



Protocolo de ensayo de integridad de pilotes

1. Propósito de este documento

El propósito de este documento es determinar las condiciones básicas para los ensayos de integridad de pilotes en las diversas zonas o secciones del referido proyecto. En base a la información suministrada por el propietario, la investigación del suelo del sitio, datos del proyecto (número y características de los pilotes), los requisitos de control de calidad establecidos y las normas internacionales, se proponen los siguientes criterios y procedimientos para los ensayos in situ de pilotes.

2. Generalidades

El ensayo de integridad de pilotes (en inglés, Pile Integrity Testing, abreviado PIT) es un método de ensayo de integridad no destructivo para pilotes de fundación. Se trata de un método de “baja deformación”, puesto que requiere el impacto de solo un pequeño martillo de mano. La evaluación de registros de PIT se realiza, ya sea según el procedimiento de pulsación-eco (o análisis en el dominio del tiempo del eco sónico) o de respuesta transitoria (análisis en el dominio de la frecuencia). Este ensayo está normalizado según ASTM D5882, Método de ensayo estándar para ensayos de integridad de impacto de baja deformación en fundaciones profundas.

3. Antecedentes

3.1 Información del suelo

Si se realizó cateos y trabajos de investigación del suelo en sitio:

3.2 Datos del proyecto de fundaciones sobre pilotes

Para los diversos sectores de la planta, el proyecto de fundaciones establece las distintas situaciones de fundación pueden verse en planos de fundación (diámetro, longitud y carga de los pilotes).

3.3 Normas de referencia

ASTM D5882 Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations (Método de ensayo estándar para ensayos de integridad de impacto de baja deformación en fundaciones profundas)

3.4 Áreas prioritarias

Si el propietario lo requiere se pueden definir áreas prioritarias de ensayo.

3.5 Selección de los pilotes a ensayar

El de pilotes serán sometidos a ensayo, como se establece en los requisitos del propietario. El propietario realizó la selección de los pilotes a ensayar, en coordinación con sus ingenieros asesores.

4. Condiciones generales para los ensayos de integridad de pilotes

Tomando en cuenta los requisitos del proyecto de ingeniería, se hace necesario preparar una serie de condiciones generales, en procura de homogeneizar la información resultante y de mejorar su eficiencia.

4.1 Descripción del método

Los ensayos de integridad de baja deformación se pueden aplicar a cualquier pilote de hormigón (por ej. pilotes de hormigón, fustes perforados, pilotes colados en obra perforados, pilotes de tubo rellenos de hormigón). El ensayo requiere de impactos con un pequeño martillo de mano en la parte superior del fuste y la medición del movimiento de la parte superior del fuste (aceleración o velocidad). La onda de compresión impactada por el martillo se refleja desde la punta del pilote (o por el cambio de la sección transversal, o un cambio de la calidad del material) y rebota hasta la cabeza del pilote en un intervalo de tiempo relacionado con la velocidad de la onda a través del material del pilote.



Foto1 Ensayo de integridad de pilotes.

La velocidad de la cabeza del pilote se representa en función del tiempo con una magnitud que aumenta exponencialmente, de tal modo que el reflejo desde la punta del pilote se ve incrementado. El promedio de velocidades amplificadas de varios impactos es el resultado estándar del método de ecos de pulsaciones. La fuerza en función del tiempo, si se tiene, brinda información adicional acerca de la calidad del material cerca de la cabeza del pilote.

El resultado del método de respuesta transitoria muestra la relación transformación de velocidad a fuerza para todas las frecuencias relevantes en una gráfica denominada Movilidad. Deberá mostrarse junto con la rigidez del pilote a baja frecuencia, que es un valor relacionado. La respuesta transitoria requiere la medición de la fuerza impactada por el martillo.



4.2 Equipo de ensayo

Se recurre a un equipo de integridad de pilotes (PIT, por sus siglas en inglés) fabricado por Pile Dynamics, Inc., (30725 Aurora Road, Cleveland, OH 44139, EE.UU.; www.pile.com/pdi; correo electrónico: sales@pile.com; teléfono: +1 216-831-6131; fax +1 216-831-0916. El equipo posee las siguientes características:

- La resolución de análogo a digital deberá ser, como mínimo, de 24 bits.
- La frecuencia de muestreo deberá ser, como mínimo, de 25.000 Hz.
- Se deberán almacenar los datos de tal modo que sea posible su procesamiento adicional o un posterior análisis de onda.
- Los datos se deberán desplegar en el campo para poder evaluar e interpretar la calidad de los datos de manera preliminar.
- Al equipo se le deberá poder adaptar un dispositivo medidor de movimiento que sea capaz de medir la aceleración, la velocidad y el desplazamiento causados por el impacto de un martillo de mano en la cabeza del pilote.

4.3 Personal para el ensayo

Los ensayos de campo deberán ser realizados por un técnico experimentado que cuente, como mínimo, con un año de experiencia en ensayos de integridad. No obstante, la interpretación de los registros requiere de una gran experiencia de parte de un ingeniero que cuente, como mínimo, con tres años de experiencia en ensayos de integridad.

4.4 Preparación de los ensayos

Para pilotes colados *in situ*, los ensayos de integridad no se deberán efectuar antes de que el hormigón se haya curado, como mínimo, siete (7) días, a no ser que el ingeniero disponga un plazo diferente. La cabeza del pilote no deberá tener agua, suciedad ni ningún otro desecho. El hormigón en la superficie de la cabeza del pilote deberá ser relativamente liso y brindar suficiente área para poder fijar el dispositivo sensor de movimiento y para los impactos del martillo.

Se recomienda probar la integridad de todos los pilotes. La DDO deberá especificar la ubicación de los pilotes designados para los ensayos de integridad (después, antes) de la instalación de los pilotes. Si inicialmente se ensayan menos del 100% de los pilotes, y si las circunstancias, ya sea durante la instalación de los pilotes o después de ella, dan razón a sospechas sobre su integridad, o si los ensayos iniciales revelaran defectos importantes, a discreción del ingeniero se podrán seleccionar pilotes adicionales para ser ensayados.

4.5 Ensayo de integridad *in situ*

Dos operadores del LCCF asumirán el ensayo PIT *in situ*, usando el equipo descrito en 4.2. Deberán ir provistos de toda la documentación que demuestre la aceptación y cumplimiento de todos los requisitos fijados por los servicios técnicos, específicamente en lo que respecta a disposiciones de seguridad.

La DDO o quien ella designe deberá identificar y ubicar los pilotes a ensayar.



De cada pilote se tomarán tres señales hasta que se pueda apreciar una similitud razonable entre ellos.

4.6 Presentación de resultados

A más tardar 2 días hábiles después de efectuado el ensayo de campo, el ingeniero de ensayos deberá presentar un informe con los resultados finales del ensayo y una evaluación de integridad. Para cada pilote ensayado se deberán incluir en el informe el registro de los promedios de velocidad amplificada respecto del tiempo (señales obtenidas) y una tabla que resuma los resultados y conclusiones de los resultados de ensayo diarios (informe diario). Se podrán incluir gráficas y análisis adicionales, conforme lo requiera o sugiera el ingeniero de ensayos.

5. Aceptación o rechazo

La aceptación o rechazo final de cada pilote será responsabilidad de la DDO, quien deberá observar e informar todos los errores o procedimientos erróneos en que se incurra durante la construcción del pilote. Cada anomalía o defecto importante observado en el hormigón o en las varillas de acero de refuerzo deberá ser motivo de una observación, la que podrá implicar el rechazo del pilote. En ese sentido, el resultado del ensayo PIT aporta datos complementarios para los procedimientos de recepción. Las varillas rotas o desplazadas no se pudieron detectar con el ensayo, y su importancia en cada caso deberá ser evaluada por la DDO.

Serán aceptables los fustes que no presenten reflejos importantes provenientes de puntos por encima de la punta del pilote y que muestren un claro reflejo de la punta. Cuando no se aprecie un reflejo nítido de la punta, el ingeniero de ensayos experimentado deberá establecer la profundidad del fuste a la que el ensayo parezca ser concluyente (SPC: sin punta clara). Cuando se aprecien reflejos desde puntos que presenten reducciones notorias del área del pilote, o reducción de la resistencia del material o de su rigidez por encima de la punta del pilote, esto significará que el pilote tiene un defecto grave. Si el registro es complejo, los resultados se podrán considerar no concluyentes. Los registros de construcción (uso del hormigón, registros de presión de lechada, perforaciones del suelo) pueden ser valiosos para interpretar los resultados, o se podrá utilizar adicionalmente un modelo de análisis numérico para poder cuantificar el registro. La decisión de rechazar una pieza y sustituir o reparar cualquier fuste defectuoso será responsabilidad única del ingeniero a cargo de los registros de la cimentación. Si la sección dañada se encuentra entre los 0 a 4 m de profundidad, la excavación del pilote podría ser recomendable para observar eventuales anomalías en el fuste.

Acciones correctivas

Los pilotes rechazados o cuestionables se pueden reemplazar. Los pilotes cuestionables se pueden someter además a un segundo ensayo PIT u otros ensayos, por ejemplo, ensayos de carga estática, ensayos de carga dinámica, perforación de núcleos de hormigón, sondeos ultrasónicos, etc. Las acciones correctivas pueden incluir la inyección de lechada a presión dentro de orificios en los núcleos. Si la cabeza del pilote parece dudosa, podría ser recomendable cortar la cabeza del pilote y volver a ensayarla. Si la mayoría de los pilotes se diagnostican como “no concluyentes”, es posible que se requiera la excavación parcial o total de los pilotes o que se aplique otro método de ensayo.

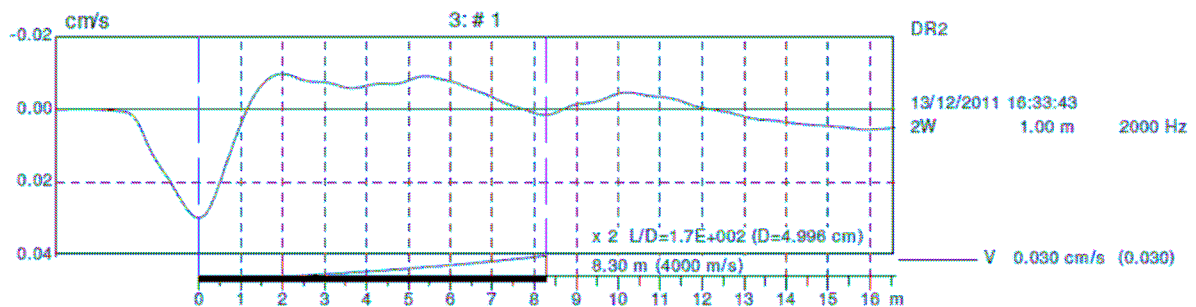
6. Resultados

Los resultados se presentan en forma gráfica en un archivo extensión pdf con todas las señales realizadas en el día. Se presenta además una nota con la síntesis de los resultados obtenidos y una tabla con la identificación de cada pilote, la longitud estimada proporcionada por la DDO y la longitud estimada por el equipo PIT.

Universidad de la República
 2011-12-13 CARGA

14/12/2011

PIT-W™ 2003-2



8. Pilotes seleccionados para ensayo

Todos los pilotes serán ensayados en esta obra.

Prof. Ing. Álvaro Gutiérrez
 Jefe Departamento de Ingeniería Geotécnica