

Klasa ITB(8)
przedmiot – podstawy budownictwa
nauczyciel – M.Zalóg artecha@o2.pl
04.05.2020r.

Temat.:Betony -cz3

Zapoznaj się z dalszą częścią materiału dotyczącą betonów -receptury mieszanek betonowych oraz betonów lekkich i odpowiedz na pytania znajdujące się pod tekstem.

Wskaźnik cementowo-wodny (C/W) obliczamy, przekształcając wzór Bolomeya:

$$f_{cw} = A_1 \left(\frac{C}{W} - 0,5 \right), \quad \text{gdy } \frac{C}{W} < 2,5, \quad [2-21]$$

$$f_{cw} = A_2 \left(\frac{C}{W} + 0,5 \right), \quad \text{gdy } \frac{C}{W} \geq 2,5, \quad [2-22]$$

gdzie:
 C – ilość cementu w 1 m³ betonu [kg],
 W – ilość wody w 1 m³ betonu [dm³],
 A₁, A₂ – współczynniki, których wartość (w MPa), zależną od klasy cementu i rodzaju kruszywa, odczytujemy z tabeli 2.25.

Tabela 2.25. Wartości współczynników A₁ i A₂ [8]

| Rodzaj kruszywa | Współczynnik A [MPa] | Klasa cementu [MPa] | | |
|-----------------|----------------------|---------------------|------|------|
| | | 32,5 | 42,5 | 52,5 |
| Naturalne | A1 | 18 | 21 | 24 |
| | A2 | 12 | 14,5 | 16 |
| Łamane | A1 | 20 | 24 | 27 |
| | A2 | 13,5 | 16 | 18 |

Ilość wody obliczamy na podstawie zależności, zwanej **warunkiem konsystencji**:

$$W = w_k \cdot K + w_c \cdot C \quad [\text{dm}^3], \quad [2-23]$$

gdzie:
 W – zawartość wody w 1 m³ betonu, dm³,
 w_k – wskaźnik wodożądności kruszywa, czyli ilość wody, jaką należy dodać do 1 kg suchego kruszywa (określonej frakcji), aby uzyskać potrzebną konsystencję (wg tab. 2.26), dm³/kg,
 K – zawartość kruszywa w 1 m³ betonu [kg],
 C – zawartość cementu w 1 m³ betonu [kg],
 w_c – wskaźnik wodożądności cementu, czyli ilość wody, jaką należy dodać do cementu, aby uzyskać potrzebną konsystencję (ok. 0,23 [dm³/kg]).

Tabela 2.26. Wskaźniki wodozadności kruszywa* i cementów powszechnego użytku w zależności od klas konsystencji mieszanki betonowej, określonych metodą opadu stożka [8]

| Materiał | | Wskaźnik wodozadności kruszywa [dm ³ /kg] w zależności od klasy konsystencji mieszanki betonowej (S1–S5 wg tab. 2.30) | | | | |
|-----------------------|-------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 |
| Funkcje kruszywa [mm] | 0–0,125 | 0,184 | 0,215 | 0,239 | 0,255 | 0,296 |
| | 0,125–0,25 | 0,094 | 0,109 | 0,122 | 0,137 | 0,151 |
| | 0,25–0,5 | 0,064 | 0,076 | 0,084 | 0,095 | 0,112 |
| | 0,5–1 | 0,045 | 0,053 | 0,058 | 0,065 | 0,077 |
| | 1–2 | 0,033 | 0,039 | 0,043 | 0,048 | 0,058 |
| | 2–4 | 0,025 | 0,029 | 0,032 | 0,037 | 0,044 |
| | 4–8 | 0,020 | 0,023 | 0,026 | 0,029 | 0,034 |
| | 8–16 | 0,015 | 0,018 | 0,020 | 0,023 | 0,027 |
| | 16–31,5 | 0,013 | 0,015 | 0,016 | 0,018 | 0,022 |
| | 31,5–63 | 0,0085 | 0,012 | 0,013 | 0,015 | 0,016 |
| Klasa cementu | 32,5 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 0,20 | 0,31 |
| | 42,5 i 52,5 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,34 |

- * Wartości wskaźników podane w tej tabeli dotyczą tylko kruszyw naturalnych (tj. z otoczek), o gęstości $\rho = 2,65 \text{ kg/dm}^3$. W obliczeniach dotyczących innych kruszyw konieczne są poprawki:
- wskaźniki wodozadności kruszyw łamanych – wartości odczytane z tabeli zwiększamy o 15%;
- wskaźniki wodozadności kruszyw o gęstości $\rho > 2,65 \text{ kg/dm}^3$ – wartości odczytane z tabeli mnożymy przez współczynnik $\rho/2,65$;
- wodozadność mączki kamiennej lub pyłu mineralnego uzupełniających kruszywa – przyjmujemy równą 50% wodozadności cementu.

Warunek szczelności mieszanki betonowej (założenie – brak pęcherzyków powietrza w mieszance):

$$\frac{C}{\rho_c} + \frac{K}{\rho_k} + W = 1000 \pm 5 \quad [\text{dm}^3], \quad [2-24]$$

gdzie :

- C – ilość cementu w 1 m³ betonu, kg,
- K – zawartość kruszywa w 1 m³ betonu, kg,
- W – zawartość wody w 1 m³ betonu, dm³,
- ρ_c – gęstość cementu, kg/dm³,
- ρ_k – gęstość kruszywa, kg/dm³.

Rozwiązanie układu trzech równań – [2-22], [2-23] i [2-24] – pozwoli obliczyć poszukiwane ilości składników w 1 m³ betonu:

- cementu C [kg],
- kruszywa K [kg],
- wody W [dm³].

Tabela 2.27. Recepta robocza mieszanki betonowej [8]

| Składniki | Recepta laboratoryjna | Recepta robocza przy kruszywie o wilgotności w [%wag.] | | Recepta na 1 zarób betoniarki przy dozowaniu cementu luzem |
|-----------|------------------------|--|--|--|
| | | wagowo | objętościowo | |
| Cement | C [kg] | C [kg] | C [kg] | $C \cdot V_k \cdot x$ [kg] |
| Piasek | P [kg] | $P_s = P \cdot \left(1 + \frac{w_1}{100\%}\right)$ [kg] | $P_s = \frac{P_s}{\rho_{p+w_1g}}$ [dm ³] | $P_s \cdot V_k \cdot x$ [kg] |
| Żwir | Z [kg] | $Z_s = Z \cdot \left(1 + \frac{w_2}{100\%}\right)$ [kg] | $Z_s = \frac{Z_s}{\rho_{z+w_2g}}$ [dm ³] | $Z_s \cdot V_k \cdot x$ [kg] |
| Woda | W [dm ³] | $W_s = W - [(P_s - P) + (Z_s - Z)]$ [dm ³] | $W_s = W_s$ [dm ³] | $W_s \cdot V_k \cdot x$ [kg] |

Oznaczenia:

- P_s i P_0 – ilość piasku o wilgotności w_1 na 1 m³ betonu [kg] lub [dm³].
- Z_s i Z_0 – ilość żwiru o wilgotności w_2 na 1 m³ betonu [kg] lub [dm³].
- w_1 i w_2 – wilgotność piasku i żwiru, w % (wagowo).
- ρ_{p+w_1g} – gęstość pozorną luźno usypanego piasku o wilgotności w_1 [kg/m³].
- ρ_{z+w_2g} – gęstość pozorną luźno usypanego żwiru o wilgotności w_2 [kg/m³].
- V_k – objętość robocza mieszalnika betoniarki [m³].
- x – współczynnik napełnienia mieszalnika betoniarki (zwykle przyjmuje się, że $0,8 < x < 0,9$).
- W_s , W_0 – ilość wody na 1 m³ betonu z uwzględnieniem wilgotności kruszywa [dm³].

Recepta robocza składu mieszanki betonowej. Projektując skład mieszanki betonowej w warunkach budowy, uwzględniamy wilgotność kruszywa, pojemność roboczą mieszalnika betoniarki oraz sposób dozowania betonu. Wyniki liczbowe recepty laboratoryjnej na receptę roboczą przeliczamy zgodnie ze wzorami zawartymi w tabeli 2.27.

Ustalenie właściwego składu poprzedzamy wykonaniem kilku próbnych mieszanek i określeniem ich wytrzymałości po 28 dniach twardnienia. Jeżeli wynik odbiega od wymaganego, skład mieszanki korygujemy. Próbuąc zwiększyć ciekłość mieszanki betonowej, nie wolno dodawać do niej wody, zmieniłoby to bowiem wskaźnik C/W . Poprawny sposób polega na zwiększeniu ilości zaczynu cementowego o tej samej wartości wskaźnika (proporcjonalnie zwiększamy wtedy ilość wody i cementu) lub zastosowaniu domieszek chemicznych.

2.8.4. Betony lekkie

Betony lekkie kruszywowe, czyli betony cementowe z kruszywami lekkimi (por. p. 2.4.1 i 2.4.2) mają gęstość pozorną 600–2000 kg/m³, dodajemy bowiem do nich porowate kruszywo lekkie – o gęstości nasypowej do 1200 kg/m³.

Beton lekki kruszywowy może mieć strukturę jamistą¹, zwartą² lub półzwartą³. W PN-EN 1520:2005 opisano prefabrykowane elementy zbrojone z betonu lekkiego kru-

¹ Beton jamisty – beton, w którym ziarna kruszywa mają średnicę ponad 4 mm (tzw. kruszywo grube), a zaczyn cementowy jedynie powleka ich powierzchnię, co sprawia, że spajają się ze sobą z zachowaniem niewypełnionych zaczynem pustek, zwanych jamami. W nowych normach PN-EN 1520:2005 i PN-EN 206-1:2003 nie używamy określenia „beton jamisty”, lecz „beton o strukturze otwartej”.

² Beton zwarty – beton, w którym objętość wolnych przestrzeni między ziarnami kruszywa jest wypełniona zaprawą co najmniej w 85%.

³ Beton półzwały – beton, w którym ziarna kruszywa mniejsze niż 4 mm stanowią minimum 15%, a wolne przestrzenie między ziarnami są wypełnione zaprawą – mniej niż w 85% ich objętości.

szywowego o strukturze otwartej, czyli jamistego. Beton taki oznaczamy symbolem LAC i wykonujemy z:

- keramzytu,
- łupkoporytu,
- mieszaniny keramzytu i łupkoporytu.

Ze względu na ścisłanie różniamy czternaście klas kruszywowego betonu lekkiego: LC8/9, LC12/13, LC16/18, LC20/22, LC25/28, LC30/33, LC35/38, LC40/44, LC45/50, LC50/55, LC55/60, LC60/66, LC70/77, LC80/88. W oznaczeniach tych podajemy minimalną wytrzymałość charakterystyczną w MPa: w liczniku wartość określaną podczas badania próbek sześciennych, a w mianowniku – próbek walcowych.

Betony z łupkoporytu charakteryzują się największą wytrzymałością ze wszystkich betonów lekkich. Są odporne na działanie mrozu. Skład mieszanek betonu z łupkoporytu¹ podano w tabeli 2.28.

Tabela 2.28. Skład kilku mieszanek betonu z łupkoporytu [8]

| Klasa betonu | Uziarnienie kruszywa | | Skład 1 m ³ mieszanki betonu [kg] | | | | | Gęstość pozorną w stanie powietrznosuchym [kg/m ³] |
|--------------|----------------------|--------|--|-------------|--------------|--------|------|--|
| | mm | % wag. | łupkoporyt | cement 32,5 | popiół lotny | piasek | woda | |
| LC8/9 | < 4 | 20 | 980 | 230 | 110 | - | 225 | 1390 |
| | 4-8 | 40 | | | | | | |
| | 8-16 | 40 | | | | | | |
| LC12/13 | < 4 | 50 | 960 | 260 | 150 | 250 | 270 | 1660 |
| | 4-8 | 25 | | | | | | |
| | 8-16 | 25 | | | | | | |
| LC16/18 | < 4 | 50 | 960 | 300 | 160 | 250 | 280 | 1700 |
| | 4-8 | 25 | | | | | | |
| | 8-16 | 25 | | | | | | |

Betony z keramzytu stosujemy jako betony izolacyjne i konstrukcyjne. Klasy mieszanek betonu z keramzytu, ich skład i gęstość pozorną podano w tabeli 2.29.

Beton komórkowy to lekki materiał o gęstości pozornej poniżej 1000 kg/m³, porowaty po stwardnieniu. Wytwarzamy go z mieszanki cementu (powszechnego użytku lub hutniczego), wapna budowlanego (CL90 lub CL80) oraz rozdrobnionego kruszywa (piasku). Mieszanę tych składników zarabiamy wodą dodawaną w takiej ilości, aby otrzymać mieszanę betonową mającą konsystencję ciekłą, czyli klasę konsystencji S5 (wg tab. 2.30). Pory w betonie uzyskujemy, dodając do mieszanki betonowej:

- preparat reagujący chemicznie ze składnikami mieszanki, co powoduje wydzielanie się pęcherzyków gazu – uzyskany w ten sposób materiał to **gazobeton**,
- masę pianotwórczą – uzyskany materiał to **pianobeton**.

¹ Ustalanie składu mieszanki betonu lekkiego...

Tabela 2.29. Skład kilku mieszanek betonu zwartego z keramzytu [8]

| Klasa betonu | cement 32,5 | popiół lotny | keramzyt [mm] | | | piasek | woda | Gęstość pozorną betonu w stanie powietrznosuchym [kg/m ³] |
|--------------|-------------|--------------|---------------|-----|------|--------|------|---|
| | | | < 4 | 4-8 | 8-16 | | | |
| LC8/9 | 370 | 100 | 400 | 200 | 200 | - | 180 | 1300 |
| | 320 | | 400 | 200 | 200 | | | |
| LC12/13 | 410 | 100 | 400 | 200 | 200 | - | 190 | 1340 |
| | 360 | | 400 | 200 | 200 | | | |
| LC16/18 | 280 | | | 300 | 300 | 600 | 170 | 1590 |
| | 330 | | | 290 | 290 | | | |

Wyroby uformowane z betonu komórkowego (np. elementy murowe zgodne z PN-EN 771-4:2004) produkujemy w autoklawach¹.

Pytania:

1. Jakie betony nazywamy lekkimi? 2. Co nazywamy betonem komórkowym? 3. W jaki sposób uzyskujemy pory w betonie?

