

B_x, B_y, B_z - son los componentes de base.

$$B_x = X_{z2} - X_{z1}; B_y = Y_{z2} - Y_{z1}; B_z = Z_{z2} - Z_{z1}; X_1, Y_1, Z_1 \text{ y } X_2, Y_2, Z_2 \text{ son las coordenadas espaciales del mismo punto en el primer y segundo fotograma, ellas se calculan según (4).}$$

A partir de las fórmulas (3) se calculan las coordenadas de los puntos a determinar.

Para investigar el programa fue creado un polígono con 9 puntos (figura 1). Los puntos fueron marcados con cruces en una pared del edificio. Las coordenadas de estos 9 puntos fueron determinadas según la intersección directa geodésica, para eso medimos los ángulos horizontales y verticales con precisión o "s" con teodolito THEO-010 A y las coordenadas calculamos en máquina computadora NEC por un programa elaborado especial para eso.

Este polígono fue levantado desde una base de 10 m con fototeodolito Photo 19/1318 desde una distancia de 40 m. Las mediciones de los fotogramas fueron realizadas en el estereocomparador Steko 1818.

Tabla 1

| | mx (mm) | my (mm) | mz (mm) |
|----------|------------|------------|------------|
| Teórico | 8 | 20 | 8 |
| Figura 1 | 4 | 16 | 4 |
| Figura 2 | 5 | 15 | 7 |
| Figura 3 | 6 | 13 | 4 |
| Figura 4 | 4 | 16 | 3 |
| Figura 5 | 11 | 56 | 13 |

En la tabla 1 aparecen los errores medio cuadráticos que fueron calculados según las diferencias de las coordenadas geodésicas de los puntos de apoyo a determinar y las coordenadas de estos mismos puntos

obtenidos como resultado del tratamiento según el programa descrito. Los cálculos fueron realizados con diferentes cantidad y distribución de los puntos de apoyo (figuras 1, 2, 3, 4, 5) Los puntos de apoyo están designados con triángulos y con círculos los puntos a determinar. Además en la tabla 1 en la primera fila aparecen los errores medio cuadráticos teóricos que fueron calculados de acuerdo con las fórmulas conocidas (1) para el caso normal del levantamiento.

Analizando los resultados de la tabla 1 se puede decir que el algoritmo y el programa, son correctos y los resultados obtenidos pueden catalogarse de buenos. Además se confirman las conclusiones conocidas en fotogrametría que la cantidad y distribución de los puntos de apoyo influyen sobre la precisión de las coordenadas de los puntos a determinar. Los puntos de apoyo es conveniente situarlos separados entre si de tal manera que todos los puntos a determinar esten entre ellos, estos no deben estar en una sola línea pues provocaría la solución múltiple, es decir que los resultados de los puntos a determinar son incorrectos.

En conclusión se puede decir que este programa puede ser aplicado en distintas esferas en la construcción para determinar las deformaciones de diferentes objetos de obras, para el control de montaje, etc, en la minería, para determinar el volumen de mineral y en la confección automatizada de los planos topográficos. En resumen podemos decir que se puede utilizar en todas las esferas donde hay que determinar las coordenadas de gran cantidad de puntos.

REFERENCIAS

1. CHUBUNICHEV, A. , RODILES F. : Folleto de clases prácticas de Fotogrametría, Moa, ISMM, 1984.
2. BOBIR, N. , LOBANOV , A. : Fotogrametría. Tomo 1, Moscú, Editorial Mir, 1981.

CDU: 622.23.01

CARACTERISTICAS DE LA FORMACION DE ZONAS DE ROCAS DESTRUIDAS EN EL TECHO DE LAS EXCAVACIONES

Ing. Roberto Blanco T., Instituto Superior Minero Metalúrgico; Ing. Elio Rodríguez L., Empresa Minera Holguín.

RESUMEN

A partir de trabajos experimentales realizados en las minas de cromo del nordeste de la provincia de Holguín se determinan las características de formación de las zonas de rocas destruidas en el techo y lados de las excavaciones.

Se establece que para las condiciones estudiadas la relación entre la altura de la bóveda -h- y el ancho de la excavación (por el techo) -l- es mayor que la que se obtiene usando la fórmula Protodiakonov lo cual se explica por la diferencia que existe entre las propiedades de las rocas en el macizo y los ensayos en el laboratorio.

Se recomienda emplear para el cálculo de la carga sobre la fortificación la fórmula de Protodiakonov corregida a partir de los resultados experimentales obtenidos.

ABSTRACT

Since the experimental works carried out in the chromium mines to the northeast of Holguín province there were determines the characteristics of the formation in the roof and sides of the excavations.

It is established that for conditions studied the relation between the vault height -h- and the excavation width (by the roof) -l- is bigger than obtained using the formula of Protodiakonov, which is explained by the difference that exists between the rock properties in the bulk an the ones examined in the laboratory.

It is suggested to employ for the calculus of the load over fortification the of Protodiakonov corrected since the experimental results obtained.

INTRODUCCION

A partir de los estudios experimentales realizados en las minas de cromo del nordeste de la provincia Holguín se establece, que la destrucción de las rocas en el techo de las excavaciones ocurre generalmente en zonas geológicamente afectadas. Estas zonas pueden ser, en la mayoría de los casos, visualmente detectadas por la presencia de agua, la gran humedad de las rocas, por su estado y otros factores.

La formación de zonas destruidas en las rocas del techo de las excavaciones, fuera de zonas geológicamente afectadas, se observa también en rocas equistasas y en rocas agrietadas.

Las observaciones y mediciones en el macizo se realizaron esencialmente en estos tipos de rocas o sea fuera de las zonas geológicamente afectadas, ya que en ellas no es posible establecer ningún tipo de dependencia ni ley debido a la gran cantidad de factores actuantes.

DESARROLLO

Las zonas de rocas destruidas en el techo de las excavaciones casi siempre se presentan simétricas con respecto al eje vertical de la excavación, y por su forma nos recuerda una bóveda o un trapecio de lados iguales.

En la mayoría de los casos se produce nada más la destrucción de las rocas del techo, y sólo en presencia de rocas muy débiles se observa también la destrucción de las rocas de los hastiales de la excavación.

A partir del análisis de los resultados obtenidos se demuestra, que el volumen de roca que abarca la zona de destrucción no depende de la profundidad a que está ubicada la excavación, sino que se debe fundamentalmente a las características de resistencia que posean las rocas y al ancho que tenga la excavación, todo esto se corresponde plenamente con la hipótesis de M. M. Protodiakonov.

En la tabla 1 se da el valor medio de la relación entre la altura de la bóveda de equilibrio y el ancho de la excavación (h/l) obtenidos directamente en las excavaciones.

En la tabla (n) es la cantidad de observaciones realizadas en rocas de diferentes fortaleza y (v) el coeficiente de variación del resultado que se obtiene de su elaboración estadística.

Tabla 1

| Fortaleza de la roca según Protodiakonov | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|----------------|
| Parámetro | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 6,5 7 8 |
| h/l | 0,34 | 0,32 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,15 | 0,11 0,10 0,11 |
| n | 7 | 9 | 6 | 11 | 3 | 12 | 9 7 3 |
| v | 0,36 | 0,17 | 0,23 | 0,24 | 0,21 | 0,32 | 0,13 0,16 0,14 |

El valor del coeficiente de fortaleza se obtiene a partir del ensayo a compresión por el método de muestras irregulares de rocas tomadas del techo de las excavaciones, en los mismos lugares en que ocurrió la destrucción del macizo.

El coeficiente de fortaleza se calcula por la expresión:

$$f = \frac{Rc}{10}$$

El gráfico de variación de la dependencia h/l con respecto a la fortaleza de la roca, obtenido del resultado de las mediciones directamente realizadas en el macizo rocoso se da en la curva 1 de la figura 1. En esta misma figura se da un gráfico análogo, curva 2, pero que es construido a partir de la fórmula de Protodiakonov.

La comparación de las curvas 1 y 2 muestra que en las condiciones estudiadas la relación h/l, y por ende la altura de la bóveda de destrucción es un poco mayor que la que se obtiene por la fórmula de Protodiakonov.

La comparación de los resultados de la relación h/l obtenidos por mediciones directas en el macizo, y con el empleo de la fórmula de Protodiakonov, se da en la tabla 2.

Como se ve de la tabla 2, la relación entre la magnitud h/l medida directamente en el macizo y la obtenida por el cálculo según la fórmula de Protodiakonov es prácticamente similar para todos los tipos de rocas estudiadas, y oscila entre 1,8 y 2,3. Una pequeña desviación sólo se observa en rocas con fortaleza entre 6,5 y 7,0.

Tabla 2

| Fortaleza de la roca según Protodiakonov | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|----------------|
| Parámetros | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 6 | 6,5 7 8 |
| h/l según mediciones | 0,34 | 0,32 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,15 | 0,11 0,10 0,10 |
| h/l según fórmula de Protodiakonov | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,08 0,07 0,06 |
| Relación entre la primera y la segunda. | 2,0 | 2,29 | 2,0 | 2,18 | 2,30 | 1,88 | 1,38 1,43 1,83 |

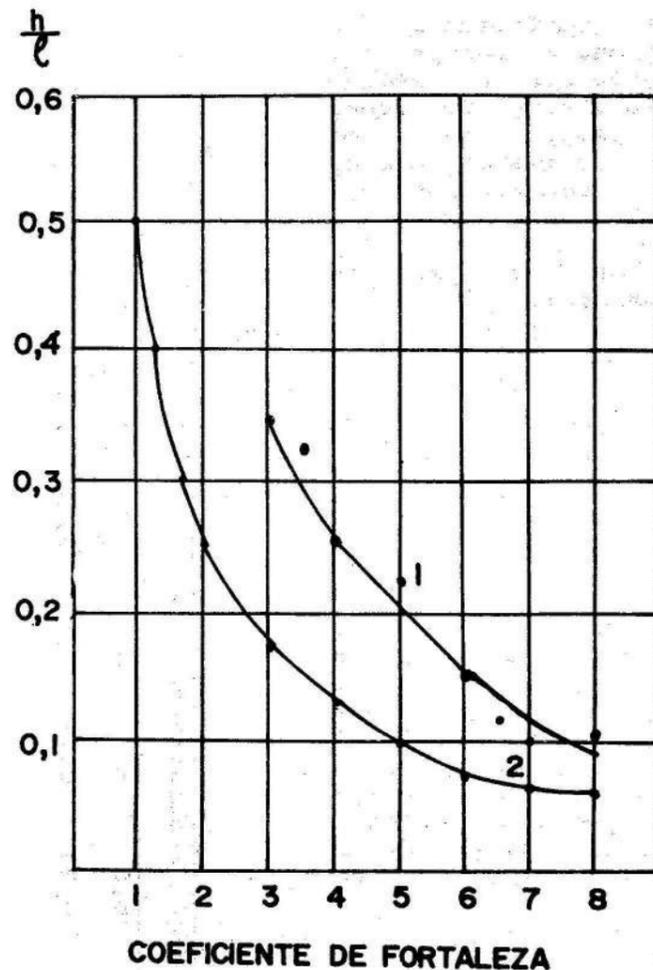


Figura 1 Relación entre la dependencia h/l y la fortaleza de la roca

La diferencia obtenida entre los valores de la relación h/l se explica por el hecho de que las rocas en el macizo poseen distintas propiedades de las rocas, en forma de muestras, que son ensayadas en el laboratorio [1, 2].

De acuerdo con la hipótesis de M. M. Protodiakonov la carga -P- sobre la primera excavación será:

$$P = \frac{4}{3} \gamma \frac{a^2}{f}$$

Donde:

γ - Densidad volumétrica de la roca

a - Semiancho de la excavación

f - coeficiente de fortaleza

o lo que es igual

$$P = 0,33 \gamma \frac{l^2}{f}$$

Siendo l el ancho de la excavación

En las minas estudiadas la altura de la bóveda de destrucción es mayor en 1,8 a 2,3 veces por lo que se recomienda para el cálculo de la carga sobre la excavación la fórmula:

$$P = 0,77 \gamma \frac{l^2}{f}$$

CONCLUSIONES

Como resultado del estudio visual y de las mediciones efectuadas en las excavaciones estudiadas de las minas de cromo del nordeste de Holguín se establece que la altura de la bóveda de destrucción, que se forma en el techo de las excavaciones no depende de la profundidad a que esta ubicada la excavación, sino de la resistencia de la roca y el ancho de la excavación lo cual se corresponde plenamente con lo planteado por M. M. Protodiakonov.

Del resultado de los trabajos experimentales se obtiene una magnitud de la relación h/l es 1,8 a 2,3 mayor a la que se obtiene por el cálculo usando la fórmula Protodiakonov.

A partir de lo anterior para el cálculo de la carga sobre las excavaciones de las minas estudiadas se recomienda emplear la fórmula propuesta.

REFERENCIAS

1. PROTODIAKONOV, M. M. ; S. E. CHIRKOV: Aristamiento y resistencia de la roca en el macizo. Moscú, Editorial Ciencia, 1964. (en ruso).
2. PROTODIAKONOV, M. M. : Pasaporte de resistencia de la roca y métodos para su determinación. Moscú, Editorial Ciencia, 1964. (en ruso).