

## PROBLEMATIKA STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU NÁDRŽÍ MEASURING STRENGTH OF CONCRETE IN WATER RESERVOIRS

JIŘÍ HABARTA, ANTONÍN VYKYDAL

*Nedokonalé provedení stavebně technického průzkumu pro stanovení pevnosti betonu může nepříznivě ovlivnit projekt a provedení sanace. Příspěvek předkládá poznatky z provedených průzkumů.*

*Inadequate technical investigation when measuring concrete strength may have adverse effects on the renovation project and the renovation itself. This paper describes observations from the tests.*

Během sanačních prací nastává občas situace, kdy se nedaří provést předúpravu povrchu betonu tak, jak předpokládal projekt a jak to vyžadují technické podmínky pro použití sanačních materiálů. Důvodem pro tuto nepříjemnou situaci může být nedokonalé provedení průzkum. Například materiálové vlastnosti jsou stanoveny jen v jedné pohodlně přístupné úrovni. Anebo jsou podklady pro projekt sanace odvozeny z původní pro-

jektové dokumentace stavby bez ověření jejich skutečných hodnot.

Pro zjištění, jaký skutečný vliv takový postup má, byl proveden informativní průzkum pevností betonu usazovací nádrže v čistírně odpadních vod. Obdélníková nádrž měla půdorysné rozměry 6 x 23 m. Výška stěny byla 3,45 m. Vnitřní povrch nádrže byl očištěný, připravený pro sanační práce. Vizualní prohlídka neindikovala žádné poruchy, povrch betonu byl homogenní bez hnízd, stejnorodý.

Pro stanovení pevností bylo na betonu nádrže upraveno čtyřicet zkušebních míst. Úprava zkušebních míst, měření i vyhodnocení byla provedena podle ČSN 73 1373. Pro měření byl použit přístroj Schmidt typu N. Zkušební místa byla v deseti svislých řezech – vždy dva na kratších stranách nádrže a tři na delších stranách nádrže. Jsou dále označeny 1, 2 až 10. Na každém řezu byla čtyři zkušební místa ve výškách nade dnem nádrže 0,5 m (A), 1,45 m (B), 2,7 m (C)

a 3,45 m (D). Poslední byla na horní ploše stěny, takže toto zkoušení bylo provedeno ve směru shora dolů.

Vyhodnocené informativní pevnosti v tlaku byly upřesněny podle zkoušek vývrtů z betonu stěn nádrže. Pro tuto konstrukci byl použitý koeficient upřesnění 0,7. Přehled upřesněných pevností v tlaku získaných z popisovaného měření je uveden v tab. 1.

Pro jednotlivé výškové úrovně i pro celou konstrukci byly vyhodnoceny statistické charakteristiky (tab. 2) a z nich byly podle ČSN ISO 13822 vyhodnoceny charakteristické pevnosti. Pro jejich zařazení do pevnostních tříd byla použita kritéria ČSN EN 206-1.

Vzhledem k tomu, že vizuálně byl beton hodnocený jako homogenní, je výsledek překvapující. Různé výškové úrovně jsou charakterizovány různými pevnostními třídami. Dokumentují to i dále zpracované histogramy, ze kterých jsou rozdíly pevností v různých výškových úrovních zcela zřejmé (tab. 3).

Tab. 1 Pevnost betonu v tlaku v MPa upřesněné koeficientem 0,700 (upřesněné = násobené)

Tab. 1 Strength of concrete in compression in MPa multiplied by coefficient 0.700

Řez	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	26,46	23,52	33,32	30,87	32,62	27,72	27,23	26,81	26,74	22,05
C	31,22	30,52	30,52	25,76	32,13	32,06	30,45	34,3	34,65	33,46
B	37,38	37,59	35,21	32,97	33,39	35,77	39,69	37,31	38,22	39,34
A	29,54	36,75	38,22	38,71	38,15	37,52	37,1	36,05	36,61	33,81

Tab. 2 Statistické charakteristiky pevnosti betonu v tlaku, pevnostní třídy

Tab. 2 Statistic characteristics of concrete strength in compression, strength classes

Úroveň	A	B	C	D	ABCD
průměr [MPa]	36,25	36,69	31,51	27,73	33,04
sm. odch [MPa]	2,73	2,30	2,55	3,63	4,62
min [MPa]	29,54	32,97	25,76	22,05	22,05
max [MPa]	38,71	39,69	34,65	33,32	39,69
počet hodnot	10	10	10	10	40
kn [1]	1,92	1,92	1,92	1,92	1,64
f <sub>ck</sub> (R <sub>bg</sub> ) [MPa]	31	32,26	26,62	20,76	25,46
pevnostní třída	C25/30	C25/30	C20/25	C16/20	C20/25

Tab. 4 Pevnost betonu v tahu v různých hloubkách

Tab. 4 Tensile strength of concrete in various depths

Vývrt	1	2	3	4	5	6	7
Povrch	0,96 MPa	0,77 MPa	0,38 MPa	0,87 MPa	1,11 MPa	0,72 MPa	0,49 MPa
Upravený povrch	-50mm 0,61 MPa	-50mm 0,77 MPa	-70mm 1,03 MPa	-5mm 2,12 MPa	-10mm 0,8 MPa	-5mm 1,65 MPa	-5mm 1,62 MPa
Konec vývrtu	-150mm 2,37 MPa	-145mm 2,28 MPa	-150mm 1,69 MPa	-155mm 2,05 MPa	-135mm 1,45 MPa	-145mm 2 MPa	xx

Tab. 3 Histogram upřesněných pevností betonu v tlaku v jednotlivých úrovních

Tab. 3 Histogram of the specified compressive strengths of concrete at individual levels

MPa	A	B	C	D	ABCD
38–40	XXX	XXX			XXXXX
36–38	XXXXX	XXX			XXXXXXXX
34–36		XX	XX		XXXX
32–34	X	XX	XXX	XX	XXXXXXXX
30–32			XXXX	X	XXXXX
28–30	X				X
26–28				XXXXX	XXXXX
24–26			X		X
22–24				XX	XX

Pro provedení sanace povrchu železobetonové konstrukce jsou důležité pevnosti v tahu povrchových vrstev betonu stanovené obvykle odtrhovými zkouškami. Na výše popsané konstrukci tento parametr i přes rozdíly v pevnostech tlaku vyhověl požadavkům.

Na jiných stavbách ale vznikl problém, že ani po opakované úpravě povrchu nedosahovaly výsledky odtrhových zkoušek hodnoty nutné pro navrženou technologii opravy. Takový problém byl sledován na sanovaném vodojemu. Pro jeho objasnění bylo odebráno sedm vývrtů ze stěn nádrže. Odtrhové zkoušky byly na každém vývrtu provedeny na povrchu, obvykle upraveném pro sanaci. Další zkoušky byly provedeny v určité zvolené hloubce pod povrchem stěny. Z vývrtu byla tedy část odřezána a byla provedena další odtrhová zkouška. Třetí zkouška byla provedena na konci každého vývrtu. Tento původně odlomený konec byl řezáním zarovnan a byla na něm provedena odtrhová zkouška.

Uvedené výsledky (tab. 4) ukazují, že na polovině vybraných míst není možné dosáhnout požadovanou pevnost v tahu povrchových vrstev ani po odebrání 50 mm betonu, pokud by to bylo proveditelné a možné z hlediska umístění výztužných prutů. Aplikaci opravných malt na povrch takové konstrukce nelze doporučit.

Přitom je možné orientačně ověřit pevnost v tahu povrchových vrstev na vývrtech odebraných pro zkoušky pevnosti betonu v tlaku. Na upraveném čele vývrtu je možné provést odtrhovou zkoušku, porušenou část odříznout a vývrt dále upravit na zkušební vzorek pro zkoušku pevnosti v tlaku (obr. 1).

U nádrží se ale často vyskytují poruchy, které je nutno vzít v úvahu a posuzovat samostatně, mimo standardně provedená měření a zkoušky. Nejvýraznější byl případ, kdy horní část nádrže byla poškozena rozpadem betonu působením minerálu ettringit, který vzniká přeměnou cementového tmele (obr. 3 a 4). Někdy je označován jako „cementový bacil“. Způsobí úplný rozpad betonu a řešením je pouze úplné odstranění napadeného betonu a jeho nahrazení novým betonem.

Při diagnostice betonových konstrukcí je nutno brát v úvahu i „menší“ poruchy, které se mohou projevit např. následujícími způsoby:

- část stěny je provedena z betonu odlišné barvy – to může a nemusí indikovat jinou pevnost (obr. 5),
- porucha u dilatační spáry, kde je beton více namáhán, není-li řešení dilatační spáry správně ošetřeno (obr. 6).

Samostatný problém představují vodojemy, které je možné kontrolovat jen

výjimečně. Mezi časté poruchy patří:

- výztuž trámů, která neměla dostatečné krytí, je napadena korozí (obr. 7),
- výluhy mezi stropními panely indikují nefunkční hydroizolaci stropu, který může být poškozen mrazem (obr. 7),
- bílé výluhy indikující výskyt trhlin (obr. 8).

#### ZÁVĚR

Stanovení pevnosti betonu nádrží je nutný podklad pro spolehlivé zpracování projektu sanace objektu. Není vhodné

Obr. 1 Ilustrační sestavení terčů a částí vývrtů po odtrhových zkouškách

Fig. 1 Illustrative layout of discs and concrete core parts after tear-off tests

Obr. 2 Vývrty připravené pro informativní odtrhové zkoušky

Fig. 2 Cores prepared for informative tear-off tests

Obr. 3 Rozpadající se části betonové konstrukce a), b)

Fig. 3 Disintegrating parts of a concrete structure a), b)

Obr. 4 Detailní pohled, beton rozpadající se působením ettringitu

Fig. 4 Detail of concrete disintegration caused by ettringite





5



6



7



8

Obr. 5 Část stěny je provedena z betonu odlišné barvy, to může a nemusí indikovat jinou pevnost

Fig. 5 Part of the wall is built from different-colour concrete, that may suggest different strength – but it is not always the case

Obr. 6 Častá porucha u dilatační spáry, kde je beton více namáhán, není-li řešení dilatační spáry správně ošetřeno

Fig. 6 Frequent deterioration near incorrectly designed construction joints where the concrete is subject to larger stress

Obr. 7 Výztuž trámů je napadena korozí, neměla dostatečné krytí, výluhy mezi stropními panely indikují nefunkční hydroizolaci stropu, který může být poškozený mrazem

Fig. 7 The beam reinforcement without cover is corroded, the leaches between the floor slabs indicate non-functional floor water-proofing (possibly damaged by frost)

Obr. 8 Část stropu vodojemu, bílé výluhy indikují výskyt trhlin

Fig. 8 Part of the reservoir ceiling with white leaches indicating cracks

vycházet jen z vizuálního dojmu, protože zkoušky mohou na rozdíl od něho prokázat poměrně velkou variabilitu hodnot pevností. V extrémních případech je potom nutné v průběhu sanace měnit technologii, a to se projeví negativně nejen v délce času potřebného pro odstavení a sanaci nádrže, ale i ve finančních nákladech.

Ing. Jiří Habarta, CSc.  
Zkoušení a diagnostika staveb  
Pellicova 5d, 602 00 Brno  
tel.: 602 136 986, fax: 541 236 943  
e-mail: habarta@volny.cz

Ing. Antonín Vykýdal  
VYKO-stavební, spol. s r. o.  
Komenského 285/20, 571 01 Moravská Třebová  
tel.: 603 158 137, fax: 461 318 295  
e-mail: vykoss@iol.cz

### ZAJÍMAVÉ INTERNETOVÉ ADRESY

Ve dnech 19. a 20. června proběhne již 12. ročník regaty betonových kanoí v Essenu v Německu. Více podrobností na [www.betonkanu-regatta.de](http://www.betonkanu-regatta.de).

Na stránkách [www.maisonradiouse.org](http://www.maisonradiouse.org) můžete navštívit Le Corbusierův „panelák“ La Maison Radiouse dostavěný v roce 1955 v Reze ve Francii.