

PEVNOSTNÉ SKÚŠKY BETÓNOVÝCH TRÁMCOV VYSTAVENÝCH AGRESÍVNEMU PROSTREDIU

STRENGTH TESTS OF CONCRETE BEAMS EXPOSED TO AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

Ing. Iveta Hegedúsová, Ph.D., doc. Ing. Sergej Priganc, Ph.D.

ABSTRAKT

V článku sú prezentované výsledky pevnostných skúšok betónových vzoriek - trámecov, dlhodobo vystavených agresívnemu prostrediu poľnohospodárskeho objektu. Skúšky sa vykonali po 27 – ročnej expozícii vzoriek v objekte K - 174 za účelom skúmania vplyvu agresívneho prostredia maštálneho mikroklimatu na betónovú konštrukciu.

Kľúčové slová: betónové trámce, pevnostné skúšky, agresívne prostredie.

ABSTRACT

The article presents results of strength tests carried out on concrete samples - beams being exposed to a long-term aggressive environment of an agricultural structure. The tests were carried out on the samples after 27 years of their exposition in K - 174 structure to examine an impact of the aggressive cow-barn microclimate onto a concrete structure.

Key words: concrete beams, strength tests, aggressive environment.

1 ÚVOD

Stav poľnohospodárskych objektov budovaných v druhej polovici minulého storočia na území Slovenska je v súčasnosti alarmujúci. Ich stav, postupujúca degradácia, hrozba oslabenia statickej funkcie a nutnosť eliminácie degradačných vplyvov je popísaná v [1]. Cieľom celého výskumu bolo zhodnotiť stav stropných panelov. Za účelom posúdenia vplyvu agresívneho prostredia boli pri výstavbe objektu maštale K-174 v Liptovskom Ondreji umiestnené betónové trámce do svetlíkového priestoru, za účelom neskoršieho rozboru vplyvu chemického napadnutia a jeho účinku na betónovú konštrukciu. Z tohto dôvodu sa pristúpilo po 27-ročnej expozícii betónových trámecov aj k pevnostným skúškam, aby bolo možné porovnať obsah chemických látok vo vzorkách z rôzneho betónu. Výsledky skúšok sa vyhodnotili v súčinnosti s chemickým rozborom [2,6].

2 PRÍPRAVA EXPERIMENTU

Samotná príprava experimentu s betónovými trámecami o rozmere 40 x 40 x 160 mm je popísaná v [2]. Dôležitým parametrom pre zatriedenie trámecov do skupín bolo aj pôvodné značenie na vzorkách, ktoré naznačovalo, ktoré vzorky pochádzajú z rovnakej zámesi betónu. Pôvodná receptúra týchto betónových trámecov sa totiž nezachovala. Pevnostné skúšky mali okrem iného naznačiť, z akého druhu betónu boli vzorky vyrobené. Triedením vzniklo *dvanásť skupín vzoriek* (vzorky s výstužou a bez výstuže) označených značkou 1a až 12b, podrobne uvedené v [2], následne boli vzorky merané a vážené (Obr. 1).



Obr. 1 Meranie a váženie vzoriek

3 PEVNOSTNÉ SKÚŠKY

Keďže neboli známe údaje o receptúre betónovej zmesi, neboli známe ani statické parametre vzoriek (pevnosť betónu, modul pružnosti). Preto sa pristúpilo ku skúškam, ktoré napomohli k stanoveniu týchto parametrov. Vzorky ako skúšobné telesá odpovedali požiadavkám odpovedajúcej normy [3]. Pevnostné skúšky sa realizovali v laboratóriu Ústavu inžinierskeho stavebníctva Stavebnej fakulty TU Košice. Použitý bol skúšobný lis s označením Compression Testing Machine 3000 kN Capacity a lis ADR ELE 2000 (kontrolné meranie), s prídavnými zariadeniami (Obr. 2), ktoré odpovedali požiadavkám normy [4].

Boli navrhnuté a realizované nasledovné statické skúšky:

- stanovenie pevnosti betónu v tlaku,
- stanovenie statického modulu pružnosti betónu v tlaku,
- stanovenie pevnosti betónu v ťahu pri ohybe,
- stanovenie pevnosti betónu v tlaku na zlomkoch trámco.



Obr. 2 Skúšobné lisy Stanovenie pevnosti betónu v tlaku

Deštrukčná skúška sa uskutočnila na jednej vzorke bez výstuže z každej označenej skupiny (vzorky 1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 6a, 7a, 12a). Každá vzorka bola vložená medzi tlačené dosky lisu centricky (Obr. 3), vzorky sa zaťažovali tlakom bez nárazu a plynule až do ich porušenia.



Obr. 3 Deštrukčná tlaková skúška

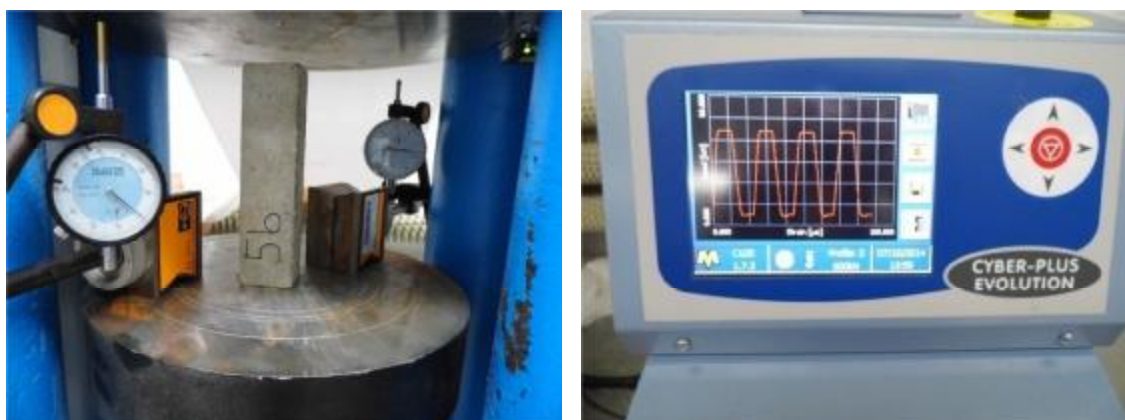
Namerané a vypočítané hodnoty a tiež aj pozorované spôsoby porušenia pri tlačení vzoriek sú uvedené v tabuľke pre tri vzorky ako príklad (Tab. 1).

Označenie vzorky	Maximálna sila F [KN]	Maximálne napätie σ [MPa]	Pevnosť v tlaku f_c [MPa]	Spôsob porušenia vzorky
1a	117,2	73,2	72,3	náhle roztrhnutie, úplné
2a	165,0	103,1	102,2	náhleroztrhnutie, úplné
3a	133,8	83,6	82,6	roztrhnutie pozdĺž vzorky v celku

Tab. 1 Výsledky zo skúšky pevnosti v tlaku

3.1 Stanovenie statického modulu pružnosti betónu v tlaku

Modul pružnosti je považovaný za základnú charakteristiku betónu. Ako uvádzajú autori [5] modul pružnosti výrazne ovplyvňuje deformačné vlastnosti betónu a teda následne aj deformačné vlastnosti betónových konštrukcií ako sú priehyby, posuny, skrátania a pod. **Statická skúška modulu pružnosti** sa vykonala na vzorkách bez výstuže (1b – 1f, 2b, 3b -3d, 4b -4c, 5b, 6b – 6c, 7b – 7c, 12b), spolu 17 vzoriek (Obr. 4). Meranie prebehlo podľa požiadaviek normy [4]. Vypočítané hodnoty z experimentu sa zaznamenali v tabuľkách, príklad je uvedený v (Tab. 2).



Obr. 4 Stanovenie modulu pružnosti

Ozn. vzorky	Sila [kN]	Napätie [MPa]	ΔA [mm]	ΔB [mm]	Priemer Δ [mm]	$\Delta \epsilon$ [mm]	E[GPa]
2b	5	3,09	0,165	0,163	0,162	1,038	29,81
	55	34,03					
Priemerný modul pružnosti [GPa]							29,81

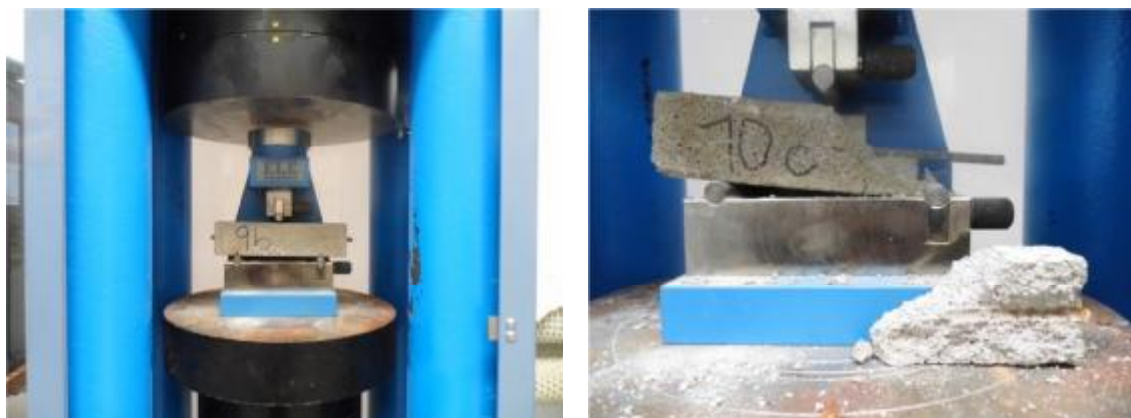
Tab. 2 Namerané a vypočítané hodnoty zo skúšky modulu pružnosti - vzorka 2b

3.2 Stanovenie pevnosti betónu v ťahu pri ohybe

Skúška pevnosti v ťahu pri ohybe, ktorá sa vykonala na skúšobných trámcoch mala trojbodové usporiadanie. Skúška sa previedla na zvyšných vzorkách všetkých skupín (1a – 12b). Previedlo sa aj kontrolné meranie na vzorke 1e v Laboratóriu materiálového a environmentálneho inžinierstva na skúšobnom lise ADR ELE 2000 s prídavným zariadením na hranoly za účelom porovnania výsledkov. Merania na oboch lisoch navzájom korešpondovali. Skúška sa previedla zaťažením jedným bremenom (Obr. 5), výsledky sa zaznamenali do tabuliek, príklad pre tri vzorky je uvedený v (Tab. 3).

Ozn. vzorky	Sila F [kN]	Pevnosť v ťahu pri ohybe f_{cf} [MPa]	Poznámka
8a	6,7	15,7	trhlina, úlomky neoddelené
8b	7,9	18,5	trhlina, úlomky neoddelené
8c	7,3	17,1	trhlina, úlomky neoddelené

Tab. 3 Namerané a vypočítané hodnoty



Obr. 5 Stanovenie pevnosti betónu v ťahu pri ohybe

3.3 Stanovenie pevnosti v tlaku na zlomkoch trámcov

Na skúšku sa použil prípravok ku skúšobnému zariadeniu s označením EI 70, ktorý vymedzil presné tlačené plochy tvaru štvorca oproti sebe, pri hranoloch 40 x 40 x 160 mm sú tlačené plochy 40 x 40 mm, vzorky sa zaťažovali až do ich porušenia. Zaznamenávala sa maximálna sila F [kN] a dosiahnuté napätie σ [MPa] pri porušení vzorky a súčasne sa pozoroval spôsob porušenia každej vzorky (Obr. 6), výsledky sa zaznamenali do tabuľky (Tab. 4), vypočítané hodnoty pevnosti v tlaku na sú uvedené v tabuľke (Tab. 5), uvedené ako príklad pre tri vzorky.

Ozn. vzorky	Sila F [kN]		Napätie [MPa]		Poznámka
	Ľavý zlomok	Pravý zlomok	Ľavý zlomok	Pravý zlomok	
1d	162,0	184,4	101,3	115,3	rozpad na okraji
1e	116,4	78,1	72,3	48,8	rozpad na okraji
1f	182,8	160,8	114,2	100,5	rozpad na okraji

Tab. 4 Namerané hodnoty zo skúšky pevnosti v tlaku na zlomkoch



Obr. 6 Stanovenie pevnosti betónu v tlaku na zlomkoch

Ozn. vzorky	Pevnosť v tlaku na zlomkoch f_c [MPa]	
	Ľavý zlomok	Pravý zlomok
1d	101,2	115,3
1e	72,7	48,8
1f	114,2	100,5

Tab. 5 Výsledky zo skúšky pevnosti v tlaku na zlomkoch

4 VÝSLEDKY A ANALÝZA Z PEVNOSTNÝCH SKÚŠOK

Z hľadiska pevnosti betónu v tlaku v súlade s EN 12390 sa dovoľuje odhadnúť tlakovú pevnosť pre rôzne veky $f_{cm}(t)$ z normových vzťahov, kde ale vystupuje trieda cementu. Keďže trávce majú neznámu receptúru, tento výpočet nebolo možné previesť a teda stanovenú pevnosť statickou skúškou nebolo možné porovnať s normovou. U betónových trávcev možno skonštatovať, že vzhľadom na výrobné nedostatky, ich vek (vyrobené v roku 1987), čas ich uloženia v objekte (27 rokov) a mieru degradácie, mohlo dôjsť k poklesu predpokladanej pevnosti v tlaku a teda skúškou preukázaná pevnosť nemusí odpovedať pôvodnej pevnosti v tlaku pre použitú receptúru betónu. Z nameraných hodnôt jednoznačne vyplývalo, že betónové trávce boli vyrobené z vysokopevnostného betónu.

Z hľadiska merania a vypočítania hodnoty modulu pružnosti je zrejmé, že vzorky základných skupín 1 až 5, kde je modul pružnosti v intervale od 26,78 GPa do 31,19 GPa patria do kategórie betónov s vyššou pevnosťou, na čo poukazovala aj štruktúra vzoriek pri ich počiatocnom triedení. Vzorky základných skupín 6, 7 a 12 s modulom pružnosti od 2,51 GPa do 6,06 GPa vykazovali pórovitú

štruktúru a teda vyššia pevnosť a vysoký modul pružnosti sa nedal očakávať. Merania prebehli na trámoch bez výstuže. Meranie potvrdilo, že modul pružnosti klesá vplyvom druhu kameniva.

Skúška pevnosti v tlaku pri ohybe bola prevedená na trámoch s výstužou aj bez výstuže, skúška v tlaku na zlomkoch bola prevedená na trámoch bez výstuže. Podľa vypočítaných výsledkov možno uviesť rovnaký poznatok ako v prípade merania modulu pružnosti, čím vyššia pevnosť bola zaznamenaná, tým bola štruktúra vzorky hutnejšia. U niektorých vzoriek pri skúške v tlaku na zlomkoch došlo k príliš rozdielnym hodnotám na ľavom a pravom zlomku (napr. vzorka 1e, 12b), čo možno čiastočne prisúdiť nedokonalému zhutneniu betónovej zmesi vo forme ale aj nerovnomernému porušeniu vzorky (dvoch jej častí) pri skúške v ťahu pri ohybe. Keďže ide o hranoly a nie kocky, porušenie pri tlakovej skúške mohlo spôsobiť oslabenie štruktúry pravého alebo ľavého zlomku a teda výsledná hodnota nameraná pri skúške pevnosti v tlaku na zlomkoch pri rovnakej vzorke vykazuje u niektorých skupín veľký rozdiel. Tieto výsledky je možné ďalej považovať za informatívne, keďže metodika a postup pri skúške boli dodržané podľa príslušných noriem.

5 ZÁVER

Pevnostné skúšky prevedené na betónových trámoch boli konfrontované s výsledkami chemickej analýzy týchto trámov a tiež zlomkov stropných panelov popísaných v [1, 2, 6]. Z porovnania výsledkov (obsah agresívnych chemických látok) medzi trámami a zlomkami stropných panelov a na základe meraním preukázaných pevností a modulov pružnosti trámov možno skonštatovať, že betón s vyššími pevnosťami je tiež významne náchylný na prienik agresívnych látok ako betón s nižšou pevnosťou. Z toho vyplýva, že betónovú konštrukciu z akéhokoľvek betónu je potrebné v agresívnom prostredí pravidelne monitorovať a včas zabezpečiť jej údržbu poprípade opravu.

Príspevok vznikol vďaka podpore grantového projektu VEGA 1/0661/16 - „Správanie sa nosných prvkov z obyčajného a ľahkého betónu ovplyvnených teplotou.“

Použitá literatúra

- [1] Priganc, Sergej; Hegedüsová, Iveta. Zhodnotenie stavu stropných panelov v agresívnom prostredí. Czech Journal of Civil Engineering. 2015/2. ISSN 2336-7148.
- [2] Hegedüsová, Iveta; Priganc, Sergej. Analýza vlastností betónových panelov v agresívnom prostredí. TU – SvF 2015. ISBN 978-80-553-2312-1.
- [3] STN EN 12390-1: Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 1: Tvar, rozmery a iné požiadavky na skúšobné telesá a formy. 2013.
- [4] STN EN 12390-4: Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 4: Pevnosť v tlaku. Požiadavky na skúšobné stroje. 2001.
- [5] Unčák, Stanislav, Ševčík, Patrik. Modul pružnosti betónu. Edícia Betón ráció. ISBN 978-80-969192-3-2.
- [6] Priganc, Sergej; Hegedüsová, Iveta. Chemická analýza betónových trámov vystavených agresívnemu prostrediu. Czech Journal of Civil Engineering. 2016/2. ISSN 2336-7148.