Dr Joanna Babińska

Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie

Mgr inż. Krzysztof Starzyk

Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych w Olsztynie

Wykorzystanie analizy petrograficznej do oceny kruszywa bazaltowego do BWW

Application of petrographic analysis to assessment of basalt aggregate for high performance concretes (HPC)

1. Wprowadzenie

Właściwości betonów, a szczególnie betonów BWW, zależą w dużej mierze od rodzaju zastosowanego kruszywa, jego pochodzenia, składu chemicznego i mineralnego oraz sposobu jego obróbki (1). Przydatność kruszywa do celów budowlanych jest określana głównie na podstawie właściwości fizycznych, które powinny być badane metodami normowymi. Właściwości te można również oceniać na podstawie dokładnych badań petrograficznych.

Tekstura skały może wpływać na proces jej kruszenia, rodzaj przełamu, kształt powstających ziaren i stopień szorstkości ich powierzchni. Niektóre prace wskazują na wpływ tekstury skały na wytrzymałość betonu na ściskanie i zginanie (2, 3). W przypadku występowania spękań w skale lub tekstury laminarnej pewne kierunki rozdrabniania mogą być uprzywilejowane podczas kruszenia skały powodując powstawanie ziaren kruszywa o większym wskaźniku płaskości, zmniejszającym urabialność mieszanki betonowej.

Do wytwarzania BWW powszechnie stosuje się łamane kruszywo pochodzące ze skał magmowych i metamorficznych (4), ze względu na lepszą wytrzymałość i odporność na warunki atmosferyczne w porównaniu z kruszywami produkowanymi ze skał osadowych. Jednym z takich powszechnie stosowanych łamanych kruszyw do produkcji betonu, są bazalty (1, 5-6). Jednak z petrograficznego punktu widzenia grupa skał określana popularnie jako „bazalty" nie jest grupą jednorodną. Skały wchodzące w jej skład charakteryzują się zmiennymi właściwościami fizycznymi i w zależności od składu mineralnego, wykształcenia składników mineralnych, zawartości szkła wulkanicznego, stopnia zwietrzenia i porowatości mogą się różnie zachowywać w betonie. Szczególnym problemem tych skał jest występowanie zgorzeli bazaltowej, związanej prawdopodobnie z obecnością szkła wulkanicznego, które łatwo ulega wietrzeniu chemicznemu, powodując radykalne zmniejszenie wytrzymałości skały, a tym samym betonu z tym kruszywem. Problemem może być również występowanie reaktywnej, mikrokrystalicznej krzemionki w niektórych odmianach bazaltu. Należy również pamiętać, że produktem wietrzenia bazaltów mogą

1. Introduction

Properties of concretes, and particularly High Performance Concretes (HPC), depend significantly on the type of aggregate used, its origin, chemical and mineral composition and the processing method (1). The suitability of aggregate for construction purposes is determined predominantly on the basis of its physical properties that should be tested according to the methods specified in standards. These properties can also be assessed on the basis of detailed petrographic analysis.

The rock texture may influence its crushing process, type of fracture, shape of grains formed and the surface roughness level. Some studies point at the influence of rock texture on concrete compressive and crushing strength (2-3). In case of cracks in the rock or its laminar texture, certain directions of breaking might be privileged during the rock crushing causing the formation of aggregate grains with the higher flatness index and lower workability of concrete mix.

The crushed aggregates of magmatic or metamorphic rock (4) are commonly used for the production of HPC because of their better strength and resistance to environmental conditions than those of sedimentary rock aggregates. Basalts are among the crushed aggregates commonly used in the production of concretes (1, 5-6). However, from the petrographic point of view, the group of rocks popularly referred to as "basalts" is not a homogenous group. The rocks included in it are characterized by variable physical properties and, depending on the mineral composition, content of volcanic glass, degree of weathering and porosity, they may behave in concrete in different ways. The presence of basalt scale is linked probably with the content of volcanic glass, which is subject to easy chemical erosion causing a radical strength decrease of rock, and as a consequence of concrete containing this aggregate. The presence of reactive, microcrystalline silica in some basalt variety may also be a problem. It should also be remembered that clay minerals, including smectites, characterized by the highest swelling ability among clay minerals, could be formed during basalt weathering.

być utwory ilaste, w skład których wchodzą smektyty, wyróżniające się największą zdolnością do pęcznienia wśród minerałów ilastych.

Praca niniejsza miała na celu przeprowadzenie analizy petrograficznej skały bazaltowej ze złoża Targowica i otrzymanego z niej kruszywa oraz porównanie uzyskanych wyników z wnioskami wynikającymi z badań właściwości fizycznych próbek skały i otrzymanego z niej kruszywa. Te ostatnie badania zostały wykonane metodami normowymi zawartymi w normie PN-EN, a wyniki przeanalizowano pod kątem wymagań normy PN-EN 12620.

Badane kruszywo zastosowano następnie do wytworzenia BWW, którego wytrzymałość będzie przedmiotem innego artykułu.

2. Materiał do badań

Złoże trzeciorzędowego bazaltu w Targowicy wyróżnia się następującą charakterystyką geologiczno-górniczą:

- Powierzchnia złoża 27 ha
- Miąższość złoża od 6 do 100 m. (średnio 44 m.)
- Grubość nadkładu od 1 do 26 m. (średnio 13 m.)
- Głębokość spągu złoża od 172,5 do 255,2 m. n. p. m.

Złoże stanowi południową część potoku lawowego i składa się z dwóch pokładów o zmiennej grubości, w których zalega masywna skała bazaltowa przedzielona utworami tufowymi. Niejednokrotnie podścielają je utwory piroklastyczne, przechodzące w tufy, a następnie bazalty pęcherzykowe, wykazujące przejawy wietrzenia chemicznego. Środkową część złoża stanowią masywne bazalty.

Zalegający w złożu bazalt ma zmienne właściwości fizyczne uzależnione od budowy petrograficznej. Najważniejsze właściwości skały mieszczą się w granicach podanych w tablicy 1, natomiast średni skład chemiczny podano w tablicy 2.

Tablica 1

ZAKRES ZMIENNOŚCI PODSTAWOWYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH BAZALTU Z TARGOWICY

Właściwość	Zakres wartości
Gęstość, g/cm^3	od 2,74 do 3,17
Gęstość objętościowa, g/cm^3	od 2,69 do 3,14
Nasiąkliwość, %	od 0,1 do 9,46 (średnia 0,8 %)
Porowatość, %	od 0,9 do 6,5
Wytrzymałość na ściskanie, MPa	średnia 180
Odporność na mróz	całkowita
Współczynnik emulgacji	0,19 – 0,32
Szczelność, %	93,5 – 99,1
Ścieralność w bębnie Los Angeles, %	od 11 do 26 (średnia 18 %)
Ścieralność na tarczy Boehmego, mm	od 0,5 do 29
Ścieralność w bębnie Devala %	od 1,9 do 3,0
Zwięzłość według Page'a	8 – 25

The main goal of this study is the petrographic analysis of basalt rock from the Targowica deposit and the aggregate obtained from it as well as the comparison of the results obtained with the conclusions drawn from the tests of physical characteristics of the rock and aggregate obtained from it. The latter tests were carried out according to the standard methods included in the PN-EN standards while the results were analyzed in relation to the PN-EN 12620 standard requirements.

The aggregate tested was subsequently used for the production of HPC concrete the strength of which will be the subject of another paper.

2. Material for tests

The deposit of Tertiary basalt in Targowica shows the following geological and mining characteristics:

- Deposit area 27 ha
- Deposit thickness from 6 to 100 m. (average 44 m.)
- Overburden thickness from 1 to 26 m. (average 13 m.)
- Deposit floor depth from 172,5 to 255,2 m. above sea level

The deposit represents the southern part of the lava stream and consists of two beds with variable thickness composed of massive basalt rock separated by tuff formations. In places the basalt bed rests on pyroclastic formations replaced by tuffs and then by bubbly basalt showing the characteristics of chemical erosion. The central part of the deposit consists of massive basalts.

The basalt in the deposit has variable physical characteristics depending on the petrographic structure. The major properties of the rock are within the limits presented in Table 1, while the average chemical composition of the rock is presented in Table 2.

Currently two levels of the deposit are mined; the first one consists of the overlay composed mainly of basalt tuffs. In the central

Table 1

RANGE OF BASIC PHYSICAL PROPERTIES VARIATIONS FOR BASALT SAMPLES FROM TARGOWICA

Characteristics	Range of values
Density (g/cm^3)	from 2,74 to 3,17
Volume density (g/cm^3)	from 2,69 to 3,14
Absorbability (%)	from 0,1 to 9,46 (average 0,8%)
Porosity (%)	from 0,9 to 6,5
Compressive strength, MPa	average 180 MPa
Freeze resistance	absolute
Emulsification index	0,19 – 0,32
Tightness	0,935 – 0,991
L.A. test (%)	from 11 to 26 (average 18%)
Boehme disc test, mm	from 0,05 to 0,29 cm
Micro-Deval test	from 1,9 to 3,0%
Compaction according to Page	8 – 25

Obecnie eksploatuje się dwa piętra złoża; w pierwszym występuje nadkład złożony głównie z tufów bazaltowych. W środkowej i wschodniej części złoże zbudowane jest głównie z tufów, natomiast w zachodniej części pod ich warstwą zalega bazalt. W drugim piętrze występuje świeży bazalt; pojawiają się natomiast tufy, zalegające w nadkładzie i w przerostach złożowych.

Wytwarzanie kruszywa obejmuje dwustopniowe kruszenie urobku pozyskiwanego w wyniku robót strzałowych. W pierwszym stopniu stosowana jest kruszarka szczękowa, a w drugim udarowa.

Badania wykonano na próbkach masywnego bazaltu pochodzącego z obecnie eksploatowanej części złoża, pobierając materiał do badań bezpośrednio z eksploatowanej ściany, jak również kruszywo ze składowiska.

Tablica 2 / Table 2

SKŁAD CHEMICZNY BAZALTU Z TARGOWICY

CHEMICAL COMPOSITION OF BASALT FROM TARGOWICA

Składnik/Components	Zawartość, % Content, %
SiO_2	43,56
TiO_2	3,07
Al_2O_3	13,29
Fe_2O_3	12,88
MnO	0,18
MgO	9,35
CaO	10,10
Na_2O	3,22
K_2O	1,21
P_2O_5	0,88
Cr_2O_3	0,04
Strata prażenia/H_2O	2,14

3. Metody badań petrograficznych

Badania składu fazowego próbek wykonywano za pomocą dyfraktometru rentgenowskiego TUR-M62, stosując promieniowanie CuKα, oraz przy użyciu mikroskopów: stereoskopowego i polaryzacyjnego NU-2 oraz do światła odbitego Neophot 21, stosując preparaty cienkie i szlify polerowane. Do ilościowej analizy mineralogicznej wykorzystano stolik integracyjny Eltinor.

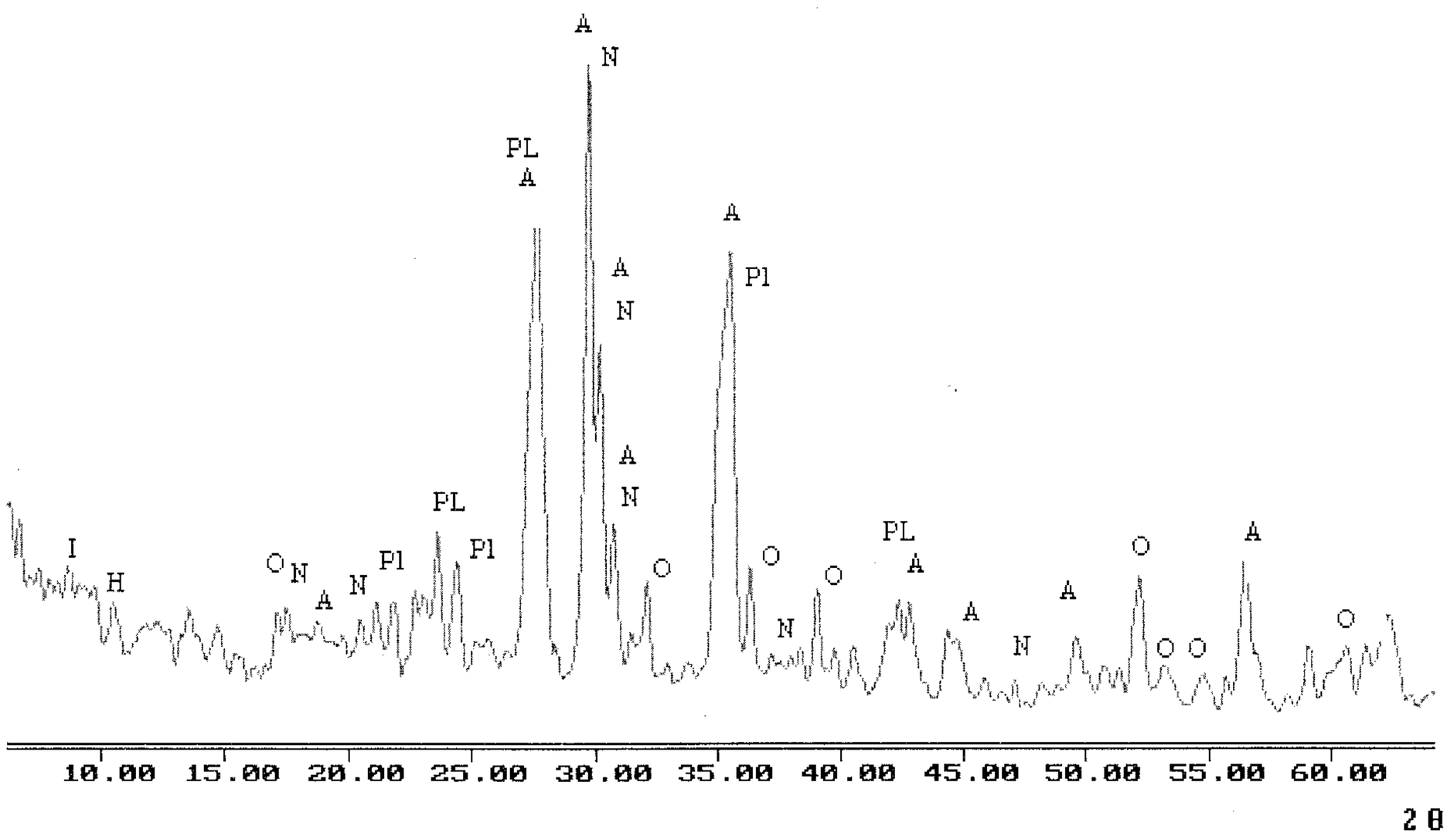
and eastern parts the deposit consists mainly of tuffs while in the western part basalt is positioned under the layer of tuffs. The second level consists of tuffs in the overlay and in the deposit interlayers.

The aggregate production process consists of two-level crushing of the rock obtained from blasting. For level one a jaw crusher and for level two an impact crusher are applied.

The tests were carried out on the samples of massive basalt originating from the currently mined part of the deposit. Sample material was collected directly from the face and, in case of the aggregate, from the aggregate stock.

3. Methods of petrographic tests

The samples phase composition tests were carried out using the TUR-M62 X-ray diffractometer by applying CuK? radiation as well as by using the following microscopes: NU-2 type stereoscopic and polarization and Neophot 21 reflection, using thin and polished sections. The eltinor integration table was used for the quantitative mineralogical analysis.



Rys. 1. Dyfraktogram rentgenowski próbki bazaltu z Targowicy: H – hornblenda, Pl – plagioklazy, N – nefelin, O – oliwiny, A –augit

Fig. 1. X-ray pattern of a basalt sample from Targowica: H – hornblende, Pl – plagioclases, N – nepheline, O – olivines, A – augite

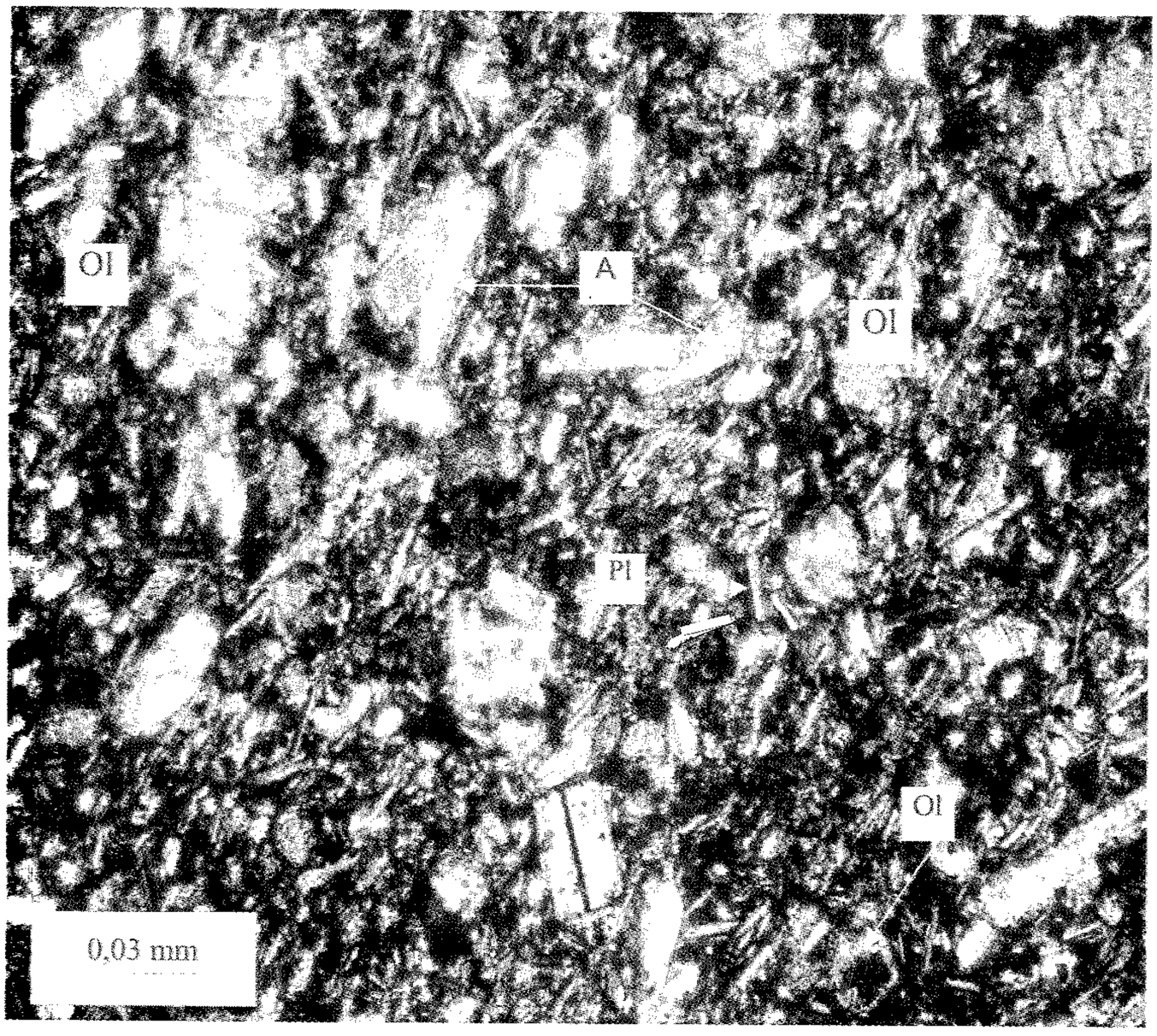
4. Wyniki badań

4.1. Analiza petrograficzna

Badane próbki bazaltu miały barwą ciemnoszarą do prawie czarnej. Makroskopowo jest to skała zbita, masywna, w której afanitowym cieście skalnym występują fenokryształy oliwinu. Tworzą one czasami podłużne skupienia o barwie zielonkawej, wielkości do kilku milimetrów. Tekstura materiału skalnego jest bezładna.

Analiza rentgenowska wykazała obecność następujących składników (rysunek 1): pirokseny (augit d = 2,99, 3,23, 2,95, 2,56), oliwiny (d = 2,47, 2,51, 2,77), plagioklazy (oligoklaz - andezyn d = 3,20, 3,75, 3,63, 4,04), amfibole (d = 8,4) i nefelin (d = 4,18, 3,00, 3,26). Nieznacznie podniesione tło w zakresie kątowym 20–40° 2θ wskazywało na możliwość występowania niewielkiej zawartości substancji amorficznej w próbce, natomiast słabo zaznaczone refleksy w zakresie kątowym 6–10° 2θ mogą świadczyć o obecności minerałów ilastych.

Obserwacje mikroskopowe (rysunki 2 i 3) potwierdziły, że badane próbki skały mają najczęściej tekstur bezładną i pozwoliły stwierdzić, że jej struktura jest krystaliczna i porfirowa: w masie drobnych plagioklazów i piroksenów o średniej wielkości 0,02 mm występują fenokryształy oliwinów o wielkości od 0,05 mm do 3 mm. Często spotyka się nieprzeźroczyste minerały, wśród których zidentyfikowano magnetyt. Plagioklazy, o pokroju listewkowym, wykazujące polisyntetyczne zbliźniaczenia, są rozmieszczo-



Rys. 2. Preparat próbki skały składający się z drobnych listewek plagioklazów, nieco większych krótkich słupków piroksenów o charakterystycznej budowie klepsydrowej, minerałów nieprzeźroczystych i częściowo przeobrażonych oliwinów. Płytka cienka, nikole skrzyżowane

Fig. Thin section of the rock sample showing fin plagioclases and a little greater stuby pyroxenes crystals, nontransparent mineals and partialy transformed olivines. Thin section, crossed nicols

4. Results

4.1. Petrographic analysis

Tested basalt samples were dark gray to almost black in colour. The macroscopic analysis shows that it is compact, massive rock in the basalt afanite of which olivine phenological forms are present. Sometimes they form elongated concentrations, greenish in colour, a few milimeters in size. The texture of the rock material is chaotic.

The X-ray analysis indicated the presence of the following components (Fig. 1): pyroxenes (augite d = 2,99, 3,23, 2,95, 2,56), olivines (d = 2,47, 2.51, 2,77), plagioclases (oligoclase and andesine d = 3,20, 3,75, 3,63, 4,04), amphiboles (d = 8,4) and nepheline (d = 4,18, 3,00, 3,26). The slightly increased background in the angle range 20–40° 2θ indicated the possibility of minor contents of amorphous substances in the sample while poorly marked reflexes within the angle range 6–10° 2θ might indicate the presence of clay minerals.

Microscopic observations confirmed that the tested rock samples had a chaotic texture and allowed the author to establish that the structure was crystalline and porphyric: in the mass of fin plagioclases and pyroxenes with the diameter of 0,02 mm olivine phenotype shaped crystals, from 0,05 mm to 3 mm in size, were present. Frequently, nontransparent minerals were found, among which magnetite was identified. Plagioclases, in the shape of strips, showing double twinning, were distributed evenly and showed no directional positioning. Hourglass structure is characteristic for non-pleochroic colourless pyroxenes and their crystals were present in the shape of elongated pillars. Olivines, covered with irregular microcracks, with visible corrosion bays, were sometimes totally transformed into iddingsite, the substance formed as a result of their chemical erosion. Sometimes a small change of them in serpentines could be observed along edges and microcracks. Crystals of hornblende were occasionally found. It was weakly pleochroic, possessed characteristic shale features and formed crystals of slightly larger size than the plagioclase-pyroxene matrix. Almost all minerals were automorphic and hypoautomorphic with well-developed, straight walls of individual crystals.

No volcanic glass was found in the tested samples. The percentage share of plagioclases was around 50%, olivines around 10% and pyroxenes 30% of the rock volume. Hornblende and magnetite were auxiliary minerals. The tested basalt can be classified as the olivine type basalt.

Exotic fragments up to a few centimeters in size that most frequently were fragments of gabbro possessing pyroxene – olivine composition with crystals of ca. 3 mm in size were also identified in rock samples.

ne regularnie, nie wykazują ułożenia kierunkowego. Dla niepleochroicznych, bezbarwnych piroksenów charakterystyczna jest budowa klepsydrowa, a ich kryształy występują w postaci wydłużonych słupków. Oliwiny wykazują nieregularne spękania, z widocznymi zatokami korozyjnymi. Minerały te są niekiedy całkowicie przeobrażone w iddyngsyt, który stanowi mieszaninę kilku faz powstałych w wyniku ich wietrzenia chemicznego. Czasem można zaobserwować w nich niewielką serpentynizację wzdłuż brzegów i spękań. Sporadycznie występują pojedyncze kryształy hornblendy. Jest ona słabo pleochroiczna, o charakterystycznej łupliwości i tworzy kryształy o nieco większych rozmiarach niż matryca plagioklazowo-piroksenowa. Prawie wszystkie minerały są automorficzne i hipautomorficzne, z dobrze wykształconymi, prostymi ścianami osobników krystalicznych.

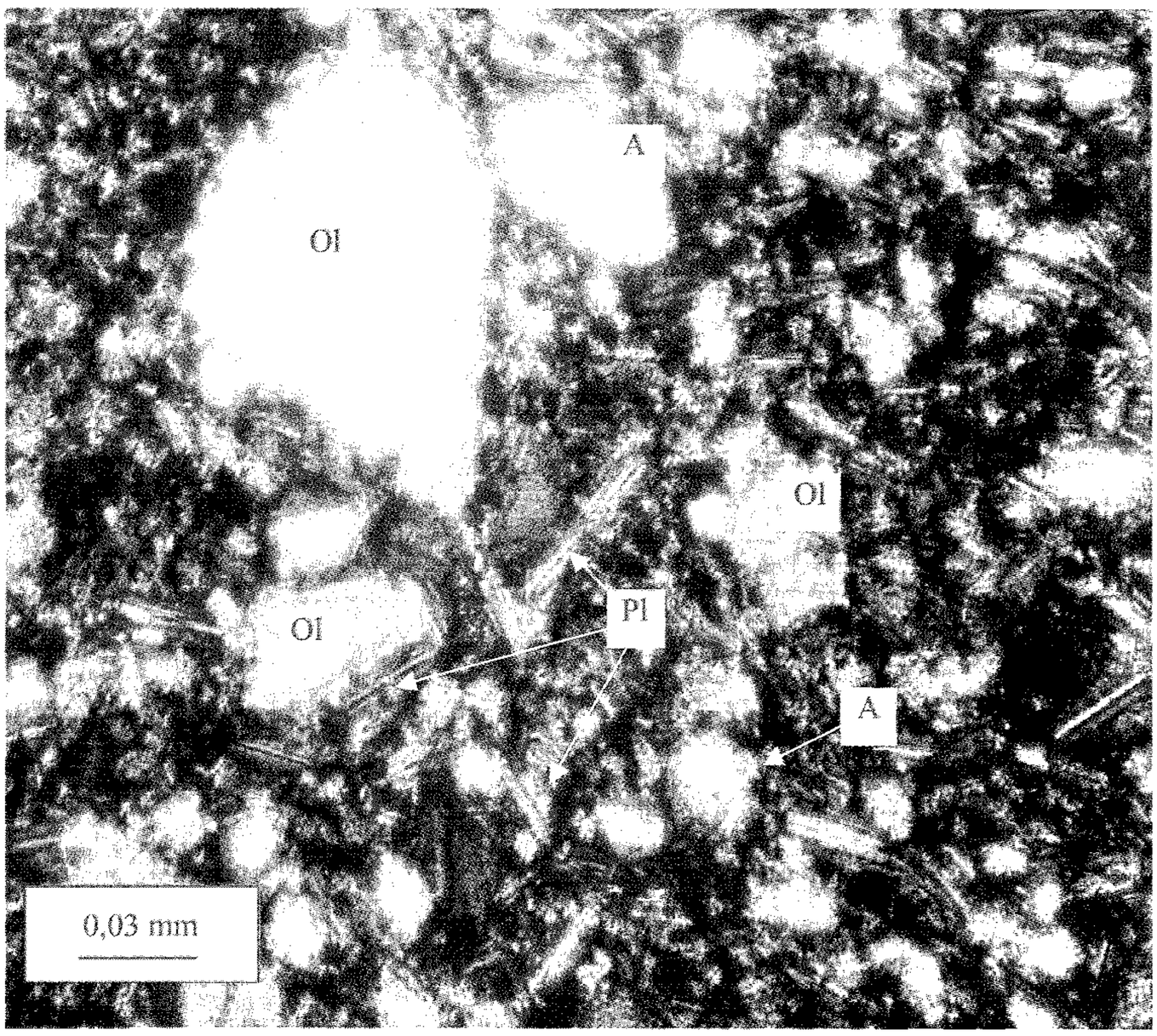
W badanych próbkach nie stwierdzono obecności szkła wulkanicznego. Procentowy udział plagioklazów wynosi około 50%, oliwinów około 10%, a piroksenów 30% objętościowych skały. Hornblenda i magnetyt należą do minerałów akcesorycznych. Badaną skałę można zaklasyfikować do bazaltów oliwinowych.

W próbkach skały identyfikowano także fragmenty ksenolityków o rozmiarach do kilku centymetrów, które są najczęściej fragmentami skał ultrazasadowych o składzie piroksenowo-oliwinowym, przy czym rozmiary kryształów wynoszą do około 3 mm.

3.1. Analiza petrograficzna kruszywa

Kruszywo otrzymane ze skały bazaltowej charakteryzuje się szorstką powierzchnią i ostrymi, nieregularnymi, czasem wklęsłymi, krawędziami. Większość ziaren ma kształt kanciasty, izometryczny, a przełam nierówny.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji petrograficznych można stwierdzić, że kruszywo otrzymywane ze zbitej odmiany bazaltu z Targowicy nie powinno zawierać szkodliwych składników, które mogłyby wpływać niekorzystnie na właściwości i trwałość betonu. Zawartość SiO_2 wynikająca z analizy chemicznej (43,56%) jest typowa dla skał magmowych niedosyconych krzemionką, do których należą między innymi bazalty. Fakt



Rys. 3. W preparacie próbki skalnej występują plagioklazy, pirokseny i minerały nieprzeźroczyste, obecne są także fenokryształy oliwinu. Płytka cienka, nikole skrzyżowane

Fig. 3. Thin section of rock»s sample showing plagioclases, pyroxenes, nontransparent minerals, also olivine phenotype shaped crystals. Thin section, crossed nicols

Tablica 3 / Table 3

WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE KRUSZYWA

PHYSICAL PARAMETERS OF THE AGGREGATE

Własności fizyczne/Physical properties	Frakcja 5-8 5-8 fraction	Frakcja 8-12,8 8-12,8 fraction
Uziarnienie/Granulation	G_C 85/20	G_C 85/20
Pyły (kategoria f)/Dust (f category)	$f_{1,5}$	$f_{1,5}$
Wskaźnik płaskości (kategoria FI) Flatness index (FI category)	13 FI_{15}	11 FI_{15}
Nasiąkliwość, %/Absorbability, %	0,5	0,5
Gęstość ziarn wstępnie wysuszonych Density of initially dried grains	2,97 ± 0,01	-
Gęstość objętościowa/Volume density	3,05± 0,01	-
Gęstość ziarn wysuszonych w suszarce Density of dryer dried grains	3,00 ± 0,01	-
Gęstość ziarn nasyconych i powierzchniowo wysuszonych Density of saturated and surface dried grains	0,63 ± 0,01	-
Odporność na rozdrabnianie, % (kategoria LA) Fragmentation resistance, % (LA category)	11 LA_{25}	8 LA_{25}
Odporność na ścieranie, % (kategoria MD) Abrasion resistance, % (MD category)	-	6 MD_{15}
Mrozoodporność, % (kategoria F) Freeze resistance, % (F category)	0,25 F_1	0,3 F_1
Reaktywność alkaliczno-krzemionkowa (stopień) Aggregate/Alkali Reactions (index)	0,06 Wynik klasyfikacji: stopień 0 Classification result: index 0	

ten jak też stwierdzone występowanie nefelinu i oliwinu wskazuje na niewielkie prawdopodobieństwo wystąpienia mikrokrystalicznych skupień reaktywnej krzemionki. Brak wykrywalnego mikroskopowo szkła wulkanicznego, niewielki stopień zwietrzenia piroksenów i plagioklazów w próbkach zbitych odmian bazaltu z Targowicy potwierdzają dobrą jakość skały oraz wskazują na brak możliwości wystąpienia zgorzeli słonecznej, a w przypadku betonu destrukcyjnej reakcji kruszywo-alkalia.

3.2. Właściwości fizyczne i chemiczne kruszywa

Jakość kruszywa i jego przydatność do produkcji betonu określono, jak już wspomniano, metodą opisaną w normie PN-EN 12670. Zbadano dwie frakcje kruszyw: 5–8 mm oraz 5–12,8 mm i wyznaczono kategorię uziarnienia oraz zawartość pyłów (PN-EN 933-1). Równocześnie oznaczano odporność na rozdrabnianie (współczynnik Los Angeles według PN-EN 1067-2), odporność na ścieranie (współczynnik Micro-Devala, według PN-EN 1067-1), płaskość ziaren (PN-EN 933-3), odporność na mróz (PN-EN 1367-1), nasiąkliwość i gęstość (PN-EN 1067-7). Wyniki badań podano w tablicy 3.

Bardzo ważnym kryterium oceny jakości kruszywa jest określenie reaktywności krzemionki. Reakcja kruszywa z alkaliami stanowi jedno z najważniejszych zagrożeń trwałości betonu. Może być ona badana różnymi metodami chemicznymi (7), do których należą przyspieszone metody chemiczne (8-9) oraz długotrwałe badania zmian liniowych próbek betonu przechowywanych w warunkach o określonej wilgotności i temperaturze lub oparte na analizie petrograficznej próbek kruszywa (10). Różnice między stosowanymi metodami chemicznymi polegają głównie na stosowaniu różnych temperatur przechowywania próbek w wilgotnej atmosferze lub w roztworze NaOH (9).

Norma PN-EN 12670 nie określa metody, jaką należy badać reaktywność kruszywa, pozostawiając jej wybór instytucjom danego kraju. W Polsce jest ona oceniana często nadal za pomocą metod normowych: PN-92/B-06714.46, PN-B-06714.34/A1:1997 (na beleczkach betonowych) i za pomocą badań petrograficznych.

W przypadku bazaltu z Targowicy reaktywność kruszywa była zarówno sprawdzana za pomocą badań petrograficznych jak i potwierdzana przyspieszoną metodą według PN-92/B-06714.46. Ta ostatnia metoda polega na traktowaniu próbki 10% roztworem NaOH, przez jedną godzinę na łaźni wodnej w temperaturze 90°C i oznaczeniu ubytku masy.

4. Podsumowanie wyników badań

Właściwości oznaczone metodami normowymi pozwalają na zaliczenie badanego kruszywa bazaltowego na podstawie normy PN-EN 12620 do grupy o najwyższej jakości. Kruszywo to wykazuje bardzo dobrą odporność na mróz, niską nasiąkliwość, dużą odporność na ścieranie i rozdrabnianie, brak reaktywności alkalicznej. Wyniki badań właściwości fizycznych potwierdzają wnioski wynikające z obserwacji petrograficznych, a mianowicie małą nasiąkliwość i dobrą odporność na mróz, które wiążą się z małym

3.1. Petrographic analysis of the aggregate

The aggregate obtained from basalt rock is characterized by rough surface and sharp, irregular, sometimes convex, edges. The majority of grains are angular in shape and isometric while the fracture is uneven with the hidden granular structure.

On the basis of petrographic observations it can be stated that the aggregate obtained from the compact basalt originating from Targowica should not contain harmful components that could have unfavorable influence on concrete properties and durability. A small content of SiO_2 (43,56%), as shown by the chemical analysis, is typical for magmatic rocks unsaturated in silica, to which basalts belong. This fact as well as the confirmed presence of nepheline and olivine indicates low probability of the presence of microcrystalline reactive silica concentrations. The absence of microscopically detectible volcanic glass, low level of pyroxenes and plagioclases in the samples of compact types of basalt from Targowica confirms good quality of the rock and indicates the impossibility of sun scorch and, in case of concrete, the destructive Aggregate Alkali Reactions (AAR).

3.2. Physical and chemical properties of the aggregate

The aggregate quality and its suitability for concrete production were determined, as already mentioned, by applying the methodology specified in PN-EN 12670 standard. Two aggregate fractions: 5–8 mm and 5–12,8 mm, were tested. The grain size distribution category and dust content were determined (PN-EN 933-1). At the same time the resistance to communition (Los Angeles index according to PN-EN 1067-2), abrasion strength (Micro-Deval index, according to PN-EN 1067-1), grain flatness (PN-EN 933-3), freezing thawing durability (PN-EN 1367-1), absorbability and density (PN-EN 1067-7), were determined. The results are given in Table 3.

Silica reactivity is a very important criterion of aggregate quality assessment. AAR is one of major factors of durability of concrete. It can be tested by a variety of chemical methods (7) included accelerated chemical methods (8-9) and long term tests of linear changes in concrete samples stored under conditions of defined humidity and temperature or based on petrographic analysis of aggregate samples (10). The differences between different chemical methods are mainly the differences in storage temperature of a sample in humid atmosphere or in a NaOH solution (9).

The PN-EN 12670 standard does not determine the method that should be used for aggregate reactivity testing leaving the choice to competent institutions in a given country. In Poland the reactivity is still frequently determined according to standard methods: PN-92/B-06714.46, PN-B-06714.34/A1:1997 (on concrete bars) or in petrographic tests.

In case of basalt from Targowica, aggregate reactivity was tested by means of petrographic tests and confirmed by means of the accelerated method according to PN-92/B-06714.46. The latter

stopniem zwietrzenia skały, jej stosunkowo niewielką porowatością, zbitą teksturą. Brak wtórnych przeobrażeń, za wyjątkiem iddyngsytu i serpentynu w oliwinach, brak wykrywalnej mikroskopowo obecności szkła wulkanicznego, skład chemiczny wykazujący małą zawartość SiO_2 powoduje, że kruszywo nie wykazuje reaktywności z alkaliami. Minerały występujące w skale mają dużą twardość (skalenie, oliwiny, pirokseny – 5–6 w skali Mohsa), co sprawia, że kruszywo wykazuje dużą wytrzymałość na ścieranie i rozdrabnianie. Brak tekstury kierunkowej powoduje, że nie występują płaszczyzny, wzdłuż których pękanie skały byłoby uprzywilejowane, dzięki temu występuje stosunkowo mała zawartość ziaren nieforemnych w kruszywie. Z kolei stosunkowo mała wielkość minerałów tworzących skałę wpływa na szorstkość powierzchni ziaren kruszywa otrzymanego w wyniku jej przeróbki, co daje większą przyczepność do matrycy cementowej w strefie kontaktowej kruszywo–zaczyn. Ma to duże znaczenie w przypadku BWW.

Literatura / References

1. J. Piasta, W. Piasta, Rodzaje i znaczenie kruszywa w betonie, XVII Ogólnopolska konferencja; Warsztat pracy projektanta konstrukcji, 1-53, Ustroń 2002.
2. M. F. Kaplan, Flexural and compressive strength of concrete as affected by properties of coarse aggregate, Journal American Concrete Institute 30, nr11, 1193-1208, 1959.
3. D. Darwin, F. O. Slate, The effect of past aggregate bond strength of behavior of concrete, Journal of Materials, nr 5, 1, 86-98, 1970.
4. A. Grodzicka, Wybrane zagadnienie technologii betonów wysokich klas, Materiały konferencyjne: Materiały budowlane - nowe kierunki w chemii i technologii, 22-23, IV, Kraków, 55-72, 1999.
5. P. Pokropski, Wpływ rodzaju kruszywa grubego na właściwości wytrzymałościowe betonów, Drogi i Mosty, nr 4, 45-54, 2004.
6. A. Grodzicka, Odporność BWW na działanie mrozu, Cement Wapno Beton, 332-339, 2003.
7. D. Stark, Alkali silica reaction in concrete, Significance of tests and properties of concrete and concrete - making materials, P. Klieger, J. F. Lamond editors, Series ASTM special technical publication, Fredericksburg, VA, 429-438, 1994.
8. Z. Owsiak, Wpływ reakcji alkaliów z kruszywem krzemionkowym na trwałość betonu, Cement Wapno Beton, 92, 2005.
9. W. Kurdowski, A. Garbacik, B. Trybalska, Przyspieszona metoda oceny reaktywności kruszywa zawierającego wapień według ASTM C1260, Cement Wapno Beton, 98 oraz 339, 2005.
10. Jarmontowicz, R. Krzywobłocka-Laurow, Badania modelowe mikrostruktury reaktywnych składników żwirów, Cement Wapno Beton, 57-60, 2, 1997.

method involved sample treatment with 10% NaOH solution for an hour in the water bath at 90°C and then the mass loss determination.

4. Summary of test results

The properties determined by applying the standard methods allow the tested basalt aggregate to be classified to the highest-class group according to PN-EN 12620 standard. This aggregate shows very good resistance to freezing- thawing, low absorbability, high resistance to abrasion and communition and no Aggregate Alkali Reaction. The results of physical characteristics tests confirm the conclusions from petrographic observations, i.e. low absorbability and good freezing-thawing resistance which are linked to low rock erosion, its relatively low porosity and compact texture. Absence of secondary transformations, with the exception of iddingsite presence, absence of microscopically detectable volcanic glass and chemical composition showing low SiO_2 cause that the aggregate made of this rock excludes the possibility of Aggregate Alkali Reaction. Minerals present in the rock are characterized by high hardness (feldspars, olivines, pyroxenes – 5–6 according to Mosh scale), which makes the aggregate highly resistant to abrasion and communition. The absence of directional texture causes absence of a plane along which fracturing of the rock would be privileged and as a consequence the content of shapeless grains in the aggregate is very low. On the other hand, a relatively small size of minerals forming the rock influences roughness of grains' surfaces of the aggregate obtained as a result of rock processing securing higher adhesion to the cement matrix in the aggregate-matrix transition zone. This is of major importance in case of High Performance Concretes (HPC).