

Henryk Marczak
Em. profesor AGH
Prof. w Instytucie Geofizyki PAN

Kraków 20 kwiecień 2016r.

Ocena dysertacji doktorskiej mg. inż. Tomasza Łątki p.t. "Metoda oceny stopnia spękania ośrodka skalnego za pomocą georadaru otworowego"

Wprowadzenie

Deformacje ośrodka skalnego poddanego naprężeniu zależy od jego struktury. Szczególnie trudno ocenić taką deformację w ośrodku spękanym. Istnieje kilka klasyfikacji geotechnicznych, które wykorzystuje się do przybliżonej oceny zachowania się spękanego ośrodka skalnego, do którego zostało przyłożone naprężenie, takie jak klasyfikacja "Rock Mass Rating" czy klasyfikacja Q Bieniawskiego. Jednym z podstawowych empirycznych parametrów, jakie są wymagane w tych klasyfikacjach jest ocena stopnia spękania ośrodka skalnego najczęściej wyznaczana z rdzeni wiertniczych metodą nazywaną "Rock Quality Designation " w skrócie RQD. Wymaga ona przygotowania do pomiaru nieuszkodzonych rdzeni czyli dużo czasu i funduszy.

W dysertacja mg inż. Tomasza Łątki jest zawarta propozycją zastąpienia tej niewygodnej, kosztownej metody oceny spękania ośrodka skalnego metodą szybką tanią i umożliwiającą wykonanie oceny nawet tam gdzie nie można pobrać rdzeni. Praca ma charakter empiryczny i dlatego może być stosowana w rejonie, z którego pochodził materiał pomiarowy, czyli w rejonie Niecki Bytomskiej.

Treść pracy

Dysertacja liczy 128 stron maszynopisu podzielonych na 9 rozdziałów i jest zakończona spisem 122 pozycji literaturowych. Ponieważ dysertacja jest oparta na przetwarzaniu danych pomiarowych i porównaniu danych geofizycznych do wyników pomiarów metodą RQD, więc

do dysertacji dołączono zdjęcia rdzeni z jednego z otworów wiertniczych oraz 52 karty dokumentacyjne wyniki pomiarów RQD.

Właściwą dysertację można podzielić na dwie części. Rozdziały 1-4 są poświęcone wprowadzeniu pojęć i opisowi metod pomiarowych i są oparte na rozeznaniu literaturowym. Rozdziały od piątego do dziewiątego są opisem oryginalnych osiągnięć autora.

Pierwszy i drugi rozdział są poświęcone wprowadzeniu do pracy i prezentacji zadania badawczego, jakie postawił doktorant przed sobą. Tym zadaniem jest estymacja związku między amplitudą sygnału georadarowego i stopniem spękania ośrodka skalnego wyznaczonego przy pomocy metody RQD, oraz zbudowanie w oparciu o ten związek metody klasyfikacji opartej na pomiarach georadarowych. Rozdział trzeci poświęcono opisowi zasad, na których prowadzi się badania georadarowe. Przedstawiono w tym rozdziale ogólne własności fal elektromagnetycznych wykorzystywane w badaniach georadarowych oraz zaprezentowano konstrukcję georadaru otworowego. W rozdziale czwartym zawarto przegląd najważniejszych klasyfikacji stopnia spękania ośrodka skalnego, które są używane w badaniach geotechnicznych. Szczególnie dokładnie opisano sposób prowadzenia oceny stopnia spękania metodą RQD. Ta część opisu uzupełniona dokumentami przedstawionymi w dodatku jest bardzo solidną prezentacją wyników pomiarowych użytych w dalszej części pracy do weryfikacji klasyfikacji zaproponowanej przez autora.

Rozdział piąty jest końcowym efektem prac nad optymalizacją ekstrakcji informacji użytecznej z pomiarów georadarowych. Szkoda, że nie opisano poszczególnych etapów dochodzenia do zaproponowanego w tym rozdziale schematu obliczeniowego, bo można odnieść wrażenie, że nie jest on wystarczająco uzasadniony. Schemat obliczeniowy składa się z pięciu etapów. Etapy pierwszy i drugi są dosyć oczywiste i sprowadzają się do eliminacji zakłóceń i błędów pomiarowych. Następny etap analizy statystycznej polega na kolejnych uśrednieniach takich jak:

- Uśrednienie zapisu z poszczególnych ścieżek pomiarowych w przedziale czasowym 20nsec -40 nsec, co odpowiada rejestracji fali georadarowej odbitej lub dyfragowanej w cylindrze o promieniu $v.20-v.40$ gdzie v prędkość tej fali. Następnie ta średnia jest normalizowana przez średnią z całego rejonu powiększoną o 3

odchylenia standardowe (niestety nie wiadomo skąd otrzymać tę wartość na początku obliczeń)

- Uśrednianiu wartości otrzymanych na poprzednim etapie dla 20 tras, co odpowiada rejestracji na odcinku 1metra otworu wiertniczego
- obliczonej ważonej średniej z trzech odcinków jednometrowych

Tak uśredniony materiał pomiarowy został opracowany statystycznie. Estymowano rozkłady statystyczne dla poszczególnych klas wartości odpowiadających klasom w klasyfikacji RQD. Dzięki temu można było badać istotność zgodności rozkładów danych uzyskanych z pomiarów georadarowych z wynikami pomiarów RQD.

Rozdział szósty jest analizą danych pomiarowych z niecki bytomskiej przeprowadzoną zgodnie ze schematem przedstawionym w rozdziale piątym. Rozdział rozpoczyna się analizą historii górniczej i opisem budowy geologicznej i petrograficznej tego rejonu. Autor opracował wyniki pomiarów georadarowych z 65 otworów wiertniczych o całkowitej długości profili 2400 metrów zawierających 500000 tras georadarowych. Wykazano, że wyniki georadarowe można przypisać odpowiednim klasom RQD z stosunkowo dużym prawdopodobieństwem, chociaż ze względu na różne liczebności danych georadarowych w różnych klasach RQD lepiej jest skorygować klasy podziału dzieląc pierwszą klasę na dwie i łącząc klasy czwartą i piątą. Tak skonstruowana skala wydaje się optymalnie odpowiadać strukturze danych pomiarowych. W ten sposób powstała skala opracowana przez doktoranta nazwana skalą RQD-BGPR.

W rozdziale siódmym sprawdzono skuteczność i poprawność klasyfikacji przy pomocy skali RQD-BGPR. Wykorzystano dane georadarowe z 5 otworów z rejonu badań rozmieszczonych w różnych jej częściach do przeprowadzenia klasyfikacji w oparciu o skalę RQD-BGPR i porównanie wyników tej klasyfikacji z wynikami klasyfikacji RQD. Uzyskano zgodność obydwu klasyfikacji w zakresie od 60% do 88%. Jeżeli jednak porównanie dotyczy dwóch klas ROD to zgodność osiąga przedział 80%-100%.

Chciałbym zwrócić uwagę na to, empiryczne wyniki pomiarowe na podstawie którego są budowane obydwie skale są w dużym stopniu niejednorodne. Musimy więc zgodzić się z tym, zawierają one duży stopień niepewności niezależnie od tego jak starannie są uzyskiwane. Zgodność pokazaną w rozdziale siódmym oceniam, jako bardzo dobrą

W ostatnim rozdziale podsumowano wyniki badań wskazując na zalety klasyfikacji przy pomocy skali RQD-BGPR jak również ograniczenia w interpretacji rezultatów takiej klasyfikacji.

Zalety pracy

Biorąc pod uwagę dużą objętość danych pomiarowych i ich znaczną różnorodność trzeba stwierdzić, że dużym osiągnięciem doktoranta jest zbudowanie algorytmu statystycznej ekstrakcji informacji klasyfikacyjnej z danych pomiarowych. Amplitudy zapisów georadarowych zmieniają się przede wszystkim w zależności od odległości od anteny nadawczej (czasu na echogramie), własności fizycznych ośrodka, ale również od czynnika losowego. Zbudowanie algorytmu, który eliminuje zmienność inną niż w zależności od własności fizycznych wymagała wiele pracy i intuicji badawczej.

Również procedury statystyczne użyte do porównywania danych uzyskanych z przetwarzania danych georadarowych z danymi RQD zostały dobrane profesjonalnie i wyniki tych porównań uzyskano możliwość optymalnego podziału klas w końcowej klasyfikacji RQD-BGPR. Sprawdzenie poprawności tej klasyfikacji przeprowadzonej w oparciu o dane pomiarowe z 5 niezależnych otworów potwierdziły, że skala jest skutecznym sposobem oceny stopnia spękania ośrodka skalnego.

Skala ma duże znaczenie praktyczne. Z jednej strony pozwala oceniać stopień spękania ośrodka skalnego w miejscach, z których nie można pobrać rdzeni z drugiej strony istotnie ogranicza czas i koszty badań tego stopnia w badaniach polowych.

Wady pracy

Jak to wielokrotnie podkreślano, w recenzji otrzymane wyniki mają charakter empiryczno-statystyczny, czyli skala RQD-BGPR może być stosowana jedynie do danych pomierzonych w rejonie, z którego pochodzą dane prezentowane w pracy. Nie podjęto próby modelowania pola georadarowego w ośrodku, w którym zróżnicowanie własności fizycznych

odpowiadałoby różnym klasom spękań według skali RQD. Takie badania mogłyby pozwolić na uogólnienie otrzymanej skali na inne rejony badawcze.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę to, że doktorant wykazał się dużą sprawnością badawczą w konstrukcji sposobu ekstrakcji informacji użytecznej z zróżnicowanego i skomplikowanego zbioru danych pomiarowych, poprawnie metodycznie wykazał zbieżność wyników klasyfikacji prowadzonych skonstruowaną przez niego skalą R RQD-BGPR z wynikami klasyfikacji w oparciu o skalę RQD, przez co udostępnił wygodny, tani i uniwersalny sposób oceny stopnia spękania w rejonie niecki bytomskiej uważam, że spełnił on wymagania stawiane rozporządzeniem ministra nauki i szkolnictwa w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim i wnioskuję o nadanie mu stopnia doktora nauk technicznych z zakresu górnictwa i geologii.

