

Juraj Ďurove, Pavol Vavrek*, Tibor Sasvari**

BADANIE MASYWU SKALNEGO DLA BUDOWNICTWA TUNELOWEGO

Komunikat

1. Wprowadzenie

W związku z budową sieci drogowej na Słowacji opracowywany jest i sukcesywnie realizowany plan budowy tuneli. Przeważająca część budowli tunelowych znajduje się na trasie D1, na której jest już eksploatowana jedna nitka tunelu Branisko.

W szczególności chodzi o doświadczalną eksploatację tej istotnej budowli tunelowej. W niedalekiej przyszłości ma być również użytkowany tunel Horelica na trasie D18. Pozostałe odcinki budowli tunelowych znajdują się w różnych stadiach przygotowań lub budowy (badawcze sztolnie Ovčiarsko, Višňové, tunel Sitiny w Bratysławie). Priorytetem jest w szczególności doprowadzenie odcinka D1 aż do Żyliny i dokończenie tunelowej części Sitiny.

Z punktu widzenia geotechnicznych warunków stabilności wyrobisk podziemnych różni się opiniowanie:

- warunków ogólnych (niepewny i pewny maszyn skalny),
- miejscowych warunków geologiczno-geomechanicznych.

Oba te czynniki wpływają na mechaniczny stan masywu i skał. Jest oczywiste, że poprzez prostą ekstrapolację idealnej budowy tworzywa skalnego nie może dojść do określenia jego właściwości, przydatnych do rozwiązywania zadań praktycznych. W skałach jest to wynikiem uszkodzeń, które powstają w tworzywach rzeczywistych, których znajomość jest warunkiem niezbędnym dla objaśniania przyczyn rzeczywistej wytrzymałości mechanicznej i fizycznego stanu skały, poznania zależności w jej mineralogiczno-petrograficznej budowie. Stan masywu skalnego określają: uskoki, szczeliny i inne miejsca osłabienia oraz obecność w nim wody.

* Katedra Wydobycia Surowców i Geotechniki, Wydział BERG, Uniwersytet Techniczny, Koszyce

W trakcie analizy geomechanicznej parametrów skały i masywu skalnego dla rozwiązania zadania stateczności wyrobisk podziemnych przede wszystkim bada się takie parametry, jak:

- mechaniczne właściwości nienaruszonej skały,
- kąt tarcia wewnętrznego skały,
- właściwości szczelin,
- obecność wody w porach i szczelinach,
- pierwotny stan naprężeń,
- normalne i styczne przesunięcia punktów obrysu w pobliżu wyrobiska podczas wykonywania i jego użytkowania.

Przy określaniu tych parametrów wychodzi się najczęściej z podstawowych dokumentów klasyfikacji skał i gruntów: ISRM i IAEG.

Kończącą syntezą wyników badań geologiczno-mechanicznych jest odpowiedni model ośrodka skalnego, który w konfrontacji z rzeczywistością przy budowie wyrobiska zostanie uzupełniony o nowe informacje. Taki tok postępowania pozwala na dokładne zastosowanie wyników analizy na etapie przygotowań i realizacji budowy.

Dla rozwiązania zadania dotyczącego stateczności wyrobisk podziemnych istnieje stosunkowo szeroka skala sposobów wychodzących z analitycznych metod matematycznego i fizycznego modelowania.

W Katedrze Wydobycia Surowców i Geotechniki Wydziału BERG Uniwersytetu Technicznego w Koszycach w najszerszym zakresie opracowane były modele matematyczne, wychodzące z analitycznych metod rozwiązywania stanu naprężeniowo-deformacyjnego masywu skalnego w pobliżu nieobudowanych i obudowanych wyrobisk górniczych. Wkład zespołu Katedry w rozszerzenie wiedzy teoretycznej w tej dziedzinie dotyczy przede wszystkim opracowania analitycznych rozwiązań, które obudowane wyrobisko górnicze pojmują jako jednolity naprężeniowo i deformacyjnie, współpracujący konstrukcyjnie system wszystkich trzech podstawowych elementów:

- 1) skały,
- 2) podsadzki,
- 3) obudowy właściwej.

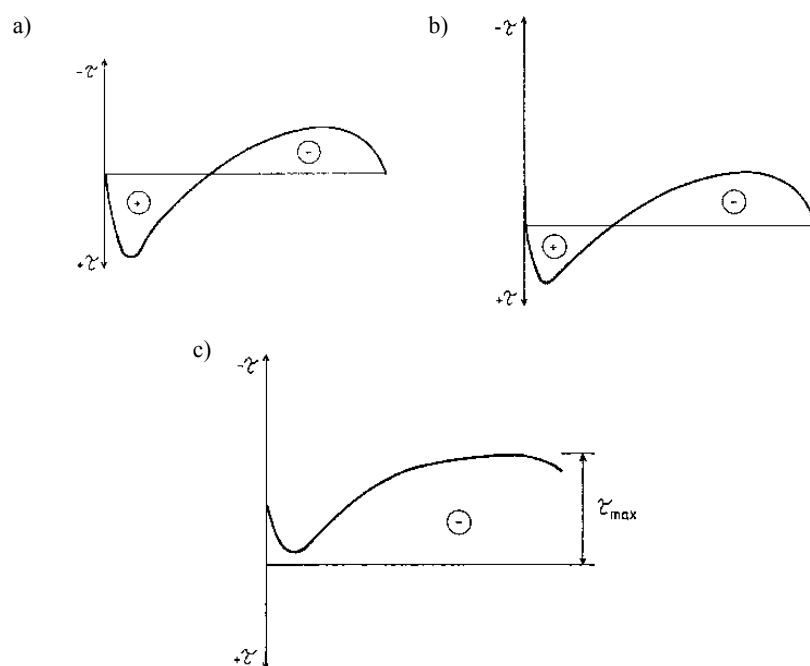
Uniwersalność systemu opracowanych rozwiązań umożliwia w praktycznej aplikacji (dla rozwiązania konkretnych zadań dotyczących stateczności wyrobisk górniczych) na uwzględnienie wpływu wszystkich parametrów decydujących o stateczności wyrobisk, przede wszystkim:

- warunków geologicznych;
- wytrzymałościowych i deformacyjnych charakterystyk skał w rejonie wyrobiska podziemnego i zmiany tych charakterystyki podczas użytkowania wyrobiska;
- wytrzymałościowej i deformacyjnej charakterystyki materiału obudowy i podsadzki;
- konstrukcyjnych właściwości obudowy;
- wpływu technologii tworzenia obudowy.

W tym miejscu uważamy za bezcelowe nadmierne rozwijanie przebiegu tworzenia matematycznego modelu dla oddzielnych wariantów proponowanych rozwiązań. W każdym wariancie jest wprowadzona charakterystyka podstawowa, która jednoznacznie określa warunki jego użycia, zakres parametrów wstępnych, postępowanie przy rozwiązywaniu konkretnego zadania i interpretację wyników. Cechą szczególną każdego wariantu jest graficzny przebieg podstawowych charakterystyk, umożliwiający określenie miary wpływu parametrów decydujących o stateczności wyrobiska oraz miarę wpływu ich zmian na żywotność wyrobiska. Jako przykład konkretnego toku postępowania mogą posłużyć wyniki naszych badań obudowy kotwiowej, którą stosowaliśmy przy budowie tunelu Branisko we współpracy z zainteresowanymi firmami.

2. Stan naprężeń i sił osiowych przy próbie rozciągania kotwy klejonej

Na rysunku 1 schematycznie zaznaczono przebieg naprężeń na sworzniu (kotwie) zabudowanym w skale i obciążonym deformacją warstwy skalnej. Rozkład naprężeń i sił osiowych przedstawiamy na rysunku 1 wykorzystującym zasadę superpozycji sił pomierzonych w sworzniu bez podkładek wywołanych deformacją i pomiarów sił powstających w procesie próby rozciągania nieobciążonego sworznia.



Rys. 1. Przebieg naprężeń na sworzniu (kotwie) zabudowanym w skale i obciążonym deformacją warstwy skalnej

Objaśnienia w tekście

W takim przypadku sworzeń poddawany tego typu badaniom jest zabudowany z podkładką i z rozłożeniem naprężeń, lecz przed badaniem musimy napinającą nakrętkę zwolnić, a na gwint sworznia (kotwy) zamocować łącznik urządzenia hydraulicznego. Tą niezbędną regulacją doprowadzimy do rozluźnienia (oswobodzenia) naprężeń wstępnych na podkładce, a pomiar sił w sworzniu przed samym doświadczeniem odbędzie się w stanie ustalonym.

Pierwsza, a według naszych spostrzeżeń podstawowa różnica między próbą rozciągania nieobciążonego i obciążonego sworznia polega na odmienności warunków początkowych przed próbą rozciągania:

- w pierwszym przypadku siła osiowa w sworzniu, naprężenia poślizgowe między sworzniem a ścianą otworu i deformacja osiowa są przed próbą równe zeru;
- w drugim przypadku sworzeń może już być obciążony i zdeformowany nieznanymi wartościami tych parametrów, które w poszczególnych sworzniach (kotwach) — mimo zabudowania w jednakowych ośrodkach skalnych — mogą się jednak zasadniczo różnić.

Rozwój przebiegu naprężeń poślizgowych przy próbie rozciągania na już obciążonym sworzniu ilustruje rysunek 1. Na rysunku 1a ukazano przebieg naprężeń poślizgowych aktywowanych deformacją warstwy skalnej, na rysunkach 1b i 1c schematycznie pokazano wynikowe przebiegi naprężeń poślizgowych odpowiadające obecności sumy naprężeń poślizgowych aktywowanych deformacją skał, stopniowo zwiększające siłę rozciągającą w sworzniu wywołaną przyrządem rozciągającym. Wynikowy przebieg naprężeń poślizgowych (rys. 1c) oznacza, że maksimum naprężenia poślizgowego powstanie w obszarze końca sworznia, gdzie przy osiągnięciu wartości $\tau_{\max}$ sworzeń zacznie się ślizgać. Po pierwszym poślizgu dochodzi do redystrybucji naprężeń poślizgowych i do przesunięcia $\tau_{\max}$ od końca do początku sworznia. Trzeba zakładać, że przy określonej wartości poślizgu proces ten może mieć charakter lawinowy, co może prowadzić do wyrwania sworznia (kotwy). Przy próbie rozciągania na nieobciążonym sworzniu zaczyna się on ślizgać na początku, za oporową podkładką.

Chociaż wygląda to na paradoks, należy założyć, iż wbrew temu, że sworzeń jest już obciążony, przy próbie rozciągania możemy w jednakowych warunkach zmierzyć większą siłę zakotwienia niż przy próbie na sworzniu nieobciążonym i o wiele niższą wartość wyciągnięcia kotwy, zmniejszoną o wydłużenie sworznia, wywołane już przed doświadczeniem obciążeniem od deformacji warstwy skalnej.

3. Zakończenie

Z przedstawionych rozważań wynika, że jeśli efekty badań mają mieć obiektywny charakter i wyjaśniać nośne zdolności konstrukcji kotew klejonych, zabudowanych w jednoznacznie określonym procesie, w konkretnych geotechnicznych warunkach, badania należy przeprowadzać na kotwiach nieobciążonych. Tylko na podstawie takiej próby projektant może z dostateczną pewnością sprawdzić projektowane parametry konstrukcji kotwy i gęstość jej zabudowania w pierwotnym obrysie wyrobiska. Z tych informacji wynika metodyka badania kotwi klejonych, przebiegu doświadczeń i opracowywania wyników tak przedstawionych prób.

LITERATURA

- [1] *Aldorf J., Exner K.*: Mine Openings: Stability and Support. Elsevier, Oxford 1986
- [2] *Coates D.F.*: Rock Mechanics Principles. Mines Branch Monograph 874. Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Canada 1967
- [3] *Ďurove J., Hroncová E.*: Skúmanie vplyvu zmáčania počvy na deformáciu výstuže banských diel metódou fyzikálneho modelovania. Závěrečná správa. VŠT, Košice 1990
- [4] *Hatala J.*: Základné teoretické otázky stability dlhých banských diel. Docentská habilitačná správa, VŠT, Košice 1978
- [5] *Hatala J., Trančík P.*: Mechanika hornín a masívu. Vysokoškolské skriptá. ALFA, Bratislava 1987
- [6] *Jacobi O.*: Praxis der Gebirgsbeherrschung, 2. Auflage. Verlag Glückauf GmbH, Essen 1981
- [7] *Jaeger J.C., Cook N.G.V.*: Fundamentals of Rock Mechanics, Second Edition. London, Chapman and Hall 1976

Zatwierdzono do druku: 17.09.2004 r.