

## SE-C Seguridad Estructural Cimientos

### 5 Cimentaciones Profundas

#### 5.4 Condiciones Constructivas y de Control

##### 5.4.2 Control

##### 5.4.2.1 Control de ejecución de pilotes hormigonados in situ

- 1 La correcta ejecución del pilote, incluyendo la limpieza y en su caso el tratamiento de la punta son factores fundamentales que afectan a su comportamiento, y que deben tomarse en consideración para asegurar la validez de los métodos de cálculo contemplados en este DB.
- 2 Los pilotes ejecutados "in situ" se controlarán durante la ejecución, confeccionando un parte que contenga, al menos, los siguientes datos:
  - b) longitud de entubación (caso de ser entubado);
  - c) valores de las cotas: del terreno, de la cabeza del pilote, de la armadura, de la entubación, de los tubos sónicos, etc;
  - d) tipos de terreno atravesados (comprobación con el terreno considerado originalmente);
  - e) niveles de agua;
  - f) armaduras (tipos, longitudes, dimensiones, etc.);
  - g) hormigones (tipo, características, etc.);
  - h) tiempos (de perforación, de colocación de armaduras, de hormigonado);
  - i) observaciones (cualquier incidencia durante las operaciones de perforación y hormigonado).
- 3 Durante la ejecución se consideran adecuados los controles siguientes, según la norma UNE-EN 1536:2000 (tablas 6 a 11):
  - a) control del replanteo;
  - b) control de la excavación;
  - c) control del lodo;
  - d) control de las armaduras;
  - e) control del hormigón.
- 4 En el control de vertido de hormigón, al comienzo del hormigonado, el tubo Tremie no podrá descansar sobre el fondo, sino que se debe elevar unos 20 cm para permitir la salida del hormigón.
- 5 En los pilotes de barrena continua se consideran adecuados los controles indicados en la tabla 12 de la norma UNE-EN 1536:2000. Cuando estos pilotes se ejecuten con instrumentación, se controlarán en tiempo real los parámetros de perforación y de hormigonado, permitiendo conocer y corregir instantáneamente las posibles anomalías detectadas.
- 6 Se pueden diferenciar dos tipos de ensayos de control:
  - a) ensayos de integridad a lo largo del pilote;
  - b) ensayos de carga (estáticos o dinámicos).
- 7 Los ensayos de integridad tienen por objeto verificar la continuidad del fuste del pilote y la resistencia mecánica del hormigón.

- 8 Pueden ser, según los casos, de los siguientes tres tipos:
- a) transparencia sónica;
  - b) impedancia mecánica;
  - c) sondeos mecánicos a lo largo del pilote.
- Además, se podrá realizar un registro continuo de parámetros en pilotes de barrena continua.
- 9 El número y la naturaleza de los ensayos se fijarán en el Pliego de condiciones del proyecto y se establecerán antes del comienzo de los trabajos. El número de ensayos no debe ser inferior a 1 por cada 20 pilotes, salvo en el caso de pilotes aislados con diámetros entre 45 y 100 cm que no debe ser inferior a 2 por cada 20 pilotes. En pilotes aislados de diámetro superior a 100 cm no debe ser inferior a 5 por cada 20 pilotes.

#### **5.4.2.2 Control de ejecución de pilotes prefabricados hincados**

- 1 Los controles de todos los trabajos de realización de las diferentes etapas de ejecución de un pilote se deben ajustar al método de trabajo y al plan de ejecución establecidos en el proyecto.
- 2 Se deben controlar los efectos de la hinca de pilotes en la proximidad de obras sensibles o de pendientes potencialmente inestables. Los métodos pueden incluir la medición de vibraciones, de presiones intersticiales, deformaciones y medición de la inclinación. Estas medidas se deben comparar con los criterios de prestaciones aceptables.
- 3 La frecuencia de los controles debe estar especificada y aceptada antes de comenzar los trabajos de hincado de los pilotes.
- 4 Los informes de los controles se deben facilitar en plazo convenido y conservarlos en obra hasta la terminación de los trabajos de hincado de los pilotes.
- 5 Todos los instrumentos utilizados para el control de la instalación de los pilotes o de los efectos derivados de esta instalación deben ser adecuados al objetivo previsto y deben estar calibrados.
- 6 Debe reseñarse cualquier no conformidad.
- 7 Se debe registrar la curva completa de la hinca de un cierto número de pilotes. Dicho número debe fijarse en el Pliego de condiciones del proyecto.
- 8 De forma general se debe reseñar:
  - a) sobre las mazas: la altura de caída del pistón y su peso o la energía de golpeo, así como el número de golpes de la maza por unidad de penetración;
  - b) sobre los pilotes hincados por vibración: la potencia nominal, la amplitud, la frecuencia y la velocidad de penetración;
  - c) sobre los pilotes hincados por presión: la fuerza aplicada al pilote.
- 9 Cuando los pilotes se hinquen hasta rechazo, se debe medir la energía y avance.
- 10 Si los levantamientos o los desplazamientos laterales son perjudiciales para la integridad o la capacidad del pilote, se debe medir, respecto a una referencia estable, el nivel de la parte superior del pilote y su implantación, antes y después de la hinca de los pilotes próximos o después de excavaciones ocasionales.
- 11 Los pilotes prefabricados que se levanten por encima de los límites aceptables, se deben volver a hincar hasta que se alcancen los criterios previstos en el proyecto en un principio (cuando no sea posible rehincar el pilote, se debe realizar un ensayo de carga para determinar sus características carga-penetración, que permitan establecer las prestaciones globales del grupo de pilotes).
- 12 No se debe interrumpir el proceso de hinca de un pilote hasta alcanzar el rechazo previsto que asegure la resistencia señalada en el proyecto. En suelos arcillosos, y para edificios de categoría C-3 y C-4, debe comprobarse el rechazo alcanzado, transcurrido un periodo mínimo de 24 horas, en una muestra representativa de pilotes.

### 5.4.3 Tolerancias de ejecución

- 1 Para pilotes hormigonados in situ se deben cumplir, salvo especificación en contra del Pliego de condiciones del proyecto, las siguientes tolerancias:
  - a) Posición de los pilotes a nivel de la plataforma de trabajo  
 $e < e_{\max} = 0,1 \cdot D_{eq}$ ; para pilotes con  $D_{eq} \leq 1,5$  m.  
 $e < e_{\max} = 0,15$  m, para pilotes con  $D_{eq} > 1,5$  m.  
siendo  $D_{eq}$  el diámetro equivalente del pilote.
  - b) Inclinación  
 $i < i_{\max} = 0,02$  m/m. para  $\theta \leq 4^\circ$   
 $i < i_{\max} = 0,04$  m/m. para  $\theta > 4^\circ$   
siendo  $\theta$  el ángulo que forma el eje del pilote con la vertical.
- 2 Para pilotes prefabricados hincados se deben cumplir los siguientes requisitos:
  - a) Posición de los pilotes a nivel de la plataforma de trabajo  
en tierra:  $e < e_{\max} =$  valor mayor entre el 15% del diámetro equivalente ó 5 cm  
en agua: de acuerdo con las especificaciones definidas en el proyecto.
  - b) Inclinación  
 $i < i_{\max} = 0,02$  m/m. para  $\theta \leq 4^\circ$   
 $i < i_{\max} = 0,04$  m/m. para  $\theta > 4^\circ$   
siendo  $\theta$  el ángulo que forma el eje del pilote con la vertical
- 3 Cuando se requieran tolerancias más estrictas que las anteriores, se deben establecer en el Pliego de condiciones del proyecto, y, en cualquier caso, antes del comienzo de los trabajos.
- 4 Para la medida de las desviaciones de ejecución se considerará que el centro del pilote es el centro de gravedad de las armaduras longitudinales, o el centro del mayor círculo inscrito en la sección de la cabeza del pilote para los no armados.

### 5.4.4 Ensayos de pilotes

- 1 Los ensayos de pilotes se pueden realizar para:
  - a) estimar los parámetros de cálculo;
  - b) estimar la capacidad portante;
  - c) probar las características resistente-deformacionales en el rango de las acciones especificadas;
  - d) comprobar el cumplimiento de las especificaciones;
  - e) probar la integridad del pilote.
- 2 Los ensayos de pilotes pueden consistir en:
  - a) ensayos de carga estática;
  - b) ensayos de carga dinámica, o de alta deformación;
  - c) ensayos de integridad;
  - d) ensayos de control.
- 3 Los ensayos de carga estática podrán ser:
  - a) por escalones de carga;
  - b) a velocidad de penetración constante.
- 4 Los ensayos de integridad podrán ser:
  - a) ensayos de eco o sónicos por reflexión y por impedancia, o de baja deformación;
  - b) ensayos sónicos por transparencia, o cross-hole sónicos.
- 5 Los ensayos de control podrán ser:
  - a) con perforación del hormigón para obtención de testigos;
  - b) con inclinómetros para verificar la verticalidad del pilote.
- 6 Conviene que los ensayos de carga estática y dinámica no se efectúen hasta después de un tiempo suficiente, que tenga en cuenta los aumentos de resistencia del material del pilote, así como la evolución de la resistencia de los suelos debida a las presiones intersticiales.
- 7 Para edificios de categoría C-3 y C-4, en pilotes prefabricados, se considera necesaria la realización de pruebas dinámicas de hinca contrastadas con pruebas de carga.