



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNOLOGIE, MECHANIZACE A ŘÍZENÍ STAVEB

INSTITUTE OF TECHNOLOGY, MECHANIZATION AND CONSTRUCTION MANAGEMENT

P.10 VÝPOČET PREDPOKLADANEJ DOBY PRE ODDEBNENIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Šimon Coník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL NOVOTNÝ, Ph.D.

BRNO 2019

Výpočet predpokladanej doby po ktorej je možné začať s oddebnením

Výpočet doby kedy je možné začať s oddebnením som robil dvoma spôsobmi prvý spôsob bol pre priemernú teplotu 20 °C podľa ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhovanie betonových konštrukcií - Časť 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Druhý spôsob bol rátaný pre priemerné teploty v mesiacoch výstavby za posledných päť rokov. Použitá trieda betónu je C 16/20. Betonáže budú prebiehať v mesiacoch (4) apríl, (5) máj, (6) jún, (7) júl. Zvolená pevnosť betónu pre oddebnenie by mala byť minimálne 70% čo je 11,2 MPa.

1. Pevnosť betónu v tlaku pri priemernej teplote 20 °C

$f_{cm}(t)$ - priemerná hodnota pevnosti betónu v tlaku v starobe t dní

f_{cm} - priemerná hodnota pevnosti betónu v tlaku v starobe 28 dní

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ (MPa)} = 16 + 8 = 24 \text{ MPa}$$

$\beta_{cc}(t)$ - súčiniteľ závisiaci na starobe betónu t

$$\beta_{cc}(t) = e^{\left\{s * \left[1 - \left(\frac{28}{t}\right)^{1/2}\right]\right\}}$$

t - staroba betónu

s - koeficient závisiaci na druhu cementu

0,2 pre cement pevnostnej triedy CEM 42,5 R, CEM 52,5 N a CEM 52,5 R (trieda R)

$$3 \text{ dni} - \beta_{cc}(t) = e^{\left\{0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{3}\right)^{1/2}\right]\right\}} = 0,66298$$

$$4 \text{ dni} - \beta_{cc}(t) = e^{\left\{0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{4}\right)^{1/2}\right]\right\}} = 0,71953$$

$$5 \text{ dní} - \beta_{cc}(t) = e^{\left\{0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{5}\right)^{1/2}\right]\right\}} = 0,76087$$

$$6 \text{ dní} - \beta_{cc}(t) = e^{\left\{0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{6}\right)^{1/2}\right]\right\}} = 0,79291$$

$$7 \text{ dní} - \beta_{cc}(t) = e^{\left\{0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{7}\right)^{1/2}\right]\right\}} = 0,81873$$

$$8 \text{ dní} - \beta_{cc}(t) = e^{\left\{0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{8}\right)^{1/2}\right]\right\}} = 0,84016$$

$$9 \text{ dní} - \beta_{cc}(t) = e^{\left\{0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{9}\right)^{1/2}\right]\right\}} = 0,85833$$

$$10 \text{ dní} - \beta_{cc}(t) = e^{\left\{0,2 * \left[1 - \left(\frac{28}{10}\right)^{1/2}\right]\right\}} = 0,87401$$

$$3\text{dni} - f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) * f_{cm} = 0,66298 * 24 = 15,91 \text{ MPa}$$

$$4\text{dni} - f_{cm}(t) = 0,71953 * 24 = 17,27 \text{ MPa}$$

$$5\text{dní} - f_{cm}(t) = 0,76087 * 24 = 18,26 \text{ MPa}$$

$$6\text{dní} - f_{cm}(t) = 0,79291 * 24 = 19,03 \text{ MPa}$$

$$7\text{dní} - f_{cm}(t) = 0,81873 * 24 = 19,65 \text{ MPa}$$

$$8\text{dní} - f_{cm}(t) = 0,84016 * 24 = 20,16 \text{ MPa}$$

$$9\text{dní} - f_{cm}(t) = 0,85833 * 24 = 20,60 \text{ MPa}$$

$$10\text{dní} - f_{cm}(t) = 0,87401 * 24 = 20,98 \text{ MPa}$$

Požadovaná aspoň 70% pevnosť betónu v tlaku

Pevnosť betónu musí byť:

$$f_{ck}(t) = 0,7 * f_{ck} = 0,7 * 16 = 11,2 \text{ MPa}$$

Minimálna pevnosť betónu v tlaku musí byť 11,2 MPa

$$f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ (MPa)}$$

$$3\text{dni} - f_{ck}(t) = 15,91 - 8 = 7,91 \text{ MPa} \leq 11,2 \text{ MPa} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

$$4\text{dni} - f_{ck}(t) = 17,27 - 8 = 9,27 \text{ MPa} \leq 11,2 \text{ MPa} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

$$5\text{dní} - f_{ck}(t) = 18,26 - 8 = 10,26 \text{ MPa} \leq 11,2 \text{ MPa} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

$$6\text{dní} - f_{ck}(t) = 19,03 - 8 = 11,03 \text{ MPa} \leq 11,2 \text{ MPa} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

$$7\text{dní} - f_{ck}(t) = 19,65 - 8 = 11,65 \text{ MPa} \geq 11,2 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$8\text{dní} - f_{ck}(t) = 20,16 - 8 = 12,16 \text{ MPa} \geq 11,2 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$9\text{dní} - f_{ck}(t) = 20,60 - 8 = 12,60 \text{ MPa} \geq 11,2 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$10\text{dní} - f_{ck}(t) = 20,98 - 8 = 12,98 \text{ MPa} \geq 11,2 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Pri priemernej teplote 20 °C je možné začať s oddebnením po 7 dňoch od betonáže.

V norme ČSN EN 13670 sa uvádza že ak nie je uvedený pokyn na požadovanú pevnosť pre odstraňovanie debnenia v návrhu debnenia ale v realizačnej špecifikácii tak odporúčajú dodržať aby nedošlo k poškodeniu povrchu trhlínkami, pevnosť betónu má dosiahnuť 5 MPa, majú byť použité pomocné podpory a ochrániť povrch betónu pred poškodením vplyvom počasia.

V norme STN EN 13670/NA sa uvádza že betón v čase odstránenia debnenia musí mať pevnosť v tlaku 8 MPa. Tým sa zabráni poškodeniu povrchu betónu pri použití špeciálneho debnenia by mal mať betón pevnosť 10 MPa. V tomto prípade by sa mohlo začať s oddebnením po 4 dňoch.

2. Výpočet doby pri ktorej je možné začať s oddebnením pre priemerné hodnoty za roky 2014-2018.

- betonáže budú prebiehať v mesiacoch apríl(4), máj(5), jún(6), júl(7)
- Použitý betón C16/20

Priemerná mesačná teplota vzduchu v Bratislave v rokoch						
Mesiac	2014	2015	2016	2017	2018	Priem. Teplota
Apríl	12,8 °C	11,6 °C	11,7 °C	10,5 °C	15,9 °C	12,5 °C
Máj	15,5 °C	15,8 °C	16,2 °C	17,6 °C	19,1 °C	16,8 °C
Jún	20,4 °C	20,7 °C	20,9 °C	22,9 °C	21,8 °C	21,3 °C
Júl	22,1 °C	24,4 °C	22,4 °C	22,9 °C	23,0 °C	22,9 °C

Najvyššia priemerná denná teplota v Bratislave v rokoch						
Mesiac	2014	2015	2016	2017	2018	Priem. Teplota
Apríl	17 °C	20 °C	16,5 °C	16 °C	21 °C	18,1 °C
Máj	22,5 °C	20 °C	22,5 °C	25 °C	23,5 °C	22,7 °C
Jún	27 °C	25,5 °C	28 °C	27,5 °C	25,5 °C	26,7 °C
Júl	26 °C	30 °C	26,5 °C	27 °C	27 °C	27,3 °C

Najnižšia priemerná denná teplota v Bratislave v rokoch						
Mesiac	2014	2015	2016	2017	2018	Priem. Teplota
Apríl	7 °C	4 °C	5 °C	3,5 °C	8 °C	5,5 °C
Máj	9 °C	12 °C	10 °C	8 °C	12 °C	10,2 °C
Jún	16 °C	14 °C	16,5 °C	17 °C	15 °C	15,7 °C
Júl	17 °C	17,5 °C	16 °C	17,5 °C	17 °C	17 °C

R_{bd} pevnosť betónu v tlaku za „d“ dní tvrdnutia za normových podmienok [MPa]

R_{b28d} pevnosť betónu v tlaku za 28 dní tvrdnutia za normových podmienok [MPa]

d počet dní tvrdnutia

f faktor zrenia

t teplota [°C]

Vzorce:

$$R_{bd} = R_{b28d} * (0,28 + 0,5 * \log d)$$

$$f = (t + 10) * d$$

$$d = f / (t + 10)$$

Výpočet na základe teplôt za roky 2014-2018:

Požadovaná aspoň 70% pevnosť betónu v tlaku

Pevnosť betónu musí byť:

$$f_{ck}(t) = 0,7 \cdot f_{ck} = 0,7 \cdot 16 = 11,2 \text{ MPa}$$

$$R_{bd} = R_{b28d} \cdot (0,28 + 0,5 \cdot \log d)$$

$$11,2 = 16 \cdot (0,28 + 0,5 \cdot \log d)$$

$$11,2 = 4,48 + 8 \log d$$

$$6,72 = 8 \log d$$

$$0,84 = \log d$$

$$d = 6,9 \text{ dní} \rightarrow \mathbf{7 \text{ dní}}$$

Výpočet faktoru zrenia pre **apríl**:

$$f = (12,5 + 10) \cdot 7 = 157,5 \text{ °Cdní}$$

Výpočet faktoru zrenia pre **máj**:

$$f = (16,8 + 10) \cdot 7 = 187,6 \text{ °Cdní}$$

Výpočet faktoru zrenia pre **jún**:

$$f = (21,3 + 10) \cdot 7 = 219,1 \text{ °Cdní}$$

Výpočet faktoru zrenia pre **júl**:

$$f = (22,9 + 10) \cdot 7 = 230,3 \text{ °Cdní}$$

Doba potrebná pre možný začiatok oddebnenia z priemerných najnižších teplôt za roky 2014-2018:

Doba potrebná pre možný začiatok oddebnenia z najnižšej nameranej teploty za mesiac **apríl**:

$$d = f / (t + 10) = 157,5 / (5,5 + 10) = 10,16 \rightarrow \mathbf{11 \text{ dní}}$$

Doba potrebná pre možný začiatok oddebnenia z najnižšej nameranej teploty za mesiac **máj**:

$$d = f / (t + 10) = 187,6 / (10,2 + 10) = 9,29 \rightarrow \mathbf{10 \text{ dní}}$$

Doba potrebná pre možný začiatok oddebnenia z najnižšej nameranej teploty za mesiac **jún**:

$$d = f / (t + 10) = 219,1 / (15,7 + 10) = 8,53 \rightarrow \mathbf{9 \text{ dní}}$$

Doba potrebná pre možný začiatok oddebnenia z najnižšej nameranej teploty za mesiac **júl**:

$$d = f / (t + 10) = 230,3 / (17 + 10) = 8,53 \rightarrow \mathbf{9 \text{ dní}}$$

Tvrdnutie betónu pre oddebnenie z priemerných najvyšších teplôt za roky 2014-2018:

Doba tvrdnutia betónu pre začiatok oddebnenia z najvyššej teploty za mesiac **apríl**:

$$d = f / (t + 10) = 157,5 / (18,1+10) = 5,60 \rightarrow \mathbf{6 \text{ dní}}$$

Doba tvrdnutia betónu pre začiatok oddebnenia z najvyššej teploty za mesiac **máj**:

$$d = f / (t + 10) = 187,6 / (22,7+10) = 5,74 \rightarrow \mathbf{6 \text{ dní}}$$

Doba tvrdnutia betónu pre začiatok oddebnenia z najvyššej teploty za mesiac **jún**:

$$d = f / (t + 10) = 219,1 / (26,7+10) = 5,97 \rightarrow \mathbf{6 \text{ dní}}$$

Doba tvrdnutia betónu pre začiatok oddebnenia z najvyššej teploty za mesiac **júl**:

$$d = f / (t + 10) = 230,3 / (27,3+10) = 6,17 \rightarrow \mathbf{7 \text{ dní}}$$

Dĺžka technologickej prestávky bude závisieť od aktuálneho počasia po betonáži. Uvažovaná dĺžka technologickej prestávky pre čiastočné oddebnenie stropnej konštrukcie je **7 dní** úplné oddebnenie nastane po 28 dňoch od betonáže.