

Rys. 9.4. Wpływ charakterystyki porów w betonie na masę złuszczeń powierzchniowych w betonie z cementu CEM I, CEM II/B-S i CEM III/A

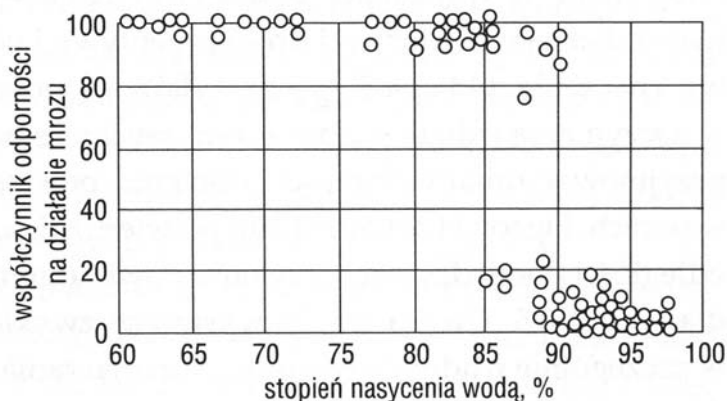
Zgodnie z przedstawionym wcześniej modelem Powersa mrozoodporność wewnętrzna betonu napowietrzonego jest proporcjonalna do wytrzymałości stwardniałego zaczynu cementowego i jego przepuszczalności [49], [132]. W związku z tym dużą mrozoodporność betonu uzyskuje się przy zastosowaniu cementów portlandzkich. Szybkość twerdnienia cementu (klasa wytrzymałościowa cementu) ma znaczenie w odniesieniu do przewidywanej dojrzałości betonu w chwili ekspozycji na działanie mrozu: pożądanym jest wysoki stopień przereagowania cementu i skorelowane z nim mała porowatość i zawartość wody niezwiązanej w porach betonu. Z drugiej strony znany jest bardzo korzystny wpływ dodatków mineralnych do cementu na zmniejszenie porowatości kapilarnej, zwłaszcza po przedłużonej pielęgnacji. Bardzo efektywny w tym zakresie jest dodatek pyłu krzemionkowego – aktywnego dodatku pucolanowego. Udział pyłu krzemionkowego od 5 do 8% w cemencie wystarcza do radykalnego zmniejszenia wielkości porów kapilarnych i korzystnego zwiększenia wytrzymałości warstw kontaktowych kruszywa z zaczynem.

W [14] przedstawiono wyniki badań mrozoodporności betonu zgodnie z CEN/TS 12390-9 przy zastosowaniu kilku różnych cementów CEM I, CEM II i CEM III pochodzących w różnych krajach europejskich. Po normowym okresie dojrzewania próbek beton z cementów CEM II i CEM III wykazał znacznie większą masę złuszczeń w porównaniu do betonu z cementu portlandzkiego CEM I. Wykazano, że polepszając warunki dojrzewania (lepszy dostęp wilgoci i ograniczenie karbonatyzacji), zwiększa się

stopień hydratacji cementów CEM II i CEM III, a tym samym polepsza się ich odporność betonów na działanie mrozu i soli odladzających.

Wymienione w tabeli 9.1 trzy czynniki materiałowe: porowatość kapilarna, przepuszczalność i stopień nasycenia porów w betonie, są uzależnione głównie od współczynnika w/c, ale również od skuteczności pielęgnacji twardniejącego betonu. Działanie mrozu staje się niszczące, gdy stopień nasycenia betonu wodą przekracza 85% (rys. 9.5) [116]. Przy bezbłędnej pielęgnacji stwierdzono liniową zależność między zawartością porów kapilarnych w betonie w zakresie od 0,1 do 1 mm i przepuszczalnością jonów chlorkowych. Zależność stwierdzona w pracy doktorskiej M. Dąbrowskiego [31] była słuszna w odniesieniu do betonu napowietrzonego o zróżnicowanym składzie i niezależna od rodzaju zastosowanego kruszywa grubego (granodioryt, wapień). Jak wykazano w [64], prawidłowo napowietrzona warstwa betonu z kruszywem odkrytym, pielęgnowana za pomocą powłoki o szczelności > 85%, wykazała bardzo dobrą odporność na złuszczenia powierzchniowe – masa złuszczeń m_{56} wynosiła 0,10–0,12 kg/m² niezależnie od rodzaju cementu i w/c w zakresie 0,34–0,37 (rys. 9.6).

Brak pielęgnacji warstwy betonu z kruszywem odkrytym spowodował wzrost szybkości absorpcji wody i zwiększenie współczynnika migracji jonów chlorkowych, odpowiednio o 100–300% i 30–50%. Wskutek braku pielęgnacji warstwy betonu stwierdzono znaczny wzrost masy złuszczeń powierzchniowych; masa m_{56} wynosiła od 0,26 do 1,86 kg/m². Największy przyrost masy złuszczeń powierzchniowych zaobserwowano w przypadku betonu z cementu CEM III/A [65], potwierdzając tym samym jego zwiększoną podatność na błędy pielęgnacji.



Rys. 9.5. Wpływ stopnia nasycenia betonu na mrozodporność wewnętrzną [116]