



ANCLAJES EN SUELOS TROPICALES MISIONEROS. EQUIPOS DESARROLLADOS Y PRIMEROS ENSAYOS¹

Hugo Orlando Reinert²; Daniel Antonio Bressan³

¹Trabajo de Investigación

²Docente Investigador, hugoreinert@gmail.com

³Docente Investigador, bressanobe@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se exponen parte de los resultados de un trabajo de investigación desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la U.Na.M., el cual tiene como objetivo general la determinación de los parámetros de diseño mecánicos y geotécnicos necesarios para el análisis y cálculo de anclajes pasivos realizados en suelos residuales de la provincia de Misiones. Como criterio de análisis se propone la realización de ensayos a escala natural, siendo necesario en consecuencia el diseño y fabricación de dispositivos específicos, como los necesarios para la puesta en carga de los anclajes a través de sistemas hidráulicos, y su correspondiente medición de sollicitación y desplazamiento. El sistema de carga consta fundamentalmente de una planta de presión hidráulica y de un cilindro de tracción. El valor de la tracción se determina a través de una celda de carga mediante lectura continua de esfuerzos, mientras que la medición de los desplazamientos, se realiza mediante un flexímetro digital de registro continuo posicionado en una barra de referencia externa a la zona de carga. Los valores registrados se vuelcan en una curva carga-desplazamiento, lo que permitirá junto a los datos de caracterización físico-mecánica de los suelos, determinar los parámetros de cálculo al corte en la superficie de interacción anclaje suelo. Los resultados mostrados en el presente trabajo, se centran en el desarrollo del equipamiento detallado y de una serie de seis ensayos desarrollados para la prueba del equipamiento, a partir del cual surgieron modificaciones necesarias en el diseño propuesto.

Palabras Clave:

Suelos - Geotecnia - Anclajes.

Introducción

En el diseño estructural, en la vinculación estructura resistente y suelo, se presenta la necesidad de utilizar sistemas que transmiten al estrato de suelo sollicitaciones de tracción (Fundación excéntricas, bases de muros de sostenimiento, anclajes de mástiles y antenas), en general esta problemática se resuelve mediante sistemas estabilizantes gravitacionales o bien con anclajes diseñados y calculados con parámetros obtenidos de tablas de suelos equivalentes.

El suelo de la provincia de Misiones, debido a la meteorización de los basaltos presenta algunas características propias y que ameritan ser estudiadas. Como alcance del proyecto, se han de estudiar



los suelos regionalmente conocidos como colorados lateríticos. Para una etapa posterior de investigación se espera poder trabajar en el llamado comúnmente suelo tosca misionera que se encuentra en general en cercanías del techo rocoso.

Para la determinación de los parámetros de diseño mecánicos y geotécnicos necesarios para el análisis y cálculo de anclajes pasivos realizados en suelos residuales de la provincia de Misiones, resulta necesario contar con datos de ensayos reales a fin de poder calibrar modelos de cálculo aplicables a otras regiones, en diferentes suelos.

El presente trabajo expone las tareas realizadas, de diseño de equipamiento, y realización de una serie de seis anclajes en campo con la correspondiente extracción de los mismos para contar con los primeros registros de ensayo, y evaluar el desempeño de los dispositivos diseñados.

Los resultados obtenidos indican la necesidad de efectuar modificaciones en el diseño propuesto del equipamiento, así como en la disposición en planta de los anclajes a efectos de garantizar la no influencia entre ellos.

Metodología

Los procedimientos metodológicos seguidos se centran en la necesidad de realizar una serie de tareas en forma secuencial con el objetivo de ajustar los equipos y ensayos planificados.

Se realizó una serie corta de anclajes en campo para lo cual se aplicaron algunos desarrollos de implementos tanto de ejecución de los pozos como asimismo en el diseño de dispositivos de interacción entre el anclaje de hormigón y las celdas de cargas y sistemas de medición. Seguidamente se extracción de los anclajes utilizando la máquina de carga diseñada y construida para tal fin.

En el análisis de los resultados de los ensayos se tomaron nota de los problemas ocurridos tanto en la ejecución de los mismos, como en la respuesta de los distintos equipos utilizados. Finalmente, ello permitió el rediseño de algunos equipos e implementos para su utilización en los ensayos previsto en el programa de investigación a realizar en campo.

- Equipos e implementos utilizados

Equipo de perforación



Para la perforación se utilizó un equipo de perforación manual Stihl en reemplazo del desarrollado durante el proyecto de investigación el cual resultó imposible su finalización por los costos, teniendo presente que no se recibe ningún tipo de apoyo económico para la realización de este proyecto más allá de costo de los recursos humanos. Este equipamiento manual fue facilitado por una empresa local y consta del propulsor, mechas hoyadoras, y barras prolongadoras para lograr realizar las perforaciones hasta una profundidad de 2mts. Si bien este equipo tiene la desventaja de la profundidad de realización, la cuales suficiente para la realización del proyecto, tiene la ventaja de sus fácil transporte y utilización. En la Figura 1 se da una imagen del equipo y de la mecha de perforación.

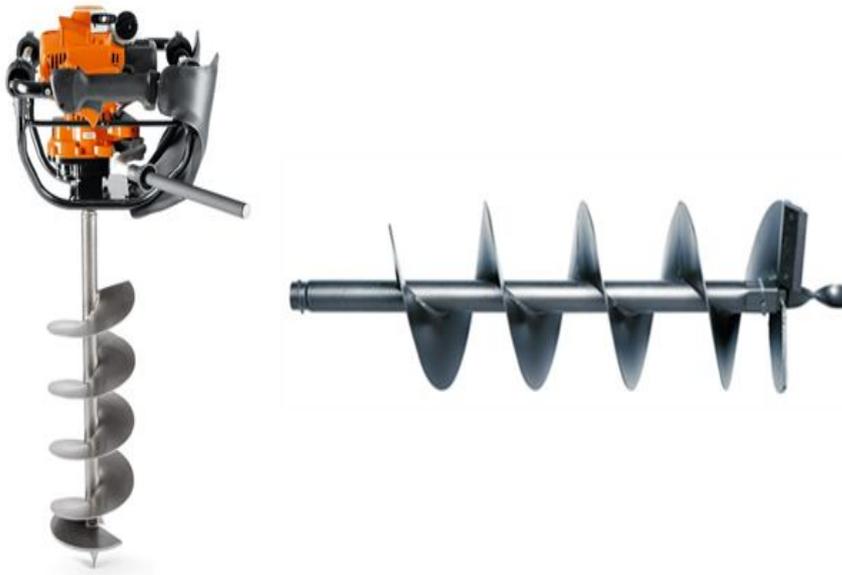


Figura 1: “Equipo de perforación empleado”

Equipo de adquisición de datos

Central de adquisición de datos: El equipo utilizado fue desarrollado por un grupo de profesionales y alumnos de la unidad académica abocado a proyectos de investigación en el área de diseño de este tipo de dispositivos. El mismo está preparada para el comando de un mayor número de celdas de cargas y comparadores de lo utilizado en el presente proyecto, ya que se lo utilizará también en los bancos de carga de la facultad en el desarrollo de diferentes proyectos de investigación y trabajos de extensión.



El dispositivo consta básicamente de una central de medición transportable en un maletín y se conecta a un equipo de computación, en este caso se utiliza una netbook, a través de conexión por cable de red digital con lo cual su utilización en trabajos de campo es simple.

En su tablero se observa los distintos conectores a celdas de cargas y distintos comparadores de medición según se detalla en la Figura 2.

Este dispositivo permite la medición de la carga simultáneamente con los desplazamientos ocurridos a efectos de poder a través de procesos posteriores graficar la curva carga-desplazamiento. Los datos enviados desde la central a la computadora se asientan en un archivo convertible a planilla excel para su posterior procesamiento.



Figura 2: “Equipo de adquisición”

Dispositivo de medición: La central de adquisición toma los datos de carga y desplazamiento. Los datos de cargas son enviados al dispositivo desde la celda de carga que se encuentra entre el sistema hidráulico de carga y el gancho de tiro del anclaje conforme se puede apreciar en la Figura 3.

La celda de carga de tracción se encuentra entre las horquillas de tiro del sistema de carga y su capacidad es de 10 tn. máximo. Para la medición de los desplazamientos se utilizó un comparador digital que envía en tiempo real a la central el corrimiento del anclaje referido a una regla fija apoyada fuera del círculo de rotura del anclaje.

Como se observa el sistema de medición consta del comparador y de un cabezal regulable sobre una extensión del anclaje, realizada con un hierro redondo que permite el movimiento y ajuste del cabezal a la puntera del comparador.



Figura 3: “Montaje de celda de carga y flexímetro en campo”

Dispositivo de carga

Pórtico de carga: Este pórtico sostiene y oficia de reacción al esfuerzo realizado por el cilindro hidráulico que realiza la tracción sobre el anclaje.

Está constituido por una estructura de perfiles con 4 patas que apoyan en el suelo a través de placas de segmentos de tablones que reparten la carga en el suelo, estos apoyos poseen un sistema de ajuste de altura a efecto de que las patas apoyen todas correctamente en el suelo. Las patas se encuentran separadas dando una apertura de 1.50m. En la Figura 4 se muestra el equipo montado.



Figura 4: “Pórtico de carga y accesorios en campo”

Central hidráulica: Para el accionar del cilindro de carga se ha fabricado una central hidráulica transportable accionada por un motor eléctrico trifásico de 3HP, que consta además de válvulas reductora de caudal, y los comandos de movimiento del cilindro y el consiguiente reservorio de liquido hidráulico. En la Figura 5 se da una imagen fotografica del mismo.



Figura 5: “Equipo hidráulico y comando”

Equipos auxiliares

Dado que los ensayos de extracción de anclajes se realizan en lugares donde no se dispone de instalación eléctrica trifásica para el accionar de los dispositivos eléctricos de comandos y la hidráulica del sistema como asimismo el traslado del pórtico de carga de un anclaje a otro se debió fabricar un carro para el posicionamiento del sistema.

Grupo electrógeno: Se dispone de un grupo electrógeno trifásica ya que se debe comandar la central hidráulica que posee un motor trifásico. Asimismo el mismo dispone de conexión monofásica requerida para la alimentación de la central de medición. El mismo es facilitado por una empresa local.

Carro de desplazamiento del sistema de carga: Como vemos el equipo de trabajo es pesado e incomodo de maniobrar, y dado que se piensa realizar un estudio en numerosos anclajes, de un primer momento se observo la necesidad de un transporte y posicionamiento a través de algún dispositivo de maniobra, por lo tanto se diseño con ese criterio el carro de movimiento. No obstante el pórtico de carga es desarmable, una vez en la zona de trabajo, el mismo debe ser

desplazado en las distintas posiciones de los anclajes a ensayar, y este equipo lo permite a través de rodamientos y gatos hidráulicos de elevación, posee además un eje de giro para su exacta ubicación.



Figura 6: “Carro desarrollado para el desplazamiento del Pórtico de Carga”

- Preparación de los anclajes

Se realizó un breve conjunto de ensayos con el objetivo de probar los distintos dispositivos y equipos que se utilizarán en los ensayos programados en el proyecto. A tal fin se prepararon 6 anclajes de distintas profundidades que oscilaban entre 0,80m y 1,40m, en tipo de suelo laterítico de relleno compactado. Se eligió ese tipo de lugar con ese tipo de suelo por la facilidad de ubicación. Estos anclajes disponían de una armadura longitudinal de diámetro 12mm doble con un lazo en el extremo superior donde se colocó la horquilla de tracción. El diámetro de los anclajes fue de 0.20m. En su parte superior se dispuso un hierro redondo liso diámetro 16mm donde se reguló el capuchón para ajuste del comparador (Figura 7). Los anclajes se realizaron con un hormigón estructural tipo H-21.



Figura 7: “Disposición de comparador y dispositivo de ajuste”

- Ejecución de los ensayos de prueba

Habiendo transcurrido el tiempo necesario para el endurecimiento de los hormigones se procedió a la realización de la extracción de los anclajes con la utilización plena de los distintos equipamientos y dispositivos de carga y medición. Se realizó la secuencia de ensayos posicionando el pórtico, regla sostén del comparador y dispositivos de registro.

La extracción de los anclajes se realizó mas allá de la carga de rotura sugerida por una fluencia del sistema con disminución de carga, hasta la extracción física del anclaje a efecto de observar el círculo superior de rotura del suelo con levantamiento del mismo (Figura 8).

La respuesta de los distintos anclajes resulto algo diferente tanto en carga como en el tamaño de la zona de levantamiento. Esta diferencias se atribuyen a las distintas profundidades de los anclajes.

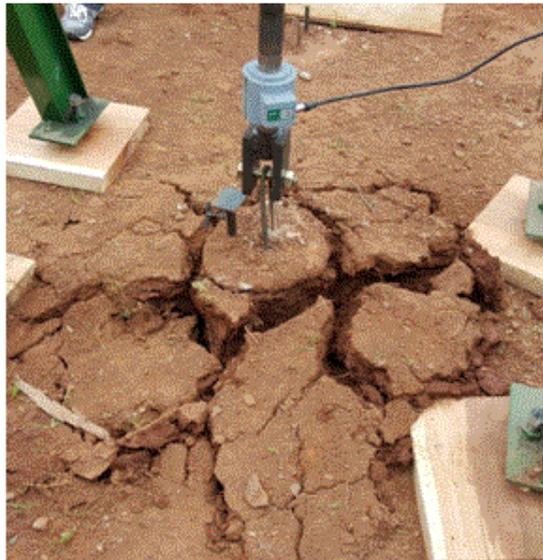


Figura 8: “Ensayo ejecutado. Levantamiento del suelo en torno al anclaje”

Resultados y Discusión

De los seis anclajes preparados para su extracción en campo, durante los ensayos se descartaron dos, debido a problemas operativos en la disposición del equipamiento, el cual se tradujo en una mala operación del equipo sin registro de lectura de los dispositivos de medición.

En los cuatro restantes los resultados se asentaron según lo previsto a través del sistema de lectura del comparador y la celda de carga, los valores de fuerza de tracción en Tn y los corrimientos en 1/10mm.

El sistema lo registro como un archivo en forma de tabla con una frecuencia de 0,2s del inicio del mismo. Esta tabla está preparada para ser leída con una planilla excel. Con ello se materializaron las curvas detalladas en la Figura 9 donde se observa la respuesta carga-deformación en los



cuatro ensayos validos.

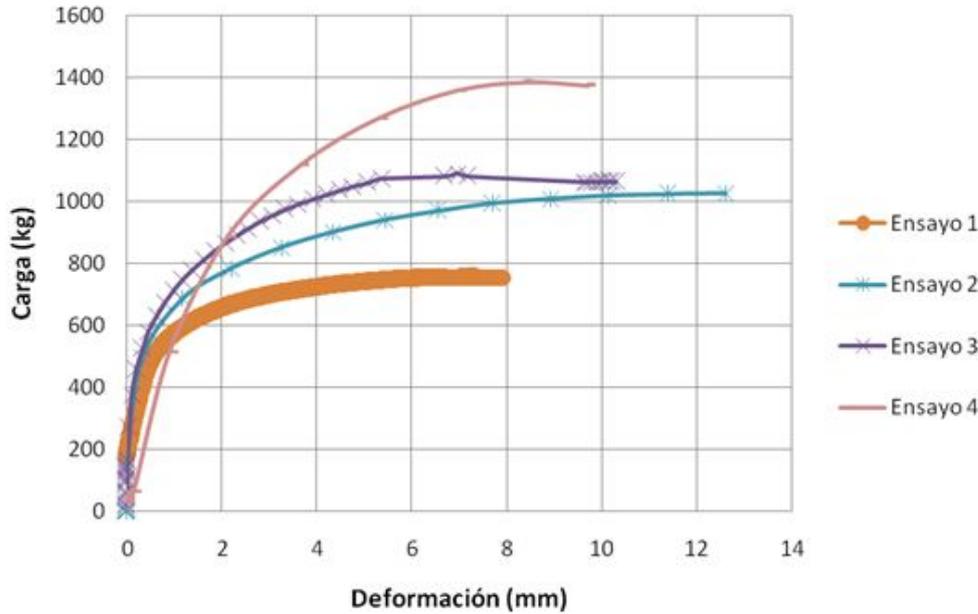


Figura 9: “Curvas Carga-deformación obtenidos en ensayos válidos”

Las curvas obtenidas, más allá de las imprecisiones ocurridas en estos ensayos cuyo fin resulto la detección de problemáticas en el equipo, muestran la respuesta de los anclajes desarrollados.

Los resultados indican una clara carga máxima de rotura, con una forma de curva característica, con zona inicial que se podría asimilar a una correlación lineal y una segunda zona con carácter de fluencia, es decir una deformación sin incremento de carga.

Las diferentes respuesta en cuanto a los valores absolutos de rotura se deben a las diferentes profundidades en la ejecución de los anclajes.

En cuanto a los problemas surgidos en los ensayos, rediseño y ajustes de los dispositivos se pueden citar los siguientes:

Poco espaciamiento entre las patas del pórtico de carga: La separación actual es de 1.50m que es poco para los anclajes programados. Esto se visualiza en los circulo de rotura y levantamiento del suelo. Las patas quedan dentro de la impronta de estos círculos de roturas que muestran en superficie el área del cono de rotura y por lo tanto podría al estar las patas dentro del mismo afectar la precisión de los ensayos al tener estos conos una carga adicional otorgando al sistema una mayor estabilidad durante el ensayo de tracción afectando los resultados. Si los anclajes son realizados a una profundidad de 2m como máximo y teniendo presente que el cono de rotura se proyecta hacia la superficie con un ángulo de 30° respecto de la vertical el paso de las patas debe



ser corregido hasta tener una apertura de 2.50m como mínimo.

Mayor precisión en el comando del sistema hidráulico de carga: Se observó que era muy difícil lograr una baja velocidad en el incremento de la carga, esta velocidad baja es necesaria para tener una adecuada precisión en la determinación de la curva y posiblemente pueda afectar el valor de la carga última. Para ellos ya se estuvo trabajando en el agregado de válvulas adicionales para limitar el caudal en el cilindro de tracción sin afectar la regulación de la presión otorgada por la bomba hidráulica.

Problemas menores: Se anotó algunos problemas de menor envergadura como conexiones y fijaciones los cuales deberán ser tenidos presentes en la próxima serie de ensayos a realizar.

Conclusiones

Se logró realizar el diseño y construcción de un conjunto de equipos necesarios para la ejecución de ensayos de anclajes en campo.

Se prepararon y ensayaron seis dispositivos de anclaje en suelo limo arcilloso conocido regionalmente como suelo colorado, de origen residual, y en el cual se perforaron y hormigonaron los anclajes mencionados.

Mediante el empleo de los dispositivos de aplicación de carga y de medición de deformaciones se obtuvo un registro continuo del comportamiento carga desplazamiento, y se observó en superficie la formación de un cono de arranque de diferente diámetro conforme la profundidad de cada anclaje ensayado.

Los resultados se califican como satisfactorios, teniendo presente que el objetivo de los mismos fue la prueba de los equipos para detectar problemas, los cuales fueron registrados y se plantea resolverlos a la brevedad para la continuación del proyecto que espera obtener resultados de una serie de veinte ensayos proyectados y cuyos anclajes en campo ya fueron confeccionados.

Referencias

- DE SALVO, O. E. (1990). El Perfil de Meteorización de las Rocas Basálticas y su Importancia en la Ingeniería de Fundaciones. Revista Técnica de las Asociaciones Paraguayas de Estructuras y Geotecnia (APE y APG). Ediciones y Arte SRL. Año 1, Nro 1, Octubre 1990. Asunción, Paraguay. p. 33-46.
- FOOKES, P. G. (2004). Suelos Residuales Tropicales. Hombre Nuevo Editores. Medellín, Colombia. p. 235.
- GIDIGASU, M. D. (1976). Laterite Soil Engineering – Pedogenesis and Engineering Principles. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. p. 554.



NAVARRO R.U. (2002) Manual de Anclajes en Obras de Tierras. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. p. 214.