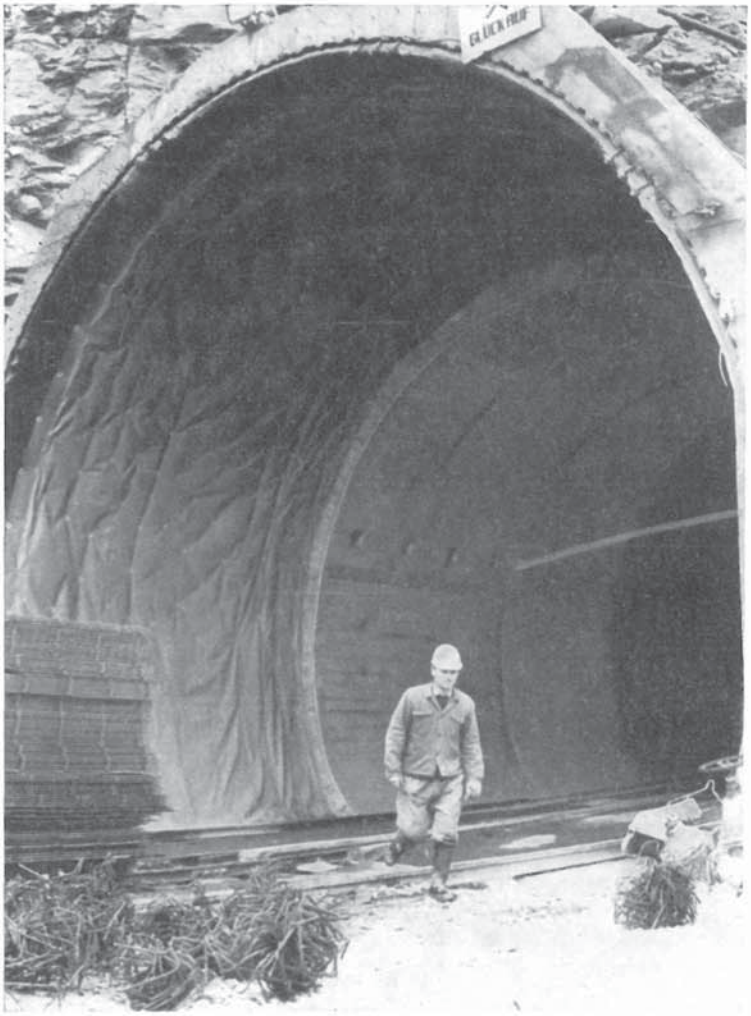


excavación del túnel de Tauern Austria

571 - 7

Tiene una longitud de 6.398 m, en pendiente de norte a sur, con una diferencia de nivel de 96 m, y sección de excavación de 92 metros cuadrados.

Este sistema de perforación de túneles, sobre rocas de poca cohesión, ha sido eficazmente utilizado en Austria, en Estados Unidos y en Alemania (metropolitano de Francfort), recurriendo a excavaciones, por etapas, con anclajes radiales, a base de morteros de rápido endurecimiento, lo que les confiere un aspecto de «erizo» en su primera fase; posteriormente se atornillan, a los citados anclajes, las placas metálicas de cubierta, finalizando con las operaciones especiales de acabado.

Ha habido que vencer innumerables dificultades, debidas a la configuración pizarrosa de la montaña, a la aparición de aguas agresivas al hormigón y a necesidades imperiosas de rápidos entibados, de tal forma que un tercio del tiempo de trabajo correspondía al avance y dos tercios a medidas de seguridad, trabajando tres turnos para un avance medio diario de 4 metros.

Para la excavación de túneles de alta montaña con rocas de poca resistencia portante se ha desarrollado, en Austria, un tipo de construcción de túneles. Se utiliza eficazmente no sólo en este país, sino también en los Estados Unidos y, por ejemplo, en Alemania para la construcción del metropolitano de Francfort.

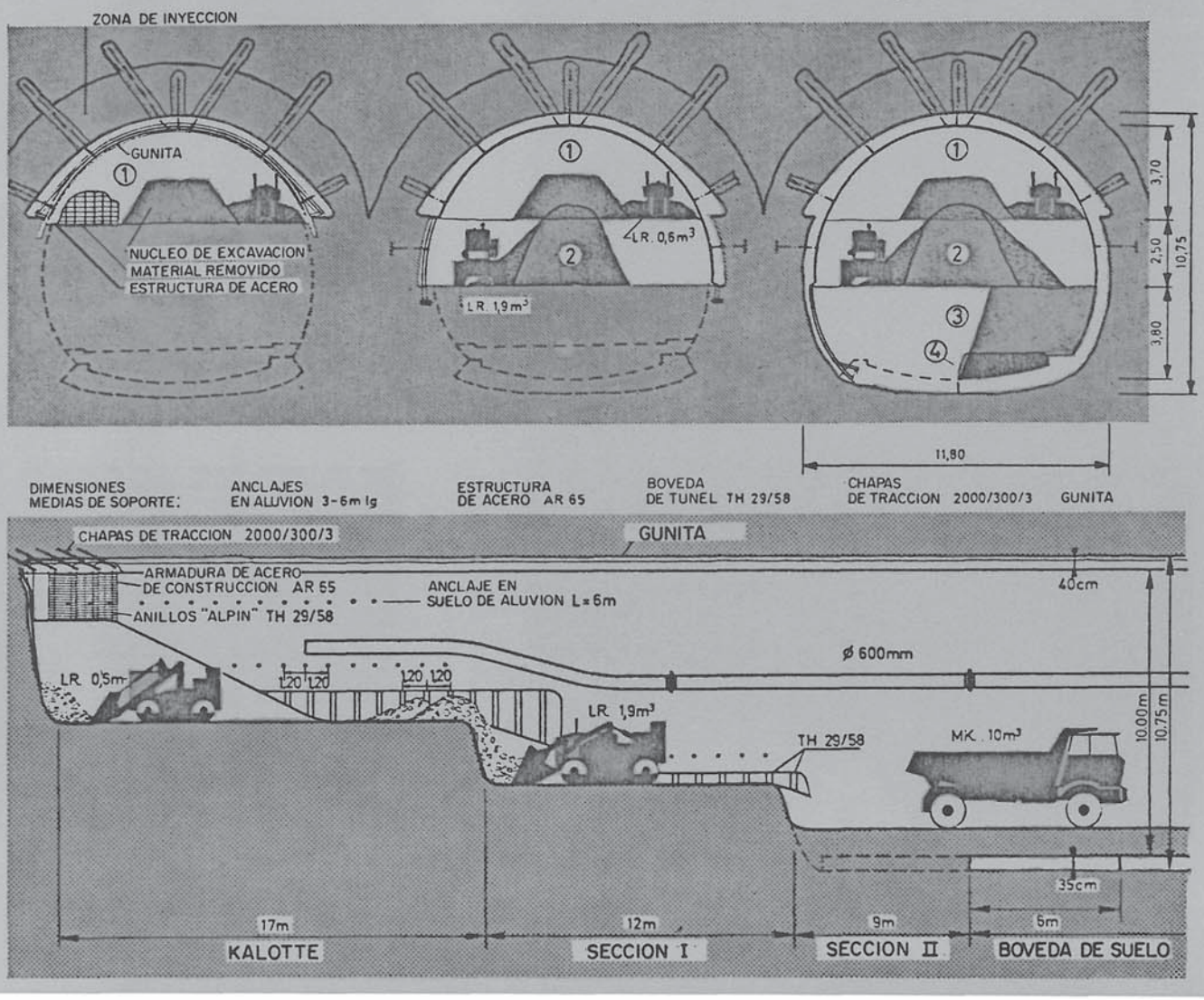
En Austria se emplea por vez primera para la excavación del túnel de la autopista a través de los montes Tauern, considerado actualmente como uno de los proyectos de mayor complejidad constructiva. El citado túnel de la autopista de Tauern es la pieza clave de su trazado, puesto que constituye el paso real a través de los Alpes. Tiene una longitud de 6.398 m y asciende de forma continua desde el pórtico norte (1.244 m sobre el nivel del mar) hasta el pórtico sur (1.340 m sobre el nivel del mar). Su sección de excavación es de 92 m^2 y la masa total excavada alcanza los 620.000 m^3, parte de los cuales corresponde al terraplén de 50 m de altura de la rampa norte. Se utilizarán, en cifras globales, 100.000 m^3 de hormigón para distintas estructuras internas y pórticos.

Las mayores dificultades durante la construcción del túnel surgieron del propio macizo montañoso, muy quebradizo, compuesto de una gruesa capa envolvente de pizarra de rocas post-triásicas, de tipo filítico y pizarroso. Esporádicamente aflora también mármol calcáreo, pizarra clorítica, serpentina y cuarcita. Las filitas se presentan en forma de: claras, grises y negras. También se tropezó con aguas de montaña agresivas al hormigón.

Al comienzo de la construcción se apreciaron ya las primeras dificultades durante la excavación del pórtico norte, como consecuencia de la aparición de un tramo de piedras sueltas de ~ 350 m de espesor, compuesto de morrenas, arenas, gravas y escombro. Esta

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

secciones transversales y longitudinal



circunstancia exigió esfuerzos durísimos a los mineros, los cuales tuvieron que trabajar a mano, teniendo que adoptarse medidas de seguridad que consumieron una parte principal del horario de trabajo, pues cada tramo de montaña ganado había de ser asegurado, acto seguido, mediante arcos de acero de tipo alpino, mallas de acero para hormigón, anclajes para roca y hormigón inyectado.

Como los geólogos habían pronosticado rocas sólidas tras este tramo de escombrera, se esperaba lograr un progreso más rápido de las obras después de la excavación de dicho tramo. No obstante, contra todos los pronósticos geológicos, a partir de la «estación 350» la roca no se presentó sólida, sino también muy quebradiza, motivo por el cual los barrenos tuvieron que ser perforados con taladradoras manuales y realizar el avance parcialmente con el auxilio de aparatos neumáticos, en forma de gradas (es decir, por etapas).

La excavación del túnel se ejecutó de tal forma que, tras la voladura respectiva y la aplicación de los aparatos neumáticos, se procedía al desescombro y transporte consiguiente del material excavado. Para este transporte se utilizó una locomotora Diesel con seis volquetes, uno de los cuales tenía una capacidad de 13 m^3. Para la excavación se emplearon, en total, 11 de estas locomotoras Diesel de 220 CV; 40 volquetes; 2 cargadoras de ruedas de 350 CV, cada una con una capacidad, en la pala de descarga lateral, de 5 m^3 (para la carga del material sobre los volquetes); 6 equipos de inyección de hormigón, así como 4 bombas de hormigón.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

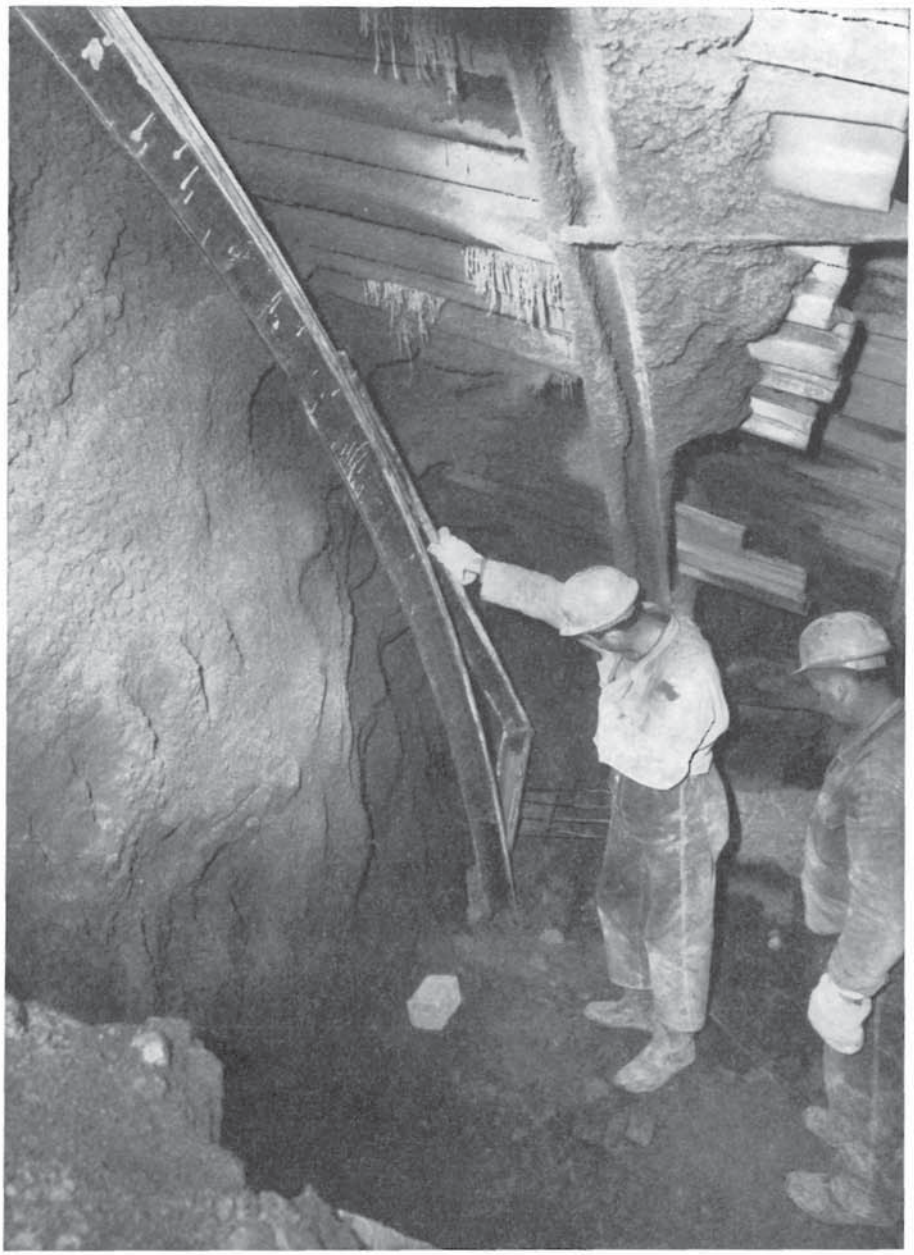
En el pórtico sur, por el contrario, el transporte del material procedente del tubo del túnel se hizo con autovolquetes Volvo BM, DR 860 y cargadoras de ruedas Volvo BM 1.640, ya que éstas pueden aplicarse aquí más ventajosamente que una locomotora Diesel, debido al reducido espacio delante del pórtico del túnel.

Del horario total de trabajo correspondía un tercio al avance, mientras que los dos tercios restantes se dedicaban únicamente a medidas de entibado.

Este nuevo método de construcción aplicado hace que la propia montaña colabore como elemento elástico portante, a fin de superar su presión extremadamente elevada.

La excavación, con esta ya tan repetida nueva forma de construcción, tiene lugar por etapas, es decir, en tres o cuatro niveles de altura. En el nivel superior, la excavación tiene ~ 1 m de profundidad y se ejecuta con martillos de aire comprimido. El macizo montañoso quebradizo excavado se reviste con arcos de acero tipo alpino, de perfil acanalado, y se asegura provisionalmente a base de arcos de chapa ondulada. Después de estas medidas de fijación se acopla una malla de acero para hormigón a la profundidad de excavación; seguidamente se perforan, a lo largo de todo el perfil del arco del túnel, orificios con un promedio de 6 m de profundidad; en éstos se inyectan, a continuación y a presión elevada, morteros de endurecimiento rápido y se empotran púas de acero de anclaje.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Fotos: WERKFOTO der TAUERNKRAFTWERKE A. G.

Este acero de anclaje, que es de alta calidad, comprime el mortero en las ranuras y fisuras adyacentes y desplaza, así, la patilla deslizante, que se endurece rápidamente, uniéndose por finísimas ramificaciones con la montaña. Por medio de este anclaje, posteriormente, el túnel será capaz de soportar los movimientos de la roca.

A lo largo de toda la periferia del túnel se disponen ~ 32 anclajes, que se atornillan rígidamente a los arcos de acero mediante placas de cubierta.

Se procede a retirar el sistema de fijación, y se recubren con hormigón inyectado las superficies del túnel revestidas con mallas de acero para hormigón, dejando algunas ranuras sin cerrar para que absorban los movimientos del macizo montañoso.
El hormigón inyectado aplicado tiene ~ 15 cm de espesor y cumple una doble función: precintar las capas destensadas del macizo montañoso y frenar los fraccionamientos y ahuecamientos ulteriores de la roca. Para ello se requiere un fraguado rápido, lo cual se logra aplicando el aditivo «Isocret», especialmente utilizado para este fin por la

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

firma MUREXIN, de Viena, el cual no sólo proporciona un tiempo de solidificación corto, sino que también proporciona una elevada resistencia a la compresión.

Merece la pena mencionar el hecho de que en la primera grada se excavan ~ 40 m^3 de roca y que la excavación de la segunda y tercera grada tiene lugar ~ 50 m por detrás de la primera.

Los arcos de acero de la primera fase se unen y atornillan con los arcos de acero de la segunda y tercera, dando como resultado un círculo cerrado.

Durante las mediciones se comprobó que, tras la estabilización del macizo montañoso y de su presión sobre el tubo del túnel, se producía un estrechamiento, de las ranuras antes citadas, de ~ 30 a 40 cm, durante un período de ~ 3 meses.

En este túnel se instalaron, diariamente, más de 1 km de anclajes para rocas, con lo que el tubo del túnel se asemeja, por consiguiente, a un erizo petrificado, que se ancla en la montaña. Con este tipo de construcción nos encontramos, pues, ante un «sistema elástico», en el que los arcos metálicos absorben, además, las deformaciones de la montaña, reforzando las tensiones y estabilizándose paulatinamente el macizo. Se progresa a razón de ~ 4 m por día (se trabaja ininterrumpidamente en tres turnos).
Sin embargo, ha habido días en los que se logró únicamente un avance de 1,75 m.

Hemos de indicar, asimismo, que en la parte norte del túnel, realizada en terreno alpino elevado, hubieron de tenerse muy en cuenta las zonas afectadas por aludes.

El suministro de corriente eléctrica requerido en las obras del sector norte se logra mediante una conducción tendida especialmente para las mismas, que suministra una potencia total de 3.865 kVA. El agua necesaria se eleva con 2 bombas, cada una con 130 m^3/h de caudal. Para el agua se construyó, además, un depósito elevado con una capacidad de 90.000 litros, en tanto que la energía calorífica precisa para el período invernal se suministró por medio de conducciones de aire caliente a alta presión.

Durante el avance la ventilación del túnel se llevó a cabo con ayuda de 3 ventiladores instalados en huecos con un diámetro de 1,60 m y una potencia unitaria de 90 kW. Ellos inyectaban el aire freso que desplazaba automáticamente el aire viciado.

W. SCHMIDT

résumé

Excavation du tunnel de Tauern Autriche

Il a une longueur de 6.398 m, en pente de nord à sud, avec une différence de niveau de 96 m et une section d'excavation de 92 m^2.

Ce système de perforation de tunnels, sur des roches peu cohérentes, a été efficacement utilisé en Autriche, aux Etats-Unis et en Allemagne (métropolitain de Francfort), parvenant à des excavations, par étapes, avec des ancrages radiaux, à base de mortiers de prise rapide, ce qui leur confère un aspect de «hérisson» à sa première phase. Postérieurement, les plaques métalliques de couverture sont vissées à ces ancrages, et les opérations spéciales de finition sont effectuées.

Il a fallu surmonter bon nombre de difficultés, dues à la configuration ardoiseuse de la montagne, à l'apparition d'eaux agressives au béton et aux besoins impérieux de rapides blindages, de telle sorte qu'un tiers du temps de travail correspondait à l'avancement et deux tiers aux mesures de sécurité, trois équipes opérant pour un avancement moyen de 4 m par jour.

summary

Excavation of the Tauern tunnel Austria

It is 6,398 m, long, sloping from north to south, with a level difference of 96 m, and an excavation section of 92 m^2.

This system of perforation of tunnels in rocks of little cohesion has successfully been used in Austria, the United States and in Germany (the underground in Frankfurt) through excavations in stages with radial anchorages on the basis of quick hardening mortar which gives them an aspect of hedgehog in its first phase; later the metal cover sheets are screwed on.

Innumerable difficulties had to be overcome due to the slaty configuration of the mountain, when water dangerous to concrete appeared and when imperative needs for quick timbering emerged so that one third of the time corresponded to the progress and two thirds to security measures, working three shifts for an average daily progress of 4 m.

zusammenfassung

Ausgrabung des Tauern Tunnels Österreich

Er hat eine Länge von 6.398 m, nord-südliche Neigung, mit einem Niveauunterschied von 96 m und einem Ausgrabungssektor von 92 m^2.

Dieses System von Tunnelausbohrung auf Felsen von weniger Kohäsion ist mit viel Erfolg in Österreich, in den U.S.A. und in Deutschland (die Untergrundbahn von Frankfurt) benutzt worden, durch Ausgrabungen in Etappen mit radialen verankerungen mit schnell erhärtendem Mörtel, was ihnen den Eindruck eines «Igels» in ihrer ersten Fase verleiht; dann werden die Metallplatten der Zudeckung an die genanten Verankerungen angeschraubt.

Man hat unzählige Schwierigkeiten wegen der Form des Felsens überwinden mussen, sowie auch bei der Erscheinung von Wasser das dem Beton gefährdet und wo schnell konstruierte Holzwerke notig waren, so dass ein drittel der Arbeitszeit dem Fortschritt entsprach und zwei drittel Sicherheitsmassen und man hat in drei Schichten für einen täglischen Durchschnittsfortschnitt von 4 m gearbeitet.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es