTNOSTÍ BETONU A JEHO APLIKACE

Chování křehkých materiálů při porušení - size effect law SEL - systematický výzkum lomových vlastností betonu - únosnost kotevních prvků - únosnost železobetonových desek v protlačení.

Vliv velikosti tělesa na lomové chování stavebních konstrukcí, tj. závislost nosné způsobilosti na charakteristickém rozměru (tzv. size effect law - SEL) u geometricky podobných objektů, je stále předmětem zájmu teoretického i experimentálního výzkumu v oboru betonových konstrukcí. Vyjadřuje pokles nominálního fiktivního napětí při porušení se vzrůstem rozměru tělesa. Vzhledem k nelinearitě jevu nelze problém dostatečně přesně postihnout běžnými numerickými výpočty ani analytickými metodami. Chování křehkých materiálů se dosud posuzuje převážně experimentálně, anebo na základě empirických vztahů.

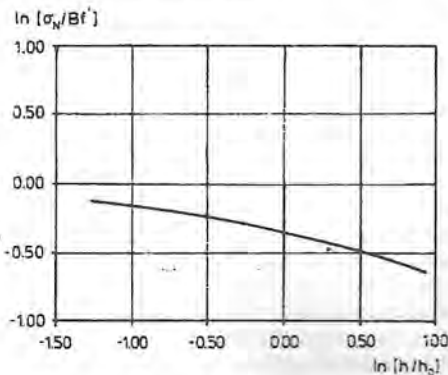
Se systematickým experimentálním výzkumem [1] se započalo v 80-tých letech (Northwestern University, Illinois). Dosud byl experimentálně prokázán SEL na

- vyztužených betonových nosnících namáhaných smykem bez příčné výztuže,
- kroucených prvcích podélně vyztužených bez třmínků,
- deskách vyztužených při jednom povrchu namáhaných v protlačení,
- pull-out zkouškách výztuže,
- zkouškách únosnosti kotevních prvků s hlavou,
- zkouškách vyztužených štíhlých sloupů. - zkouškách těles v příčném tahu,
- zkouškách válců namáhaných soustředěným tlakem.

Zákon je vysvětlován postupným uvolňováním akumulované energie při šíření trhliny v konstrukci. Pro geometricky podobná tělesa [2] vyrobená za stejných podmínek se vyjadřuje vztahem

$$\sigma_N = Bf \cdot (1 + h/h_0)^{-0.5}$$

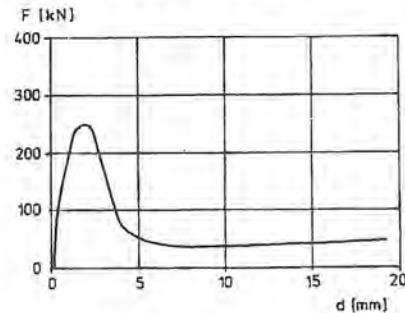
kde σ_N je nominální napětí při porušení, h je charakteristický rozměr tělesa, Bf a h_0 jsou experimentálně odvozené konstanty. Zákon charakterizuje závislost fiktivního napětí, které vzniká v lomové ploše, na charakteristickém rozměru tělesa. Grafické znázornění vztahu v logaritmickém měřítku je na obr. 1.



Obr. 1. Size-effect law

V průběhu let 1991-92 byl v Kloknerově ústavu prováděn rozbor únosnosti ocelových kotevních prvků v betonu [3]. Práce byly realizovány jako společný výzkumný program s Ústavem pro stavební materiály při Stutgartské universitě. Pro experimentální vyšetřování byly použity tři velikosti betonových zkušebních těles s geometricky podobným uspořádáním. Tělesa byla navržena ve velikostech s hloubkou kotvení prvků rovnou 50, 150 a 450 mm.

V současné době se uskutečňuje projekt, ve kterém bude zkoušena únosnost osmiúhelníkových železobetonových desek v pro-tlačení. Desky budou prostě podepřeny v kruhu, jejich velikost a tvar je navržen tak, že zkušební tělesa budou geometricky podobná, tloušťky desek budou 45, 142 a 450 mm. Deformační diagram desky střední velikosti při protlačování ocelového kruhového disku při zkoušce řízené deformací je zobrazen na obr. 2, schéma uspořádání zkoušky střední [4] velikosti těles je zřejmé z obr. 3.



Obr. 2. Deformační diagram desky v protlačení

Výsledky experimentálního výzkumu jsou nenahraditelnými výchozími podklady jednak pro další rozvíjení výpočetních numerických metod [5] právě pro skutečnost, že ukázané zákonitosti nelze jinak než experimentálně odvodit, jednak jsou cennými podklady pro zavádění do příslušných předpisů a norem.

Literatura:

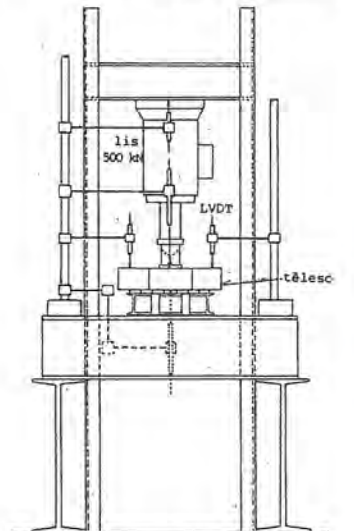
- [1] BAŽANT, Z.P.: Size effect in Blunt Fracture: Concrete, Rock, Metal, Jour. of Engineering Mechanics, ASCE, 110(4), 1984
- [2] BAŽANT, Z.P.-OŽBOLT, J. - ELIGEHAUSEN, R.: Fracture Sizeeffect: I. Review of Evidence for Concrete Structure, Northw. Univ., Evanston, Illinois, 1992
- [3] BOUŠKA, P.: Load Carrying Capacity of Anchor Bolts, In.: Workshop 93, CTU, Prague, 1993
- [4] BOUŠKA, P.: Experimentální výzkum vlivu tloušťky betonové desky na únosnost v protlačení - plotní zkoušky, KÚ ČVUT, 1993 [5] PUKL, R.-MARGOLDOVÁ, J.: Simulation of Pull-out Tests of Anchoring Bolts, In.: Workshop 93, CTU, Prague, 1993

Ing. Petr Bouška, CSc.

absolvoval stavební fakultu ČVUT, obor pozemní stavby v r. 1963, tři roky projekční praxe, od roku 1967 ve Stavebním ústavu ČVUT, nyní vědecký pracovník Kloknerova ústavu ČVUT, řeší teoretické a experimentální úkoly spojené s problematikou spolehlivosti betonových konstrukcí.



Ing. Petr Bouška, CSc. Kloknerův ústav při ČVUT Praha



Obr. 3. Schéma uspořádání zkoušky desky v protlačení