

PROTECCION Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN ROCA^(*)

Por ANTONIO GOMEZ CRESPI
Ingeniero de Caminos
Anthos, S. A.

RESUMEN

En el presente artículo se describe la situación en que se encuentra el macizo rocoso (conjunto de rocas que componen la formación geológica-talud) en las proximidades de la ladera, así como los condicionantes y factores que influyen en la estabilidad del talud, proponiéndose una solución para la sujeción del mismo frente a inestabilidades locales de tipo esquistoso o donde el talud está sometido a una lenta degradación por meteorización natural.

GENERALIDADES

Las condiciones en que se encuentra el talud es función del tipo de roca, de las características geomecánicas del macizo rocoso, de la historia geológica del talud y del grado de meteorización del mismo.

Es evidente que el problema no es el mismo en una roca ígnea que en una sedimentaria; en ésta, si los lechos de estratificación buzan hacia el valle con un ángulo mayor que el de fricción, los estratos deslizarán.

Los caracteres geomecánicos del macizo rocoso que nos sirven de puente entre el concepto geológico y el geotécnico son realmente las características de las discontinuidades: planos de estratificación (en sedimentarias), fallas, diaclasas (que llamaremos juntas desde el punto de vista geotécnico) y las zonas cizalladas. Luego el grado de estabilidad de nuestra formación geológica (talud) dependerá principalmente del tipo de discontinuidad y de su orientación respecto a la ladera, la presencia de grietas y diaclasas de fractura dará lugar a la formación de bloques individuales, pudiendo darse en las juntas contactos roca-roca, con una cohesión que puede llegar a anularse, o tener lo que se llama una diaclasa con relleno (material de roca blan-

da) con lo que la resistencia al corte es la del propio relleno. La fricción del plano de discontinuidad depende la ondulación (variaciones del buzamiento a escala métrica) y rugosidad de la junta. Se usa un ángulo para valorar la ondulación y se establece una clasificación para calibrar la rugosidad, indicando muy liso, rugoso y muy rugoso. Si las juntas llegan a formar una red tridimensional nos encontraremos con un macizo rocoso constituido por un agregado de bloques sin cohesión, similar a una mampostería en seco. Cuanto más se densifica esta red, mayor es su influencia en la estabilidad del talud.

En lo que a fallas se refiere, fracturas con considerables desplazamientos, no sólo hay que tener presente su rumbo, buzamiento y re-

sistencia al deslizamiento en su plano, sino también la presencia de zonas cizalladas que van acompañando a las fallas en su desgarre, teniendo presente que si la dirección del talud corta a la de la falla según su ángulo agudo se nos queda una cuña que puede desprenderse.

En las proximidades del corte el problema se complica y modifica a causa de la aparición de intensas tensiones cortantes, producidas por la supresión del soporte lateral de la roca adyacente a la ladera.

Es muy interesante la historia geológica en nuestra formación geológica, con un origen que puede ser debido a erosión fluvial, marina o a la acción de glaciares y fallas.

La meteorización puede actuar en los taludes de una forma física, debido a condiciones ambientales: climáticas, acción del agua, viento, etcétera, o químicamente mediante efectos de hidrólisis, carbonatación, disolución, etc. Por ejemplo, el granito pasa a jabre, caolinizándose, llegando al final a tener la consistencia de un suelo. Vamos a distinguir cinco grados de meteorización:

Grado de meteorización	Denominación	Criterio de reconocimiento
I	Sana.	Roca no meteorizada. Conserva el color lustroso en toda la masa.
II (el más usual en taludes)	Sana con juntas teñidas de óxido.	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre juntas mantiene el color lustroso de la roca sana.
III	Moderadamente meteorizada.	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica, reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color pue-

* Se admiten comentarios del presente artículo, que pueden enviarse a la Redacción antes del 30 de junio próximo.

PROTECCION Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN ROCA

Grado de meteorización	Denominación	Criterio de reconocimiento
		de ser desde simples manchas a variación de color en toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de hierro. La resistencia de la roca puede variar desde muy análoga a la roca grado II a bastante más baja, pero tal que trozos de 25 cm. de sección no pueden romperse a mano.
IV	Muy meteorizada	Roca intensamente meteorizada que puede desmenuzarse a mano y romperse.
V	Completamente meteorizada.	Material con aspecto de suelo completamente descompuesto por meteorización "in situ", pudiendo ser arrastrado por agua de lluvia, pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original.

El efecto de meteorización trae consigo una rotura mecánica de los bloques entre juntas, y unas alteraciones químicas que fracturan los bloques, por lo que el coeficiente de seguridad, respecto al fallo por deslizamiento de la roca que sigue sana, aumenta progresivamente.

El agua es un factor fundamental en la estabilidad del talud, ya que al circular en planos de discontinuidad, crea unas presiones intersticiales, anulando la resistencia al corte. La presión de este agua será nula en la línea del nivel freático, e irá aumentando en el sentido de la profundidad, por lo que si un talud cede a causa de esta presión intersticial, el derrumbamiento empezará por el pie del talud, iniciando el fenómeno de "rotura progresiva", ya que la parte superior, al quedar sin sustentación, irá cayendo por su propio peso. El efecto erosivo del agua es muy notable en taludes con alternancia de estratos duros y blandos, los blandos, al erosionarse, dejan a los duros en ménsula y acaban cayéndose; otra forma típica de erosión irregular es la formación de canales de rotura

que se van agrandando y van socavando el pie del talud, iniciando de esta manera el fenómeno de "rotura progresiva".

Todo lo anterior, unido al efecto relajador de las cuñas de hielo y los cambios de temperatura estacionales, hace que los bloques tiendan a desprenderse del conjunto con el tiempo, dando lugar a frecuentes desprendimientos de fragmentos de roca, que por la altura y en función de la mayor o menor verticalidad del paramento, van modificando su energía dinámica, representando un grave peligro para la normalidad y seguridad de la circulación, a la que obstaculizan, obligando a constantes trabajos de extracción de desprendimientos y limpiezas con importantes gastos de conservación, teniendo que recurrir en algunos casos como, por ejemplo, en Requejo, carretera Madrid-Orense, a hacer una variante en la carretera paralela al tramo de desprendimiento, ya que la existente estaba impedida y cuando estaba limpia, era un auténtico peligro por la posibilidad de un desprendimiento en cualquier momento.

OBRAS QUE SE REALIZAN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

1) **Saneamiento del talud**, para eliminar bloques claramente inestables y peligrosos, tanto para la ejecución primero, como para la durabilidad de la obra después. Esta operación suele hacerse a mano, con personal especializado ayudado por el uso de medios neumáticos de percusión, perforación, uso de explosivos, pequeña herramienta manual, etc., según necesidades, hasta dejar sobre el talud solamente los bloques estables y saneados.

2) **Engrapado**, consiste en la perforación de taladros y armado posterior, para anclaje de bloques, o cosidos de estratos, teniendo muy presente su inclinación, frente a las direcciones de los planos o lechos de estratificación. Esta operación (técnica italiana) tiene verdadero efecto cuando las diaclasas producen bloques de grandes dimensiones, difíciles de sanear o coser.

3) **Drenaje**. Para conseguir unas condiciones estables y económicas hay que drenar el talud e impedir en la medida que nos sea posible la infiltración del agua en las proximidades del mismo.

La forma de drenaje más usual es un cunetón en la cabecera del talud, para que recoja y canalice el agua de escorrentía de la parte superior del mismo. Su impermeabilización reduce la infiltración. Los cunetones se colocan de forma que permitan, tanto evitar la inestabilidad existente y la potencial, como alojar tubos de bajantes y canalones hasta el pie del talud. Es importante que estos cunetones, o las cunetas que se pudieran colocar en posibles bermas, se mantengan limpios.

Cuando sea conveniente rebajar el nivel freático para disipar la presión del agua, se hacen o bien mecánicas (cortos y baratos), o un

PROTECCION Y ESTABILIZACION DE TALUDES EN ROCA

sistema de drenes horizontales (dren californiano).

4) **Sellado de grietas, diaclasas y lechos de estratificación**, si son claros y definidos.

5) **Colocación de un enrejado metálico**. Haremos las siguientes operaciones:

a) Anclaje superior

En la parte anterior al borde superior del talud, a una distancia comprendida entre 2 y 4 metros, se coloca la correa de anclaje superior de la malla, consistente en una alineación de piquetes de acero, cuyas dimensiones dependen de la altura y características del talud, y uniendo estos piquetes en la dirección de su alineación con una barra de acero. En terrenos rocosos, los piquetes se colocarán hincados en orificios practicados en la roca, que se aseguran posteriormente con lechada de hormigón. Si el terreno no ofrece garantías de resistencia, los piquetes se colocarán en una correa de hormigón, cuyas dimensiones y características varían de una a otra situación. La distancia entre piquetes de anclaje suele ser



"Detalle del engrapado"

de un metro. Luego se ancla el enrejado, mediante el agarre de varias mallas a cada piquete, haciendo previamente unos dobleces en el mismo; una vez ancladas las mallas del enrejado, la parte sobrante anterior a la alineación de piquetes se cose en forma de solapa a la

barra de acero fijada entre los mismos.

b) Extendido de malla

Una vez izados los rollos de malla metálica, se extienden hacia la parte inferior del talud, cosiendo posteriormente entre sí los bordes de cada rollo con alambre de las mismas características.

c) Fijación del enrejado

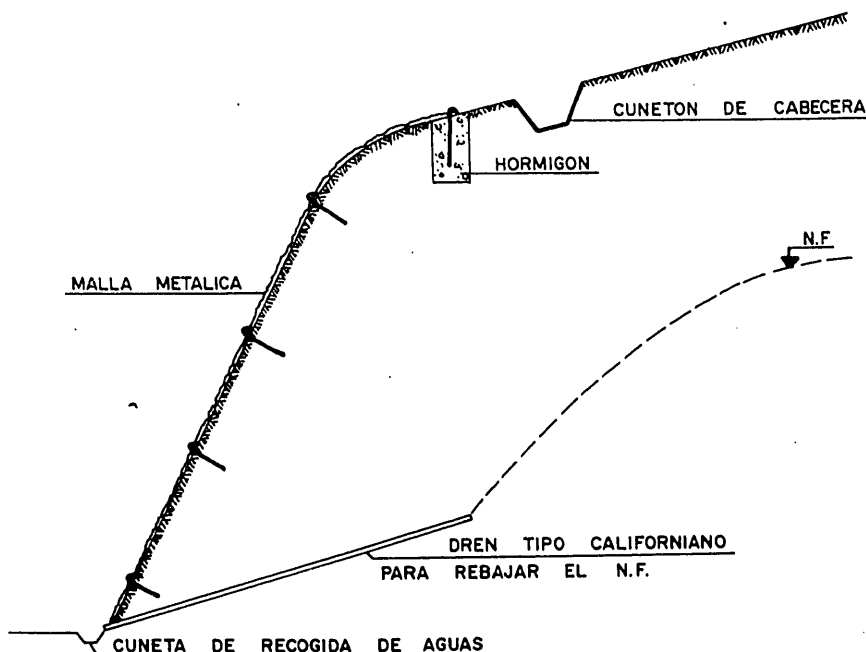
Se fija el enrejado al talud mediante el empleo de piquetes que se hincarán en forma discrecional, siguiendo las irregularidades del terreno, sin restar elasticidad al enrejado, con objeto de permitir su función de amortiguar los movimientos superficiales del terreno.

d) Anclaje inferior

Esto se consigue al fijar el enrejado al borde inferior del talud, hincando piquetes entre las mallas a una cierta distancia constante.

Es importante que este anclaje sea practicable y no fijo, pues en muchos casos, después de un cierto tiempo, interesa evacuar el material que repta debajo de la malla formando bolsas.

Técnicamente, con respecto al tipo de malla a escoger, existen en el mercado una serie de ellas de diferentes escuadrias y tipos de alambre, siempre galvanizado, dado la durabilidad que se exige, que



SOLUCION MALLA METALICA Y DRENAJE

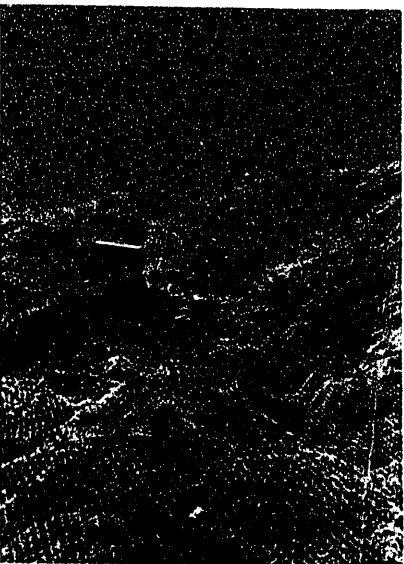
a tenor de los datos existentes de fracturas, etc., nos permiten solucionar fácilmente el problema.



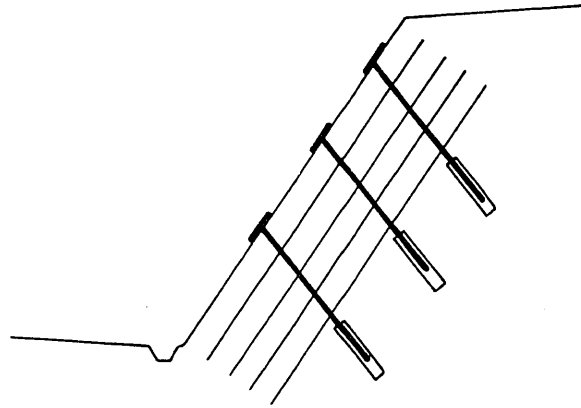
"Vista general"

CONTROL DE LA EROSION

Es técnica muy frecuente para solucionar el problema creado por la erosión en rocas blandas o meteorizadas, el realizar una implantación de tapiz vegetal, cuyas raíces arman el suelo y sus hojas amortiguan el impacto de la lluvia, aparte de ejercer indirectamente un efecto drenante por el agua absorbida a través de sus raíces y un aumento de cohesión, lo que ayuda también a evitar los corrimientos tipo manto. Por todo ello, es muy conve-



"Colocación"



BULONAJES

niente efectuar siembras y plantaciones en los taludes, las cuales no sólo los protegen contra la erosión sino que tienen además un efecto estabilizador.

CONCLUSIONES

En las grandes obras de movimientos de tierras producidas por la construcción de autopistas, carreteras, ferrocarriles, etc., es corriente la aparición estadística de este problema en taludes claros de fijación por este procedimiento.

Otras veces aparecen los estratos rocosos en porcentajes más o menos altos con zonas arcillosas, arenosas, etc. Entonces la estabilidad del talud obedece a razones de pérdida de apoyo de los estratos rocosos al erosionarse y despren-

derse el material fino. En este caso, es fundamental que la colocación de la malla metálica vaya complementada con una hidrosiembra de herbáceas, al objeto de que éstos, en su día, consoliden las zonas terrosas. Posteriormente y según los casos, hemos podido observar en taludes así tratados, una perfecta amalgama de suelo-enrejado-vegetación que resuelven la total estabilización del terreno.

Estas obras suelen ser bastante rápidas en su ejecución, evitando en sí mayor movimiento de excavaciones, con sus problemas de expropiaciones, cortes de circulación, plazo dilatado, etc., y son una variante económica a tener en cuenta a la hora de tomar una decisión.



"Detalle correa inferior"