

1.- INTRODUCCIÓN

Hoy en día las características de la edificación y la necesidad de estructuras con mayores solicitaciones, llevan a que la utilización de sistemas de cimentación profunda sea cada vez más usual, siendo en determinadas zonas de nuestro país prácticamente la única solución debido a las limitaciones del terreno.

Dentro de las cimentaciones profundas existen dos grandes grupos:



Figura 1.- Proceso de hinca pilotes prefabricados.

- Pilotes in situ: Aquellos que se ejecutan perforando previamente el terreno y rellenado la excavación con hormigón fresco y las correspondientes armaduras.
- Pilotes prefabricados: Se denominan pilotes de desplazamiento, debido por el sistema de ejecución no se extrae el terreno, sino que en el proceso de hincar el pilote lo desplaza lateralmente.

Los pilotes prefabricados hincados son una buena alternativa para la cimentación de estructuras en terrenos flojos o blandos, funcionando muy bien como pilotes columna, es decir, transmitiendo la carga en punta a una capa lo suficientemente firme como para aguantar la solicitación sin peligro de rotura del estrato. A su vez el proceso de hinca genera una mejora adicional a las características propias del terreno.

Funcionan muy bien en terrenos homogéneos sueltos de naturaleza granular, como pueden ser las arenas de playa, o incluso las arcillas limosas de baja resistencia, pero siempre con un firme en el que apoyarse.

Este tipo de pilotes tienen forma y armadura similar a una columna de hormigón con refuerzos en los extremos para defender el pilote contra interferencias en la penetración (punta) y para resistir los golpes de la maza (cabeza).

La armadura del pilote surge de considerar los siguientes estados de cargas:

- Golpes y transporte en posición horizontal, izado de cáncamos en posición mas favorable
- Golpes de hincado
- Cargas de servicio tras la de puesta en carga la estructura (V, H, M)

El hincado se efectúa con una maquina pilotadora que levanta cada unidad, la apoya de punta sobre el suelo y la fuerza por medio de la caída de una maza desde una altura prefijada, golpeando sobre la cabeza del pilote en forma repetitiva hasta enterrarla en la longitud requerida. En la cabeza del pilote se dispone una sufridera, pieza de madera que recibe directamente los golpes de la maza que golpea, para evitar que se generen fisuras en cabeza de cada tramo de pilote hincado. Se introducen en el terreno por medio del hincado hasta que alcanza el rechazo, es decir, una cierta cantidad de golpes para un asiento determinado.

Cada pilote de una o varias piezas de directriz recta y sección constante poligonal o circular. Los empalmes de dichas piezas garantizarán mediante uniones que los pilotes funcionen como un único elemento.

Consta de un elemento especial en la punta para favorecer el proceso de hinca.

2. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Debido a su condición de prefabricados, los pilotes de hinca son mucho más rápidos y fiables de ejecutar que los in-situ siempre que en la obra se den las condiciones favorables para este tipo de solución, es decir:

- Generalmente grandes obras de edificación, donde no existan problemas derivados de las vibraciones.
- Donde el tiempo de ejecución sea un condicionante de gran relevancia.
- Donde se necesite solapar distintas unidades de obra. Es decir, que puedan realizarse a la vez labores de hinca, ejecución de encepados e incluso hormigonado de forjados.

Una gran ventaja es la posibilidad de empalmar tramos de este tipo de pilote, lo que les permite alcanzar grandes profundidades. Esto implica la necesidad de emplear juntas entre los tramos con lo que el coste se incrementa. Estas uniones se realizan mediante un sistema de de collarines metálicos que aseguran el comportamiento como un pilote continuo. (Fig. 3)

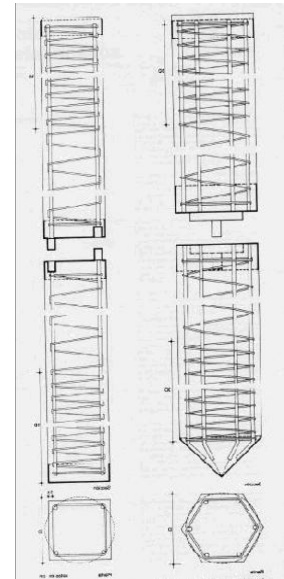


Figura 2.- Tipos de uniones.

No cabe duda que el pilote prefabricado, en estos casos, es más rápido y limpio de ejecutar, además de requerir menos medios auxiliares. Además ofrece más garantías de ejecución, debido al control de ejecución empleado en los elementos prefabricados y los mecanismos de auscultación y comprobación de los mismos una vez hincados.

Por el contrario, tienen un mal comportamiento en terrenos heterogéneos o estratificados con alternancia de niveles firmes y muy firmes con niveles blandos o muy blandos, así como en terrenos con presencia de niveles de encostramientos o con existencia de bolos o bloques de roca, que podrían interponerse en el camino del pilote.

Uno de los inconvenientes principales, es la ejecución de este tipo de pilotaje si hay construcciones próximas, ya que el proceso de hincado produce unas vibraciones enormemente perjudiciales para edificios cercanos y que puedan tener cimentación superficial, dichas vibraciones se transmiten por el terreno como esfuerzo horizontales. El ruido puede resultar así mismo inadmisibles en zonas urbanas.

2. PATOLOGÍAS POSIBLES EN PILOTES PREFABRICADOS. DESCRIPCIÓN Y ORIGEN DE LOS DAÑOS

La elección de un sistema de pilotaje que no se adapte a las características del terreno puede acarrear una serie de fallos en el pilote. Durante el proceso constructivo los principales inconvenientes que presenta este tipo de cimentación son:

- Desviación o rotura por la presencia de bolos o rocas de gran tamaño y resistencia.
- Roturas por fallas del material durante la hinca.
- Asientos inesperados de grupos de pilotes, cuyo comportamiento se diferencia del pilote que sirvió de ensayo.

Si atendemos al instante de materialización del daño se distinguen:

- Defectos detectados durante la ejecución. La consecuencia principal pasa por la repetición del pilote, y la adopción de las correspondientes medidas que corrijan los esfuerzos que se generen.
- Defectos ocasionados una vez oculta la cimentación. El fallo de un pilote suele provocar asientos en los pilares, produciendo daños de importancia tanto en estructura como en albañilería y acabados.

Atendiendo a las dos distinciones anteriores los daños provocados en pilotes prefabricados hincados se dividen aquellos que se producen por un desconocimiento del terreno o los debidos a un error de ejecución:

3.1. Daños provocados por desconocimiento de los condicionantes del terreno.

3.1.1. Falso rechazo. Provocado por la existencia de un estrato resistente o un bolo en medio de una capa blanda, sin llegar al firme, y el pilote quede apoyado en una capa intermedia o en una roca, que al estar inmersa en un estrato de resistencia inferior produzca asientos del pilote al entrar en carga.

3.1.2. Desviación respecto del eje del pilote. Debida al encuentro del pilote con un bolo o roca. Sin durante la hinca el bolo se desvía lateralmente durante el proceso, generará un empuje lateral sobre el pilote.

Si el bolo se encuentra en un estrato profundo, es posible que el empuje lateral sobre el pilote se vea contrarrestado con la resistencia del terreno, generándose un esfuerzo de flexión que dañe el pilote, y que incluso podría llegar a partirlo.

3.1.3. Rotura de la punta. Si el pilote encuentra en su camino un bolo o estrato de gran resistencia y tamaño podría producirse la rotura del pilote en punta. La rotura de la punta hace que la capacidad resistente del pilote se reduzca o bien desaparezca.

La resistencia por fuste se reducirá, ya que al romperse la punta, la longitud del fuste es menor. También se dará la situación de que si el pilote estaba calculado por su resistencia en punta, ésta desaparece al no llegar a apoyar el pilote en el firme.

3.1.4. Degradación del pilote por la existencia de aguas agresivas. Por desconocimiento del terreno el pilote podría atravesar un estrato con aguas agresivas con alto contenido en ion sulfato o en cloro, que atacarían al hormigón y posteriormente a sus armaduras.

Si se produce la erosión del hormigón las armaduras son incapaces de soportar el peso de la construcción y acaban por doblarse, provocando un importante asiento. (fig. 3)

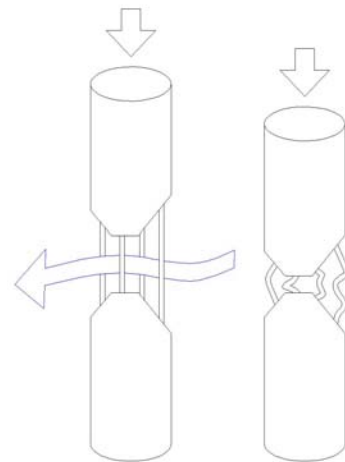


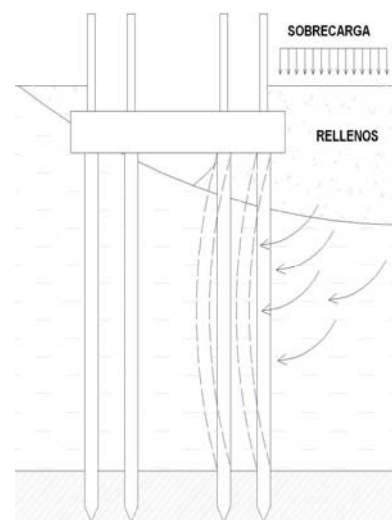
Figura 3.- Efecto aguas agresivas

3.1.5. Daños provocados por rellenos. Los rellenos pueden ser origen de 2 clases de daños:

- Si son utilizados como terreno de cimentación, constituyen una capa de suelo heterogénea y compresible. Si son rellenos de gran espesor, el asiento de éste dará lugar a esfuerzos de rozamiento en el fuste, lo que se materializará en rozamiento negativo, que se suma a la carga propia del pilote.

Si el estrato de apoyo del pilote no presenta bastante espesor y/o capacidad portante, la sobrecarga de los pilotes debida al rozamiento negativo y añadida al peso propio del relleno, es capaz de provocar el descenso del banco resistente o la rotura de los pilotes.

- Si funcionan como aporte, producen una sobrecarga en el terreno natural en razón de su propio peso. Lo que se transformará en empujes laterales. Si el volumen de relleno es importante y, en particular, si se emplea de manera permanente como zona de almacenaje de depósitos o como aparcamiento se establece una asimetría de cargas que crea la fluencia lateral de las capas inconsistentes atravesadas por el pilotaje, de la que resultan esfuerzos laterales que actúan en los fustes de los pilotes, deformándolos e incluso rompiéndolos. (fig. 4)



3.2 Daños provocados por errores de ejecución.

3.2.1. Pérdida de integridad del pilote por fisuración a consecuencia del proceso de golpeo para la hinca. Los pilotes precisarán de un sombrerete de acero, que tenga una almohadilla de material elástico, cuyo espesor no deberá ser excesivo, para no rebajar demasiado la eficacia del golpe de la maza.

3.2.2. Puede entenderse como defecto de ejecución el efecto de la hinca de un pilote sobre un pilote próximo.

Este hecho puede darse en suelos relativamente plásticos y saturados, donde el hincado genera un movimiento ascendente análogo al que produce la caída de un cuerpo en el agua.

La elevación del terreno donde se hincan los pilotes puede:

- Levantar el pilote en su totalidad si éste tiene suficiente resistencia (pilote prefabricado o pilote armado, moldeado y ya endurecido)
- Provocar el estiramiento y la rotura de la columna de hormigón si estuviera fresco.

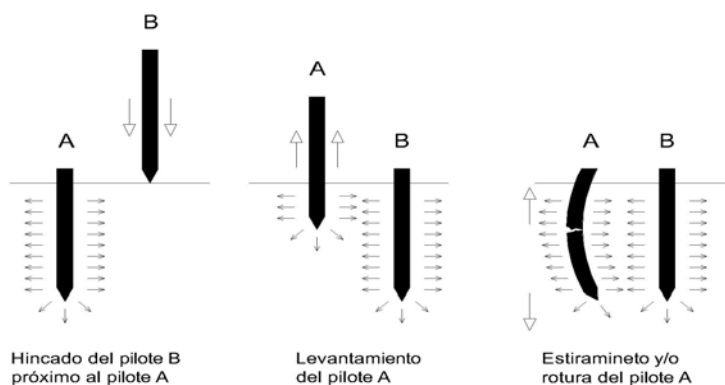


Figura 5.- Daño debido a hincados muy próximos.

4. PREVENCIÓN DE LOS DAÑOS

La prevención para este tipo de cimentación pasa por tener un conocimiento exhaustivo del entorno sobre el que se desarrolla de manera que puedan conocerse o preverse cualquier irregularidad o problema que pudiera surgir durante la hinca. Aun así pueden darse determinadas situaciones que pueden corregirse antes de que den lugar a daños o patologías:

- Si durante la hinca, el pilote se encuentra en su camino con un estrato resistente o un bolo en medio de una capa blanda, podría obtenerse un falso rechazo debido a que la maquinaria de hinca del pilote no tenga potencia suficiente para atravesar el estrato, o para romper la roca que hayamos encontrado en el camino. Este defecto es factible de detectar durante la ejecución, controlando las profundidades alcanzadas y comparándolas con la documentación que se posea sobre la profundidad del firme, y por lo tanto subsanable introduciendo nuevos pilotes, de forma que desplazándolos se salve el bolo encontrado, o bien repartiendo la carga entre un grupo de pilotes para que no produzcan asientos en el estrato intermedio.
- Si durante la hinca el pilote encuentra en su camino un bolo o roca en un estrato elevado, desviado respecto del eje del pilote, el bolo puede desviarlo lateralmente, generando un empuje lateral sobre el pilote que ocasionará una inclinación del mismo, que en la mayoría de los casos será apreciable y por lo tanto detectable en el control de la ejecución del pilote. Si no se ha introducido una longitud excesiva del pilote, es posible extraerlo e hincarlo en una posición desplazada, y si no es posible su extracción se podrán hincar nuevos pilotes a su alrededor, corrigiendo en ambos casos la excentricidad respecto del eje del pilar mediante vigas centradoras.
- Si la hinca se desarrolla a través de un estrato con aguas agresivas con alto contenido en ion sulfato o cloro, que puedan atacar al hormigón y/o a las armaduras del pilote, deberá preverse

con anterioridad en un estudio geotécnico mediante el estudio de la agresividad de esas aguas, lo que llevará a la confección de los pilotes prefabricados con cementos adecuados.

- Destacar que una vez construido, un pilote queda íntegramente rodeado de suelo, por lo que dificulta la verificación de la calidad del trabajo realizado. Para asegurarse que el pilotaje no presenta inconvenientes, tal y como marca el CTE, deberá recurrirse a ensayos no destructivos que midan la respuesta del pilote ante exigencias de carga.

El método empleado mas usual son las Pruebas de carga. En este tipo de ensayos se somete al pilote a cargas superiores a la máxima de servicio, observándose su comportamiento y obteniéndose la curva carga-asiento.

5. REPARACION DE LOS DAÑOS

Los pilotes que se hayan roto durante la hinca no deberán ser aceptados. Serán particularmente sospechosos de haberse roto los pilotes que, habiendo llegado a dar un rechazo muy pequeño, comiencen súbitamente a dar un rechazo mucho mayor y aquellos que presenten inclinaciones anormales durante el proceso de hinca.

Los pilotes rotos podrán ser extraídos y sustituidos por otros hincados en el mismo lugar, si la extracción es completa. En otros casos, podrán ser sustituidos por uno o dos pilotes hincados en sus proximidades; variando, si conviene, la forma y armaduras del encepado.

Los pilotes mal hincados, por falta de precisión en su posición o inclinación podrán ser sustituidos como un pilote roto.

Reparación de pilotes atendiendo al momento de aparición del daño:

- La reparación de los defectos en el pilote detectados durante la ejecución, pasa en la mayoría de los casos por la repetición del pilote, y la adopción de las correspondientes medidas que corrijan los esfuerzos que se generen. La importancia económica de la reparación de estos defectos está determinada por el número de unidades afectadas. En cualquier caso es siempre menor que si se detecta el defecto una vez oculta la cimentación.
- La reparación de los defectos en pilotes ocasionados una vez oculta la cimentación, tanto si se detectan en fase de obra, como si se detectan a posteriori durante la vida útil del edificio, suele necesitar un estudio complejo de las patologías del edificio, y pasa en la mayoría de los casos por un recalce mediante micropilotaje, con un elevado coste económico

6. CONSIDERACIONES FINALES

Debido a los fallos y patologías de los pilotes, resultan grietas en la edificación por asientos diferenciales y distorsiones en el apoyo.

Como medida preventiva será preciso cuidar concienzudamente la fase de ejecución de la cimentación con pilotes prefabricados, pero mas aun la fase de reconocimiento del terreno. Por tanto cobrará una mayor relevancia la redacción correcta del Informe Geotécnico de manera que el terreno quede suficientemente conocido, tanto en planta como en profundidad, así como la zona de afección del bulbo de tensiones del pilote o grupo de pilotes. Por ello concluir que un mayor desembolso de cara al reconocimiento geotécnico repercutiría favorablemente en cuanto al calculo y el diseño del pilote.

Cabe recordar que la aplicación de un sistema de pilotaje determinado debe estudiarse en función del tipo de terreno, las cargas a soportar, la entidad del edificio que se proyecta, el diámetro del pilote y los esfuerzos a los que se puede ver sometido.



Figura 6.- Ejecución pilote.

BIBLIOGRAFÍA

“Publicación en la Revista del COATM. Nº 217” José María Rueda.2002

“Seminario Monográfico. Cimentaciones y técnicas del suelo - Edificación. FCC”.

“Jornadas Técnicas SEMSIG-AETESS. Pilotes para la edificación” Antonio Soriano Peña. 2001.

“Curso aplicado de Cimentaciones” Jose Maria Rodriguez Ortiz. Publicaciones COAM.