

Sistemas de Monitoreo y control de la Estabilidad de Taludes Rocosos y Suelos

Por:

Tupak Ernesto Obando Rivera

Ingeniero en Geología. Master y Doctorado

en Geología, y Gestión Ambiental de los

Recursos Mineros en la Universidad Internacional

de Andalucía UNÍA (Huelva, España)

2009

Introducción

Cuando se presentan signos de inestabilidad en un talud (grietas o roturas en la parte superior, abultamiento y levantamiento en la zona de pie, etc.) o cuando se precisa controlar el comportamiento de un talud frente a la estabilidad, se recurre a la instrumentación o auscultación del talud y su entorno, a fin de obtener información sobre el comportamiento del mismo y las características del movimiento; velocidad, pautas en los desplazamientos, situación de las superficies de rotura, presiones de agua, etc.

Objetivo

El control de la velocidad del movimiento permite conocer el modelo de comportamiento, y tomar decisiones referentes a su estabilización; en ocasiones se puede predecir aproximadamente cuando tendrá lugar la rotura, en base al registro de la curva desplazamiento-tiempo y su extrapolación en el tiempo.

Estos trabajos, suelen limitarse a casos en los que la inestabilidad puede afectar a infraestructura o edificaciones.

Condiciones de aplicación

Para llevar a cabo la auscultación de un talud es necesaria la selección de las magnitudes a medir, de los puntos de medida y de los instrumentos adecuados, además de una correcta instalación, registro e interpretación de las medidas.

La instrumentación permite comprobar el comportamiento del talud y verificar los modelos y análisis de estabilidad realizados. Previamente a los trabajos de instrumentación, es necesario conocer las características y propiedades de los materiales que forman el talud, mediante un estudio previo con observaciones

de campo, toma de datos, realización de ensayos de laboratorio, análisis de estabilidad, etc.

Las magnitudes que habitualmente se miden en los trabajos de auscultación son:

- Movimientos superficiales
- Movimientos en el interior del terreno
- Movimientos de apertura de grietas y entre bloques
- Presiones intersticiales y sus variaciones.

Métodos empleados

Las diferentes técnicas y métodos para la medida de magnitudes descritos a continuación.

- ✚ Medidas de **desplazamientos en superficie y en el interior** del terreno permite detectar el movimiento de una zona determinada del talud o de todo él en conjunto, y conocer la dirección y velocidad del mismo. Los sistemas de medida de desplazamientos en superficie estarán condicionados por la precisión que se pretenda y por la magnitud de los movimientos.

Los movimientos en el interior se miden con inclinómetros y extensómetro. Además, de ser útiles para la medida de la velocidad y dirección del movimiento, estos sistemas permiten localizar las superficies de rotura.

Los **inclinómetros** deben alcanzar la zona estable situada debajo del plano de rotura más profundo. Estos aparatos constan de un torpedo que baja por una tubería especial previamente instalada en el interior del sondeo. El torpedo permite medir (por ejemplo, cada 50 cm) el ángulo que forma la tubería, lo que multiplicado por la distancia medida permite ir conociendo los desplazamientos horizontales a lo largo del sondeo, integrando las lecturas de debajo de arriba. Al atravesar la zona de rotura, ésta suele quedar definida por cambios en los desplazamientos horizontales, lo que permite realizar el análisis a posterior correspondiente; si los desplazamientos son importantes, el tubo puede quedar cortado e impedir las medidas.



Los **inclinómetros** (Foto No 1) miden la desviación (inclinación) del sondeo en dos direcciones a ángulos rectos, proporcionando curvas de desplazamientos cuya inflexión denota la situación de los planos.

Foto No 1. Inclinómetro Modelo In Place Incliner (IPI). Cortesía EYE



Los **extensómetros** (Foto No 2) miden movimientos relativos entre la boca del sondeo y uno o varios puntos situados en el interior.

Foto No 2. Modelo Magnetic Probe Extensometer. Cortesía de EYE

La medida de movimientos de apertura de grietas y entre bloques rocosos se suele realizar mediante elementos mecánicos (calibre, cinta métrica, hilos, etc.) o mediante transductores eléctricos; para desplazamientos grandes se emplea la cinta de convergencia.

- ✚ La medida de las **presiones intersticiales** en el interior del talud se lleva a cabo mediante la instalación de piezómetro en sondeos o pozos de reconocimiento.

Todo lo anterior, solicita el empleo de programas de ordenador, los cuales permiten la modelización detallada y el análisis de la rotura y del comportamiento de las laderas en suelos y rocas. Programas como **FLAC**, **UDEC**, **ZSOIL**, **PLAXIS**, **PHASE2**, **ROCKFALL**, **ROTOMAP**, etc., permiten el análisis de casos complejos y de una gran variedad de

condiciones hidrogeológicas, tensionales, etc., modelizándose también las medidas de estabilización.

La instrumentación o auscultación de deslizamientos tienen por finalidad la vigilancia y la predicción del comportamiento de la ladera, además, de la obtención de datos sobre el proceso. La instrumentación debe orientarse fundamentalmente a la investigación de:

- Situación de la superficie o superficies de rotura
- Velocidad del movimiento, su variación y distribución de los desplazamientos en la ladera
- Posición del nivel freático (Foto No 3) y presiones de agua.

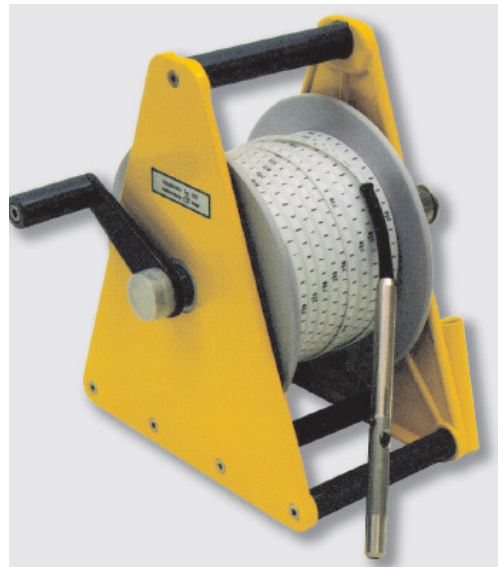


Foto No 3. Sonda luminosa para medición portátil de nivel freático, Modelo KL010. Cortesía de Grobers.

Las características y velocidad del movimiento depende del tipo de proceso, pendiente de la ladera, contenido de agua de los materiales, etc. Los datos de velocidad son necesarios para el diseño de medidas correctoras o mitigadoras. Las medidas de los desplazamientos y de la velocidad del movimiento puede llevarse a cabo mediante instrumentación en superficie y en profundidad (inclinómetros, Foto No 4).



Foto No 4. Procesamiento de datos obtenidos de un inclinómetro

Los valores de la velocidad, es decir de los desplazamientos en función del tiempo, permiten también conocer la evolución de los procesos y en determinados casos, prever el desenlace de la rotura.

Los piezómetros (Foto No 5) proporcionan la situación de los niveles piezométricos y las presiones de agua en los niveles en que se han instalados. Para conocer las presiones actuando sobre la superficie de rotura, éstos deben instalarse en el plano de deslizamiento o inmediatamente encima.



Foto No 5. Sensor del nivel de presión, modelo OTT PLS. Cortesía de Grobers, S.A.

Sistemas de Alarmas

Consiste en la instalación de diversos sistemas o instrumentos, en superficie o en profundidad, con la finalidad de detectar movimientos o medir determinados parámetros relacionados con los movimientos. Los más frecuentes son:

- Instalación de inclinómetros y piezómetros (Foto No 6) en deslizamientos o en laderas cuya inestabilidad supone riesgos importantes (por ejemplo, en zonas urbanizadas)
- Instalación de redes de cables en laderas rocosas con peligro de desprendimientos.



Foto No 6. Instalación de un Magnetic

Probe Extensometer. Cortesía de EYE

En el primer caso deben ser establecidos los valores tolerables (de desplazamientos en caso de inclinómetros o altura del agua en los piezómetros) a partir de los cuales se considera que los movimientos son peligrosos o que se puede producir la aceleración de los mismos. Es muy importante realizar correctamente la toma de datos, preferiblemente automática, y la interpretación de las medidas obtenidas, y las decisiones deben basarse en juicios expertos.

En base a las medidas de los niveles piezométricos pueden establecerse correlaciones con las precipitaciones, lo que ayuda a definir los niveles o umbrales de alarma, en relación a precipitaciones máximas horarias o diarias o precipitaciones acumuladas durante días o semanas.

Bibliografía

- ✚ Gonzáles Vallejos, L. et. al. (2002). Ingeniería Geológica. Editorial PEARSON EDUCACIÓN. Madrid. 744p.

- ✚ Datos aportados de estudios realizados cortesía de T. Obando, 2009.

- ✚ Datos aportados cortesía de las empresas privadas Equipos y Estudios (EYE, Managua), así como Grobers S.A., Managua. 2009.