

Łukasz SADOWSKI, Jerzy HOŁA

Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

## WPLYW WYBRANYCH KWARCOWYCH DODATKÓW MINERALNYCH MODYFIKUJĄCYCH BETON WARSTWY WIERZCHNIEJ NA JEGO ZESPOLENIE Z PODKŁADEM BETONOWYM

W pracy dokonano na drodze badawczej oceny wpływu wybranych kwarcowych dodatków mineralnych modyfikujących beton warstwy wierzchniej na jego zespolenie z podkładem betonowym. Dodatkami tymi były mączka kwarcowa oraz skaleniowo-kwarcowa stosowane w różnej ilości w stosunku do masy cementu. Badania zespolenia warstw wykonane metodą pull-off wykazały, że mączka skaleniowo-kwarcowa wpływa zdecydowanie niekorzystnie na to zespolenie.

Słowa kluczowe: beton, dodatki mineralne, zespolenie warstw, przyczepność przy odrywaniu

### WPROWADZENIE

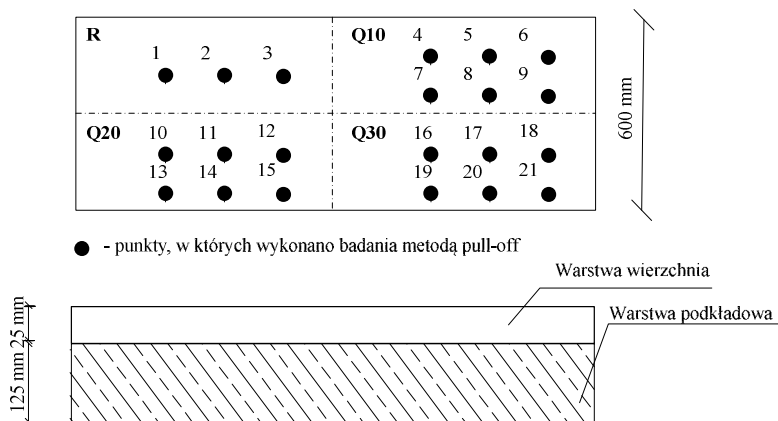
Trwałość elementów betonowych wielowarstwowych zależy między innymi od dobrego zespolenia warstwy wierzchniej z podkładową [1, 2]. Miarą tego zespolenia jest przyczepność przy odrywaniu, której wartość nie powinna być mniejsza od 0,5 MPa w przypadku elementów nowo wykonywanych [3, 4].

Z doniesień literaturowych wynika, że w wielu laboratoriach podejmowane są próby modyfikacji betonu warstwy wierzchniej różnymi dodatkami [5-9]. Coraz częściej próby te mają na celu uzyskanie wymaganej wartości przyczepności na granicy warstw bez konieczności stosowania specjalnych zabiegów przygotowujących powierzchnię podkładu betonowego. Przykładowo, Moghtadaei i inni [10, 11] prowadzili badania zespolenia betonu warstwy wierzchniej z dodatkiem metakaolinu z podkładem betonowym i wykazali, że dodatek ten zwiększa przyczepność przy odrywaniu. Z kolei Nagaonkar i inni [12] wykazali wzrost przyczepności betonu warstwy wierzchniej wykonanego z dodatkiem pyłu krzemionkowego do podkładu betonowego. Natomiast Li [13] w celu zwiększenia przyczepności przy odrywaniu na granicy warstw betonowych modyfikował beton warstwy wierzchniej dodatkiem popiołu lotnego pochodzącego ze spalania węgla kamiennego.

Brak jest w literaturze doniesień, czy modyfikacja betonu warstwy wierzchniej dodatkami mineralnymi w postaci mączki kwarcowej albo mączki skaleniowo-kwarcowej, będących materiałami odpadowymi w budownictwie, korzystnie wpływa na zespolenie tej warstwy z podkładem betonowym. Niniejsza praca stanowi przyczynek do wypełnienia tej luki w wiedzy.

## 1. OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ WŁASNYCH

Badaniom poddano dwa dwuwarstwowe betonowe elementy próbne o wymiarach 600 x 900 mm i łącznej grubości 150 mm każdy (rys. 1). Warstwa podkładowa miała grubość 125 mm, a warstwa wierzchnia 25 mm.



Rys. 1. Schemat jednego z elementów badawczych wraz z rozmieszczeniem punktów, w których wykonano badania metodą pull-off

W tabeli 1 przedstawiono skład wagowy mieszanki betonowej użytej do wykonania warstwy podkładowej. Z kolei w tabeli 2 przedstawiono składy wagowe mieszanek betonowych użytych do wykonania warstw wierzchnich. Należy wyjaśnić, że powierzchnię obydwu elementów podzielono na cztery części, wykonując na każdej części warstwę wierzchnią z mieszanki betonowej o innym składzie podanym w tabeli 2. W przypadku pierwszego elementu, na części oznaczonej literą R (referencyjnej) warstwę wierzchnią wykonano z mieszanki oznaczonej jako R, na części oznaczonej jako Q wykonano warstwę wierzchnią z mieszanek Q10, Q20 i Q30 zawierających odpowiednio 10, 20 i 30% mączki kwarcowej w stosunku do masy cementu. W przypadku drugiego elementu na części oznaczonej jako F wykonano warstwę wierzchnią z mieszanek F10, F20 i F30 zawierających odpowiednio 10, 20 i 30% mączki skaleniowo-kwarcowej w stosunku do masy cementu. Beton warstw wierzchniej i podkładowej dojrzewał w sposób naturalny w temperaturze powietrza  $+20^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) i wilgotności względnej powietrza 60% ( $\pm 5\%$ ).

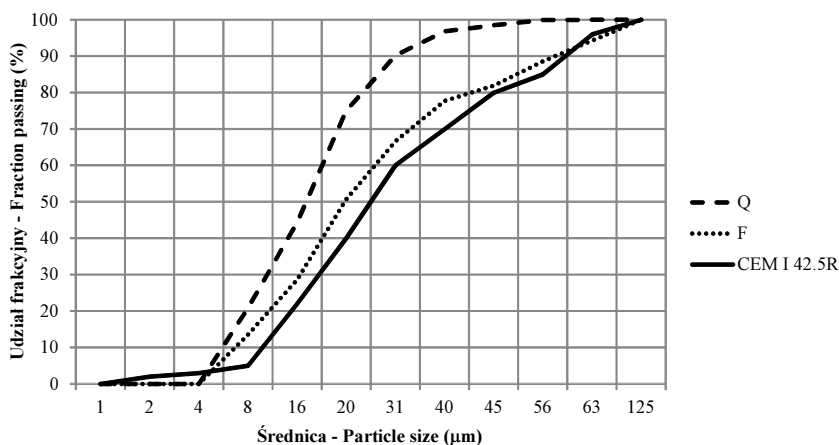
Tabela 1. Skład wagowy mieszanki betonowej użytej do wykonania warstwy podkładowej

| Składnik mieszanki betonowej [kg/m <sup>3</sup> ] |   |      |   |   |                               |
|---|---|------|---|---|-------------------------------|
| Cement portlandzki CEM II A-LL 42,5R              | Popiół lotny z Elektrociepłowni Wrocław | Woda | Piasek kwarcowy kopalny o maksymalnym uziarnieniu do 2 mm i gęstości objętościowej 2,62 g/cm <sup>3</sup> | Kruszywo naturalne łamane bazaltowe o maksymalnym uziarnieniu do 8 mm i gęstości objętościowej 2,60 g/cm <sup>3</sup> | Plastyfikator Visco Flow 6920 |
| 352,0   | 40                                      | 165  | 724,4   | 1086,6  | 2,0                           |

Tabela 2. Składy wagowe mieszanek betonowych użytych do wykonania warstw wierzchnich

| Oznaczenie mieszanki betonowej | Składnik mieszanki betonowej [kg/m <sup>3</sup> ] |        |      |   |   |                                    |
|--------------------------------|---|--------|------|---|---|------------------------------------|
|                                | Cement portlandzki CEM I 42,5R                    | Mączka | Woda | Piasek kwarcowy kopalny o maksymalnym uziarnieniu do 2 mm i gęstości objętościowej 2,62 g/cm <sup>3</sup> | Kruszywo naturalne żwirowe kwarcowe o maksymalnym uziarnieniu do 8 mm i gęstości objętościowej 2,64 g/cm <sup>3</sup> | Plastyfikator MasterPozzolith 18BV |
| R                              | 352,0   | 0      | 141  | 676   | 1205  | 2,11                               |
| Q10                            | 316,8   | 35,2   | 141  | 676   | 1205  | 2,11                               |
| Q20                            | 281,6   | 70,4   | 141  | 676   | 1205  | 2,11                               |
| Q30                            | 246,4   | 105,6  | 141  | 676   | 1205  | 2,11                               |
| F10                            | 352,0   | 35,2   | 141  | 676   | 1205  | 2,11                               |
| F20                            | 316,8   | 70,4   | 141  | 676   | 1205  | 2,11                               |
| F30                            | 281,8   | 105,6  | 141  | 676   | 1205  | 2,11                               |

Na rysunku 2 przedstawiono skumulowany rozkład ziarnowy wielkości cząstek cementu CEM I 42,5R, mączki kwarcowej Q i mączki skaleniowo-kwarcowej F. Z rysunku tego wynika, że rozkład ziarnowy mączki skaleniowo-kwarcowej jest zbliżony do rozkładu ziarnowego cementu CEM I 42,5R.



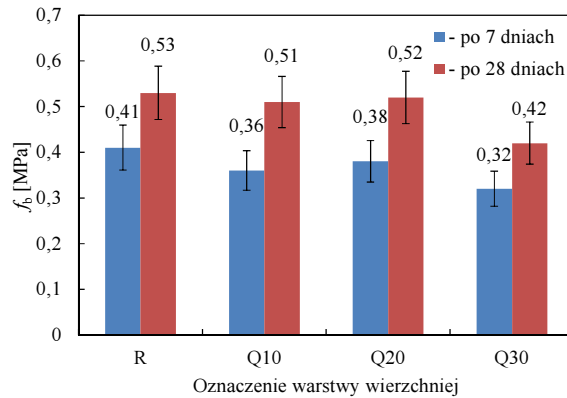
Rys. 2. Skumulowany rozkład ziarnowy wielkości cząstek cementu CEM I 42,5R, mączki kwarcowej Q i mączki skaleniowo-kwarcowej F określony za pomocą laserowego analizatora wielkości cząstek Mastersizer 2000

Po 28 dniach od zabetonowania warstwy podkładowej wykonano na niej warstwę wierzchnią. Następnie po 7 i 28 dniach wykonano badania przyczepności przy odrywaniu  $f_b$  warstwy wierzchniej od podkładowej metodą pull-off [3, 4].

Rozmieszczenie punktów, w których wykonano badania metodą pull-off, pokazano na rysunku 1.

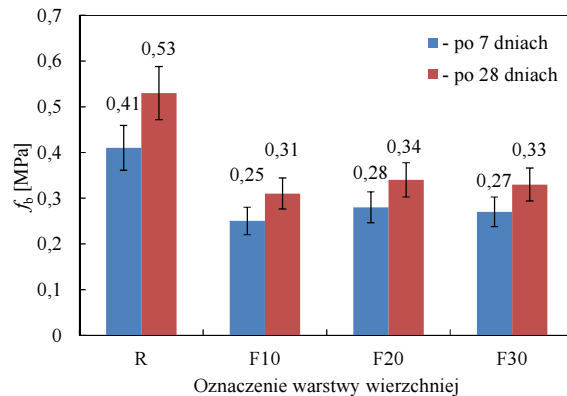
## 2. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Na rysunku 3 przedstawiono wpływ różnej ilości mączki kwarcowej modyfikującej beton warstwy wierzchniej na przyczepność przy odrywaniu  $f_b$  tej warstwy od betonowej warstwy podkładowej.



Rys. 3. Wpływ różnej ilości mączki kwarcowej modyfikującej beton warstwy wierzchniej na przyczepność przy odrywaniu  $f_b$  tej warstwy od betonowej warstwy podkładowej

Z analizy rysunku 3 wynika, że 10 i 20% dodatek mączki kwarcowej w stosunku do masy cementu nie powoduje zarówno po 7, jak i po 28 dniach ani wzrostu, ani obniżenia wartości przyczepności przy odrywaniu warstwy wierzchniej od podkładowej. Natomiast 30% dodatek tej mączki obniża badaną przyczepność o około 16% po 7 dniach oraz około 20% po 28 dniach.



Rys. 4. Wpływ różnej ilości mączki skaleniowo-kwarcowej modyfikującej beton warstwy wierzchniej na przyczepność przy odrywaniu  $f_b$  tej warstwy od betonowej warstwy podkładowej

Z kolei z analizy rysunku 4 wynika, że dodatek mączki skaleniowo-kwarcowej w każdym badanym przypadku powoduje obniżenie wartości przyczepności przy odrywaniu warstwy wierzchniej od podkładowej. Obniżenie to jest znaczące i wynosi około 40% zarówno po 7, jak i 28 dniach.

## PODSUMOWANIE

W pracy dokonano oceny wpływu wybranych kwarcowych dodatków mineralnych modyfikujących beton warstwy wierzchniej na jego zespolenie z podkładem betonowym. Dodatkami tymi były mączka kwarcowa i skaleniowo-kwarcowa.

Z przeprowadzonych badań wynika, że modyfikacja betonu warstwy wierzchniej dodatkiem mączki kwarcowej w ilości 10 i 20% masy cementu powoduje pozostawienie na niezmiennym poziomie wartości przyczepności przy odrywaniu  $f_b$  warstwy wierzchniej od podkładu. Zwiększenie ilości tej mączki w składzie betonu powyżej 20% masy cementu obniża badaną przyczepność o około 16% po 7 dniach oraz około 20% po 28 dniach. Natomiast modyfikacja betonu warstwy wierzchniej dodatkiem mączki skaleniowo-kwarcowej nie jest korzystna z uwagi na przyczepność przy odrywaniu warstwy wierzchniej od podkładowej. Bez względu na zastosowaną ilość tej mączki badana przyczepność jest niższa o około 40% w stosunku do przyczepności uzyskanej dla warstwy wierzchniej referencyjnej.

## LITERATURA

- [1] Courard L., Bissonnette B., Garbacz A., Concrete Surface Engineering, CRC Press, Boca Raton 2015.
- [2] Hoła J., Sadowski L., Diagnostowanie, metodami nieniszczącymi zespolenia warstw w elementach betonowych, Materiały XIV Konferencji Naukowo-Technicznej „Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego”, Kielce-Cedzyna 2016.
- [3] PN-EN 1542:2000 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Pomiar przyczepności przez odrywanie, PKN, Warszawa 2000.
- [4] ASTM D7234 - 05, Standard test method for pull-off adhesion strength of coatings on concrete using portable pull-off adhesion testers, 2005.
- [5] Shi Y., Matsui I., Guo J., A study on the effect of fine mineral powders with distinct vitreous contents on the fluidity and rheological properties of concrete, Cement and Concrete Research 2004, 34(8), 1381-1387.
- [6] Kosior-Kazberuk M., Nowe dodatki mineralne do betonu, Budownictwo i Inżynieria Środowiska 2011, 2, 47-55.
- [7] Nepomuceno M., Oliveira L., Lopes S., Methodology for mix design of the mortar phase of self-compacting concrete using different mineral additions in binary blends of powders, Construction and Building Materials 2012, 26(1), 317-326.
- [8] Tikkanen J., Penttala V., Cwirzen A., Mineral powder concrete - effects of powder content on concrete properties, Magazine of Concrete Research 2011, 63(12), 893-903.
- [9] Tikkanen J., Effects of mineral powders on hydration process and hydration products in normal strength concrete, Construction and Building Materials 2014, 72, 7-14.

- 
- [10] Moghtadaei R., Mohammadi M., Samani N., Mousavi S., The impact of surface preparation on the bond strength of repaired concrete by metakaolin containing concrete, *Construction and Building Materials* 2015, 80, 76-83.
- [11] Mohammadi M., Moghtadaei R., Samani N., Influence of silica fume and metakaolin with two different types of interfacial adhesives on the bond strength of repaired concrete, *Construction and Building Materials* 2014, 51, 141-150.
- [12] Nagaonkar D., Bhusari J., Characterization of reactive powder concrete with respect to its bond strength, *International Journal of Scientific & Engineering Research* 2014, 5(5), 279-282.
- [13] Li G., A new way to increase the long-term bond strength of new-to-old concrete by the use of fly ash, *Cement and Concrete Research* 2003, 33(6), 799-806.

## **EFFECT OF SELECTED QUARTZ MINERAL ADMIXTURES APPLIED IN ADDED CONCRETE ON THEIR ADHESION TO CONCRETE SUBSTRATE**

**Based on performed research in this paper the evaluation of the effect of selected quartz mineral admixtures applied in added concrete on their adhesion to concrete substrate was presented. These admixtures were quartz and feldspar-quartz mineral used in varying amounts relative to the weight of cement. Research performed by pull-off method presents that feldspar-quartz mineral powder definitely affects adversely on that adhesion.**

**Keywords: concrete, mineral admixtures, interlayer bond, pull-off adhesion**