

Ensayo de compresión inconfínada: variación en la resistencia al corte no drenado por cambios en el diámetro de las probetas

Unconfined compression test: Variation in
undrained shear strength due to changes in
flask diameter

JUAN DAVID TRUJILLO BOLÍVAR¹ - DIEGO COBOS ROA²

1. Maestría en Ingeniería Civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

2. Profesor de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

juan.trujillo@mail.escuelaing.edu.co - diego.cobos@escuelaing.edu.co

Recibido: 08/08/2017 Aceptado: 10/09/2017

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista

Resumen

En el presente artículo se busca mostrar los resultados de la investigación realizada acerca del comportamiento que experimenta la resistencia del suelo en el ensayo de compresión inconfínada en muestras de suelos Inviás 152-1023/2013 cuando se realiza una variación en las dimensiones de las muestras inalteradas, que se obtienen luego de la extracción en campo. Con los análisis efectuados en laboratorio, el principal resultado es un cambio en la resistencia al corte a medida que el diámetro de las muestras aumentó, causado por variables externas como humedad, origen geológico, fisuras y tipología del suelo.

Palabras claves: compresión inconfínada, resistencia, suelos, arcillas.

Abstract

This article aims at showing the results of a study about the behavior that soil resistance experiences in the unconfined compression tests from soil samples Invias 152-1023/2013 when a variation in unaltered sample dimensions is performed, obtained after field extraction. Using the laboratory analysis, the main result is a change in shear strength as the sample diameter grows, caused by external variables such as humidity, geological source, fissures, and soil topology.

Keywords: unconfined compression, strength, soils, clays.

INTRODUCCIÓN

Entre los procesos que se llevan a cabo en Colombia en materia de muestreo, ensayos y caracterización de suelos para distintos propósitos en el campo de la ingeniería, cabe señalar que uno de los procedimientos más comunes es el ensayo de compresión inconfiada. Si bien es cierto que este ensayo proporciona valores que no son lo suficientemente cercanos a la realidad en términos del comportamiento del suelo, es el más usado en Colombia por su facilidad de ejecución y bajo costo.

Por tal motivo, se consideró pertinente realizar un trabajo investigativo que contribuyera en alguna medida a minimizar la incertidumbre con respecto a los valores obtenidos mediante este ensayo en cuanto a muestras que tengan como variable las dimensiones y su cambio en los valores de los parámetros de resistencia, con el fin de obtener una visión amplia sobre la influencia de dicho tipo de muestras en este ensayo y en el dimensionamiento de las estructuras.

Las especificaciones de muestreo para Colombia se rigen por las *Normas y especificaciones del Instituto Nacional de Vías* (Invías), en su última edición (2013) y por las Normas técnicas colombianas Icontec 1527, para compresión inconfiada NTC - 1527 y INV-E-152-13. En estas normas se establecen los criterios y condiciones básicas que se deben tener en cuenta en el proceso de muestreo y desarrollo de los ensayos pertinentes para conocer los parámetros esenciales dentro de un estudio geotécnico; de igual manera, se dice que la muestra mínima debe ser de 30 mm de diámetro, con una partícula no mayor de 1/10 del diámetro y con muestras iguales o mayores que 72 mm, con una partícula no mayor de 1/6 del diámetro (Invías, 2013); este proceso está sujeto a obtener resultados con un margen de error alto, lo cual inevitablemente repercutirá en la confiabilidad del ensayo.

De acuerdo con lo anterior, no hay claridad en cuanto a la geometría y la afectación que puede tener este parámetro en la determinación de demás parámetros de resistencia de los suelos mediante el ensayo de compresión inconfiada, tomando en cuenta que las características geométricas están relacionadas directamente con la rigidez de un elemento, según Hibbeler (1998).

A juicio de Sakamoto y Takaharu (2003), se evidencian problemas para hacer los ensayos de laboratorio

debido a los tamaños (en términos de diámetro y altura) de las muestras, ya que al momento de preparar el ensayo se presentan fisuras y se evidencia heterogeneidad en la muestra. Dichos autores realizaron un estudio en Japón en el que se tomaron varias muestras de distintos lugares, entre éstos el Reino Unido y Japón, por supuesto; ellos encontraron que existían cambios para diferentes tipos de diámetros, relacionados con los índices de plasticidad de las muestras y con diámetros aun menores que los mínimos con los que se trabaja comúnmente en la norma (35 mm), justificado todo esto en menores inconvenientes en el procedimiento.

Otra referencia son los estudios efectuados por Thuro y Plinninger (2001), en los cuales se realizaron ensayos de compresión inconfiada y ensayo de tracción indirecta en Brasil a rocas, considerando un número significativo de pruebas, ellos evaluaron la variación en la resistencia a causa de diferentes características geométricas. Los resultados se basaron principalmente en que el efecto de la forma tuvo un impacto importante en las propiedades de resistencia; de acuerdo con la razón de cambio entre la relación longitud/diámetro, que varía de 1 a 3, la influencia sobre el esfuerzo, módulo de elasticidad y resistencia a la tracción es bastante significativa, mientras que el efecto sobre la resistencia a la compresión no confinada es mucho menor.

Cabe anotar que dentro de las consultas y la revisión bibliográfica no se encuentran documentos técnicos de apoyo sobre el tema desarrollados en Colombia y hay muy poca información a escala mundial.

Según la normativa vigente en Colombia (Invías), hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la toma de las muestras:

- Diámetro mínimo: 30 mm.
- Tamaño máximo de las partículas: menor que 1/10 de su diámetro.
- Relación altura-diámetro (L/D): debe ser lo suficientemente grande para evitar interferencias en los planos potenciales de falla a 45° y lo suficientemente corta para evitar que actúe como columna; para satisfacer ambos criterios, se recomienda una relación L/D comprendida entre 2 y 3.

RESULTADOS

Se hicieron los ensayos de compresión inconfiada para las muestras extraídas¹ de los suelos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, tomando como referencia los resultados del *software* Humboldt Material Testing, utilizado para la falla de cada una de las muestras mencionadas.

Con el fin de revisar otros comportamientos de dichas muestras, a continuación se encuentran las figuras correspondientes a las siguientes variables:

- Esfuerzo vs. humedad
- Esfuerzo vs. diámetro

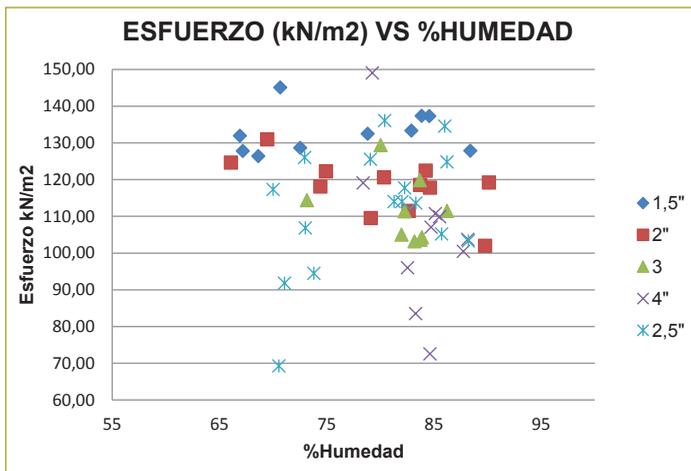


Figura 1. Esfuerzo vs. humedad.

Al ver la figura anterior se puede analizar que el esfuerzo presenta una disminución a medida que se incrementan los diámetros, y respecto a la humedad, ésta se mantuvo constante entre 66 y 90 % en los diámetros establecidos.

Por otra parte, en la figura siguiente se puede observar un comportamiento inverso, donde a mayor diámetro menor es el esfuerzo, lo cual puede ocurrir debido a que los resultados son afectados directamente por factores externos, como fisuras y humedad del suelo.

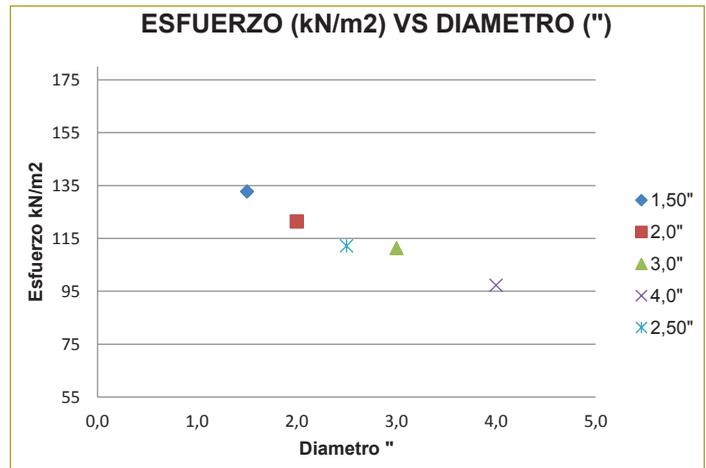


Figura 2. Esfuerzo vs. diámetro.

Con el propósito de revisar otros comportamientos de las muestras señaladas, vale la pena mencionar que dentro de la investigación se hicieron los análisis correspondientes a las siguientes variables:

- Esfuerzo vs. humedad
- Esfuerzo vs. % de deformación en falla
- % de humedad vs. % de deformación en falla
- % de humedad vs. diámetro
- Esfuerzo vs. diámetro
- Esfuerzo vs. sensibilidad
- C vs. SUV
- Esfuerzo vs. módulo de Young
- % de humedad vs. módulo de Young

Como herramienta adicional para el análisis, se compararon los resultados de acuerdo con el modelo hiperbólico de Duncan y Chan², el cual permite predecir con exactitud la relación esfuerzo vs. deformación del suelo cuando presenta una falla plástica, con el fin de establecer si la curva de resultados se asimilaba a dicho modelo.

Según revisión realizada al modelo hiperbólico, se pudo determinar que éste no se ajustó a los resultados obtenidos en las gráficas de esfuerzo vs. deformación unitaria; de igual manera, se puede concluir que la exactitud en las predicciones del modelo no está relacionada

1. Los diámetros de las muestras fueron de 1,50", 2,0", 1,5", 2,0", 2,5", 3,0" y 4,0".

2. Estudio de la exactitud del modelo hiperbólico de Duncan y Chan en la predicción de la relación esfuerzo deformación de tres suelos arcillosos cubanos. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93215932005>.

con el contenido de arcilla y humedad de éstos, sino con la forma de la curva esfuerzo-deformación.

CONCLUSIONES

Una vez hechos el trabajo de campo, las pruebas de laboratorio y análisis de resultados, las principales conclusiones de esta investigación son:

- La variabilidad de los resultados puede ser producto de las condiciones del terreno (humedades, tipología, origen geológico, microfisuración y fisuración) al momento de realizar la extracción y posterior falla.
- Debido a que el estudio se efectuó en arcillas naturales, éstas tienden a presentar fisuras, circunstancia que afecta directamente los resultados.
- Se puede concluir que el ensayo no se debe excluir para el estudio de suelos, puesto que los resultados son afectados directamente por factores externos.
- Al momento de realizar el análisis entre los resultados de los ensayos de veleta de campo y compresión inconfiada, éstos no presentaron gran variación en su resistencia, lo cual nos puede conducir a resultados de alta confiabilidad.

Como consideraciones adicionales para posteriores estudios relacionados con el tema propuesto, se recomienda en lo posible hacer mayor número de exploraciones, con el fin de buscar mayor certeza en los datos y así tener los suficientes argumentos que incidan en un cambio en las condiciones del ensayo, planteadas en la normativa colombiana vigente. Así mismo, es conveniente realizar análisis en diámetros inferiores, diferentes de los expuestos en la normativa vigente, buscando controlar los factores externos que en este caso fueron fisuras, humedades y origen geológico para conocer cómo impactan en los resultados finales.

Finalmente, se recomienda efectuar otros ensayos, que permitan establecer la resistencia al corte, generando puntos de comparación que garanticen un óptimo diseño de las estructuras de cimentación en el desarrollo de nuevos proyectos de ingeniería, con datos más cercanos a la realidad.

Agradecimientos

Doy gracias a los ingenieros Diego Cobos Roa, director del trabajo de grado, y Oxiris Quitian Chila, docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.