

mgr inż. Danuta Bełacz

Rozprawa doktorska na temat:

## **Wpływ składu ziarnowego kruszywa na porowatość i wytrzymałość na ściskanie betonu do podbudowy drogowej**

Rozprawa doktorska przygotowana pod kierunkiem:

**Promotor**

Prof. dr hab. inż. Leszek Rafalski

**Promotor pomocniczy**

Dr hab. inż. Michał Cwiąkała

**Słowa kluczowe:** beton przepuszczalny, nawierzchnia betonowa, podbudowa przepuszczalna

### **Streszczenie**

Tematyka niniejszej pracy dotyczy badań właściwości wodoprzepuszczalnych betonów przeznaczonych do podbudów drogowych. Celem pracy jest określenie wpływu uziarnienia kruszywa na wytrzymałość i porowatość betonu wodoprzepuszczalnego do podbudów drogowych i określenie zależności wytrzymałości na ściskanie i porowatości od uziarnienia zastosowanego kruszywa.

Cel pracy zrealizowano na podstawie badań laboratoryjnych i analiz uzyskanych wyników badań, które poprzedzono studium literatury fachowej. Badaniami objęto próbki wykonane z 66 mieszanek betonów wodoprzepuszczalnych, w których przyjęto takie same ilości cementu, piasku, wody, domieszki napowietrzającej oraz sumaryczną ilość kruszywa grubego. Zmienny był udział poszczególnych frakcji kruszywa grubego w stosie okrucowym. Wpływ składu ziarnowego kruszywa na właściwości betonu zbadano na podstawie badań wytrzymałości na ściskanie, porowatości określonej metodą analizy obrazu, porowatości obliczonej na podstawie gęstości mieszanki betonowej (porowatości obliczeniowej) i

odporności na działanie mrozu próbek betonowych. Uziarnienie kruszywa określano zawartością frakcji Z16, Z22 i Z32 oraz średnicą miarodajną. Wytrzymałość na ściskanie próbek betonu wyniosła od 5,3 MPa do 17,2 MPa a ich porowatość obliczeniowa - od 18,0 % do 27,6 %. Uzyskane wyniki badań wytrzymałości na ściskanie i porowatości obliczeniowej poddano analizom statystycznym z uwzględnieniem mrozoodporności betonu.

W przypadku wszystkich 66 zbadanych betonów uzyskano korelację pomiędzy porowatością obliczeniową kruszywa a wytrzymałością na ściskanie betonu, natomiast nie stwierdzono korelacji pomiędzy średnicą miarodajną kruszywa a wytrzymałością na ściskanie betonu oraz średnicą miarodajną kruszywa a porowatością obliczeniową betonu. W grupie 47 betonów mrozoodpornych nie stwierdzono korelacji między uziarnieniem kruszywa a wytrzymałością na ściskanie betonu, a także nie stwierdzono korelacji między uziarnieniem kruszywa a porowatością obliczeniową betonu. W przypadku 19 betonów niemrozoodpornych stwierdzono korelację pomiędzy uziarnieniem kruszywa a wytrzymałością na ściskanie oraz korelację pomiędzy uziarnieniem kruszywa a porowatością obliczeniową betonu. Spośród 47 betonów mrozoodpornych 21 charakteryzowało się wytrzymałością na ściskanie większą niż 10 MPa. W przypadku tych betonów stwierdzono korelacje pomiędzy średnicą miarodajną kruszywa a wytrzymałością na ściskanie betonu oraz porowatością obliczeniową betonu a jego wytrzymałością na ściskanie.

W pracy przeprowadzono analizę trwałości zmęczeniowej nawierzchni z podbudową z betonu jamistego. Stwierdzono, że moduły sprężystości zbadanych próbek betonów mrozoodpornych są zbliżone do mieszanek związanych hydraulicznie C8/10 i C5/6. Ponadto przeprowadzono analizę naprężeń w podbudowie z betonu jamistego w konstrukcji nawierzchni z betonu cementowego i ustalono, że warstwy podbudowy z betonu jamistego mogą być projektowane według zasad wskazanych w „Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych”. Na tej podstawie zaproponowano przykładowe konstrukcje nawierzchni z wykorzystaniem podbudowy z betonu jamistego. Wyniki badań oraz obliczenia pozwoliły na sformułowanie zaleceń do projektowania betonów jamistych przeznaczonych na podbudowy drogowe, w szczególności dotyczące doboru kruszyw do tych betonów.

Danuta Belina

## **Influence of aggregate grain composition on porosity and strength of concrete used as a base course in pavement construction**

**Keywords:** pervious concrete, concrete pavement, permeable base course

### **Abstract**

The subject matter of this dissertation covers the research on properties of water-permeable concrete intended for road base course. The purpose of this study is to determine the effect of aggregate grain size (grain size distribution) on the strength and porosity of water-permeable concrete for road base courses and to determine the dependence of compressive strength and porosity on the grain size of the aggregate used.

The purpose of the dissertation was achieved on the basis of laboratory tests and analyses of the research results obtained, which were preceded by a study of the professional literature. The study included samples made of 66 mixtures of water-permeable concretes, in which the same amounts of cement, sand, water, aerating admixture and the total amount of coarse aggregate were assumed. The proportion of individual coarse aggregate fractions in the crumb pile was variable. The effect of aggregate grain composition on the properties of concrete was investigated by testing compressive strength, porosity determined by image analysis, porosity calculated from the density of the concrete mixture (design porosity) and frost resistance of concrete samples. Aggregate grain size distribution was determined by the content of the Z16, Z22 and Z32 fractions, as well as the average diameter. The compressive strength of the concrete samples ranged from 5.3 MPa to 17.2 MPa and their design porosity ranged from 18.0% to 27.6%. The obtained results of the compressive strength and design porosity tests were subjected to statistical analyses, taking into account the concrete's frost resistance.

For all 66 concretes tested, a correlation was obtained between the aggregate's design porosity and the concrete's compressive strength, while no correlation was found between the aggregate's average diameter and the concrete's compressive strength, as well as the aggregate's average diameter and the concrete's design porosity. In the group of 47 frost-resistant concretes, there was no correlation between aggregate grain size distribution and the concrete's compressive strength, and no correlation between aggregate grain size distribution and the concrete's design porosity. For 19 non-frost resistant concretes, there was correlation

found between aggregate grain size distribution and compressive strength, as well as correlation between aggregate grain size distribution and design porosity of concrete. Out of the 47 frost-resistant concretes, 21 were characterized by compressive strengths greater than 10 MPa. For these concretes, correlations were found between the average diameter of the aggregate and the compressive strength of the concrete, as well as the design porosity of the concrete and its compressive strength.

The study analyzed the fatigue life of pavements with pervious concrete base course. The moduli of elasticity of the tested samples of frost-resistant concrete were found to be similar to C8/10 and C5/6 hydraulically bound mixtures. In addition, a stress analysis of the pervious concrete base course in a cement concrete pavement structure was conducted and it was determined that pervious concrete base course layers can be designed according to the principles indicated in the "Catalogue of Typical Rigid Pavement Structures". Based on this, sample pavement structures with the use of pervious concrete base courses are proposed. The results of the tests and calculations made it possible to formulate recommendations for the design of pervious concrete intended for road base courses, in particular regarding the selection of aggregates for such concrete.

*Danute Belian*