1 Kontrola kvality betonu

Úvod

Cílem laboratorního cvičení je různými metodami ověřit kvalitu betonu. Cvičení sestává ze čtyř úloh: kontroly zhutnění betonu ultrazvukem, nedestruktivních zkoušek tvrdoměrem Schmidt N, zkoušky pevnosti v tlaku na krychli a závěrečné kontroly shody pro charakteristickou pevnost betonu v tlaku. Pro zkoušky použijeme betonové krychle vyrobené ve cvičení (laboratoře ÚTHD) před 28 dny, pro kontrolu shody využijeme výsledky zkoušek pevnosti dosažené v předchozích studijních skupinách.

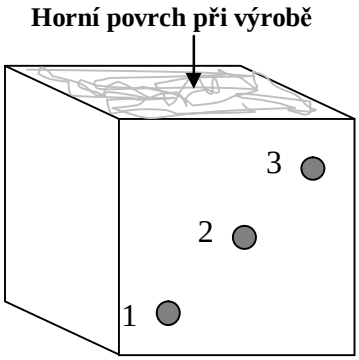
Definice 1 Hodnocení shody je systematické zkoumání, v jaké míře výrobek splňuje specifikované požadavky.

Označení betonu: beton obyčejný hutný, pevnostní třída **C 25/30**.

1.1 Úloha č. 1: Kontrola zhutnění betonu ultrazvukovou impulsní metodou

1.1.1 Popis experimentu

Při zpracování čerstvého betonu na stavbě mohou nastat nedostatky v jeho zhutnění. Jednou z možností kontroly zhutnění již zatvrdlého betonu je porovnání rychlosti šíření ultrazvukového vlnění v různých průřezech betonového prvku. Ve cvičení provedeme stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na zkušební krychli ve třech výškových úrovních – viz. obr. 1. Měření provedeme přístrojem TICO se sondami o frekvenci 54 kHz. Zásady měření jsou uvedeny ve skriptu pro cvičení (Anton a kol.)



Obr. 1.1 Kontrola zhutnění betonu

1.1.2 Výpočtové vztahy

Přístroj TICO je autokalibrační a jeho výstupem může být přímo rychlost šíření ultrazvukového impulsu v_L. Z cvičných důvodů však je lepší provést měření s „mrtvým časem“ a rychlost vypočíst dle vztahu:

$$v_L = \frac{L_i}{T_i - T_o}$$

L_i je délka měřicí základny, v m;
T_i je doba průchodu ultrazvukového impulsu na základně i, v μs.
T_o je mrtvý čas (rozdíl mezi dobou průchodu etalonem a údajem na etalonu), v μs.

Příklad vyhodnocení zkoušky je uveden v tab. 1.1 (mrtvý čas T_o = 1,1 μs).

Tab. 1.1 Příklad tabelárního zápisu ultrazvukových měření

Měřící	Délka zákl.	Doba průchodu UZ vln		Rychlost šíření v_L [ms^{-1}]	
základna	L_i [mm]	T_i [ms]	$T_i - T_o$ [ms]	jednotlivá	průměrná
1–1´ (dolní)	150	35,0	33,9	4420	**4350**
2-2´ (střední)	150	35,4	34,3	4370	
3-3´ (horní)	150	36,3	35,2	4260	
Rozdíl „**1**“-„**3**“	-	-	-	**160**	-

1.1.3 Vyhodnocení

Zhutnění zkušebního tělesa vyhodnoťte podle rozdílu rychlosti v_L na základně „1“ a „3“:
0-100 m/s výborné, 100-200 m/s dobré,
200-300 m/s dostatečné, nad 300 m/s nedostatečné nebo sednutí kameniva.
Vyšší rozdíl v rychlosti šíření UZ vlnění může být způsoben **nejen nedostatečným zhutněním**, ale i **sedáním hutného kameniva** směrem dolů při nedokonalé receptuře. V případě, že Vám rychlost šíření UZ vlnění vyjde vyšší nahoře (záporný rozdíl v tab. 1.1), měření raději zopakujte.
Průměrnou rychlost šíření UZ impulsu zapište do tabulky na přenosné tabuli.

1.2 Úloha č. 2: Stanovení tvrdosti betonu

1.2.1 Předmět zkoušky

Pro stanovení tvrdosti betonu použijeme odrazový tvrdoměr Schmidt N. Podle nové normy ČSN EN 12504-2 se tvrdost stanovená touto metodou využívá ke stanovení stejnoměrnosti uloženého betonu a není zamýšlena jako alternativní ke stanovení pevnosti v tlaku, avšak při vhodné korelaci ji lze použít i pro odhad pevnosti uloženého betonu.

1.2.2 Zkušební postup

Tvrdoměr se přiloží na zkušební plochu tak, aby se razník opřel kolmo na zkoušený povrch betonu. Plynule se zvyšuje tlak na razník, dokud ocelový beran nevyvodí ráz. Zaznamená se velikost odrazu.
K získání spolehlivého odhadu tvrdosti se na každém místě provede nejméně 9 čtení (my 10).
Každý zkoušený bod musí být vzdálen od okraje tělesa i od sousedního bodu nejméně 25 mm.
Nejlépe je vyznačit na vzorku pravidelnou síť čar a odrazy provádět v průsečících těchto čar.

1.2.3 Výsledek zkoušky

Výsledkem zkoušky je **střední hodnota ze všech čtení**, která se vyjádří jako celé číslo. Toto číslo zapište do tabulky na přenosné tabuli. Jestliže se více než 20% všech čtení liší od střední hodnoty o více než 6 jednotek, pak celá sada čtení musí být zamítnuta.

1.2.4 Odhad pevnosti v tlaku

Odhad pevnosti se provede odečtením z kalibračního vztahu výrobce tvrdoměru pro daný směr zkoušení. Protože se jedná o beton přirozeně vlhký, ve stáří 28 dnů, jsou hodnoty součinitelů stáří a vlhkosti = 1.

Tab. 1.2 Kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku R_{be} z odrazu *a* tvrdoměru Schmidt N (Volmos)

Odraz ***a***	R_{be} [MPa]		Odraz ***a***	R_{be} [MPa]		Odraz ***a***	R_{be} [MPa]		Odraz ***a***	R_{be} [MPa]
20	10		29	21		38	36		47	53
21	11		30	23		39	38		48	55
22	12		31	24		40	40		49	57
23	13		32	26		41	42		50	59
24	14		33	27		42	44		51	61
25	16		34	29		43	46		52	64
26	17		35	31		44	47		53	66
27	18		36	33		45	49		54	68
28	20		37	34		46	51		55	70

Příklad vyhodnocení tvrdoměrné zkoušky betonu provedené přístrojem Schmidt N podle ČSN EN 12504-2 je uveden v tab. 1.3.

Tab. 1.3 Příklad vyhodnocení tvrdoměrných měření

Číslo úderu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Míra odrazu a_i	40	46	38	36	40	42	52	30	40	42
Prům. míra odrazu ***a***	**41**									
Meze	a – 6 = 35					a + 6 = 47				
Počet platných měření	**8** ≥ 8					Sada přijata – ~~zamítnuta~~				
Pevnost $\boldsymbol{R_{be}}$ [MPa]	**42**									

1.3 Úloha č. 3: Stanovení pevnosti v tlaku

1.3.1 Předmět a postup zkoušky

Zkušební těleso je zatěžováno plynule tlakem až do úplného porušení. Pevnost v tlaku jednotlivého vzorku se určí jako poměr maximální síly a plochy průřezu.
Očištěnou krychli vložíme mezi tlačné desky lisu přesně dostředně tak, aby tlak působil kolmo ke směru hutnění betonu. Krychli plynule zatěžujeme předepsanou rychlostí až do úplného porušení. Zaznamenáme maximální zatížení při porušení vzorku.

1.3.2 Měřené veličiny a výpočet

Pevnost v tlaku f_c v N/mm^2 je dána vztahem

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

F je maximální zatížení při porušení, v N;
A_c je průřezová plocha tělesa, na které působí zatížení, v mm^2.

1.3.3 Vyhodnocení

Pevnost v tlaku se zaokrouhlí na 0,5 MPa (N/mm^2). Výsledek zapište do tabulky na přenosné tabuli. Dále proveďte porovnání s pevností získanou z tvrdoměrných měření – vypočtěte součinitel upřesnění $a = f_c/R_{be}$.

1.4 Úloha č. 4: Kontrola shody

1.4.1 Kritéria shody pro pevnost v tlaku

Počáteční výroba trvá do doby získání nejméně 35 výsledků zkoušek. To se týká i našeho případu. V rámci cvičení bude stanovena pevnost v tlaku jednoho zkušebního tělesa f_{ci}. Aby mohla být provedena kontrola shody pro počáteční výrobu, jsou zapotřebí ještě dva výsledky pevnosti v tlaku. Budeme uvažovat pevnosti f_{ci-1} a f_{ci-2}, stanovené předcházejícími studijními skupinami – viz. zápis na přenosné tabuli. Při vyhodnocení porovnáme hodnotu průměrné pevnosti v tlaku f_{cm} a každý jednotlivý výsledek zkoušky f_{ci}, f_{ci-1} a f_{ci-2} s kritérii pro počáteční výrobu - viz. tab. 1.4.

Tab. 1.4 Kritéria shody pro pevnost v tlaku

Výroba	Počet „*n*“ výsledků zkoušek pevnosti v tlaku ve skupině	Kritérium 1	Kritérium 2
		Průměr „*n*“ výsledků zkoušek f_{cm} N/mm^2	Každý jednotlivý výsledek zkoušky f_{ci} N/mm^2
Počáteční	**3**	**≥ f_{ck} + 4**	**≥ f_{ck} - 4**
Průběžná	15	≥ f_{ck} + 1,48 σ	≥ f_{ck} - 4

1.4.2 Příklad kontroly shody pro počáteční výrobu.

Při kontrolních zkouškách betonu třídy C 20/25 byly zjištěny pevnosti v tlaku na krychlích tří po sobě jdoucích vzorků:
f_{c1} = 27,5 N/mm^2,
f_{c2} = 31,5 N/mm^2,
f_{c3} = 28,0 N/mm^2.
Kontrola shody pro charakteristickou pevnost v tlaku pevnostní třídy C 20/25:
Kritérium 1: průměrná pevnost $\boldsymbol{f_{c,m}}$ = 29,0 N/mm^2 ≥ $\boldsymbol{f_{ck}}$ **+ 4** = 25 + 4 = 29 N/mm^2, platí;
Kritérium 2: nejmenší pevnost $\boldsymbol{f_{c,i}}$ = 27,5 N/mm^2 ≥ $\boldsymbol{f_{ck}}$ **- 4** = 25 - 4 = 21 N/mm^2, platí;

Protože obě podmínky byly splněny, byla prokázána shoda s charakteristickou pevností v tlaku – beton vyhověl požadavkům ČSN EN 206-1 pro třídu C 20/25.

1.4.3 Vyhodnocení

Shoda pevnosti betonu v tlaku je potvrzena, jestliže obě dvě kriteria uvedená v tab. 1.4 pro počáteční výrobu jsou splněna. V opačném případě je konstatována **neshoda** a je nutné provést další opatření (analýza příčin, další zkoušky apod.)