



THE INFLUENCE OF THE TYPE OF LOW-EMISSION CEMENT AND AIR-ENTRAINING ADMIXTURES ON THE QUALITY OF AIR ENTRAINMENT OF CONCRETE – UNEXPECTED IMPACT OF GRANULATED BLAST FURNACE SLAG

WPŁYW RODZAJU CEMENTU NISKOEMISYJNEGO I DOMIESZKI NAPOWIETRZAJĄCEJ NA EFEKT NAPOWIETRZENIA BETONU – NIEOCZEKIWANY WPŁYW GRANULOWANEGO ŻUŻŁA WIELKOPIECOWEGO

Beata Łązniewska-Piekarczyk
Silesian University of Technology, Poland

Abstract

The test results indicate that it is possible to obtain the appropriate quality of air entrainment in concrete with low-emission cement with granulated blast furnace slag, such as CEM II/B-S, CEM III/A and CEM III/A-NA. However, the literature on the subject reports that this is not the rule, and a slag content that is too high is not conducive to the effectiveness of the air-entraining admixture and the stability of the air entrainment. The possible reason for the beneficial effect of slag on the stability of air entrainment was the influence of surfactants used for its grinding. The research also proved that the effectiveness of the air-entraining impact and the stability of air entrainment in concrete with slag cement depend on its type (natural or synthetic) and the alkali content in the cement.

Keywords: low-emission cement, granulated blast furnace slag, alkali, concrete, air-entraining admixture, porosity, frost resistance

Streszczenie

Rezultaty badań wskazują, iż możliwe jest uzyskanie odpowiedniej jakości napowietrzenia betonu z cementem niskoemisyjnym z żużłem granulowanym wielkopiecowym S, jak CEM II/B-S, CEM III/A i CEM III/A-NA. Jednak literatura przedmiotu donosi, iż to nie jest regułą, a zbyt duża zawartość żużła nie sprzyja efektywności działania domieszki napowietrzającej i stabilności napowietrzenia. Zatem granulowany żużel wielkopiecowy może pozytywnie bądź negatywnie wpływać na efektywność działania domieszki napowietrzającej oraz stabilność napowietrzenia. Za możliwą przyczynę korzystnego wpływu żużła na stabilność napowietrzenia wskazano wpływ środków powierzchniowo czynnych zastosowanych do jego przemiału. Na podstawie badań dowiedziono także, że efektywność działania domieszki napowietrzającej i stabilność napowietrzenia betonu z cementem żużlowym zależy od jej rodzaju (naturalna bądź syntetyczna) oraz od zawartości alkaliów w cemencie.

Słowa kluczowe: cement niskoemisyjny, granulowany żużel wielkopiecowy, alkalia, beton, domieszka napowietrzająca, porowatość, mrozoodporność

REFERENCES

- [1] Mapa drogowa CEMBUREAU do roku 2030 Redukcja CO₂ w łańcuchu wartości cementu (5 punktów: klinkier, cement, beton, budownictwo, rekarbonatyzacja) (strona internetowa „Stowarzyszenia Producentów Cementu”): <https://www.polskocement.pl/mapa-drogowa-2050/>.
- [2] <https://lowcarboneyconomy.cembureau.eu/wp-content/uploads/2018/09/Gospodarka-niskoemisyjna-2050-Sektor-cementowy.pdf>
- [3] Baran T., Ostrowski M., Francuz P.: *Zmniejszenie emisji CO₂ związane z wykorzystaniem ubocznych produktów w przemyśle cementowym*. Konferencja Dni Betonu – Tradycja i Nowoczesność, 2021.
- [4] Schneider M.: *The cement industry on the way to a low-carbon future*. "Cement Concrete Research", vol. 124, October 2019, 105792
- [5] Giergiczyński Z.: *Fly ash and slag*, Cem. Concr. Res. 124 (2019) 105826.
- [6] Du L., Folliard K.J.: *Mechanisms of Air Entrainment in Concrete*. "Cement and Concrete Research", vol. 35, no. 8, pp. 1463-1471, 2005.
- [7] Fagerlund G.: *Durability of concrete structures*. Arkady, Warsaw 1999
- [8] Jin J., Domone P.L.: *Relationships between the fresh properties of SCC and its mortar component*. [in:] Proc. Of the 1st North American Conference on the Design and Use of Self-consolidating Concrete, Illinois, USA, 12–13 November 2002. USA: Hanley-Wood, LLC, 2002, pp. 37-42.
- [9] Kqlaots I., Hurt R.H., Suuberg E.M.: *Size distribution of unburned carbon in coal fly ash and its implications*. "Fuel" 83, vol. 1, pp. 223-230, 2004.
- [10] Lech M., Juszczyk T., Wawrzeńczyk J.: *A study on carbonation depth prediction for concrete Made with GBFS cement and FA addition*, "Structure and Environment 2022", vol. 14, (1), pp. 1-10, Article number: e1 001 <https://doi.org/10.30540/sae-2022-001>.
- [11] Molendowska A., Wawrzeńczyk J.: *Freeze-thaw resistance of air-entrained high strength concrete*, "Structure and Environment", R. 2017, Vol. 9, no. 1, pp. 25-33.
- [12] Owsiak Z.: *Korozja wewnętrzna betonu*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2015.
- [13] Rusin Z.: *Technologia betonów mrozoodpornych*, Wydawnictwo Polski Cement, Kraków 2002, p.182.
- [14] Yang QI.: *Stability of air bubbles in fresh concrete*. "Master of Science Thesis in the Master's Programme Structural Engineering and Building Performance Design", 2012.
- [15] Zhang S., Wang K.: *Effects of Materials and Mixing Procedures on Air Void Characteristics of Fresh, Concrete*, Conference Proceedings, 2005.
- [16] Liu Z., Hansen W., Meng B.: *Characterisation of air-void systems in concrete*, "Magazine of Concrete Research" vol. 68 no. 4, 2015.
- [17] Beningfield N.: *The air entrainment of mortar-a bibliography*, 8th International Brick and Block Masonry Conference, Dublin, 1988, pp. 131-138.
- [18] Brandt A.M., Kasperkiewicz J. eds.: *Metody diagnozowania betonów wysokowartościowych na podstawie badań strukturalnych*, IPPT PAN, Warszawa 2003.
- [19] Glinicki M.A.: *Metody ilościowej i jakościowej oceny napowietrzenia betonu*, "Cement Wapno Beton", nr 6, 2014, pp. 359-369.
- [20] Rudnicki T.: *The Influence of the Type of Cement on the Properties of Surface Cement Concrete*, Materials (Basel). 2022 Jul; 15(14): 4998. doi: 10.3390/ma15144998
- [21] Ley M.T., Chancey R., Juenger M.C.G., Follird K.J., Folliard K.J.: *The physical and chemical characteristics of the shell of air-entrained bubbles in cement paste*, "Cement and Concrete Research" May 2009, vol. 39, nr 5, pp. 417-425.
- [22] Łukowski P.: *Modyfikacja materiałowa betonu*. Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2016.
- [23] Newlon H., Mitchell T.M.: *Freezing and Thawing. Significance of Test and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials*. P. Klieger, J.F. Lamond, ASTM Publication, USA 1994.
- [24] Wawrzeńczyk J.: *Metody badania i prognozowania mrozoodporności betonu*. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2017.
- [25] Safiuddin Md. et al.: *Air-void Stability in Fresh Self-consolidating Concretes Incorporating Rice Husk Ash*. "Advances in Engineering Structures", Mechanics & Construction. Springer Netherlands, 2006, pp. 129-138.
- [26] Giergiczyński Z., Glinicki M.A., Sokołowski M., Zieliński M.: *Charakterystyka porów powietrznych a mrozoodporność betonów na cementach żużlowych*, KILiW PAN, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, 2008, pp. 301-308.
- [27] Lebedeva Ramunė L., Skripkiunas Gintautas, Kičaitė Asta: *Influence of Mineral Additives on Environmental Resistance of Concrete*, Construction Science, 2016, 18. pp. 10-16. 10.1515/cons-2016-0002.
- [28] Wang Liang, Quan Hongzhu, Li Qiuyi: *Evaluation of Slag Reaction Efficiency in Slag-Cement Mortars under Different Curing Temperature*, Materials, 2019, 12. 2875. 10.3390/ma12182875.

- [29] Piasta W., Marczevska J.: *The effect of air entraining admixtures and cement types on the properties of fresh mortar*. Structure and Environment, 2013, Vol. 5, no. 1, pp. 11-17.
- [30] Zhang D.S.: *Air entrainment in fresh concrete with PFA*. "Cement Concrete. Composites" Vol. 18, no. 6, pp. 409-416, 1996.
- [31] PN-EN 480-1+A1:2012 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu – Metody badań – Część 1: Beton wzorcowy i zaprawa wzorcowa do badania.
- [32] PN-EN 1015-7:2000 Metody badań zapraw do murów – Określenie zawartości powietrza w świeżej zaprawie.
- [33] PN-EN 12350-7 – Badania mieszanki betonowej – Część 7: Badanie zawartości powietrza -- Metody ciśnieniowe.
- [34] PN-EN 480-11:2008 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu – Metody badań - Część 11: Oznaczanie charakterystyki porów powietrznych w stwardniałym betonie .
- [35] Bracka A, Rusin Z.: *Comparison of pore characteristics and water absorption in ceramic materials with frost resistance factor*, Structure and Environment 4 (3)102012.
- [36] Catalogue of Typical Structures of Rigid Pavements. GDDKiA, Warszawa, GDDKiA [(accessed on 30 September 2020)]; 2014 Available online: https://www.gddkia.gov.pl/frontend/web/userfiles/articles/d/dokumenty-techniczne_8162/Dokumenty%20techniczne/KTKNS.pdf.
- [37] Rusin Z.: *A mechanism of expansion of concrete aggregate due to frost action*, "Cement and Concrete Research" 21 (4), pp. 614-624.
- [38] Wawrzeńczyk J., Molendowska A., Kłak A.: *Relationship between porosity characteristics and concrete frost durability in bridges*. Structure and Environment, 2012/4/4.
- [39] Khayat K.H., Nasser K.W.: *Comparison of Air Contents in Fresh and Hardened Concretes Using Different Airmeters*. "Cement, Concrete, and Aggregates" vol. 13, no. 1, pp. 16–17, Summer 1991.
- [40] Łaźniewska-Piekarczyk B.: *The frost resistance versus air voids parameters of high performance self compacting concrete modified by non-air-entrained admixtures*. "Construction Building Materials" nr 48, 2013 pp. 1209-1220.
- [41] Zhang Z., Vitrillo M.N., Maher A., Szary M.P., Ansari F.: *Effects of Synthetic Air Entraining Agents on Compressive Strength of Portland Cement Concrete*. "Mechanism of Interaction and Remediation Strategy", 2002.
- [42] Łaźniewska-Piekarczyk B.: *The influence of admixtures type on the air-voids parameters of non-air-entrained and air-entrained high performance SCC*. "Construction Building Materials", nr 41, 2013, pp. 109-124.
- [43] Slag Cement And Concrete Pavements, American Concrete Pavement Association Number 4.03 March 2003 <https://1204075.sites.myregisteredsite.com/Downloads/RT/RT4.03.pdf>.
- [44] Pudlik P., Paszkowski A.: *Analiza wpływu środków powierzchniowo-czynnych na przykładzie procesu mielenia granulowanego żużla wielopieczowego oraz cementu portlandzkiego popiołowego / Analysis of the influence of surfactants on the example of the grinding process of granulated blast furnace slag and Portland-fly ash cement*. Konferencja Dni Betonu, 2021, pp. 637- 651.
- [45] PN-B-06265:2022-08: Beton – Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność – Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A2:2021-08.
- [46] Ozyildirim C.: *Comparison of the Air Contents of Freshly Mixed and Hardened Concretes* "Cement, Concrete and Aggregates", vol. 13, no. 1, pp. 11-17, 1991.
- [47] Zarauskas L., Skripkiūnas G., Girskas G.: *Influence of Aggregate Granulometry on Air Content in Concrete Mixture and Freezing - Thawing Resistance of Concrete*. "Procedia Engineering", Volume 172, 2017, pp. 1278-1285.
- [48] Łaźniewska-Piekarczyk B.: *The type of air-entraining and viscosity modifying admixtures and porosity and frost durability of high performance self-compacting concrete*. "Construction Building Materials", vol. 40, 2013, pp. 659-671.
- [49] Reidenouer D.R., Howe R.H.: *Air content of plastic and hardened concrete*. National Technical Information Service, Report/Paper Numbers: PDT-73-1 Final Report, pp.73, 1975-2.