PROYECTO DE ESTABILIZACION DE TALUDES EN LA CALA DE BANYALBUFAR, MALLORCA, ESPAÑA

(SLOPE STABILIZATION PROJECT IN THE COVE OF BANYALBUFAR, MALLORCA, SPAIN)

Javier Alonso García, Ingeniero Técnico Ángel Moreno Cervera, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos TRAGSA

Fecha de recepción: 28-XI-03

ESPAÑA 559-15

RESUMEN

La finalidad de la actuación consistió en eliminar los riesgos que existian hasta entonces para los usuarios de la Cala, provocados por los frecuentes desprendimientos de piedras y fragmentos de roca desde el acantilado costero que envuelve la misma, mejorando al mismo tiempo los accesos peatonales a la playa, en deficiente estado de conservación.

SUMMARY

The purpose of the action consisted in eliminating the risks that existed until then for the users of the Cove, provoked by the frequent stone and rock fragment slides from the coastal cliff enveloping it while also improving the pedestrian accesses to the beach, which were in a deficient state of conservation.

1. Introducción

Por encargo del Ministerio de Medio Ambiente y a través de la Dirección General de Costas, se proyectaron por parte de Tragsatec las obras de "Estabilización de taludes, acondicionamiento de accesos y drenajes, en la Cala de Banyalbufar" situada en la costa Norte de la isla de Mallorca. Las obras fueron realizadas posteriormente por la empresa Tragsa, bajo la Dirección y supervisión del equipo técnico de la Demarcación de Costas de las Islas Baleares.

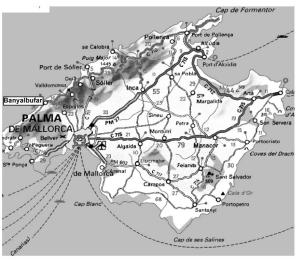
El análisis visual del acantilado que rodea la cala, así como de los restos de materiales rocosos desprendidos y acumulados al pie del mismo, aparte del estudio geológicogeotécnico realizado previamente a la redacción del Proyecto permitió diferenciar dos tramos en el talud: uno, superior, del que provienen los principales desprendimientos, y otro, inferior, muy alterable, que, durante los temporales, está sometido a fuertes erosiones, que son claves en los desprendimientos que ocurren en el tramo superior. Se distinguieron así dos tipos diferentes de actuaciones a realizar: unas en el tramo superior del acantilado, y otras en el inferior, complementándose ambas en la consecución del fin perseguido.

Aparte se estudiaron las obras complementarias de accesos, y los drenajes superficiales de las plataformas situadas sobre el talud.

2. Actuaciones en el tramo superior del acantilado

Este tramo de talud se localiza, lateralmente, entre los dos caminos de acceso a la playa, situados uno en el límite oeste y otro en el este de la Cala, y, en vertical, por debajo de la coronación del mismo (cotas entre +43 y +23 m.n.m.) y por encima del contacto inferior, entre calcarenitas y margas (cotas 12-17 m.n.m.)

El nivel rocoso inferior de calcarenitas, de una potencia de 5 a 7 m, actúa como base de contención del resto del tra-



Mallorca. Cala de Banyalbufar.

mo superior del talud, compuesto por niveles margosos más blandos. Este estrato de calcarenitas se encuentra fracturado en bloques; al quedar descalzados por la alteración y erosión de los materiales del tramo inferior del talud los bloques deslizan y arrastran consigo los niveles superiores de materiales margosos que sustentaban, cayendo sobre la playa.

Estos movimientos de los materiales que conforman las distintas zonas del talud, no sólo provocan su desprendimiento y la acumulación de los mismos en su base, esto es, en la playa, sino que también facilitan la formación en la zona superior, más blanda, como se ha dicho, de canalizaciones naturales que recogen el agua de escorrentía, que, en los grandes temporales, erosiona y desestabiliza aún más el acantilado.

El objetivo del proyecto, y de las obras realizadas, ha consistido, por tanto, en procurar la estabilización de esta parte superior del talud, a corto y medio plazo, para evitar los desprendimientos que, frecuentemente, se venían produciendo.

Siguiendo la política preconizada por la Dirección General de Costas, de conservar al máximo los valores naturales del entorno en sus actuaciones costeras, se diseñaron las obras para que el impacto ambiental fuese el menor posible, y buscando que, con el transcurrir de un breve plazo de tiempo, quedasen disimuladas e integradas en el paisaje.

De este modo, en primer lugar se realizó una limpieza integral del talud, de unos 10.000 m², predominantemente de forma manual, eliminando bloques y piedras sueltas con peligro de caída inmediata, árboles desarraigados utilizando únicamente la motosierra, y el martillo compresor para la eliminación de alguna roca sobresaliente o morros que dificultaban el resto de la actuación.

La estabilización del talud superior, y, según la composición y el estado de las diversas zonas del mismo, se ha realizado mediante la instalación de bulones activos, bulones pasivos, y doble o simple capa de malla de cable de acero y malla de alambre galvanizado de triple torsión.

En el paquete básico de calcarenitas, que actúan como contención del resto superior del talud, los bulones instalados han sido de 32 mm de diámetro, y 8 m de longitud, colocados al tresbolillo y en cuadrículas de 2,50x2,20 m, allí donde las cuñas y bloques configurados eran mayores; siendo de 25 mm y 8 m de longitud donde los bloques, cuñas o voladizos eran menores. La lechada empleada para el relleno de los bulbos se ha realizado utilizando cementos resistentes al ambiente marino. En las zonas de talud más disgregadas, se dispusieron placas de reparto de 40x40 en superficie de los bulones.

En otras zonas, constituidas fundamentalmente en margas degradadas en superficie, se han dispuesto bulones de 25 mm y 6 m, mientras que en niveles de calcarenitas más superiores situadas en voladizo, intercalados entre margas, se han dispuesto de 8 m de longitud.

En el conjunto del talud, se han realizado, mediante tres carros, del orden de casi 400 perforaciones, con una longitud total de 2.500 ml aproximadamente. Se efectuaron 8 pruebas de tesado (una cada 50 bulones), aplicando dos escalones de carga, variables según el tipo de bulón ensayado, y mantenidos durante un minuto. Todas ellas dieron resultados satisfactorios.

En las zonas de doble malla, se ha instalado, como primera capa en contacto con el terreno, una de alambre galvanizado de triple torsión, de abertura 8x10, y diámetro del alambre 2,7 mm. Superpuesta a la misma, otra malla de cable de acero, con una abertura de 30x30 cm, diámetro del cable de la malla y el de cosido de paneles de 8 mm, siendo el cable perimetral de cada zona de 14 mm. Estas capas de doble malla van ancladas a los bulones, tanto activos como pasivos, según las zonas, distribuidos convenientemente en los vértices del panel, centros de los mismos o de los lados, hasta alcanzar el número de bulones requerido.

En las zonas menos alteradas, se ha colocado únicamente la capa simple de alambre galvanizado de triple torsión ya mencionada, sujeta con anclajes superiores e inferiores de diámetro 20 mm e intermedios de 16 mm, de una profundidad de 1,5 m y lechada de mortero 3/1, cosiéndose los paños verticalmente con cable de 6 mm, y el perímetro de cada zona con cable de 12 mm.

Las mallas de triple torsión colocadas, favorecen la propagación de la vegetación natural. La integración paisajista de la actuación queda favorecida gracias a ellas, y ha sido completada en las zonas de menor pendiente mediante la hidrosiembra, sobre manto de fibra de coco, colocado sobre la malla, con semillas de plantas autóctonas.

3. Actuaciones en el tramo inferior del talud

Ya hemos indicado anteriormente, al hablar del tramo superior, que la erosión, consecuencia de la acción del mar, durante los temporales, sobre el tramo de talud que llamamos inferior, definido entre la cota 0,00 (s.n.m, playa) y la +12-17 m (s.n.m.), es la principal causa de los desprendimientos e inestabilidad que se producen en aquél.

Este tramo inferior, en su nivel más bajo, está constituido por dolomías muy metamorfizadas, y sobre ellas, se alternan zonas en las que aparecen voladizos formados por bloques de calcarenitas, con oquedades, vacíos, incluso cuevas, de la serie de las margas. Son formaciones muy inestables, con una pendiente vertical, que se convierte en

pendiente negativa en determinadas zonas, con un evidente riesgo de desplome.

La mayor incidencia de ello, ocurre justamente en el tramo central de la Cala; allí donde se concentra el mayor número posible de usuarios. Dado el escaso espacio entre el borde del mar y el limite inferior del acantilado, se diseñó una actuación que, sin que disminuyera el espacio útil de la playa, cumpliese el doble objetivo de preservar de la acción marina los estratos inferiores margosos, y estabilizar los voladizos, cuevas o salientes de los niveles superiores de calcarenitas.

Todo ello siempre con el condicionante principal de que la obra a realizar se integrase en el paisaje, simulando los materiales a emplear, en la medida de lo posible, las formaciones naturales del entorno y las construcciones tradicionales de la zona.

Así, para defender de la acción del mar los estratos inferiores margosos, se ha ejecutado un muro defensivo, lo más próximo al talud, paralelo a él, de hormigón armado. Este muro se localiza, a lo largo de 90 m, en el tramo central de la Cala, justamente entre los dos accesos este-oeste existentes.



Vista de la Cala en su estado primitivo.



Carga de la maquinaria en el puerto de Andratx.



Parte de la maquinaria llegando a la Cala.

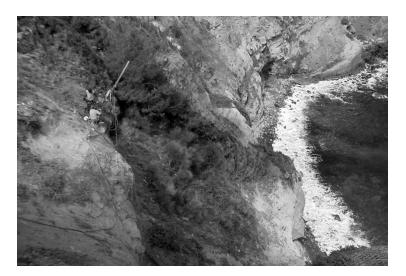


Vista de la plataforma de chapa preparada para desembarcar la retroexcavadora.



Detalle de la doble capa de malla colocada sobre el talud.

Donde la serie inferior de calcarenitas presenta voladizos y salientes, se han intercalado, en el muro anterior, una serie de contrafuertes, hasta un total de 7, de diversas alturas según la zona a "apuntalar", y de hormigón armado, que llegan a alcanzar en ocasiones hasta los 12 m de altura, y que actuan como "estabilizadores" de dichos voladizos. Sus cabezas se disponen justamente bajo el nivel calcarenítico, y su cimentación en el bloque inferior de las dolomías. Su perfil interior alcanza el del talud natural.



Carro de perforación trabajando.



Operación de tesado de un bulón.



Operario con el martillo abriendo la cuna de la acequia del "torrente de ducha".



Vista de la acequia terminada.



Uno de los accesos en su estado primitivo.



El acceso ya terminado, con su talanquera.

El acabado del hormigón, tanto el de los muros como el de los contrafuertes, simuló el de la piedra natural, mediante un encofrado con elastómero, evitándose, de esta manera, los muy probables desprendimientos que el mar habría causado, de realizarse, en un chapado del paramento de hormigón con piedra del lugar.

Este acabado del hormigón, unido a la plantación efectuada en la zona superior de los muros, con especies autóctonas resistentes al ambiente costero del lugar, consiguen a corto plazo la integración de la obra en el paisaje, en definitiva, su "enmascaramiento".

Además de esta obra defensiva y de estabilización, llevada a cabo en el tramo inferior del talud, en las zonas que lo han precisado se ha instalado malla, cosida a los elementos de anclaje, siguiendo las mismas pautas indicadas cuando hemos hablado del tramo superior.

4. Accesos y drenajes

Las malas condiciones en que se encuentran los accesos rodados que, desde el cercano pueblo de Banyalbufar discurren hasta las casas situadas en la coronación del acantilado y de sus cunetas y drenajes, en ocasiones inexistentes, provocan que las aguas de lluvia que recogen no siempre viertan al lugar adecuado, contribuyendo, estos vertidos no controlados, a la erosión del talud y, además, a la inestabilidad de los materiales del mismo, debido a la infiltración que se produce.

Lo mismo ocurría con los dos accesos peatonales situados a ambos lados de la Cala, que sirven para facilitar el acceso a la misma.

Las aguas incontroladas, en su discurrir por la ladera, provocaban el descalce de sus precarias bases, con grave peligro para la seguridad de las personas. De otra parte, la escorrentía superficial de la cuenca vertiente al talud, es recogida fundamentalmente por un colector natural, que tiene su salida a la playa desde lo alto del acantilado, en forma de cascada o ducha, de ahí su nombre, «torrente de la ducha". Las infiltraciones que desde el lecho natural de este colector se producen, contribuyen, del mismo modo, a la inestabilidad del talud.

Con el fin de mejorar y facilitar el acceso de personas a la playa, y controlar al propio tiempo la evacuación de las aguas de escorrentía, se proyectaron y se han ejecutado las obras que a continuación pasamos a describir someramente:

- Reparación de muretes quitamiedos existentes, de 50 cm de altura en el borde exterior de los caminos, o ejecución de otros nuevos allí donde se ha considerado necesario. Acabados con revoco a la tirolesa, su finalidad es la de dar seguridad al usuario del camino, y servir de base a la talanquera de madera (barandilla) que se sitúa sobre él hasta una altura total de 1,20 m.
- Reposición de pavimentos de hormigón en masa reforzado con mallazo, demoliendo previamente aquellas zonas, incluso peldaños, que se encontraban en mal estado.
- Pavimentos y revestimiento de peldaños, que, para su mejor integración con el paisaje, se ha realizado con piedra del lugar, rejuntada con mortero de cemento.
- Barandillas de madera, tratada adecuadamente con productos hidrófugos y fitosanitarios, anclada en el muro que la soporta. Formada por rollizos de sección circular de un diámetro mínimo de 10 cm, que se unen entre sí mediante clavos con cabeza plana de un diámetro mínimo de 2 cm.
- Recalce y reparación de muros de contención existentes, de mampostería, mejorando sus bases de apoyo y reparando su paramento exterior con la misma piedra.
- Reparación de cunetas, existentes en algunos tramos de los caminos de acceso mediante recrecido con hormigón. En otros tramos, donde no existían y se ha considerado necesario, se han ejecutado nuevas, de sección trapecial, en hormigón. Estas cunetas longitudinales, sitas en el costado interno del camino, se han completado con otras, transversales al eje, y tapadas con rejilla metálica, que son las que permiten dar salida de las aguas hacia el mar. El tramo final de estas salidas, a través del talud, se ha reforzado con pequeños pedraplenes o escolleras que aminoran los efectos erosivos de las aguas, mejorando su entrega al mar.
- Limpieza y ejecución de acequia en el último tramo del torrente natural existente y que es el que recoge la mayor parte de la escorrentía de la cuenca situada sobre el talud. A lo largo de los últimos 114 m del torrente, antes de su

vertido a la cala en forma de "ducha", se ha procedido a la limpieza total de barro y arrastres, en algunas zonas alcanzando un espesor de cerca de los 2 m, hasta llegar a la roca firme. Tras una regularización de la pendiente, que se deja constante en un 7%, picando donde era necesario y rellenando con encachado de piedra en zonas rehundidas, se ha realizado una acequia de sección tipo interior de 0,5x0,2 m, en hormigón en masa de 10 cm de espesor, reforzado con mallazo. A ambos lados de la acequia, y donde la anchura de la trinchera lo permite, se completa, para dar un aspecto más natural, con pavimento de piedra natural rejuntada con mortero, hasta alcanzar el talud natural de la roca. Con esta actuación, se consigue impermeabilizar el cauce del torrente, impidiendo las infiltraciones en la masa del talud costero, causantes en parte, como se ha dicho, de su inestabilidad. La acequia conduce el agua, desde un embudo que se crea a su comienzo, a la cota + 38 s.n.m, hasta la cota + 30 m, en que vierte libre y espectacularmente en forma de ducha, hasta la playa.

5. Particularidades sobre la ejecución

Dada la peligrosidad de los trabajos a efectuar en el talud, durante su limpieza, y posterior colocación de bulones y mallas, los accesos peatonales de acceso a la Cala y al pequeño puerto existente, fueron clausurados el tiempo requerido, colocándose dos puertas metálicas provisionales.

Se extremaron las medidas de seguridad, para los trabajadores, por lo demás, expertos en este tipo de actuación, facilitaron puntos seguros de anclaje de las cuerdas de amarre de sus cinturones, y de la maquinaria y materiales a emplear en las perforaciones y anclajes de las mallas a lo largo y a lo ancho del acantilado.

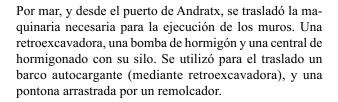
Terminadas las obras de estabilización del talud superior, se iniciaron las del inferior, actuando ya desde el nivel de la playa.

Para conseguir la bajada de áridos a la Cala, al no existir accesos a la misma para vehículos, se instaló una tubería de diámetro 600 mm, anclada al talud. Sobre su cabeza, se instaló una tolva de vertido de los áridos. El proceso tenía sus complicaciones, dada la poca anchura de las carreteras de acceso a las plataformas superiores. El árido, ya dosificado, llegaba en camíón grande hasta un campo de fútbol situado a más de 1 km de distancia. Desde allí se trasladaba, mediante un camión más pequeño, hasta un tercer bancal, más próximo a la zona de la obra. Desde este bancal, una retro mixta, cargaba el árido y lo vertía en la tolva indicada. Ya en la playa, otra retro lo transportaba hasta la hormigonera.

También, para el agua, se instaló otra tubería paralela anclada al talud.



El temporal de noviembre de 2001 destrozó la maquinaria y las instalaciones de obra situadas en la Cala.



La operación de desembarco precisó de la creación de una rampa de chapas de acero, apoyadas sobre escollera. Se aproximó la pontona lo más posible, con la ayuda del remolcador y de unos tracteles, desde tierra, a la rampa, por la que descendió la retroexcavadora. Posteriormente y mediante la misma se descargó el resto de la maquinaria . En otros viajes de la pontona, se transportaron una serie de contenedores de obra y la escollera necesaria para proteger el puertecillo existente, de muy poca anchura, donde se instalaría la maquinaria, y la zona de obras de la playa, igualmente muy estrecha.

En la parte superior del talud, y en el bancal más inferior, se instaló una grúa torre para el traslado de otros materiales (encofrados, cemento, andamiajes, etc.) hasta la cota de playa.



Preparación de los moldes de encofrado para los muros y contrafuertes.



Ejecución de los muros de contención.



Moviendo los encofrados mediante la retroexcavadora.

La central de hormigonado, nunca llegó a instalarse. Estando ya preparada su base, y la del silo, el fuerte temporal que sacudió la isla durante la semana del 10 al 15 de noviembre de 2001, arrasó literalmente las instalaciones ya preparadas, desapareciendo en el mar el silo, los cangilones de elevación de aridos, cazos, encofrados tuberías, escolleras, contenedores de obra, etc. Por ello, finalmente, se decidió emplear para fabricar el hormigón una hormigonera Karman de 2,5 m³ de capacidad, hormigonándose los muros y contrafuertes utilizando la retroexcavadora.

Informes de la Construcción, Vol. 55, nº 489, enero-febrero 2004



Ejecución de los contrafuertes a pie de talud.



 $Hormigon and o\ los\ contrafuertes.$



Vista general de los muros y contrafuertes ya terminados.



Aspecto general de la Cala al finalizar las obras.

FICHA TÉCNICA

PROMOTOR LABORATORIO DE CONTROL

Ministerio de Medio Ambiente Laboratorio Balear para la Construcción Dirección General de Costas

AUTOR DEL PROYECTO COLABORADORES

Tragsatec

D. Antonio R. Hernández Ponce

Tubosider
Euskovol

DIRECCIÓN DE OBRA Geología Valenciana

Mediterráneo Servicios Marinos S. L.

D. Carlos Jover Jaume Ferros Muro

EMPRESA CONSTRUCTORA Amengual Bibiloni Antonio

Montajes Germán

Tragsa Ilma, S. L.

Delegado: D.Alejandro Cerdán Cartagena Valenciana de Cementos

Jefe de Obra: D. Javier Alonso García Cemex España