

Powyższe rozważania wykazały, iż strukturę betonu konstrukcyjnego kształtuje się przez dobór w odpowiednich proporcjach składników mieszanki, a także przez szczelne rozmieszczenie komponentów fazy stałej, zwłaszcza w strefie granicy faz. Duże możliwości w tym zakresie stwarza wprowadzenie do mieszanki betonowej popiołów lotnych oraz coraz powszechniej dodawanej mikrokrzemionki. Analiza wpływu tych dodatków na kształtowanie struktury betonu konstrukcyjnego zostanie przedstawiona poniżej.

5.6. Kształtowanie struktury betonu dodatkami mineralnymi

Analizując dotychczasowe rozważania teoretyczne dotyczące ilościowego opisu właściwości użytkowych betonów konstrukcyjnych, należy stwierdzić, iż nadążają one za szybkim postępem technologicznym. Dlatego ustalenie zależności między parametrami struktury betonu a jego właściwościami użytkowymi można zaliczyć do istotnych problemów, które wymagają podjęcia badań w tym zakresie.

W poprzednich rozdziałach rozważono szczelność układu ziaren kruszywa w betonie oraz zależność pomiędzy grubością otulenia ziaren cementu fazą ciekłą a wytrzymałością betonu. Wynika stąd, iż istnieją związki między składem ilościowym i jakościowym mieszanki a właściwościami mechanicznymi decydującymi również o trwałości betonu.

Mając na względzie właściwości użytkowe betonów konstrukcyjnych, widać, że istnieją optymalne udziały poszczególnych składników struktury. Udział tych składników na każdym poziomie dyspersyjności fazy stałej wywiera wpływ na inne właściwości betonu. Optymalne właściwości betonu konstrukcyjnego wynikają z odpowiedniego ukształtowania jego struktury na wszystkich poziomach dyspersyjności fazy stałej mieszanki. Dobierając zatem optymalną ilość kruszywa, cementu, mikrowypełniacza, wody i plastyfikatora do mieszanki, można zapewnić wysoką wytrzymałość, trwałość oraz odporność stwardniałego betonu na wpływ czynników środowiska zewnętrznego.

W celu poprawy właściwości użytkowych projektowanego betonu w składzie mieszanki wraz z cementem zastosowano dodatek popiołu lotnego w ilości 50 kg/m^3 i mikrokrzemionki w ilości 40 kg/m^3 . Charakter i większość ziaren popiołu lotnego w przybliżeniu odpowiada rozdrobnieniu cementu, dlatego pod względem geometrycznym może być zakwalifikowany do tej samej grupy. Ziarna pyłów krzemionkowych natomiast są bardzo drobne, gdyż przeważająca ich część ma średnicę mieszczącą się w granicach od $0,03$ do $0,3 \text{ }\mu\text{m}$, a średni wymiar nie przekracza zwykle $0,1 \text{ }\mu\text{m}$ [25], [33]. Wobec tego w analizie parametrów struktury mieszanki betonowej na poziomie mikroskopowym tego dodatku nie wydzielono z fazy ciągłej zawiesiny.

W celu zachowania ilości mieszanki betonowej równej 1 m^3 skorygowano udział kruszywa proporcjonalnie do objętości zastosowanych dodatków. Objętość popiołu lotnego wprowadzonego do mieszanki betonowej jest równa $v_{pl} = 50,0/2350,0 = 0,0213 \text{ m}^3$, a mikrokrzemionki $v_m = 40,0/2200,0 = 0,0182 \text{ m}^3$. Odejmując od udziału kruszywa łączną objętość zastosowanych dodatków $v_d = 0,0395 \text{ m}^3$, przyjęty w dalszej analizie parametrów struktury skład 1 m^3 mieszanki betonowej jest następujący:

- kruszywo łamane $m_z = 1274,0 \text{ kg}$,
- piasek $m_p = 540,0 \text{ kg}$,
- cement $m_c = 469,0 \text{ kg}$,
- popiół lotny $m_{pl} = 50,0 \text{ kg}$,
- mikrokrzemionka $m_n = 40,0 \text{ kg}$,
- woda $m_w = 124,3 \text{ kg}$.

Skorygowana gęstość objętościowa spoiwa, obliczona dla następujących udziałów: cementu – $m_c = 469,0 \text{ kg}$, o gęstości objętościowej ziaren $\rho_c = 3100,0 \text{ kg/m}^3$ i popiołu lotnego – $m_p = 50,0 \text{ kg}$, o $\rho_p = 2350,0 \text{ kg/m}^3$, jest równa

$$\begin{aligned} \rho_{cs} &= \frac{(m_c + m_p) \rho_c \rho_p}{m_c \rho_p + m_p \rho_c} = \frac{(469,0 + 50,0) 3100,0 \cdot 2350,0}{469,0 \cdot 2350,0 + 50,0 \cdot 3100,0} \\ &= 3007,0 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

W mieszance betonowej zmodyfikowanej popiołem lotnym i mikrokrzemionką grubość otulenia ziaren kruszywa zaczynem cementowym jest równa

$$\begin{aligned} \delta_z &= r_k \left[\sqrt[3]{V_b S_{kb} \frac{\rho_k}{m_k}} - 1 \right] = 2,24 \cdot 10^{-3} \left[\sqrt[3]{1,00 \cdot 0,88 \frac{2650,0}{1814,0}} - 1 \right] \\ &= 0,196 \cdot 10^{-3} \text{ m}. \end{aligned}$$

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, iż grubsza warstwa zaczynu cementowego na ziarnach kruszywa, wynikająca z zastosowania dodatku popiołu lotnego i mikrokrzemionki, pod wpływem działania plastyfikatora zdecydowanie wpłynie na uplastycznienie oraz urabialność mieszanki betonowej.

Grubość warstwy fazy ciągłej na ziarnach spoiwa po dodaniu popiołu lotnego oraz mikrokrzemionki osiąga wartość