



ANDRZEJ DUSZYŃSKI

Institut Badawczy Dróg i Mostów – Filia Wrocław
aduszyński@ibdim.edu.pl



WIKTOR JASIŃSKI

Institut Badawczy Dróg i Mostów – Filia Wrocław
wjasiński@ibdim.edu.pl



ANETA PRYGA-SZULC

Institut Badawczy Dróg i Mostów – Filia Wrocław
apryga@ibdim.edu.pl

Badanie wytrzymałości na ściskanie wybranych krajowych i zagranicznych surowców skalnych używanych do produkcji wyrobów galanterii drogowej

Do produkcji wyrobów galanterii drogowej (krawężników, płyt, kostek brukowych itp.) najczęściej stosowane są surowce skalne pochodzenia magmowego głębinowego, takie jak: granity, granodioryty, dioryty. Skąły te powstają w wyniku powolnego krzepnięcia gorącej magmy w głębi ziemi. Głównymi składnikami mineralnymi tych skał są: kwarc, skalenie potasowe, plagioklasy i tyszczyki, pobocznie występują hornblenda i pirokseny [4].

Z uwagi na zmienne wykształcenie cech petrograficznych i mineralogicznych wyżej wymienione skały wizualnie różnią się między sobą barwą, strukturą i teksturą.

Występują w barwach od jasnoszarych do ciemnoszarych, w odcieniach różowych i bursztynowych (fot. nr 1 do 6). Struktury tych skał są jawnokrystaliczne, pełnokrystaliczne od drobnoziarnistych do porfirowatych, tekstury masywne, przeważnie nieuporządkowane [4]. Zmienność cech wykształcenia tych skał wpływa także na zróżnicowanie ich parametrów jakościowych [2].

Wiedza o podstawowych właściwościach trwałościowo-wytrzymałościowych surowców skalnych takich jak: wytrzymałość na ściskanie, ścieralność, nasiąkliwość i mrozoodporność jest konieczna do oceny przydatności tych surowców do danego zastosowania. Metody badań tych właściwości są znormalizowane.

Omawiane surowce skalne, na podstawie licznych i wieloletnich zastosowań, powszechnie uważa się za jedne z najtrwalszych i najbardziej odpornych na czynniki eksploatacyjne występujące w budownictwie komunikacyjnym. Z cech wytrzymałościowych najważniejszą, charakteryzującą zarówno surowiec, jak i gotowy wyrób, jest wytrzymałość na ści-



Fot. 1. Granit pochodzenia polskiego (strzegomski); fot. – źródło własne



Fot. 2. Granit pochodzenia polskiego; fot. – źródło własne



Fot. 3. Granit pochodzenia chińskiego; fot. – źródło własne



Fot. 4. Granit pochodzenia szwedzkiego; fot. – źródło własne



Fot. 5. Granit pochodzenia szwedzkiego; fot. – źródło własne



Fot. 6. Granit pochodzenia ukraińskiego; fot. – źródło własne

skanie oraz wytrzymałość na zginanie. Badanie wytrzymałości na ściskanie wg PN-EN 1926 [12] jest jednym z badań służących do obserwacji zmian jakości wydobywanego kamienia oraz produkowanych z niego wyrobów.

Wszystkie właściwości trwałościowo-wytrzymałościowe są zależne od samego surowca skalnego użytego do produkcji

wyrobów galanterii drogowej. Powszechnie stosowane w budownictwie granity, jako heterogeniczne naturalne materiały o krystalicznej strukturze, mają swoistą skłonność do pęknięcia pod wpływem ciśnienia lub w warunkach obciążenia [1]. Poza tym, mogą podlegać różnym przemianom, m.in: wietrzeniu fizycznemu, procesom chemicznym, np. kaolinityzacji (polegającej na przemianie skalenia w kaolinit – minerał ilasty), serycytyzacji (polegającej na przemianie skalenia w drobnoluseczkowy serycyt) [4].

Wszystkie te czynniki mogą być ze sobą powiązane i występować jako mechanizm złożony, tym samym mogą wpływać niekorzystnie na właściwości użytkowe surowców skalnych i produkowanych z nich wyrobów.

Zmiany o charakterze fizycznym i chemicznym zazwyczaj nie występują na całym złożu, lecz w pewnych jego obszarach. Dlatego też, istnieje potrzeba selektywnej gospodarki surowcowej.

W przypadku krajowych surowców skalnych, na podstawie dotychczasowych doświadczeń, można stwierdzić, że taka selektywna gospodarka jest prowadzona.

Wyroby budowlane kamienne i importowane półprodukty skalne pochodzące ze Skandynawii również cieszą się bardzo dobrą opinią wynikającą z wieloletniego ich zastosowania w Polsce z pozytywnymi wynikami. Wiele kontrowersji budzi natomiast jakość kamiennych wyrobów budowlanych i importowanych z zagranicy półproduktów skalnych, przy czym najczęściej dotyczy pochodzących z Chin.

W Polsce do produkcji wyrobów galanterii drogowej do budownictwa komunikacyjnego używa się przede wszystkim granitów pochodzących ze złóż masywów strzegomskiego i strzelińskiego.

Na świecie duże masywy skał granitoidowych występują w Chinach, Indiach, RPA, Brazylii, na Ukrainie i w Skandynawii. Obecnie w Polsce obserwuje się rosnący import surowców skalnych, w tym głównie granitu. Z analizy rynkowej zawartej m.in. w [3] wynika, że największy krajowy import elementów kamiennych obrobionych z surowców granitowych pochodzi z Chin. Znaczący jest udział granitów ze Skandynawii w krajowym imporcie oraz zwiększające się zakupy wyrobów i półproduktów kamiennych z Ukrainy oraz z Afryki, Indii i Brazylii [3]. Należy jednak dodać, że największa część kamienia z Brazylii, Afryki i Indii jest przeznaczona głównie do produkcji wyrobów dekoracyjnych i elementów małej architektury.

Cel i metodyka badań

W Instytucie Badawczym Dróg i Mostów – Filii Wrocław od wielu lat wykonuje się badania wyrobów galanterii drogowej z kamienia naturalnego (fot. 7–10). Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że najczęściej kontrowersji i wątpliwości dotyczy wytrzymałości na ściskanie surowców skalnych w importowanych wyrobach kamiennych, zwłaszcza z krajów azjatyckich. W celu porównania wytrzymałości na ściskanie surowców pochodzenia krajowego i zagranicznego przeprowadzono badania wytrzymałości na ściskanie wg PN-EN 1926 [12] na próbkach sześciennych wyciętych z wyrobów galanterii drogowej. Wyniki tych badań są prezentowane w niniejszym artykule.

Biorąc pod uwagę przytoczoną powyżej specyfikę omawianych surowców skalnych, jako kluczowe badanie wybrano tu wytrzymałość na ściskanie, czyli jedno z podstawowych badań służących do oceny właściwości wytrzymałościowych surowców i wyrobów z kamienia naturalnego. W odniesieniu do krawężników i płyt stosowanych w budownictwie komunikacyjnym normy: PN-EN 1341 [5] i PN-EN

Tabela 1. Zestawienie nazw surowców stosowanych przez producentów i dostawców wyrobów kamiennych oraz identyfikacja petrograficzna wraz z pochodzeniem tych wyrobów

Oznaczenie próbek ¹⁾	Rodzaj surowca ²⁾	Identyfikacja petrograficzna	Rodzaje wyrobów, z których przygotowano próbki	Pochodzenie
1	2	3	4	5
1/P	granit	granit drobnoziarnisty	krawężniki, płyty, kostki	Polska
2/P	granit	granit drobnoziarnisty	krawężniki, płyty, kostki	
3/P	granit	granit średnioziarnisty	krawężniki, płyty, kostki	
4/P	granit	granit drobnoziarnisty	krawężniki, płyty, kostki	
5/P	granit	granit drobnoziarnisty	krawężniki, płyty, kostki	
6/P	granit	granit średnioziarnisty	krawężniki, płyty, kostki	
7/P	granit	granit średnioziarnisty	krawężniki, płyty, kostki	
1/Ch	granit	granodioryt	kostki	Chiny
2/Ch	granit	granit średnioziarnisty	krawężniki	
3/Ch	granit	granit porfirowaty	krawężniki	
4/Ch	granodioryt	granit porfirowaty	płyty	
5/Ch	granit	granit porfirowaty	krawężniki	
6/Ch	dioryt kwarcowy	granit porfirowaty	krawężniki	
7/Ch	granit	granit porfirowaty	kostki, płyty, płyty	
8/Ch	granit	granit średnioziarnisty	krawężniki, płyty, kostki	
9/Ch	granit	granit średnioziarnisty	kostki	
10/Ch	granit	dioryt	płyty	
9/S	granit	granit średnioziarnisty	kostki	Skandynawia
10/S	granit	granit średnioziarnisty	kostki	
11/S	granit	granit porfirowaty	kostki, krawężniki	
12/S	granit	granit gruboziarnisty	kostki	
13/S	granit	granit gruboziarnisty	krawężniki	Ukraina
17/U	granit	granit średnioziarnisty	płyty	
18/B	granit	granit średnioziarnisty	płyty	Brazylia

¹⁾ – oznaczenie próbek stosowane w dalszej części artykułu

²⁾ – rodzaj surowca podany/używany przez dostawców



Fot. 7. Stanowisko do badania wytrzymałości na ściskanie próbek; fot. – źródło własne



Fot. 8. Widok próbek do badań; fot. – źródło własne



Fot. 9. Widok próbki po badaniu wytrzymałości na ściskanie (surowiec szwedzki); fot. – źródło własne



Fot. 10. Widok próbki po badaniu wytrzymałości na ściskanie (surowiec polski); fot. – źródło własne

1343 [6] jako badanie wymagane podają wytrzymałość na zginanie. Jednak bywają przypadki, kiedy z uwagi na narzucone przez wymagania geometryczne wyrobu (np. dotyczące krawężników krzywoliniowych) nie ma możliwości wykonania tego badania, wówczas do oceny właściwości wytrzymałościowych stosuje się parametr wytrzymałości na ściskanie. W przypadku kostek brukowych badanie wytrzymałości na ściskanie jest badaniem podstawowym [7].

W praktyce badanie wytrzymałości na ściskanie wykonuje się przeważnie na próbkach wyciętych z każdego rodzaju wyrobu z kamienia naturalnego, ponieważ bardzo często cecha ta nadal wymagana jest w krajowych specyfikacjach technicznych. Zgodnie ze starszymi wydaniem norm (PN) dotyczącymi krawężników, płyt i kostki brukowej, wszystkie te wyroby lub surowiec skalny (blok) należało badać pod kątem wytrzymałości na ściskanie i w zależności od uzyskanej wartości przypisywana była odpowiednia klasa.

Istotnym aspektem w badaniu wytrzymałości na ściskanie jest właściwa identyfikacja surowca. Często dostawcy surowców lub wyrobów z importu posługują się nazwą „granit” w odniesieniu do każdego oferowanego surowca, co nie zawsze jest właściwym i prawdziwym określeniem w danym przypadku. Do celów identyfikacyjnych przeprowadzono analizę petrograficzną na szlifach cienkich z użyciem mikroskopu polaryzacyjnego wg PN-EN 12407 [8].

W tabeli 1 zestawiono nazwy surowców stosowanych przez producentów z wykonaną identyfikacją petrograficzną poszczególnych surowców oraz ich pochodzeniem.

Na fotografiach numer 7 do 10 przedstawiono stanowisko do badania wytrzymałości na ściskanie oraz widok próbek do badań i po badaniach.

Wyniki badań

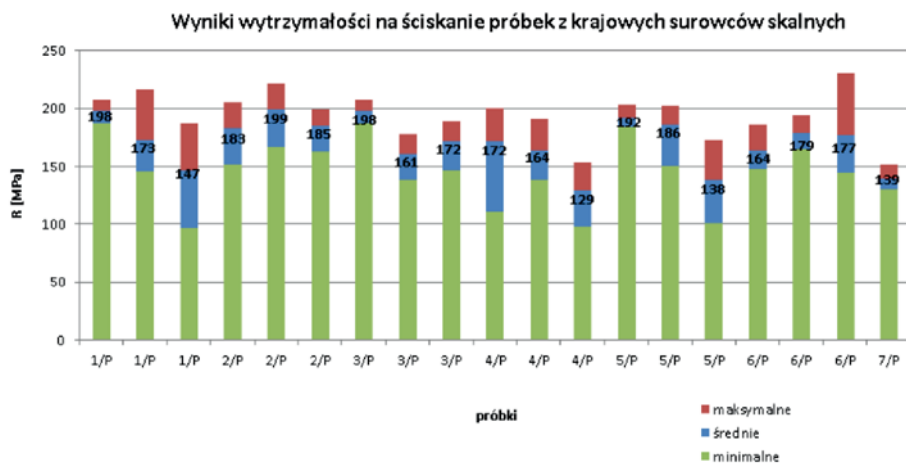
Na rysunkach 1 i 2 zestawiono graficznie uzyskane wyniki badań wytrzymałości na ściskanie wg PN-EN 1926 [12] z surowców pochodzenia krajowego i zagranicznego.

Uzyskane średnie wyniki badań wytrzymałości na ściskanie poszczególnych próbek wyciętych z różnych elementów galanterii drogowej z surowców pochodzących z:

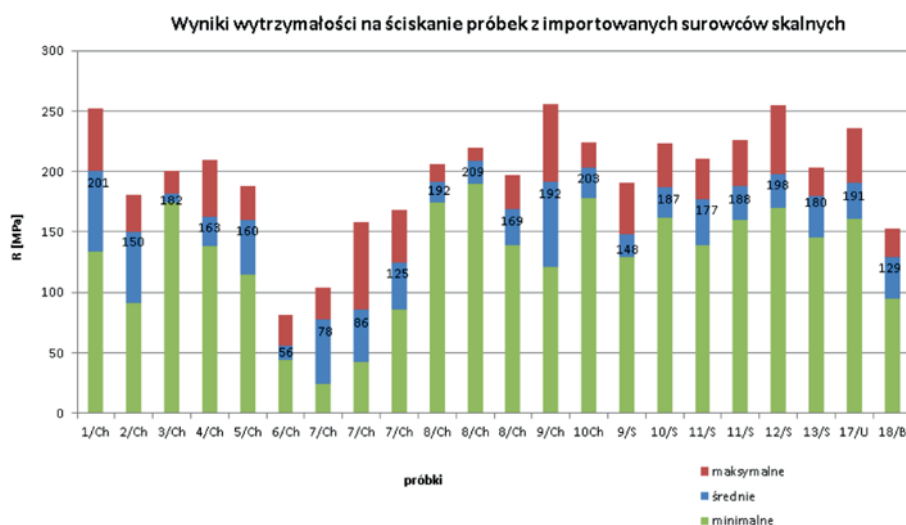
- Polski mieszczą się w zakresie od 129 MPa do 199 MPa (średnia wynosi 170 MPa (z odchyleniem standardowym (S) od 8 do 41),
- Chin mieszczą się w zakresie od 56 MPa do 209 MPa (średnia wynosi 155 MPa (z odchyleniem standardowym (S) od 10 do 50),
- Skandynawii mieszczą się w zakresie od 148 MPa do 198 MPa (średnia wynosi 180 MPa (z odchyleniem standardowym (S) od 21 do 38).

Uzyskana wartość średnia badania wytrzymałości na ściskanie surowca pochodzącego z Ukrainy wynosi 191 MPa, a z Brazylii 129 MPa, przy czym w tych przypadkach trudno ogólnie scharakteryzować te surowce, z uwagi na zbyt małą ilość przeprowadzonych badań (po jednym badaniu, 6 próbek, z danego kraju).

Jak pokazują powyższe wyniki, surowiec skandynawski charakteryzuje się najwyższą średnią wytrzymałością na ściskanie, a poszczególne wyniki można uznać za jednorodne. Wyroby z granitoidów pochodzących ze Skandynawii są sto-



Rys. 1. Wykres obrazujący wyniki wytrzymałości na ściskanie próbek z krajowych surowców skalnych



Rys. 2. Wykres przedstawiający wyniki wytrzymałości na ściskanie próbek z importowanymi surowcami skalnymi

sowane od wielu lat w naszym kraju i cieszą się bardzo dobrą opinią o ich jakości, popartą wynikami badań, o czym świadczą również wartości wyników badań podane w niniejszym artykule. W przypadku próbek z surowców polskich można uznać, że wyniki wytrzymałości na ściskanie są typowe dla granitów, zbliżone z danymi literaturowymi oraz wynikami z dotychczasowej praktyki laboratoryjnej.

Podsumowanie

Surowiec skalny, niezależnie od rodzaju i swojego pochodzenia, jest stworzony przez szereg naturalnych, niekontrolowanych procesów, zachodzących w odległych czasach. Zarówno uzyskane wyniki badań, jak i dotychczasowe obserwacje oraz doświadczenia, zwłaszcza w przypadku surowców skalnych importowanych, wskazują na to, że jeśli w trakcie eksploatacji złoża jest prowadzona selektywna gospodarka surowcowa, to prowadzi to do odpowiedniego

przeznaczenia kamienia o danych parametrach do wytwarzania wyrobów budowlanych spełniających wymagania w miejscu ich wbudowania. Należy podkreślić, że bardzo ważna jest tu systematyczna i rzetelna kontrola jakości wydobywanych surowców. Dostawcy kamienia naturalnego z Chin i innych krajów, gdzie występuje zróżnicowanie pod względem jego rodzaju i właściwości, powinni posiadać podstawową wiedzę o danym surowcu i złożu oraz kontrolować jakość importowanych wyrobów i półproduktów z kamienia naturalnego.

Warto dodać, że określenie „granit”, najczęściej stosowane przez importerów wyrobów i półproduktów z surowców skalnych, należy traktować raczej jako nazwę handlową a nie nazwę określającą rodzaj danego surowca.

Z obserwacji sytuacji na rynku wyrobów galanterii drogowej oraz przeprowadzonych badań wynika, że producenci zarówno polscy, jak i importerzy, którzy dbają o selektywne wykorzystanie surowca i kontrolują jego jakość, nie mają problemów związanych z wbudowaniem i długoletnią eksploatacją.

Bibliografia

- [1] N. Gunes, Z. Karaca, R.M. Goktan, C. Akal, *Relative brittleness characterization of some selected granitic building stones: Influence of mineral grain size*, Construction and Building Materials, Volume 23, Issue 1, 2009
- [2] A. Karwacki, *Petrograficzne podstawy zróżnicowania własności technicznych granitoidów masywu Strzegom – Sobótka*, Zeszyty Naukowe AGH – Geologia, t. 6, z. 1, 1980
- [3] W. Kozioł, A. Ciepłiński, *Kamień bloczny – aktualne tendencje w zastosowaniu, wydobyciu i obróbce*, cz. 2, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, lipiec-sierpień 2012
- [4] W. Ryka, A. Maliszewska, *Słownik petrograficzny*, Wydawnictwa geologiczne, Warszawa 1991, ISBN 83-220-0406-0
- [5] PN-EN 1341:2013 *Płyty z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i badania*
- [6] PN-EN 1343:2013 *Krawężniki z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i metody badań*
- [7] PN-EN 1342:2013 *Kostka z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i metody badań*
- [8] PN-EN 12407:2010 *Metody badań kamienia naturalnego. Badania petrograficzne*
- [9] PN-EN 12371:2010 *Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczenie mrozoodporności*
- [10] PN-EN 12372:2010 *Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczenie wytrzymałości na zginanie pod działaniem siły skupionej*
- [11] PN-EN 13755:2008 *Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczenie nasiąkliwości przy ciśnieniu atmosferycznym*
- [12] PN-EN 1926:2007 *Metody badań kamienia naturalnego. Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie* ■