

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **222132**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **397310**

(51) Int.Cl.
G01N 3/00 (2006.01)
G01N 3/08 (2006.01)
E02D 1/00 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **09.12.2011**

(54)

Sposób wyznaczania obciążeń w górotworze

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

10.06.2013 BUP 12/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

29.07.2016 WUP 07/16

(73) Uprawniony z patentu:

**ADAPTRONICA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Łomianki, PL
INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ANDRZEJ ŚWIERCZ, Warszawa, PL
JAN HOLNICKI-SZULC, Warszawa, PL
PRZEMYSŁAW KOŁAKOWSKI, Nieporęt, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Bełz

PL 222132 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób określenia obciążeń w górotworze na podstawie pomiaru zmian naprężeń powstałych w wyniku wykonania odwiertu.

Znane jest z opublikowanego opisu wynalazku Stanów Zjednoczonych nr 5018389 rozwiązanie dotyczące pomiaru zmian naprężeń poprzez umieszczenie w odwiercie górotworu czujnika tensometrycznego lub czujnika wykonanego na bazie materiału elastooptycznego. Istota wynalazku dotyczy profilu odwiertu (o części cylindrycznej i stożkowej), przenośnego czujnika o stożkowej budowie (o kącie zbieżności dostosowanym do stożkowej części odwiertu), którego pozycjonowanie i stabilizacja przeprowadzana jest z wykorzystaniem zaprojektowanego do tego celu elementu prętowym. Z opisu patentowego wynika, że sygnał rejestrowany przez czujnik pomiarowy pozwala jedynie na monitorowanie zmian naprężeń w górotworze lub masywnej konstrukcji betonowej.

Znane jest także z opisu wynalazku nr 5050690 USA rozwiązanie dotyczące sposobu i zastosowania aparatury pomiarowej do wyznaczania przestrzennego stanu naprężenia w odwiercie górotworu. Do odwiertu wprowadzane jest urządzenie zdolne do pomiaru zmian odkształceń oraz jednoczesnego nacinania górotworu na bocznej ścianie odwiertu. Urządzenie jest stabilizowane za pomocą siłowników hydraulicznych, a pomiar odkształcenia jest dokonywany prostopadle do nacięcia (ok. 3 mm od jego krawędzi) aż do chwili zaniku przyrostu odkształceń podczas cięcia skały. Na podstawie pomiarów odkształceń wywołanych tymi nacięciami (na różnych głębokościach odwiertu i pod różnymi kątami w stosunku do osi odwiertu) obliczany jest stan naprężenia. W tym rozwiązaniu do określenia stanu naprężenia wymagana jest jednak specjalistyczna aparatura do przeprowadzenia badań.

Przedmiotem wynalazku jest sposób określenia obciążeń w górotworze, szczególnie w stropach wyrobisk w kopalniach lub tunelach, polegający na tym, że w otoczeniu planowanego głównego odwiertu w górotworze wykonuje się co najmniej trzy kontrolne odwierty o niewielkich głębokościach, w których instaluje się co najmniej trzy czujniki do pomiaru naprężeń. W dalszej kolejności, wykonuje się główny odwiert w górotworze i określa się zmiany naprężeń w miejscach umieszczenia czujników. Następnie tworzy się dwa modele numeryczne ograniczonej bryły górotworu, przy czym jeden model jest z wykonanym odwiertem, a drugi model jest bez wykonanego odwiertu. Powierzchnie modelowanych brył obciąża się jednostkowymi ciśnieniami, a parametry materiałowe niezbędne do stworzenia modelu uzyskuje się z badań laboratoryjnych materiału górotworu. W wyniku rozwiązania układu równań, który zawiera pomierzone wartości zmian naprężeń w górotworze oraz rezultaty modelowanych zmian naprężeń w górotworze (obciążonymi stanami jednostkowymi) powstałych na skutek wykonania w niej odwiertu, wyznacza się rzeczywiste naprężenia w górotworze.

Stan obciążenia górotworu może być wykorzystywany do oceny stanu naprężenia w górotworze lub masywnej konstrukcji betonowej, a także do oceny ryzyka wystąpienia łąpnięcia w kopalniach. Sposób, według wynalazku, jest relatywnie prosty i nie wymaga specjalistycznej aparatury do przeprowadzania badań terenowych, natomiast konieczna jest znajomość technik modelowania górotworu i komputerowych metod obliczeniowych.

Sposób według wynalazku zostanie opisany na przykładzie górotworu z wykonanym w nim wyrobiskiem oraz dodatkowo zobrazowany na rysunkach, na których fig. 1 przedstawia szkic tunelu wraz z lokalizacją kontrolnych odwiertów, fig. 2 – zredukowany model numeryczny górotworu bez odwiertu, fig. 3 – zredukowany model numeryczny górotworu z odwiertem, a fig. 4-6 – jednostkowe stany obciążeń modelowanego fragmentu górotworu.

W górotworze G wykonano wyrobisko W w formie walca o promieniu 3 m. W wyrobisku W górotworu G, w otoczeniu planowanego pionowego, głównego odwiertu O, o promieniu 20 cm i głębokości 3 m, umieszczono trzy czujniki do pomiaru naprężeń w kontrolnych odwiertach A, B i C o głębokościach 5 cm. Kontrolne odwierty A i B są oddalone o 5 cm od krawędzi planowanego głównego odwiertu, natomiast kontrolny odwiert C znajduje się w odległości 15 cm od odwiertu B, przy czym rozmieszczenie kontrolnych odwiertów przedstawiono na rys. 1. Czujniki osadzono w taki sposób, aby możliwe było określenie zmian naprężeń stycznych w tych odwiertach, względem walcowego układu współrzędnych związanego z planowanym odwiertem O, powstałych na skutek wykonania odwiertu O. Następnie wykonano odwiert O i zarejestrowano zmiany naprężeń stycznych w kontrolnych odwiertach A, B i C, które są zapamiętywane w wektorze Δp :

$$\Delta p = \begin{bmatrix} \Delta p^A \\ \Delta p^B \\ \Delta p^C \end{bmatrix}$$

Następnie, z materiału górotworu G pochodzącego z odwiertu przygotowano próbki do badań laboratoryjnych w celu ustalenia parametrów materiałowych, niezbędnych do przeprowadzenia symulacji numerycznych.

Niezależnie od przeprowadzanych pomiarów wykonano dwa modele numeryczne badanego górotworu, jeden z wykonanym odwiertem, a drugi bez odwiertu. Do modelowania przyjęto sześcienny blok górotworu o krawędzi 24 m, z centralnie i poziomo przechodzącym przez niego wyrobiskiem w formie walca. Z uwagi na występującą w przykładzie symetrię modelowanej bryły górotworu model obliczeniowy jest zredukowany (z uwzględnieniem odpowiednich warunków brzegowych) i przedstawiony na fig. 2 (bez odwiertu) oraz fig. 3 (z odwiertem). W zredukowanych modelach górotworu realizowane są 3 stany jednostkowych obciążeń powierzchniowych zilustrowanych na fig. 4–6. W modelu bez odwiertu analogicznie wykorzystuje się własność symetrii. Na rysunku fig. 4 płaszczyzna bryły, o normalnej równoległej do osi X, jest obciążana równomiernie o jednostkowym ciśnieniu, podczas gdy kolejne dwa stany obciążeń (przedstawione na fig. 5 oraz fig. 6 są realizowane na płaszczyznach modelu bryły, których normalne są równoległe do osi odpowiednio Y i Z. Następnie, obliczono zmiany naprężeń stycznych w punktach odpowiadających punktom pomiarowym A, B i C, wywołanych obecnością odwiertu O. Zmiany naprężeń stycznych są zapisywane w postaci macierzy M:

$$M = \begin{bmatrix} \Delta\sigma_x^A & \Delta\sigma_y^A & \Delta\sigma_z^A \\ \Delta\sigma_x^B & \Delta\sigma_y^B & \Delta\sigma_z^B \\ \Delta\sigma_x^C & \Delta\sigma_y^C & \Delta\sigma_z^C \end{bmatrix}$$

gdzie $\Delta\sigma_x^{(-)}$, $\Delta\sigma_y^{(-)}$ oraz $\Delta\sigma_z^{(-)}$ oznaczają obliczone różnice naprężeń stycznych (związanych z walcowym układem współrzędnych odwiertu) w lokalizacjach A, B i C wywołane jednostkowym obciążeniem odpowiedniej powierzchni (których normalna jest równoległa do osi odpowiednio X, Y i Z) modelu górotworu bez odwiertu i z odwiertem. Rzeczywisty stan obciążenia górotworu został obliczony na podstawie wzoru:

$$\sigma = M^{-1}\Delta p,$$

gdzie macierz M jest macierzą wygenerowaną numerycznie, a obliczone wartości wektora σ stanowią wartości obciążeń powierzchniowych (ciśnień) w rozpatrywanym obszarze górotworu:

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \end{bmatrix}$$

którego składowe odnoszą się do powierzchni o kierunku normalnej zgodnym z osią odpowiednio X, Y i Z.

Określony w przykładzie stan obciążenia fragmentu modelowanego górotworu reprezentuje stan naprężenia na powierzchniach tego fragmentu górotworu. Wykonanie odwiertu w górotworze wpływa jedynie lokalnie (w otoczeniu odwiertu) na redystrybucję naprężeń w górotworze.

Zastrzeżenie patentowe

Sposób określenia obciążenia górotworu lub masywnej konstrukcji betonowej przy zastosowaniu czujników naprężeń, **znamienny tym**, że wokół planowanego głównego odwiertu umieszcza się co najmniej trzy czujniki pomiarowe naprężeń w kontrolnych odwiertach, a następnie wykonuje się główny odwiert i rejestruje się powstałe zmiany naprężeń w miejscach zainstalowania czujników, po czym wykonuje się dwa modele numeryczne fragmentu bryły, o parametrach materiałowych uzyskanych z badań laboratoryjnych materiału uzyskanego z odwiertu, obciążonej jednostkowymi ciśnieniami na powierzchniach ograniczających tę bryłę, z których jeden model obliczeniowy jest bez odwiertu, a drugi z odwiertem, a następnie oblicza się stan obciążenia bryły poprzez rozwiązanie układu równań, z uwzględnieniem pomierzonych i numerycznie obliczonych zmian wartości naprężeń wywołanych wykonaniem odwiertu, na podstawie których wyznacza się rzeczywiste naprężenia w górotworze.

Rysunki

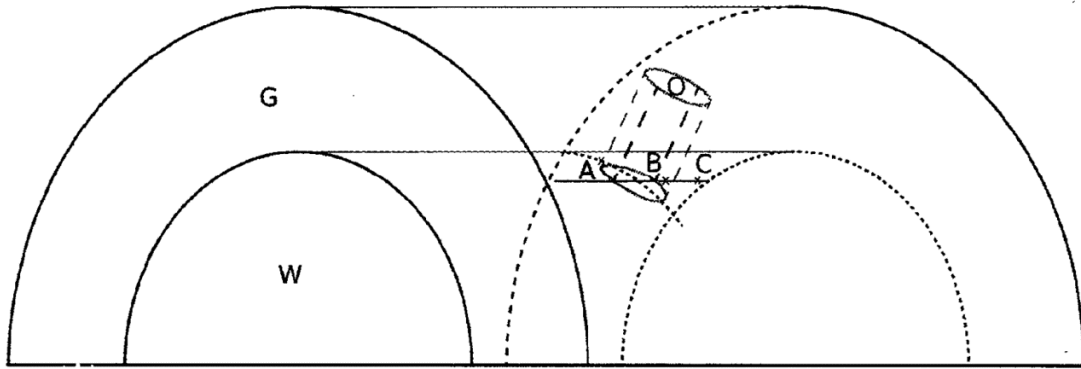


fig. 1

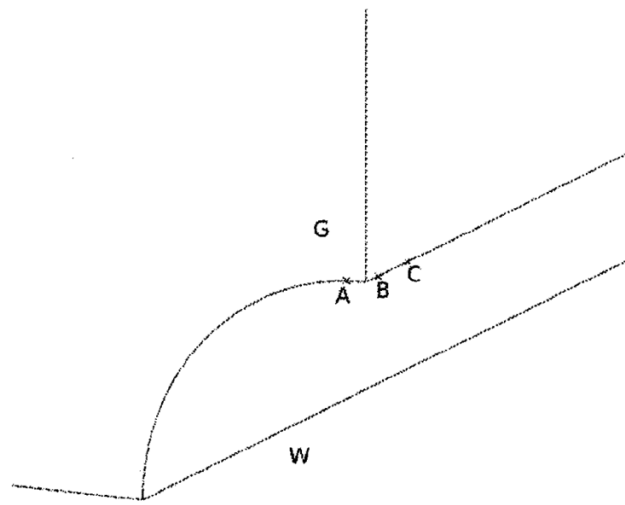


fig. 2

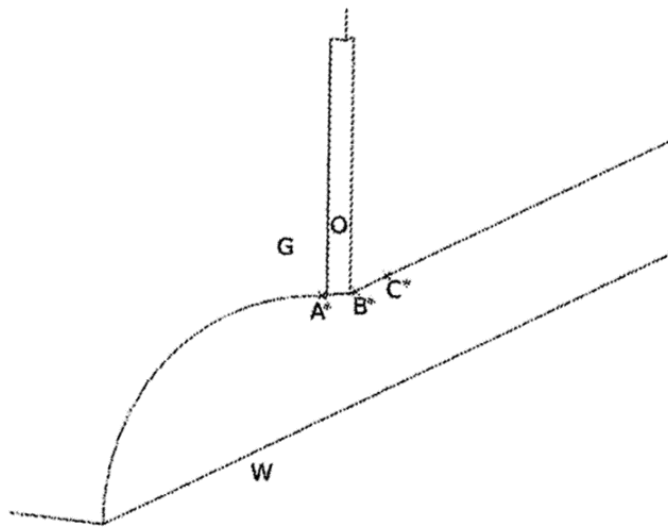


fig. 3

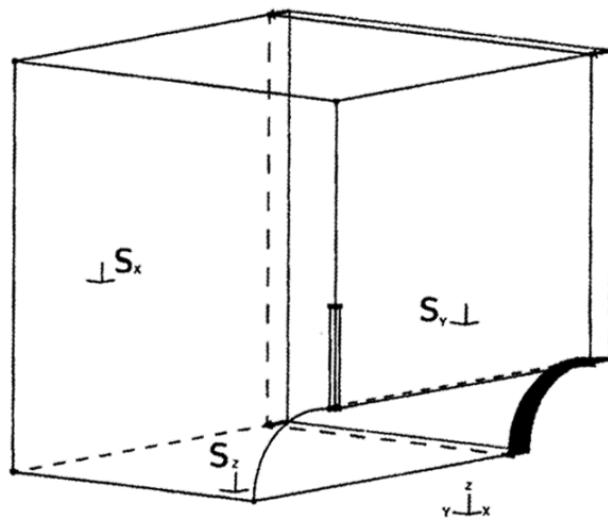


fig. 4

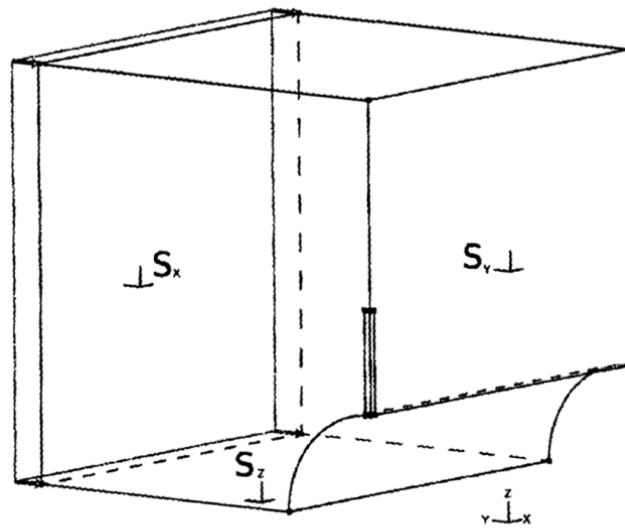


fig. 5

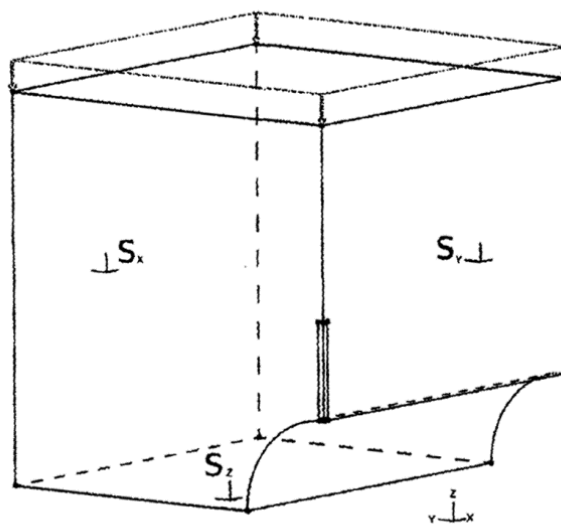


Fig. 6