

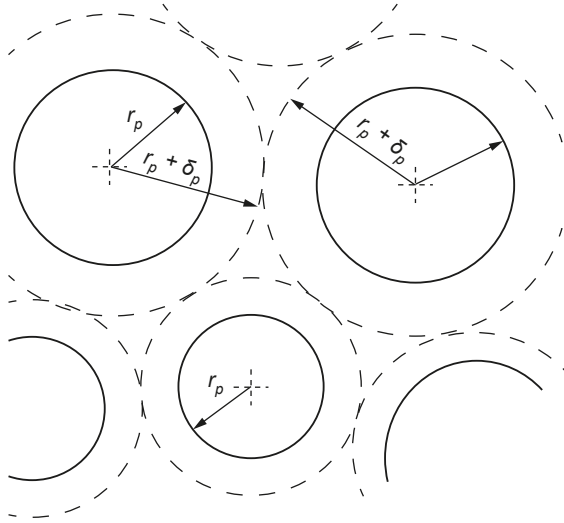
### 6.3. Struktura mieszanki napowietrzonego betonu

Zwiększenie mrozoodporności betonu przez zabiegi napowietrzenia mieszanki są znane i stosowane od wielu lat. Przez cały ten okres prowadzone są również prace badawcze nad produkcją domieszek napowietrzających oraz opracowaniem metod oceny efektów ich oddziaływania na zwiększenie mrozoodporności betonu. Aktualnie są stosowane odpowiednio dobrane domieszki zwiększające ciekłość mieszanki oraz związki powierzchniowo czynne o działaniu napowietrzająco-uplastyczniającym. Pod wpływem działania środków napowietrzających w mieszance betonowej wytworzone są kuleczki powietrzne o zróżnicowanej średnicy, osiągającej wartość nawet  $4 \cdot 10^{-3}$  m. Liczne aspekty korzystnego wpływu napowietrzenia mieszanki betonowej na poprawę właściwości betonu naświetlono szeroko w literaturze naukowo-technicznej [6].

Kontynuując poglądy Batesa [1] i Powersa [16], można stwierdzić, iż pory powietrzne w betonie połączone są z systemem kapilar. Dlatego ich rozmieszczenie powinno być tak dobrane, ażeby stworzyć możliwość migracji zwiększonej objętości zamarzającej wody w utworzone przestrzenie. Sądzi się przy tym, iż wytworzone w taki sposób powietrzne kuleczki pełnią funkcję małych naczyń kompensacyjnych. Na podstawie tych założeń opracowano odpowiednią technologię domieszek oraz specjalistyczną aparaturę do badań napowietrzenia mieszanki i stwardniałego betonu [6]. Natomiast nie ma modeli analitycznych opisu rozkładu porów w napowietrzanej mieszance i betonie. Z tego względu w dalszej części rozważań przeprowadzono szerszą analizę tego problemu.

#### 6.3.1. Rozkład porów powietrznych w zaczynie cementowym napowietrzanej mieszanki betonowej

Powszechnie uważa się, iż mrozoodporność betonu zależy od wielu czynników, do których zalicza się głównie rodzaj, ilość i stopień rozdrobnienia spoiwa, a zwłaszcza napowietrzenie oraz współczynnik w/c mieszanki. Liczba splełających się w tym przypadku czynników powoduje, iż mimo licznych prac w tej dziedzinie istnieje jeszcze wiele problemów do wyjaśnienia. Ich analiza wykazuje, że w dziedzinie badań mrozoodporności betonu dominują względy technologiczne i technologiczno-wykonawcze. Wiadomości na temat kształtowania struktury betonu pod wpływem środków napowietrzających są znacznie uboższe, co stanowi istotne utrudnienie w wykorzystaniu tych danych jako podstawy naukowej pomocnej w świadomym kształtowaniu mrozoodporności projektowanego betonu konstrukcyjnego.



**Rys. 6.1.** Schemat rozmieszczenia porów powietrznych w zaczynie cementowym napowietrzonej mieszance betonowej

Poprzednio przyjęto założenie, iż w opisie rozkładu porów powietrznych mieszanki betonowej pęcherzyki powietrza są równomiernie rozproszone w całej objętości. Nie uwzględniono w nim występowania ziaren kruszywa, których wymiary w większości wielokrotnie przewyższają wymiary porów powietrznych, jak również odległości pomiędzy nimi. Wpływ domieszek napowietrzających i uplastyczniających uwidacznia się przede wszystkim w zaczynie cementowym wypełniającym przestrzeń pomiędzy kruszywem, a zaliczanym do mikroskopowego poziomu dyspersyjności fazy stałej (rys. 6.1).

Ponieważ zamierzonym celem jest wyznaczenie warstwy zaczynu rozdzielającego pęcherzyki powietrzne, więc objętość takiej zawiesiny została określona na podstawie ogólnej liczby porów powietrznych  $N_p$  z następującego równania:

$$\frac{4\pi}{3} \sum_1^{N_p} (r_{ppi} + \delta_p)^3 + v_z j_p = v_z, \quad (6.6)$$

gdzie:  $N_p$  – ogólna liczba porów powietrznych,  
 $r_{ppi}$  – promień pora powietrzego [m],  
 $\delta_p$  – grubość warstwy zaczynu cementowego otaczającego pory [m],  
 $j_p$  – jamistość układu elementów, w taki sposób określonej objętości zawiesiny [m],  
 $v_z$  – objętość zaczynu cementowego [m<sup>3</sup>].