



perforación y revestimiento de galerías

816 - 6

consideraciones sobre las dificultades más caracterizadas en esta clase de trabajos

GEORGES VIÉ, ingeniero

SINOPSIS

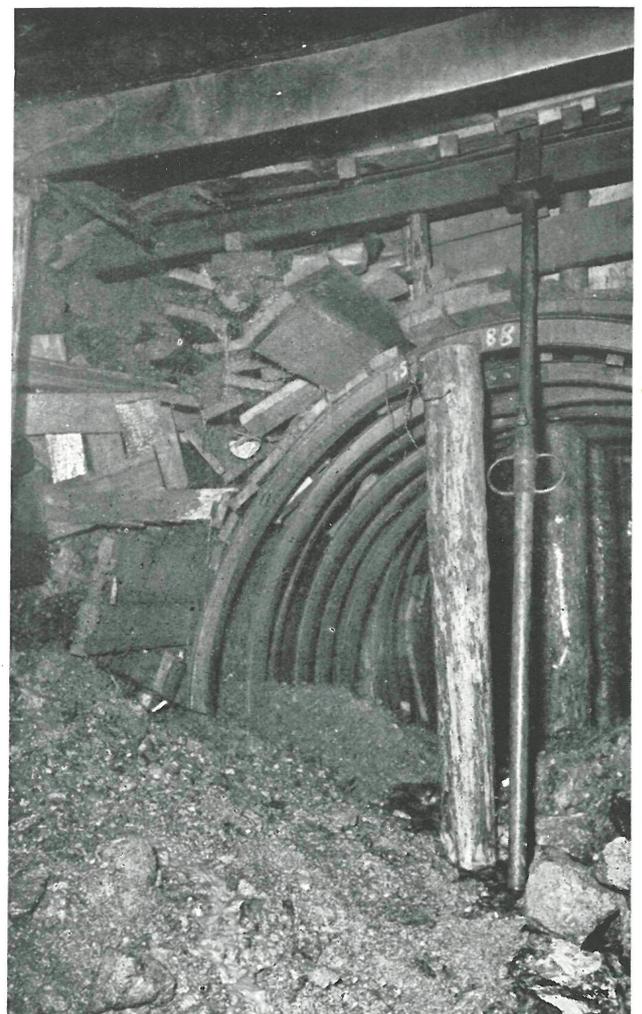
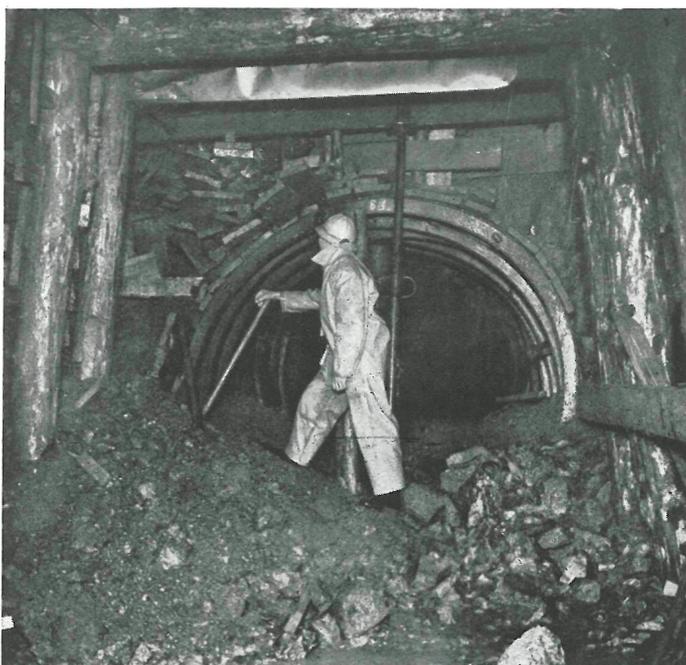
En este trabajo se describen algunas de las dificultades que se presentan en la perforación de galerías subterráneas dedicadas a la conducción de agua para su aprovechamiento en una central hidroeléctrica. De todas estas dificultades, las más importantes son: el agua, su circulación y la naturaleza del terreno que se ha de atravesar en socavón. Los revestimientos de estas galerías presentan también sus dificultades, y, si bien son de menor importancia, no dejan de influenciar en la calidad y estructuración del hormigón que las ha de revestir.



Aspecto de la salida de la galería en su extremidad de aguas abajo.

Ensanchamiento de la guía de cuadros metálicos a una sección mayor, entibada con marcos de madera.

El empuje en el techo sobre los cuadros metálicos fué tan fuerte que tuvieron que apuntalarse.



Generalidades

Las obras del salto de Gripp se construyeron durante el período de la primera guerra mundial. Esta obra aprovecha las aguas del curso superior del río Adour. Las aguas restituídas por la central de Campan van a un lago que se halla a la cota 1.200, donde se efectúa la toma de agua que alimenta la central de Gripp. Las aguas se conducen por medio de una galería de unos 1.700 m de longitud, de 2 m² de sección y de 3,6 m³/s de caudal, a la cámara de carga de la central, que se halla en cota 1.042 m, y forma un salto útil de 152 m. Esta central se ha equipado con dos grupos de 1.500 KVA de potencia cada uno.

La primera galería

Esta galería se perforó a proximidad de la superficie, en una ladera escarpada y recubierta por terrenos de acarreo. Debido a los asientos diferenciales del terreno se produjeron grietas en el revestimiento de hormigón, lo que fué causa de infiltraciones y nuevos fenómenos erosivos que empeoraron la situación. Las pérdidas, que en un principio se cifraron en unos 200 l/s, pasaron después a unos 350 litros, por lo que el problema exigía una solución reparadora.

Se estudió una solución que consistía en una tubería en carga, pero por razones económicas, aparentemente, se decidió construir una nueva galería.

La nueva galería

Huyendo de los terrenos de la morena que atravesó la primera galería, se estudió un trazado llevado mucho más al interior de la ladera, con objeto de apoyarse en una roca sana y resistente.

Los afloramientos y tectónica externa, junto con el enmascaramiento de las especies forestales, no se prestaban a un estudio claro de las condiciones geológicas de este valle, de facies glacial. En otras perforaciones de galerías próximas hubo de afrontarse una serie de dificultades al atravesar esta morena. Durante estas excavaciones los tajos se encontraron con una morena rica en agua y avenidas que disolvían las arcillas, arrastraban los elementos finos y corroían a los más sólidamente estabilizados, causando, como es natural, hundimientos, inundaciones de los frentes de trabajo y rotura de los cuadros de fortificación o entibación.

En algunas partes se tuvo que parar con labores de franqueo, enfilando con carriles que se tocaban unos con otros para formar una corona en el techo, capaz de retener este indómito terreno abundante en agua.

Teniendo en cuenta todo este estado de cosas, se hizo uso de una prospección eléctrica del terreno para tener una idea general de los que debía atravesar el nuevo trazado de la galería, máxime si se procedía a una comprobación práctica por medio de sondeos. La prospección de terrenos por procedimientos eléctricos presenta notables ventajas sobre los sondeos ordinarios, pues la primera alcanza mayores volúmenes de bancos o zonas, mientras que los sondeos, particularmente en zonas de terrenos de acarreo y morenas, como es el caso que nos ocupa, no sólo precisa la posición de un punto único del terreno, sino que puede penetrar en una gran masa rocosa extraña al terreno que la rodea, pararse la perforación en ella y enmascarar los resultados.

Por razones de rapidez y economía los procedimientos geofísicos presentan notables ventajas; sin embargo, tratándose de terrenos tan heterogéneos como los de facies glacial, de acarreo y de abundante circulación hidrológica, se comprenderá fácilmente que los procedimientos geofísicos, aplicados a zonas tan limitadas, en las que además el cambio de posición de los materiales «in situ» tiene una marcada influencia para determinar el trazado más favorable y menos expuesto a encontrarse con sorpresas durante la perforación de la galería, constituye un problema de difícil solución, máxime si tenemos en cuenta la presencia del agua en el subsuelo.

Por todo lo expuesto, se comprenderá que los resultados geológicos obtenidos en la prospección geofísica no coincidieron en la mayoría de los casos con la clase de terreno que atravesó la galería. Durante los trabajos de excavación, los avances del frente se hallaban subordinados en cierto modo a los datos que se adquirían en los sondeos exteriores y los que se realizaban desde el interior de la galería, cuya perforación tuvo que hacer frente a una serie de lisos y dislocaciones locales de gran dificultad e importancia.

Presenta un gran interés dedicar toda la atención posible al estudio previo del terreno y trazado de una galería que ha de atravesar terrenos perturbados tectónicamente, pues es el único medio de poder llegar a conclusiones que, si no absolutas, disminuyan los riesgos de tener que enfrentarse con lisos, avenidas de agua y dificultades de perforación, que siempre encarecen y retardan la obra.

Los terrenos atravesados por la galería son de tipo esquistoso y calizo. Los trabajos empezaron con un solo frente de ataque, que, debido al retraso que dieron lugar las dificultades encontradas, se abrió un segundo tajo en la otra extremidad de la galería, cuando ésta se hallaba ya a unos 1.450 m del primer socavón. Esta forma de operar no sólo ganó tiempo, sino que, al romper, se pudo organizar el revestimiento partiendo de ambos lados de la galería.

La perforación y sus dificultades

Las partes de morena atravesadas por la galería se entibaron con cuadros de madera, que se colocaban a razón de dos por día, dando un avance real de 1,80 m por día. En esta zona se encontraron dos fallas importantes que permitieron desaguar el terreno, ya que no se hallaban completamente rellenas.

Los terrenos esquistosos que seguían a los de la morena se pasaron con cuadros metálicos, de 2,30 m de altura, 2,35 de anchura en el pie y 1,86 en arranque del arco o cabezal. Estos cuadros se arriostraron entre sí por medio de varillas de redondo de 25 mm de diámetro. El arranque se verificó siguiendo los procedimientos ordinarios, cargando el escombros con palas mecánicas EMCO 21. La plataforma de entrada del socavón de aguas abajo se alimentaba de materiales y herramientas por medio de un cable aéreo.

En una zona muy acuifera, los cuadros metálicos cedían mucho en corona, por lo que se tuvieron que apuntalar y volver a ensanchar la sección, entibando esta vez con cuadros trapezoidales de madera. En esta zona el agua aparecía a presión, no ya en el techo, sino en solera también, teniendo que hacer frente a labores difíciles y penosas con una sucesión casi continua de hundimientos y obligando a proceder al hormigonado de esta zona inmediatamente después de haberla pasado. Estas dificultades se hicieron sentir en otra parte del trazado que atraviesa esquistos pizarrosos y calizas, donde también hubo que hormigonar rápidamente para mayor seguridad.

A excepción de unos 1.100 m de galería, perforados dentro de un régimen ordinario, el resto ha presentado siempre una dificultad más o menos apreciable, y en un hundimiento se sacaron hasta 470 m³ de escombros.

Revestimiento

Los encofrados utilizados para el revestimiento de las galerías son del tipo telescópico, de la casa Blaw-Knox. Se emplearon dos modelos, uno para un diámetro de 1,70 m y el otro de 2 m. Los espesores del revestimiento varían, según las condiciones de la galería, de 0,15 a 0,30 m. En algunas partes el revestimiento se ha armado.

El hormigón, de áridos de caliza, tenía la composición media siguiente:

350 kg de cemento portland.

1.015 a 1.050 kg de arena de 0/10.

820 a 995 kg de gravilla 6/18.

240 a 250 litros de agua por metro cúbico en obra.



Una de las grandes dificultades de la perforación consistió en la presencia de fuertes avenidas de agua.

Uno de los hundimientos de la zona correspondiente al paso de la morena, agravado por la gran avenida de aguas.

La proporción de agua de la mezcla se aumentó debido a la formación de una harina abundante originada por la friabilidad de la caliza de los áridos. Para una arena determinada el agua era el 12 %.

En el tajo correspondiente a aguas abajo de la galería se logró un avance medio semanal de unos 52 m, que se vibraron convenientemente.



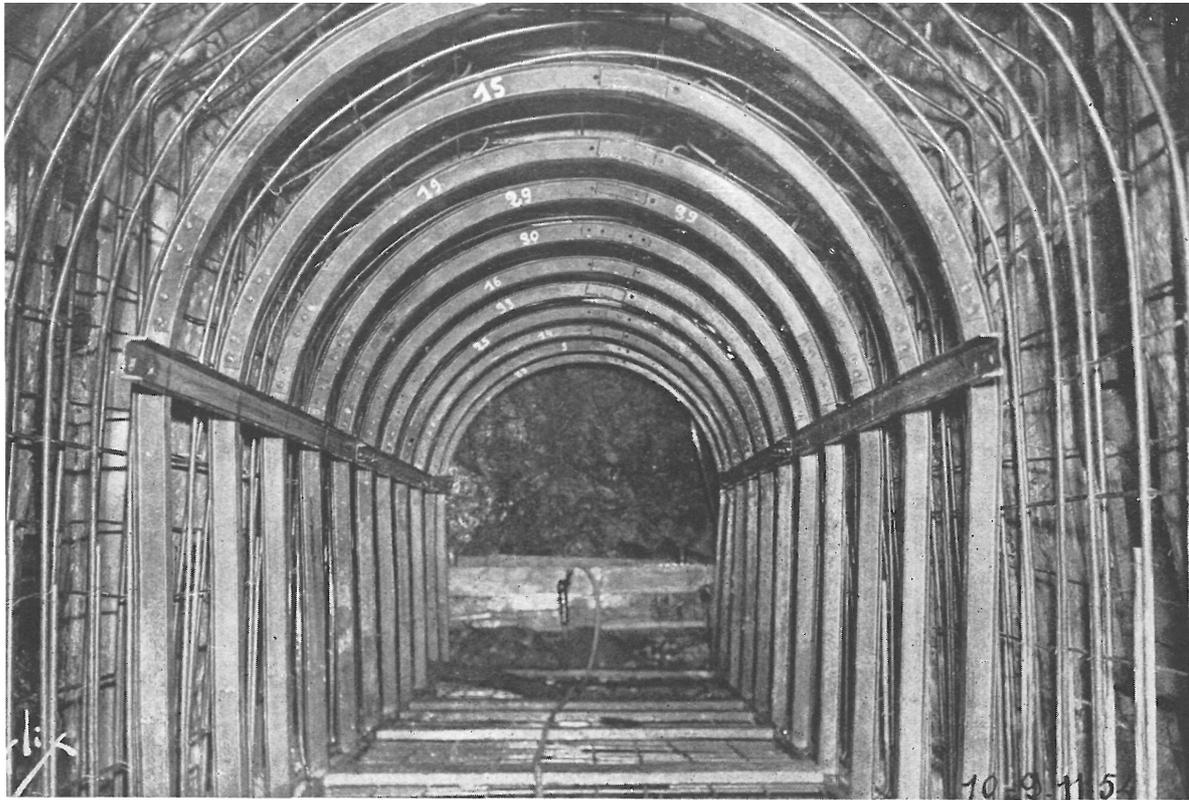
Algunas observaciones

Al principio se hormigonaba en el exterior, pero cuando el transporte necesitaba un gran recorrido, se presentaba una separación en el hormigón, lo que obligó a que éste se preparase preferentemente en el interior.

El exceso de agua debido a la formación de harinas antes apuntada, fué causa de una fisuración, que se manifestó con mayor intensidad en las zonas armadas que en las de hormigón en masa.

Finalmente, terminado el revestimiento, se procedió a la ejecución de un programa previsto para las inyecciones, encargadas de rellenar huecos, las cuales, en este caso, eran del tipo de un centímetro de altura en las zonas normales y, naturalmente, bastante mayores en las partes entibadas.

J. J. U.



Un trozo de galería con las armaduras colocadas, en espera de ser hormigonado.



Parte de galería hormigonada para mayor seguridad, entibación con cuadros de madera y aspecto del volumen de agua de infiltración.

Fotos: ALIX