

EVALUACIÓN DEL ESTADO GEOTÉCNICO IN SITU DE UN DEPÓSITO DE RELAVES UTILIZANDO EL PARÁMETRO DE ESTADO

P. Santos Cornejo¹, F. Villalobos Jara², S. Villalobos Cifuentes.³

RESUMEN

Debido a la dificultad que existe en el muestreo de suelos no cohesivos en la realización de ensayos en condiciones inalteradas, es que la determinación de las propiedades geotécnicas del suelo depende en gran medida de las pruebas de penetración (Jefferies & Been, 2015). Estas pruebas son fundamentales para determinar el estado geotécnico in situ, el cual es un factor clave para poder evaluar la estabilidad local y global de un depósito o tranque de relaves, sobre todo en áreas donde la sismicidad es un factor clave para la evaluación del estado de los relaves (Been et al., 2012). Es por esta razón que el uso de ensayos de penetración como CPT (*cone penetration testing*) para determinar el estado in situ de un suelo no cohesivo ha sido cada vez más recurrente en la ingeniería práctica, sobre todo en el estudio de depósitos y tranques de relaves alrededor del mundo.

Se analiza el estado geotécnico in situ, resistencia residual post sísmica, razón de resistencias y demandas cíclicas (susceptibilidad y potencial de licuación) de un depósito de relaves, utilizando el enfoque del parámetro de estado propuesto por Been & Jefferies (1985) y el ampliamente utilizado en la actualidad propuesto por la NCEER (1997) y Robertson (2010).

Independiente del parámetro de estado observado, se tiene que los relaves se ubican mayoritariamente en la zona de suelos de mayor compresibilidad, luego en menor medida en la zona de compresibilidad media, para finalmente presentar un número minoritario de porciones de relaves con compresibilidad baja. A su vez se concluye que el parámetro de estado depende en gran medida del autor utilizado para su cálculo e interpretación.

PALABRAS CLAVES: Parámetro de estado; CPT; Depósito de relaves; Estado geotécnico in situ.

ABSTRACT

Due to the difficulty in sampling non-cohesive soils under unaltered conditions, the determination of soil properties depends largely on penetration tests (Jefferies & Been, 2015). These tests are fundamental to determine the in-situ state, which is a key factor in order to evaluate the local and global stability of a tailings deposit or dam, especially in areas where seismicity is a key factor for the evaluation of the state of Rel Birds as said Been et al. (2012).

It is for this reason that the use of penetration tests such as CPT (cone penetration testing) to determine the in-situ state of a non-cohesive soil has been increasingly recurrent in practical engineering, especially in the study of deposits and tailings dams around the world. It analyses the in-situ state of a tailings deposit in terms of state, demands and seismic and residual resistances using the approach of the state parameter proposed by been & Jefferies (1985), and the widely used currently proposed by the NCEER (1997) and Robertson (2010).

The results show that regardless of the state parameter observed, it is found that the tailings are mostly located in the area of more compressible soils, then to a lesser extent in the area of average, to finally present a minority number of portions concludes that the state parameter depends on great extent of the author used for it is calculation and interpretation.

KEYWORDS: State parameter; CPT, Tailings depot; Geotechnical in situ state.

¹ Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, psantos@ing.ucsc.cl

² Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE.

³ Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE.

1. INTRODUCCIÓN

La determinación del estado in situ o resistencia de estabilidad hidráulica de un depósito de relaves ha sido una problemática recurrente debido a la complejidad que existe al extraer muestras inalteradas para su posterior análisis de propiedades in situ en laboratorio (Shuttle & Jefferies, 2016). En consecuencia, el estado in situ de un suelo es un factor clave para poder evaluar la estabilidad local y global, esta es capaz de desatar licuación estática o de flujo si no se prevé el estado del suelo, sobre todo en áreas donde la sismicidad es un factor clave para la evaluación del estado de los relaves según Been et al. (2012). Es por esta razón que el uso de ensayos de penetración como CPT (*cone penetration testing*) para determinar el estado in situ de un suelo no cohesivo ha sido cada vez más recurrente en la ingeniería práctica, debido a la dificultad que presenta el muestreo de suelos no cohesivos, además de la practicidad y bajo costo de los ensayos de penetración, haciendo posible poder tener un gran número de pruebas que caractericen la variabilidad de las propiedades del suelo y de los estratos de interés (Been et al. 2012).

Ahora bien, independientemente del tipo de la prueba de penetración utilizada, surge el problema de la interpretación de datos, ya que los ensayos de penetración representan la resistencia del suelo ante un desplazamiento forzado, pero son las propiedades y el estado del suelo en sí lo que se busca.

Los ensayos de penetración de cono, CPT por sus siglas en inglés, y sus versiones mejoradas como el piezocono CPTu, el cual además de medir la resistencia del suelo ante el desplazamiento continuo del cono, mide la disminución o disipación de presión de poro en el tiempo a una profundidad establecida de interés. Aunque el CPT se limita principalmente a suelos más finos en la práctica común (Robertson & Cabal, 2015). El ensayo CPT tiene como principales ventajas la obtención rápida y continua del perfil de suelo, la repetitividad de resultados que existe en cada ensayo, como también en sí es un ensayo económico (valor por metro lineal) y productivo, además de contar con una amplia base teórica para la interpretación de datos. Pese a las grandes ventajas que presenta el ensayo, este tiene limitaciones dado a que no se pueden obtener muestras de suelo y se limita su uso a gravas o a capas de suelo muy cementadas.

En el ensayo de penetración CPT, un cono en el extremo de una serie de barras o varillas se empuja hacia el suelo a una velocidad constante, la cual dependerá principalmente del tipo de suelo, el cual varía en un rango de 0.5 y 2 cm por segundo, el cono al ir penetrando en el suelo realiza mediciones continuas de la resistencia a la penetración de punta, fuste y presión de poros (Robertson & Cabal, 2015). Una descripción gráfica del cono que se utiliza en la prueba se puede apreciar en la Figura 1.

Ahora bien, independientemente del tipo de cono utilizado, existen diversos enfoques para la interpretación de datos del ensayo de penetración CPT, con los cuales se obtiene un gran número de propiedades del suelo, como la densidad, peso específico, ángulo de fricción (ϕ), razón de sobre consolidación (OCR), resistencia residual (S_r), entre mucho más, cuyos valores dependen en gran medida del autor que lo propone. Además, autores como Been et al. (1987) y Robertson (1983) proponen relaciones basadas en diferentes enfoques para la evaluación del estado geotécnico in situ y la evaluación del importante fenómeno de licuación en base al ensayo CPT (Robertson 2010).