

LA INSTRUMENTACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL TERRENO A CONTROLAR

Ángel Rodríguez Soto*

RESUMEN

En determinadas ocasiones se producen movimientos no deseables en el terreno que pueden afectar a un gran volumen de material, debidos a fenómenos naturales o a desmontes en obras civiles; y en otros casos, pequeñas inestabilidades del terreno tienen una gran repercusión por producirse en entornos urbanos. En ambas situaciones, el procedimiento para conocer y controlar estos movimientos debe incluir una fase preliminar que consistiría en una buena caracterización del subsuelo, capaz de proporcionar información geotécnica tanto del terreno en movimiento como del existente en su entorno, que permanece estable. Una vez caracterizado el terreno a controlar, será posible seleccionar la instrumentación más adecuada; los emplazamientos idóneos; y disponer de una precisión y un rango de medida acordes con la variación prevista.

Palabras clave

Instrumentación; control; geotecnia; terreno

ABSTRACT

In certain occasions, non desirable movements take place in the ground which they can affect to a large terrain volume, due to natural phenomenons or by cutting public works; and in other cases, small deformations of the ground take place with a significant repercussion in urban environments. In both situations, the procedure to know and to control these movements should include a preliminary phase that would consist on a good characterization of the subsoil, which is able to provide geotechnical information so as of the moved ground as of the existent one in its environment that remains stable. Once characterized the ground to control, it will be possible to select the most appropriate instrumentation ;qualified sites; and to provide an accuracy and a range of measurement in line with the projected variation.

Key words

Instrumentation; monitoring; geotechnics; ground.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos básicos de la instrumentación geotécnica consiste en medir la respuesta del terreno ante determinadas variaciones en las condiciones de su entorno, las cuales pueden ser debidas a la ejecución de obras o a fenómenos naturales.

Especialmente en el caso en que la instrumentación tenga como objetivo el control del comportamiento del terreno en el entorno de una obra, ejecutada en superficie o subterránea, tan sólo será realmente útil si, durante la redacción del proyecto se ha incluido entre sus resultados, la previsión de la respuesta del terreno ante las agresiones que va a sufrir.

Lógicamente, para que un proyecto sea capaz de estimar la respuesta del terreno, debe haber contado durante su redacción con las herramientas de cálculo adecuadas para modelizar la situación, alimentadas con información precisa sobre las características geotécnicas del terreno sobre el que se va a llevar a cabo.

Una vez definido el proceso a seguir en la obra y seleccionadas las magnitudes a controlar se establecerá el correspondiente programa de instrumentación, en el que se indicará el tipo de instrumentación idóneo, prestando especial atención al rango de medida, la precisión que será capaz de proporcionar y la frecuencia con la que se deben efectuar las lecturas de seguimiento.

En los casos donde la necesidad de instrumentar haya surgido de un fenómeno natural, precipitaciones intensas y prolongadas, movimientos sísmicos... es igual de importante conocer las características geológicas y geotécnicas de la zona con problemas antes de seleccionar la instrumentación a emplear. Sólo de este modo se conseguirá que la instrumentación cubra los objetivos previstos.

De lo expuesto anteriormente se deduce que, dada la interrelación existente entre la caracterización geotécnica del terreno que ha sufrido o va a sufrir un cambio en sus condiciones de estabilidad y la instrumentación aplicable para efectuar el seguimiento, únicamente si en ambas actuaciones se cuenta con las técnicas adecuadas se obtendrán resultados plenamente válidos.

INSTRUMENTACIÓN

En este punto se analizan dos problemas característicos en los que se emplea instrumentación.

1. Ladera Inestable

Un problema al que los técnicos dedicados a la instrumentación deben enfrentarse con frecuencia es el de la ladera en equilibrio metaestable, que en un momento determinado comienza a registrar movimientos.

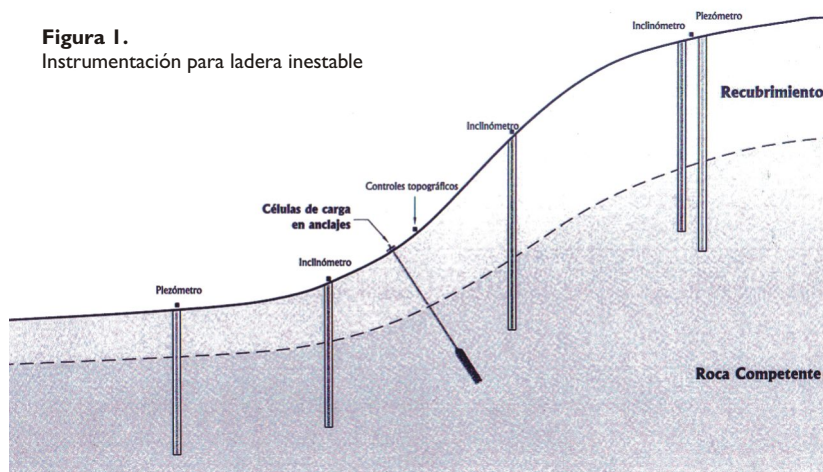
Existen numerosas técnicas de instrumentación (Peral et al, 1999) para medir estos desplazamientos y averiguar las circunstancias que los provocan, entre las que cabe citar los procedimientos topográficos manuales o automatizados, la inclinometría, piezometría, extensometría en sondeos, células de carga en el extremo de anclajes, ...

En la Figura 1 se presenta una posible distribución de la instrumentación a colocar.

En este caso habría que tener en cuenta entre otras muchas consideraciones que:

- Las medidas topográficas, muy útiles en determinados casos, tan sólo proporcionan información sobre la superficie exterior de la ladera.
- Los inclinómetros serán capaces de proporcionar información realmente útil sólo si están suficientemente encajados

Figura 1.
Instrumentación para ladera inestable



en el sustrato competente que va a permanecer estable. Será posible detectarlos mediante el análisis del testigo procedente del sondeo en el que se alojará el inclinómetro.

- Si cabe la posibilidad de que exista cierta relación entre el nivel piezométrico y el problema detectado será necesario contar con una red de piezómetros que proporcionen suficiente información sobre la evolución del mismo.
- Entre los distintos tipos de extensómetros existentes para colocar en sondeo es importante seleccionar el más adecuado para cada caso. Los extensómetros de varillas disponen de un número de anclajes normalmente limitado entre 1 y 5, que permiten conocer, sólo si el anclaje más profundo se encuentra en una zona que no registre movimientos, las deformaciones sufridas en cada uno de los tramos comprendidos entre dos bases consecutivas. Los extensómetros incrementales sin embargo, proporcionan las deformaciones sufridas por cada tramo de 1 m de

sondeo instrumentado, independientemente de la profundidad a la que se encuentre la última base.

Analizados los puntos anteriores se deduce que, antes de instalar la instrumentación será preciso:

- Delimitar la zona con problemas.
- Efectuar un levantamiento mediante cartografía geológica de superficie en el que se reflejen las patologías detectadas, surgencias de agua, distribución de litologías, ...
- Apoyar con métodos geofísicos las conclusiones preliminares deducidas de los dos puntos anteriores. Las técnicas geofísicas más adecuadas para esta fase son la sísmica de refracción y la tomografía eléctrica.
- Seleccionar los puntos accesibles para las sondas de perforación en la zona a estudiar, perforando en los emplazamientos más adecuados.
- Efectuar una testificación geotécnica minuciosa del testigo recuperado, cuyo

análisis permita definir los tramos de sondeo donde sea conveniente efectuar ensayos geotécnicos.

- Seleccionar el tipo de ensayo a realizar en función del parámetro a caracterizar. Los más frecuentes son SPT y muestras inalteradas. Si interesa conocer tanto la resistencia del terreno como su deformabilidad convendrá efectuar ensayos presiométricos y/o dilatómétricos y para definir la permeabilidad del macizo los más adecuados son los Lefranc y Lugeon.

Si interesa disponer de un registro continuo del sondeo perforado es posible realizar diagráfias geofísicas entre las que destaca por su componente geotécnica el registro sísmico de onda completa (Peral et al, 2001) que, mediante la medida de las velocidades de propagación longitudinales y transversales proporciona los módulos dinámicos del terreno.

Con la información recopilada por los procedimientos mencionados será posible estudiar el problema, tarea habitualmente realizada con modelos numéricos. Estos definirán el tipo y ubicación idóneos para la instrumentación.

2. Asentamientos debido al descenso del nivel freático

Un segundo problema que cabe citar, es el del entorno urbano donde se producen asentamientos como consecuencia del descenso del nivel freático, debido a periodos prolongados de sequía o a las extracciones realizadas mediante pozos de bombeo.

En estos casos resultaría imprescindible contar con:

- Una red de control piezométrico en el interior de la zona a estudiar
- Una buena caracterización geológico-geotécnica de la columna del terreno en

el que se registran los asentamientos, pues sólo así se seleccionarán adecuadamente los niveles a controlar mediante extensómetros y el nivel inferior estable, que servirá para anclar las bases de referencia topográficas.

Un caso de este tipo es el que se viene llevando a cabo por el IGME y la CTOT desde 2000, con la asistencia técnica de la empresa especializada In Situ Testing S.L.(IGME-CTOT, 2001) en donde se monitoriza en la actualidad el Área Metropolitana de Murcia, donde se efectuaron numerosos ensayos de penetración estática de los tipos CPT y CPTU que incluyeron ensayos de disipación a varias profundidades.

También se perforaron sondeos con recuperación de testigo continuo en los que se efectuaron ensayos SPT y M.I. que proporcionaron muestras suficientes para efectuar los ensayos de laboratorio correspondientes. Estos ensayos consistieron básicamente en identificación, estado, resistencia y deformación.

Con la información recopilada fue posible desarrollar un modelo numérico capaz de predecir los asentamientos que cabría esperar para un determinado descenso del nivel freático.

A continuación se llevó a cabo la instalación de la instrumentación que debe permitir, en primer lugar, la calibración del modelo y posteriormente contrastar las medidas con los resultados obtenidos numéricamente.

Actualmente, la instrumentación instalada para efectuar el seguimiento consiste en:

- Red piezométrica, existente desde la fase preliminar.
- 7 bases de referencia topográfica ancladas en puntos que se consideran fijos.

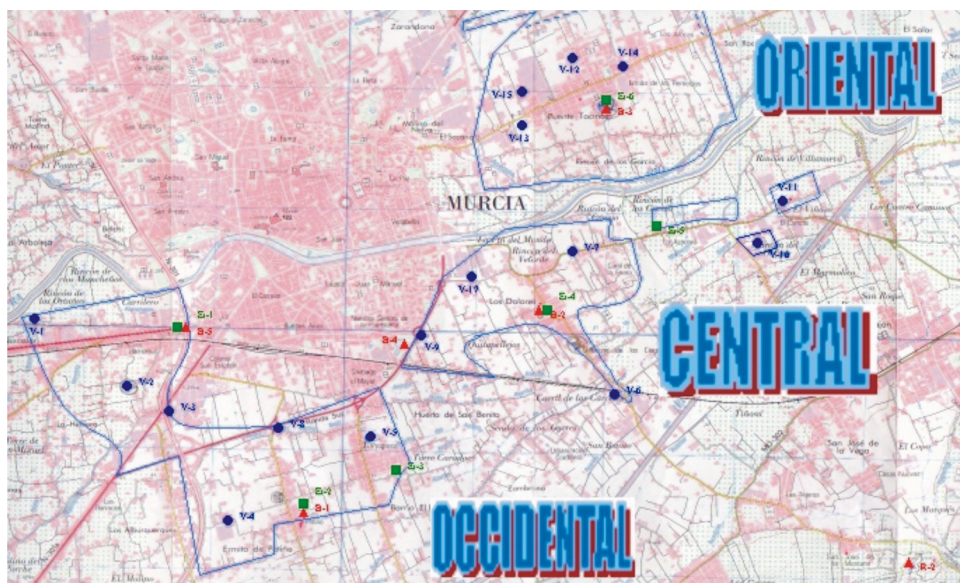


Figura 2. Ubicación de los sondeos instrumentados

- 600 hitos para nivelación topográfica.
- 15 extensómetros de varillas con tres puntos de anclaje.
- 7 extensómetros incrementales con medida de la deformación cada 1 m.

En la Figura 2 se presenta la distribución de esta instrumentación, capaz de proporcionar información muy fiable sobre el fenómeno a controlar.

El seguimiento continuado de la información proporcionada por estos procedimientos, durante cinco años permitirá con seguridad determinar la magnitud del problema.

BIBLIOGRAFÍA

- IGME-CTOT. 2001. Seguimiento y control instrumental del terreno en el Área Urbana de Murcia. Documento de uso restringido.
- Peral, F.; Rodríguez, A. 1999. Medidas del estado tensional "in situ". Ingeopres nº 75.
- Peral, F.; Rodríguez, A. 2001. Nuevas tendencias para la caracterización "in situ" de la deformabilidad del terreno. Comparación entre el registro sonico de onda completa y la presio-dilatometría. Ingeopres nº 91.