



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **1 070 270**

⑫ Número de solicitud: U 200900809

⑬ Int. Cl.:
E02D 1/02 (2006.01)

⑭

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

⑮ Fecha de presentación: **29.04.2009**

⑯ Solicitante/s: **Universidad de Burgos**
c/ Hospital del Rey, s/n
09001 Burgos, ES

⑰ Fecha de publicación de la solicitud: **08.07.2009**

⑱ Inventor/es: **Ibáñez García, Sergio Jorge;**
Porres Benito, José Ángel y
López Ausín, Víctor

⑲ Agente: **No consta**

⑳ Título: **Barra instrumentada para medir energía real en ensayos de penetración dinámica de registro continuo.**

ES 1 070 270 U

DESCRIPCIÓN

Barra instrumentada para medir energía real en ensayos de penetración dinámica de registro continuo.

5 Sector

La presente invención se encuadra en el sector de la Ingeniería Geotécnica que se ocupa del estudio de los suelos de cimentación *in situ*; en particular, el estudio que implica una perforación del suelo o que implican una perturbación de la superficie del suelo en aras de llevar a cabo tareas de investigación de cimentaciones, excavaciones, obras subterráneas o bajo el agua y/o análisis de materiales por determinación de sus propiedades físicas, en general (ED02D 1/00), antes de los trabajos de construcción (E02D 1/02).

Estado de la técnica

Los ensayos *in-situ* son de las pruebas más usuales para caracterizar un terreno en cuanto a su identificación, resistencia y/o deformabilidad. Dentro de los ensayos *in-situ*, los ensayos de penetración son, con seguridad, los más utilizados.

A estos ensayos de penetración, aún siendo los más usados, no se los conoce con la debida profundidad. Las correlaciones que existen, relacionadas con el ensayo de penetración estándar SPT, son múltiples y, aún teniendo muchas limitaciones, son correlaciones comúnmente aceptadas y consideradas como válidas para el cálculo de las características georresistentes, de deformabilidad y de algunos parámetros de identificación de un suelo.

El principal problema es que existen numerosos tipos de ensayos de penetración, cada uno con sus características particulares. Intentar correlacionar los resultados de unos con los de otros es labor, no sólo imprescindible, sino que, lamentablemente, muy complicada. Las fórmulas que actualmente existen no son más que fórmulas aproximadas.

La penetración está íntimamente relacionada con la energía nominal del ensayo, que es la energía potencial que tiene la maza que, con una determinada masa, es elevada hasta una altura de caída sobre el yunque, o pieza que descansa sobre el varillaje.

Es necesario, por tanto, conocer en profundidad el mecanismo de transmisión de esa energía y su propagación hasta el cono para comprender el comportamiento y los resultados de estos ensayos.

Existen dos grandes tipos de ensayos de penetración dinámica: los ensayos de penetración estándar y los ensayos de penetración dinámica de registro continuo.

El mecanismo de hincado en estos dispositivos es similar al de la hincado de pilotes prefabricados.

En pilotes prefabricados se ha venido midiendo la energía desde hace bastantes años, siendo Housel, W. (1965) el primero que hablaba de la energía real que atravesaba el elemento de hincado, denominándola ENTHRU.

Toda esta experiencia extraída de la hincado de pilotes, se empezó a aplicar por los investigadores Schmertmann, J.H. & Smith, T.V. (1977), en medidas de energía sobre equipos de penetración estándar.

Muchos otros investigadores han adaptado dispositivos para el cálculo de medidas de energía real (ENTHRU) en otros equipos de penetración estándar (SPT), publicando diversos artículos que se citan en la bibliografía.

No existen artículos de investigación en los que se haya adaptado esta tecnología para medir energías reales en el otro tipo de ensayos de penetración dinámica: los de registro continuo.

Es necesario medir esta ENTHRU, porque los resultados de los ensayos de penetración dinámica hay que corregirlos para tener en cuenta la diferente eficiencia energética de los equipos de penetración con los que se realizan los ensayos. Los resultados hay que referenciarlos con respecto a los resultados que se obtendrían con respecto a un equipo que tuviese una eficiencia energética del 60%.

Bibliografía

Abou-matar, H. & Goble, G.G. (1997). "SPT dynamic analysis and measurements". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Oct-1997, 921-928.

Aoki, N. & Cintra, J.C.A. (2000). "The application of energy conservation Hamilton's principle to the determination of energy efficiency in SPT test". Proc. 6th International Conference on the Application of Stress-Wave Theory to Piles, S. Niyama and J. Bein, eds., Balkema, Sao Paulo, Brazil, 457-460.

Butler, J.J., Caliendo, J.A., Goble, G.G. (1998). "Comparison of SPT energy measurement methods". Proc. of the 15th International Conference on Site Characterization, Atlanta. Balkema, Rotterdam, Vol. 2, 901-905.

Daniel, C.R., Howie, J.A. & Sy, A. (2003). "A method for correlating large penetration test (LPT) to standard penetration test (SPT) blow counts". Canadian Geotechnical Journal, Vol. 40, 66-77.

Farrar, J.A. (1998). "Summary of Standard penetration test (SPT) energy measurement experience". Proc. of the 1st International Conference on Site Characterization, Atlanta. Balkema, Rotterdam, Vol. 2, 919-926.

Housel, W. (1965). "Michigan study of pile driving hammers". Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 91, No. SM5, 37-64.

Ibáñez, S.J., Sagaseta, C. & Díez, R. (2006). "Relaciones entre resultados de ensayos de penetración dinámica". 7º Simposio Internacional de Estructuras, Geotecnia y Materiales de Construcción. CD de comunicaciones. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

Kovacs, W.D. & Salomone, L.A. (1982). "SPT hammer energy measurement". Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 108, No. GT4, 599-620.

Matsumoto, T., Sekiguchi, H., Yoshida, H. & Kita, K. (1992). "Significance of two-point strain measurement in SPT". Soils and Foundations, Vol. 32, No. 2, 67-82.

Odebrecht, E., Schnaid, F., Maia Rocha, M. & De Paula Bernardes, G. (2005). "Energy efficiency for standard penetration tests". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 131, No. 10, 1252-1263.

Odebrecht, E., Schnaid, F., Maia, M. & De Paula, G. (2007). "Closure to "Energy Efficiency for Standard Penetration Tests" by Edgar Odebrecht, Fernando Schnaid, Marcelo Maia Rocha, and George de Paula Bernardes". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 133, No. 4, 488-490.

Sancio, R.B. & Bray, J.D. (2005). "An assessment of the effect of rod length on SPT energy calculations based on measured field data". Geotechnical Testing Journal, ASTM, Vol. 28, No. 1, 1-9.

Sy, A. & Campanella, R.G. (1991). "An alternative method of measuring SPT energy". Proc. of the 2nd International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics in St. Louis, Missouri, USA. 499-505.

Schmertmann, J.H. (2007). "Discussion of "Energy Efficiency for Standard Penetration Tests" by Edgar Odebrecht, Fernando Schnaid, Marcelo Maia Rocha, and George de Paula Bernardes". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 133, No. 4, 487-488.

Schmertmann, J.H. & Smith, T.V. (1977). "A summary of SPT energy calibration services performed for the Florida DOT under service contract 99700-7150-010". Final Research Report 245*D73, College of Engineering, University of Florida, Gainesville, Florida.

Schmertmann, J.H. & Palacios, A. (1979). "Energy dynamics of SPT". Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 105, No. GT8, Proc. Paper 14769, 909-926.

Explicación de la invención

Los equipos de penetración consisten en un cono o punta que, embebido en el terreno, queda unido a un varillaje vertical. Sobre este varillaje descansa una pieza denominada yunque, o cabeza de golpeo, sobre la que se deja caer, de forma libre desde una determinada altura, una maza que tiene una determinada masa. Este golpeo produce una penetración en el terreno. La maza tiene una determinada energía potencial teórica, pero como existen pérdidas de eficiencia energética, al varillaje solamente le llega una porción (ENTHRU) de dicha energía potencial teórica.

Este aparato permite calcular la energía real (ENTHRU) que atraviesa el varillaje de un equipo de penetración dinámica de registro continuo durante un golpe.

Para el cálculo de la ENTHRU, se usará el método usado en ensayos de penetración estándar, denominado método FV, que integra en el dominio del tiempo el registro de la fuerza multiplicado por el registro de la velocidad.

Se necesitan varios sensores de instrumentación (3) y (5) para medir y calcular la fuerza F, que atraviesa el varillaje y la velocidad producida en el mismo.

Los sensores se adosan a una barra de acero, que es la barra que se denominará barra instrumentada (1). El acero no tiene características especiales, siendo un acero normal como el usado en el varillaje de este tipo de equipos de penetración, con las mismas características que las del resto del varillaje.

Para realizar las medidas se necesita también un equipo acondicionador y de adquisición (7). Este equipo base deberá incluir un alimentador de corriente, un reloj y un módulo fuente de calibración interna. Tiene que tener características de no multiplexado, que permita que no haya desfase en las medidas de los diferentes canales. Deberá de

ES 1 070 270 U

ser un equipo adaptado a las medidas de fenómenos dinámicos con una frecuencia de muestreo mínima de 25,6 kHz por canal. El equipo dispondrá de un filtro anti-aliasing. Para un fenómeno dinámico como este, se considera necesario su empleo. Este tipo de filtro consiste en un filtro paso bajo, que elimina todas las frecuencias que sobrepasan la frecuencia crítica (la que se corresponde con un poco menos de la mitad de la frecuencia de muestreo elegida).

También se necesitará un ordenador portátil (8) que, conectado al equipo acondicionador y de adquisición, por medio de alguna aplicación informática, permita grabar y realizar el posterior tratamiento de los datos.

La posición de la instrumentación debe ser tal, que situándose lo más arriba posible del varillaje, cumpla con las recomendaciones de la normativa AENOR-CEN (2005). “Norma EN ISO 22476-2:2005”. Esta norma recomienda que la instrumentación se coloque a una distancia mínima de 10 veces el diámetro de la barra, desde el punto de golpeo. Por otro lado, se necesita que la instrumentación (3) y (5) esté lo más arriba posible porque lo que se plantea es hacer una medición de la energía en la cabeza del varillaje.

Finalmente se dispuso la instrumentación (3) y (5) de tal modo, que su centro de gravedad está a 32,6 cm desde el punto de impacto. Cumple por lo tanto la distancia mínima de 10 veces el diámetro de la barra que es de 3,2 cm.

Se han dispuesto 4 galgas extensométricas (5) en generatrices opuestas de la barra instrumentada (1). Dos inmediatamente arriba de la sección donde se ubican los acelerómetros (3) y otras dos inmediatamente debajo.

Estas galgas (5) trabajan de forma independiente. Cada una de ellas está montada en configuración de un cuarto de puente de Wheatstone. Son galgas de la marca Tokio Sokki Kenkyujo, del modelo FLA-1-11-1 L.

Se han utilizado unos cables libres de oxígeno apantallados (6) para que la señal llegue con la mejor calidad posible. Los cables usados son los Pinanson INSTALLATION MICRO-LINES OFC-EC RF 00609 R. Finalmente los cables se unen al equipo de adquisición por medio de conectores de tipo LEMO de 6 pines.

Los acelerómetros (3) se montaron sobre unas piezas de acero (2) que se soldaron a la barra instrumentada, en la posición que se ha explicado anteriormente. Ambas piezas se disponen según generatrices opuestas de la barra.

Los acelerómetros (3) deben ir roscados a dichas piezas de acero (2). Es necesario interponer un material no metálico (se planteó teflón, nylon, o silicona) entre el acelerómetro y la pieza metálica soldada, que actúe a modo de filtro mecánico.

Se trata de dos acelerómetros piezoeléctricos ICP, modelo M350B03 con acondicionador de señal integrado, uno de ellos tiene una sensibilidad de 0,393 mV/g y el otro de 0,403 mV/g.

Son acelerómetros especiales para su uso en fenómenos de impacto. Tienen un rango de medida de hasta una aceleración de 10000 g (el límite de rotura se establece en 50000 g). La frecuencia hasta la que el fabricante certifica un comportamiento lineal puede llegar hasta 10000 Hz.

Los cables utilizados (4) han sido unos cables de 3 metros de longitud, de bajo ruido, del tipo CBL, que terminan en un conector del tipo BCN, a través del cual se conectan al equipo de adquisición.

Breve descripción de los dibujos

El equipo se compone de una barra de acero de 32 mm de diámetro (1). Sobre ella se disponen unas piezas, también de acero soldadas (2). Sobre dichas piezas se acoplan dos acelerómetros (3). Los acelerómetros se conectan por medio de cables CBL (4). Sobre la barra se disponen 4 galgas extensométricas (5), dos en una generatriz de la barra y otras dos en la generatriz opuesta. Estos sensores de deformación se acoplan a unos cables libres de oxígeno apantallados (6).

Para alimentar los sensores, acondicionar su señal, grabar y para realizar el posterior tratamiento de los datos se necesitan un módulo acondicionador y de adquisición (7) y un equipo PC portátil (8).

Modo de realización de la invención

Descripción de un ejemplo de realización

Para la realización de un ensayo se debe seguir este proceso:

1- Se monta el equipo de penetración dinámica con la barra instrumentada.

2- Se conectan todos los sensores al módulo acondicionador y de adquisición y a su vez, este módulo se conecta al PC portátil.

3- Se configura la aplicación introduciendo las sensibilidades de los sensores y definiendo las frecuencias de muestreo, y los parámetros de adquisición.

ES 1 070 270 U

4- Se equilibran los puentes de Wheatstone de las galgas extensométricas.

5- Se acciona el equipo de penetración para que ejecute un golpe con la maza.

5 6- Con los datos obtenidos con el módulo de adquisición se calculan las diversas variables necesarias para medir la energía real (ENTHRU):

Primero se calcula la media de los valores de deformación unitaria de las 4 galgas extensométricas y por elasticidad se calcula la fuerza F.

10

Luego se hace la media de los valores de aceleración de los dos acelerómetros.

Se calcula la velocidad, integrando en el dominio del tiempo el registro de la aceleración.

15

La energía se calcula por el método FV, integrando en el dominio del tiempo el producto de la fuerza por la velocidad.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Barra instrumentada para medir energía real en ensayos de penetración dinámica de registro continuo, que se **caracteriza** por estar constituida por un núcleo metálico de acero coincidente en propiedades físicas y mecánicas con los del resto de varillaje del equipo de penetración.

10 2. Barra instrumentada para medir energía real en ensayos de penetración dinámica de registro continuo, según reivindicación anterior, a la que se adosa unos sensores de instrumentación para permitir obtener registros de fuerza y velocidad para poder ser integrados en el dominio del tiempo para poder medir energía real.

15 3. Barra instrumentada para medir energía real en ensayos de penetración dinámica de registro continuo, según la reivindicación 1 y 2, que se **caracteriza** por disponer de cuatro sensores de medida de deformación y dos sensores de aceleración piezoeléctricos preparados para analizar fenómenos dinámicos.

20 4. Barra instrumentada para medir energía real en ensayos de penetración dinámica de registro continuo, según la reivindicaciones 1, 2 y 3, que se **caracteriza** por disponer de un elemento que actuará como filtro mecánico para evitar fenómenos de resonancia en los acelerómetros.

25 5. Barra instrumentada para medir energía real en ensayos de penetración dinámica de registro continuo, según reivindicaciones 1, 2, 3 y 4 que se **caracteriza** por conectar los sensores de instrumentación a un equipo acondicionador y de adquisición, adaptado a fenómenos dinámicos, no multiplexado, con alta frecuencia de muestreo y filtro antialiasing.

30

35

40

45

50

55

60

65

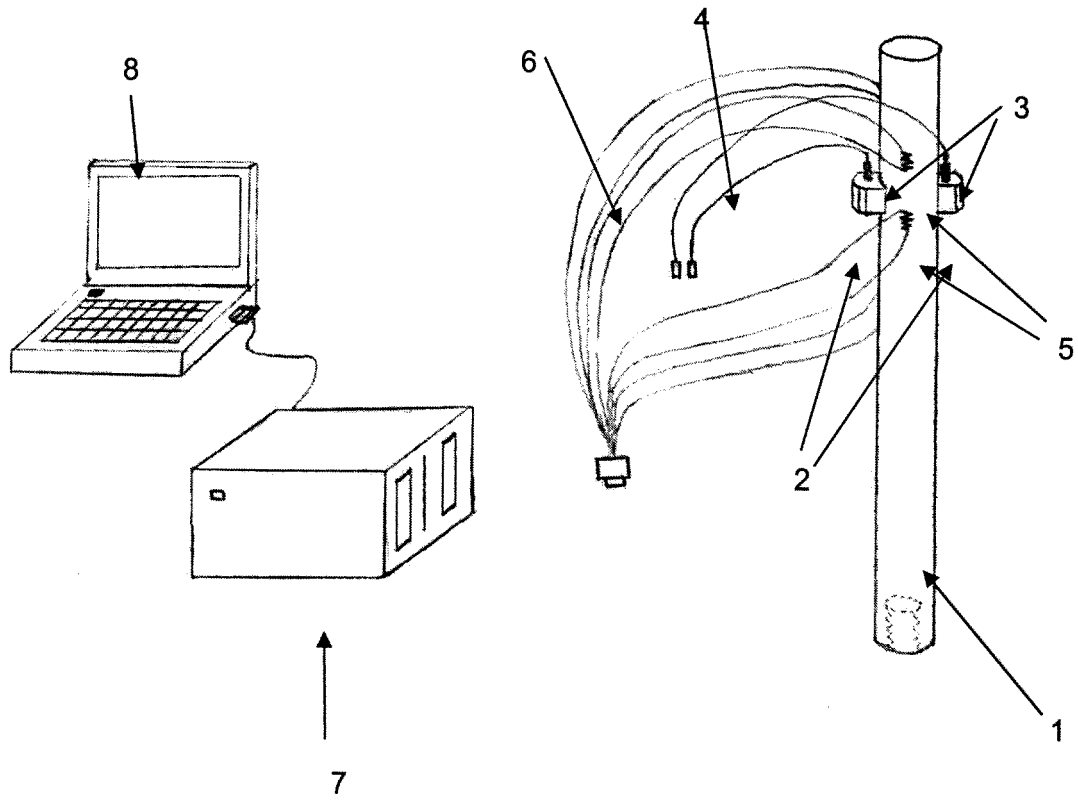


Fig. 1