

Prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak

Poznań, 9.10.2021

Instytut Budownictwa  
Politechniki Poznańskiej  
ul. Piotrowo 6  
60-965 Poznań

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pana mgr inż. Andriya Hutsa z Politechniki Rzeszowskiej

pt.: *Beton modyfikowany pyłem granitowym*

### **1. Podstawa opracowania opinii**

Podstawę opracowania opinii stanowią

- pismo z dnia 15.07.2021 Pana prof. dr hab. inż. Tomasza Siwowskiego, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej, zlecające wykonanie opinii rozprawy doktorskiej mgr inż. Andriya Hutsa także z Politechniki Rzeszowskiej pt.: *Beton modyfikowany pyłem granitowym*,

- mowa o dzieło Nr NN/22/2021 z dnia 30 sierpnia 2021 dotycząca wykonania opinii j.w. zawarta między stronami: Politechnikę Rzeszowską, reprezentowaną przez dr hab. inż. Lesława Gniewka, prof. PRz, prorektora ds. nauki a Politechniką Poznańską, której przedstawicielem jest prof. dr hab. inż. Józef Jasiczak.

Przygotowując opinię kierowałem się dostarczonym maszynopisem rozprawy przygotowanym przez mgr inż. Andriya Hutsa oraz USTAWĄ z dnia 20 lipca 2018r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. poz.1668).

### **2. Przedmiot, cel i zakres pracy**

Recenzowana praca doktorska Pana mgr inż. Andriya Hutsa z Politechniki Rzeszowskiej dotyczy – w szerszym kontekście – możliwości zastosowań w praktyce i kształtowania cech użytkowych betonów modyfikowanych dodatkami mineralnymi, a w węższym – zastosowań w budownictwie dodatku o specyficznym pochodzeniu - pyłu granitowego odzyskiwanego w miejscu obróbki skały przez konkretne przedsiębiorstwo. O ile kontekst ekologiczny stosowania wszelkiego rodzaju pyłów jest w zrównoważonym budownictwie niezwykle wysoko oceniany, o tyle jego prosta utylizacja w formie dodatku do betonu może być wątpliwa, ze względu na różne formy uzyskiwania tego odpadu przemysłowego.

Zdając sobie sprawę z tych ograniczeń Doktorant zadał sobie pytanie , czy „... istnieje możliwość stosowania odpadów dyspersyjnych pochodzenia przemysłowego , w tym pyłu granitowego, w celu uzyskania nowoczesnych, energooszczędnych betonów o ulepszonych parametrach fizycznych i mechanicznych...”

Promotorem pracy jest Pan prof. dr hab. inż. Grzegorz Prokopski , znany w kraju i zagranicą specjalistka od materiałów budowlanych i właściwości betonu zwykłego. Tematyka pracy doktorskiej wpisuje się zatem jednoznacznie w naukowe zainteresowania Promotora.

Maszynopis rozprawy jest obszerny i zawiera 206 stron tekstu z licznymi rysunkami, tabelami i wzorami. Zacytowano 296 artykułów, rozdziałów lub opracowań oraz 19 norm krajowych , PN-EN i międzynarodowych. W części końcowej zamieszczono dwa załączniki A i B dotyczące wdrożeń wyników badań w języku polskim i ukraińskim .

### **3. Omówienie rozprawy**

Rozprawa składa się z 7 rozdziałów : wstępu , rozdziału przeglądowego literatury , trzech rozdziałów przedstawiających program , metodykę badań i możliwości modyfikacji cech zapraw i betonów, końcowego rozdziału aplikującego wyniki w konstrukcjach inżynierskich oraz krótkiego rozdziału ostatniego zawierającego podsumowanie i wnioski. Całość kończy obszerne zestawienie literatury , streszczenia i załączniki A i B dokumentujące zastosowanie wyników badań w praktyce

Przedmiotem rozważań są pyły granitowe wychwytywane przy kruszeniu i frakcjonowaniu granitu w zakładach obróbki i przeróbki kamienia. Jak podaje Autor pył jest suchy, o powierzchni właściwej 200-350 m<sup>2</sup>/kg, którego skład chemiczny i mineralogiczny odpowiada skale wyjściowej. Dodatek materiałów proszkowych do betonu stanowi istotny składnik zarówno proekologiczny jak i modyfikacyjny , przy czym szczególnie cenione są ich właściwości pucolanowe ( pył krzemionkowy, popioły lotne, żużle wielkopieczowe ) regulujące cechy fizyczne i mechaniczne betonu. Dodatki te występują masowo w przemyśle i od dawna ich właściwości i wpływy na cechy betonu są oznaczone. Nastąpiło ich przesunięcie z grupy materiałów odpadowych do grupy surowców podstawowych przy produkcji cementu i betonu , bez których taka produkcja – przy koncepcji budownictwa zrównoważonego - nie byłaby możliwa. Stosunkowo nowym dodatkiem są pyły wapienne dla których poszukuje się także możliwości utylizacji w procesach produkcji betonu, a problem jest palący, bo ten odpad

przemysłowy w Polsce pojawia się w liczbie 6 000 000 ton rocznie i nie do końca wiadomo, jak go zagospodarować ( stąd wieloletnie badania na ten temat Politechniki Śląskiej).

Podobnie Autor rozprawy postawił pytanie, czy po odpowiednich badaniach można by pył granitowy dopisać do dodatków o możliwych zastosowaniach w technologii betonu. Odpowiedź jest z góry pozytywna, bo pyły granitowe można zaliczyć do mączek kamiennych, a te ( o powierzchni właściwej  $100 - 1000 \text{ m}^2 / \text{kg}$  ) są z powodzeniem stosowane jako mikrowypełniacze w betonach architektonicznych, SCC i UHPC ( stąd ciekawa symulacja upakowania cząstek forsowana przez Doktoranta).

Dla wybranego pyłu granitowego Doktorant poszukiwał jednak także innych zastosowań, stąd szeroki program badań przyjęty w rozprawie.

Obszerny materiał badawczy wymagał obróbki statystycznej, co Autor konsekwentnie czynił wykorzystując matematyczne planowanie eksperymentu, równania regresji kwadratowej i oprogramowanie Statistica.

Jako wynik wielokierunkowych badań wskazano na ilościowo dopuszczalną ilość pyłu z granitu w betonie oraz kierunki zastosowań w uprzemysłowionej działalności inwestycyjnej.

#### **4. Uwagi ogólne i krytyczne**

Układ pracy jest typowy dla prac doktorskich. Po obszernym studium literaturowym i charakterystyce wykorzystanych materiałów ( spełnienie kryteriów normowych) opisano kolejno zaczyny, zaprawy i betony z pyłem granitowym i bez tego pyłu. Kluczowe dla tematu pracy są badania właściwości betonów poczynając od wpływu rodzaju i ilości superplastyfikatora na konsystencję i stabilność płynności mieszanki betonowej wraz z upływem czasu, wpływu pyłu granitowego jako zamiennika cementu, stosunku w/c i ilości pyłu na wytrzymałość, poprzez oceny fizyczne jak nasiąkliwość, głębokość penetracji wody, i trwałościowe ( mrozoodporność, odporność korozyjna) po odporność na pękanie przy przyjęciu I i II modelu, przy wykorzystaniu matematycznego planowania eksperymentu. Przeprowadzono także stosowną analizę skaningową strefy przejściowej zaczyn-kruszywo, upakowanie struktury itp.

Wszystkie analizy wykonano kompetentnie i czytelnie dokumentując wyniki starannie wykonanymi rysunkami na płaszczyźnie i w przestrzeni. Na ich podstawie można wnioskować o cechach i zakresie zastosowań opracowanego materiału.

Moje uwagi krytyczne dotyczą następujących zagadnień:

- 1) Mrozoodporność betonu na cykliczne zamrażanie jest niezwykle ważna w konstrukcjach mostowych, drogowych czy ewentualnie fundamentowych, dla których

Autor zaleca używanie pyłów granitowych. W Tablicy 5.11 podano liczbę cykli F , natomiast nie podano ubytku masy oraz spadku wytrzymałości po zamrażaniu. Porównanie tych cech dałoby lepszy pogląd na odporność mrozową. Spełnienie kryterium mrozoodporności dotyczy 5% ubytku masy i 20% spadku wytrzymałości , ale dodanie pyłu granitowego może te granice znacznie obniżyć.

- 2) Odporność korozyjną lepiej oznaczać przy zginaniu niż ściskaniu próbek; test zginania jest bardziej czuły , test ściskania daje bardzo podobne wyniki ( rys.5.23).
- 3) Strefa przejściowa zaczyn-kruszywo nie jest dokładnie przeanalizowana. Na rys. 5.25 i 5.26 nie podano powiększenia, nie zrobiono analizy EDS, nie oznaczono hydratów. Wykonano przełomy, lepsze byłyby szlify ( zglądy). Można było określić mikrostrukturę poprzez wrywanie na przykład okrągłych prętów stalowych z próbek betonowych. Jest to proste badanie, ale pokazuje jak szczelność matrycy wpływa na wartości sił wrywających. Wykonanie zglądu betonu wokół pręta stalowego daje pogląd na obraz strefy kontaktowej stal – beton, co przy zastosowaniach inżynierskich jest bardzo ważne.

## **5. Ocena pracy**

Przedmiot pracy ukierunkowano na opracowanie i wdrożenie pewnych procedur uzdatniania zapraw i betonów pyłem granitowy dla ich wykorzystania w budownictwie.

Przyjęto wiele czynników zmiennych dotyczących zarówno samego pyłu granitowego , jego zamiennego stosowania z cementem , wielokierunkowej modyfikacji , oceny właściwości zaczynów zapraw i betonów i to jeszcze w różnych terminach dojrzewania.

Uzyskany zbiór danych jest obszerny , dość jednoznaczny, świadczący o znacznej pracy włożonej przez Autora pracy w uzyskanie tych wyników. Za szczególnie cenne osiągnięcie uznaję:

- potwierdzenie danych literaturowych , że pył granitowy to chemicznie nieaktywny dodatek mineralny,
- wyznaczenie granicy możliwości zastąpienia piasku pyłem granitowym z użyciem superplastyfikatora a także wskazanie na możliwość zastąpienia części cementu tym pyłem ,
- wskazanie na stabilizację urabialności mieszanki betonowej modyfikowanej pyłem ,
- pogłębienie cech trwałościowych betonu, odporności na korozję itp.,
- wykazanie, że dodatek pyłu granitowego podnosi wszystkie wartości parametrów wyznaczających odporność na pękanie.

Mimo uwag podanych w punkcie 4 opinii postawiony cel pracy uznaję za zrealizowany a tezy za udowodnione. Osiągnięcia te bezpośrednio rzutują na w pełni pozytywną ocenę rozprawy doktorskiej.

## 6. Wniosek końcowy

Oceniana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Andriya Hutsa ma dobre podstawy naukowe i spodziewane możliwości aplikacyjne, a nawet wdrożeniowe, co udowodniono w 6 rozdziale pracy. Stanowi samodzielnie wykonane opracowanie naukowe pod kierunkiem promotora, będące oryginalnym rozwiązaniem problemu. Problematyka ta dotyczy możliwości zastosowań odpadu przemysłowego w postaci pyłu granitowego i przekształcenia go – poprzez wariantowo kształtowane zastosowania – w dodatek do betonu typu I. Doktorant zakłada także, że badania wykonane w przyszłości pogłębią podjętą tematykę i wskażą na nowe możliwości zastosowań takiego materiału.

O posiadaniu przez Kandydata ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa i transport świadczy umiejętność przygotowania planu i zrealizowania badań w stosunku do potrzeb przemysłu budowlanego oraz umiejętność wskazania granic i zakresu stosowania powszechnie przyjętych metod modyfikacji cech mieszanki betonowej z uwzględnieniem licznych procedur. Kandydat posiadał także umiejętność samodzielnego prowadzenia badań laboratoryjnych, obróbki statystycznej znacznej liczby uzyskanych wyników badań i wskazanie realnych możliwości aplikacyjnych w ramach podjętej pracy naukowej.

Oceniając pozytywnie całość dotychczasowych dokonań Pana mgr inż. Andriya Hutsa oraz biorąc pod uwagę wymagania Art.187 U S T A W Y z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce ( Dz.U. z dnia 30.08.2018 r., Poz. 1668) w brzmieniu :

- 1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej,*
- 2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne,*

stwierdzam, iż Rada Dyscypliny Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Rzeszowskiej może skierować pracę do publicznej obrony.

