

ESTABILIDAD DE UN GRAN DESMONTE EN LA AUTOVIA DEL CANTÁBRICO (PESUÉS) LIGADA A LA TÉCNICA DE EXCAVACIÓN.

D. Fernando ROMÁN

Dr. Ingeniero de Caminos
Intecsa-Inarsa

RESUMEN

En el tramo Lamadrid-Unquera de la autovía del Cantábrico se produce un desmonte en un macizo rocoso cuyas superficies de estratificación buzan hacia la excavación. Para la estabilización de un talud 1H:3V - que producía el menor impacto ambiental - se plantearon soluciones de anclajes como alternativas a un suavizado del talud que fue inevitable abordar en un momento de la excavación. Pese al cuidadoso proceso de excavación con voladuras suaves de contorno se iniciaron roturas planas de notables dimensiones que dejaban en equilibrio estricto a otros bloques descalzados. Se razona en este artículo acerca de las causas probables de la roturas asociándolas a fenómenos inevitables de fracturación y apertura de juntas en el retroceso de las ondas de

las voladuras.

1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Intecsa-Inarsa participó en las obras del tramo Lamadrid-Unquera de la autovía del Cantábrico desarrollando trabajos de ingeniería para los contratistas de las obras, FCC Construcción y Dragados O.P, asociados bajo la UTE "San Vicente". En lo que respecta a este artículo, Intecsa-Inarsa trabajó en los aspectos geotécnicos derivados de la excavación de los desmontes.

Entre Tina Menor y Unquera, existe un desmonte de 45 metros de altura en una roca caliza que buza hacia la excavación. La traza discurre entre un núcleo de población y una zona de densa vegetación en una ladera de pendiente acusada. La

geología y los sondeos de reconocimientos que pudieron acceder a la ladera, detectaron planos de estratificación bastante cerrados, sin rellenos arcillosos o con rellenos carbonatados, y escasas familias de juntas que compartimentasen el macizo en bloques netos que se individualizaran en una hipótesis de deslizamiento plano. De acuerdo a estas premisas y a una voluntad de ocasionar un impacto reducido, el proyecto contempló un talud de 1H:3V.

En los primeros estadios de la excavación se observó que la roca era una caliza grisácea compacta con alteraciones de color pardo-amarillento allí donde la meteorización progresa en las juntas. Se vieron de forma notable juntas de estratificación con rumbos sensiblemente subparalelos a la autovía (N-90 a 100°) y buzamientos de 38 a 45° hacia el Norte, es decir hacia la autovía. Se comprobaron las hipótesis de que las juntas aparecían cerradas o ligeramente abiertas sin relleno. Sin embargo, cuando la excavación llegó a una cierta profundidad se observaron dos juntas de



Foto 1.- Junta de estratificación abierta con relleno arcilloso húmedo



Foto 2.- Juntas de estratificación en niveles con fracción margosa importante en el primer camino auxiliar en la parte final del desmonte.

cierta continuidad con un relleno de arcilla, arena y fragmentos calcáreos no meteorizados, por las que además se observaban pequeñas surgencias de agua y fenómenos cársticos decimétricos.

En el inicio oriental del desmonte, la caliza se presentaba con las juntas de estratificación claramente cerradas y sin rellenos, dando un aspecto masivo que se apreciaba tanto en el talud como en caminos existentes en la ladera junto al desmonte. Esto venía bien avalado por el tamaño de los bloques que se obtenían en las voladuras de esa zona.

Sin embargo, en la mitad occidental, por encima de una de las dos juntas de estratificación abiertas mencionadas, la roca se presentaba tableada y con las juntas más meteorizadas y pasando gradualmente hacia capas más margo-calcáreas o en alternancia con niveles margosos.

En las fotos 1 y 2 puede verse el aspecto del talud y de las juntas aflorantes.

También se verificó, como tónica general de todo el desmonte, la ausencia de juntas transversales al talud de tal forma que no se individualizan bloques que pudieran desligarse y deslizar independientemente.

Puede resumirse esta situación en estos tres factores que condicionaban el análisis de estabilidad:

- Existencia de dos juntas de estratificación abiertas con rellenos arcillosos y húmedos.

- Existencia de niveles margosos en capas por encima de éstas y en un tercio final del desmonte.

- Escasa presencia de juntas transversales que limitarían la generación de bloques inestables.

En estas condiciones se reanalizó la estabilidad del talud para lo cual era vital la definición de la disposición estructural geológica de las capas, fundamentalmente de las de las dos juntas continuas y abiertas.

2. TOMA DE DATOS DE BUZAMIENTOS Y REANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD

Para poder analizar la posibilidad de rotura de una masa de roca importante deslizando por las juntas diferenciadas, se determinó la necesidad de conocer la geometría global de estas juntas. Por ello se realizó un levantamiento topográfico tomando coordenadas de puntos de las juntas en la ladera y en la cara del talud.

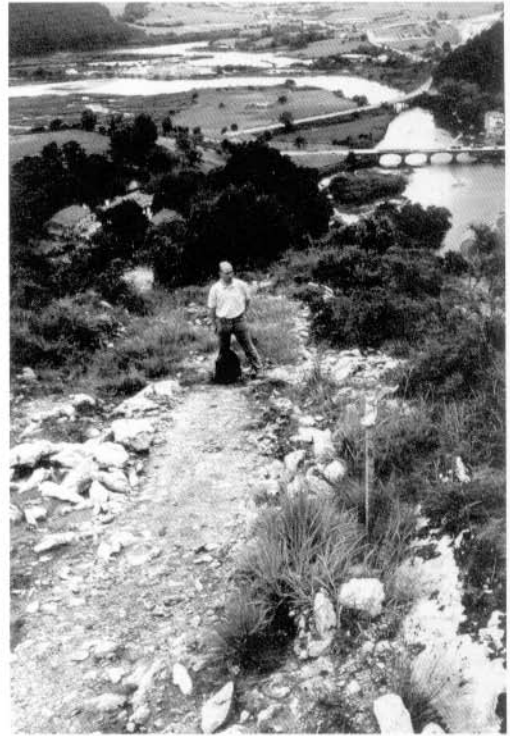


Foto 3.- Aspecto del afloramiento de la junta identificada en la ladera.

En la foto 3 se identificó tras un desbroce el afloramiento de una de las juntas de estratificación y a lo largo de dicho afloramiento se tomaron coordenadas de suficientes puntos como para determinar su geometría espacial. Así se llegó a la conclusión de que esta superficie de estratificación podía materializarse en la combinación de dos planos:

- El plano superior presentaba un rumbo N-109° y buzamiento de 36° hacia el Norte.

- El plano inferior presentaba un rumbo N-99° y buzamiento de 42° hacia el Norte.



Foto 4. Roturas por deslizamiento plano. Los bloques de roca remanentes en el talud pero descalzados, presentaban grietas de tracción en la parte superior y estaban en riesgo inminente de deslizamiento.

Ante estos buzamientos subparalelos al talud y la presencia de rellenos arcillosos o niveles margosos se llegó a las conclusiones siguientes:

- Existía un riesgo de inestabilidad por deslizamiento plano afectando a una masa del orden de 30.000 toneladas.

- La estabilidad del talud con la excavación llegando a la mitad de su altura podría estar en un equilibrio estricto, equilibrio debido a la ausencia de juntas continuas perpendiculares y a contar con una resistencia al corte que en términos de ángulo de rozamiento podría ser de algo mayor que el buzamiento.

- Se plantearon diversas soluciones para combatir resistencias al corte menores y para conseguir equilibrios más seguros. Las soluciones se basaron fundamentalmente en un anclaje general del desmonte y un suavizado sólo de la mitad superior del talud en la línea de evitar un impacto ambiental acusado.

4 ROTURA

En cualquiera de las soluciones, la excavación debería continuar con explosivos usando técnicas de voladuras "suaves" en el contorno del talud.

Apenas reiniciadas las excavaciones para el suavizado se produjo el deslizamiento de bloques de roca de considerables dimensiones como los de las fotos 4 y 5.



Foto 5.-Detalle de uno de los bloques con su pie descalzado con grietas en la parte superior.

En las fotos anteriores puede apreciarse la "lisura" de los planos de estratificación que, observados de cerca, presentaban aspecto de estar más abiertos que los que se habían reconocido antes del suavizado.

La explicación a este deslizamiento o, mejor dicho, la justificación de que se iniciara en el momento de la reexcavación puede achacarse perfectamente a la acción de la voladura.

La energía producida por la explosión se traduce en ondas de presión que provocan compresiones elevadísimas que, en función de la distancia al barreno, trituran, rompen o agrietan la roca. Cuando las ondas de compresión alcanzan la superficie libre se reflejan parcialmente como tracciones que, si la superficie de reflexión está suficientemente cerca del barreno (3-4m), pueden alcanzar valores superiores a la resistencia - a tracción - de la roca y crear grietas paralelas a la superficie libre. Es lo que denominamos retrofracturación o fracturación en retroceso (Román, 1999). El fenómeno también puede ocurrir cuando el tren de ondas encuentra una junta de discontinuidad abierta, con o sin relleno. La reflexión es menor pero el resultado puede traducirse también en grietas paralelas a las juntas y, sobre todo, en la apertura de la junta.

En la excavación de la "caja" del desmonte lo que se busca fundamentalmente es la fragmentación del macizo rocoso que permita una carga y transporte razonable y una posibilidad de aprovecharlo en rellenos próximos. De ahí que los taladros se carguen con la densidad y potencia de explosivo que persiga la fragmenta-

ción de la roca. Por el contrario, si las voladuras corresponden a los taladros de contorno, el objetivo primordial es conseguir una superficie de corte que deje un macizo rocoso poco alterado - por la acción del explosivo - y que no exija saneos posteriores. En las técnicas de voladura "suave", precorte o recorte, se emplean taladros poco espaciados y cargados con un explosivo de poca potencia o con una densidad baja de carga. El efecto es que la roca apenas se tritura en las cercanías del barreno cargado pero se consiguen dirigir las grietas radiales hasta formar una línea de fractura en la alineación de los ejes de los barrenos.

Cuando se excava con explosivos un talud suave, incluso con un buen precorte inclinado como el de la foto, puede haber algunos barrenos de la "caja" en el que la energía de la carga de fondo puede afectar a la masa rocosa incluso más atrás del contorno del talud, entre otras cosas porque todavía no ha sido excavado (Román, 1986). También es posible que, aunque las voladuras de contorno no tengan suficiente potencia como para "fracturar en retroceso" cuando existan juntas por detrás, sí que pueden abrirlas parcialmente. También hay que decir que no es sencillo ejecutar un buen precorte con barrenos paralelos en el caso de un talud de menos de 45° de inclinación.

En nuestro caso se estaba ante un talud con un equilibrio muy estricto, con una resistencia al corte de las juntas de estratificación, al menos de dos, muy en el límite. Es probable que este límite se hubiera superado en algún tramo de tal forma que la resistencia introducida en el cálculo de los anclajes fue bastante minorada; mien-



Foto 6.- Aspecto del precorte en el talud de 40°, cuatro años después.

tras que se estableció que el ángulo de rozamiento de las juntas de estratificación general de la roca era de 45°, el de las dos juntas abiertas detectadas se bajó a 30°. A este respecto hay que decir que la solución de un anclaje completo del talud - sin suavizado - con una resistencia al corte minorada en las juntas resultaba de una magnitud exagerada y con un cierto riesgo en la ejecución al estar trabajando en la cara de un talud en un equilibrio crítico.

Se prestó especial atención al diseño de las voladuras tanto del precorte (foto 6) como del grueso de la sección teniendo siempre en cuenta que se estaba trabajando sobre un desmonte en un equilibrio estricto como el mencionado.

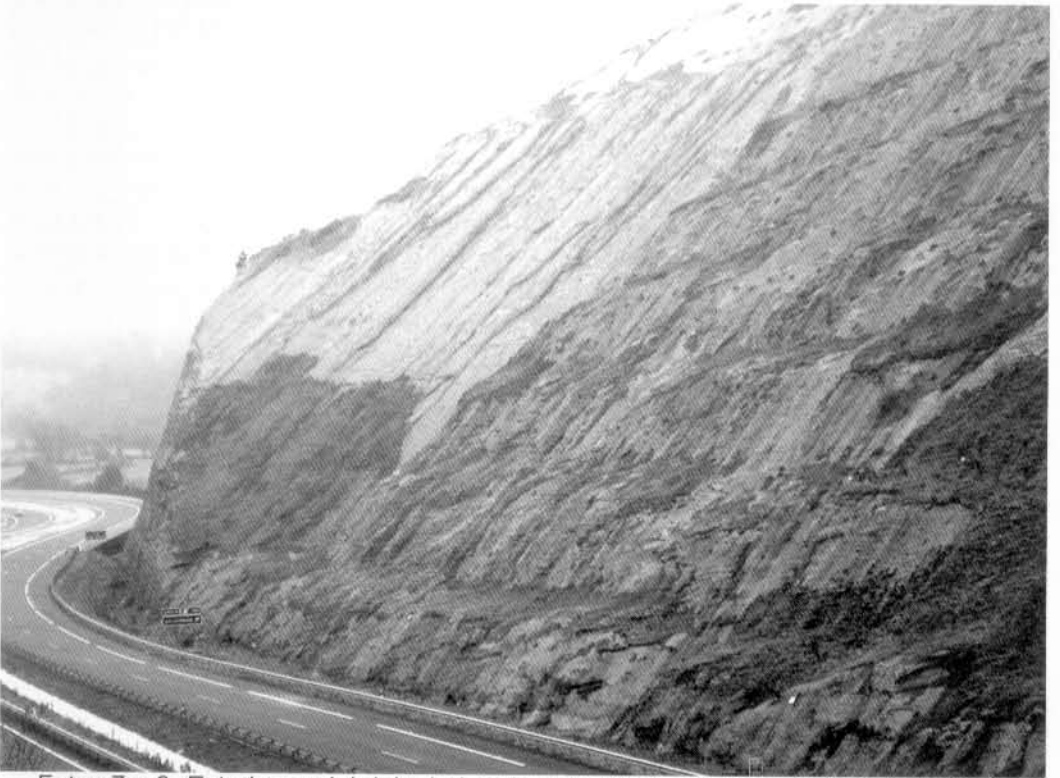
Sin embargo, pese a esta cuidadosa excavación, es muy probable que la resistencia al corte de las juntas se viera afectada por la energía de los explosivos y que se despegaran o que su resistencia disminuyera lo suficiente para provocar las roturas planas.

5 ESTADO FINAL

El talud finalmente tuvo que ser excavado desde coronación con un talud de 40° por encima de la junta de estratificación inferior anteriormente mencionada y complementarse con un bulonado sistemático para combatir los riesgos de deslizamiento de capas con un rumbo ligeramente oblicuo en la mitad occidental del talud. En la parte inicial - la oriental - la ausencia de juntas abiertas, es decir, el carácter masivo del macizo rocoso, permitió mantener un talud 1H:3V, aunque complementado con una serie de anclajes que garantizaban la seguridad en una hipótesis de menor resistencia al corte de alguna zona. Las fotos 7 y 8 ilustran el estado final.

6 CONCLUSIONES

Se han querido resaltar las dificultades de excavación con explosivos de un desmonte con un talud suave paralelo a juntas importantes, continuas y abiertas (realmente hay que hablar de la excavación para un suavizado que solucionaba una inestabilidad aparecida). Pese a un cuidadoso proceso de excavación y a la ejecución de un buen precorte, las consecuencias de la propagación de las ondas hacia el interior del macizo pudieron acarrear el mayor debilitamiento de la resistencia al corte de las juntas.



Fotos 7 y 8.-Estado parcial del talud en la actualidad, donde se aprecia la junta de estratificación inferior que ha quedado completamente expuesta.

6 AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la UTE San Vicente (FCC Construcción y Dragados O.P) y a la Demarcación de Carreteras de Cantabria su autorización para la publicación de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

FOURMAINTRAUX, D. et al (1.983). "Terrassement du rocher: le sautage à l'explosif". Rev. Gral des Routes et des aérodromes.

ROMAN, F. (1.988). "Problemas de Inestabilidad de taludes ligados al método de excavación". II Simposio sobre taludes y laderas inestables. Andorra

ROMAN, F. (1.999). "Sistemas de Excavación de Taludes en rocas". CEDEX. Curso de Estabilidad de Taludes. Madrid