

822 - 7

## **pilotes para cimientos impermeables**

GEORGES VIÉ, ingeniero

El problema que se pretende resolver consiste en verificar un cierre continuo por medio de pilotes, atravesando un terreno de aluvión en el que abundan los bloques aislados o terrenos de origen glacial que hasta el momento han presentado difíciles inconvenientes cuando se ha necesitado que los pilotes penetren formando una barrera impermeable.

Para vencer esta dificultad se han previsto pilotes obtenidos rellenando de hormigón los pocillos perforados, de 0,4 a 0,5 m de diámetro, y colocados en forma tangente o secante respecto a sus perímetros. Con este procedimiento se puede conseguir un verdadero muro de hormigón que se opone a la circulación subterránea de las aguas.

Estas cortinas pueden llegar a 100 m de profundidad, y su trazado puede ser curvo con objeto de aprovecharse del efecto de arco. Los pocillos se abren siguiendo el procedimiento de perforación vertical por percusión.

En general, esta forma de pilotes guarda una estrecha relación con los tablestacados; pero a veces son preferibles, pues mientras los segundos no son apropiados para todos los terrenos, los primeros se prestan a toda clase de formaciones y la impermeabilización que se obtiene es excelente. Todo lo contrario sucede con las cortinas de tablestacas, en las que las juntas pierden al ser enterradas, fenómeno que se ha observado muchas veces al emplear las tablestacas en un terreno poco permeable, ya que los desniveles por ellas creados en la capa freática son nulos o despreciables.



Las tablestacas metálicas se hallan expuestas a la corrosión y si las aguas que circulan por el terreno son agresivas o si se producen fenómenos de tipo electrolítico, cuyo origen hay que buscarlo en corrientes vagabundas; pero estos riesgos desaparecen con los pilotes hormigonados «in situ», ya que el hormigón se puede preparar con la condición de resistir a estos efectos o influencia química del medio.

Este tipo de pilote no tiene por único objeto la impermeabilización, sino que sirve de apoyo resistente para cimientos. La construcción de estos pilotes de 1,50 a 2 m de diámetro ha llevado a imaginar un sistema de perforación sin necesidad de trépano, entre los que se halla el «Hammar-Grab». Este dispositivo opera como si se tratara de un trépano de múltiples láminas y formando una especie de cilindro capaz de escombrar el fondo del taladro. Durante la perforación los terrenos se mantienen estables por un tubo metálico animado, hidráulicamente, por un movimiento de vaivén más o menos complicado, que permite descender los tubos de gran diámetro a una gran profundidad. Estos tubos se van recuperando a medida que avanza el hormigonado de abajo hacia arriba.

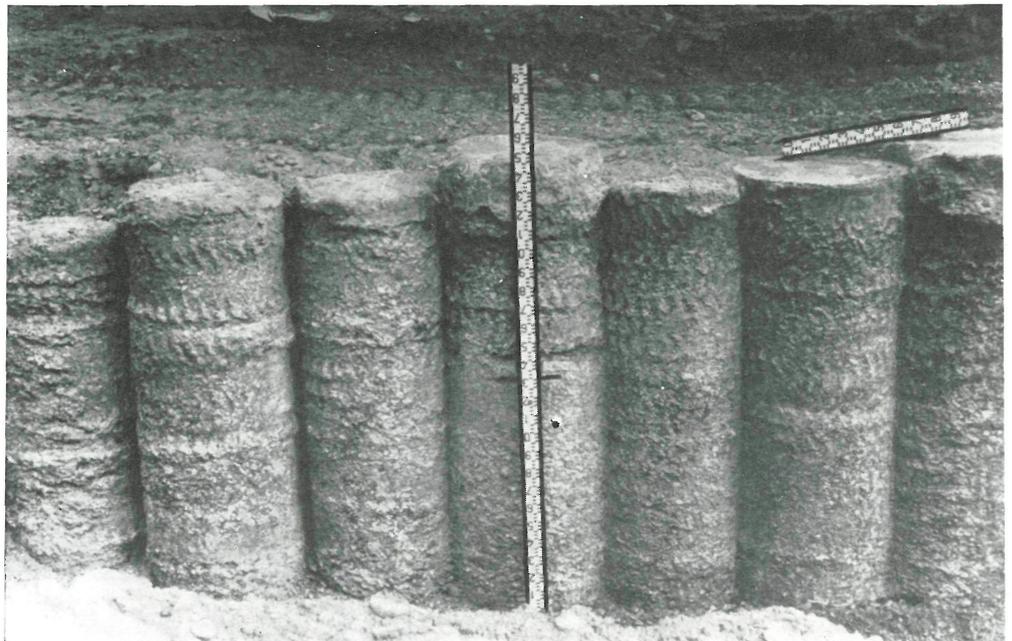
Con este método se puede descender, en terrenos secos o húmedos, a las profundidades del firme de apoyo de cimientos. Una de las máquinas más recientes de este tipo puede atravesar todos los terrenos sedimentarios con velocidades que pueden alcanzar hasta 5 m por hora en casos determinados.

En uno de los estribos del puente Kitchener sobre el Saône, de Lyon, los tubos que descendieron bajo el lecho del río encontraron bloques en su camino que, después de dinamitarlos por un buzo, el «Hammer-Grab» los extraía a pedazos de 50 a 100 kg. Siguiendo este procedimiento se han preparado pilotes de 1,25 m de diámetro, de 10 a 12 m de profundidad y anclados unos 2 m dentro de la roca.

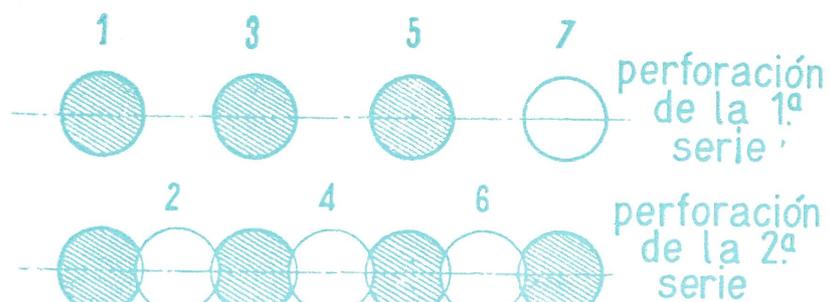
Entre el canal navegable y el de aportación del salto de Donzere se debía ejecutar un morro. Este morro debía resistir las corrientes violentas y la abrasión de los materiales arrastrados por el río Ródano. La protección del morro se hizo con este tipo de pilotes descendiendo tubos de 1,50 m de diámetro, de palastro de 12 mm de espesor y por elementos de 2 m de longitud, por medio del «Hammer-Grab» y con sus propios movimientos, en una profundidad de 14 m de arena y cantos rodados. Estos pilotes se anclaron descendiendo 1,5 m en el banco firme calizo, y se rellenaron de hormigón después.

En estos trabajos se exigió que la separación máxima entre pilotes sería de unos 5 cm; pero terminados estos soportes su separación resultó ser de sólo 3 cm. Cada pilote se perforó en 15 horas consecutivas y se hormigonaban a razón de 5 horas por unidad.

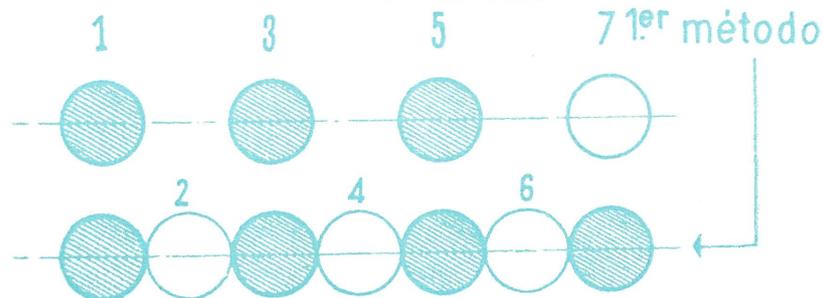
Quando se construyó el salto de Monteynard, en el valle del Drac, se tenía que formar una cortina de pilotes de 23 a 25,50 m tipo secante, anclados unos 0,50 m en un banco calizo del Lias que se hallaban cubiertos de 17 m de aluviones, cantos rodados y bloques calizos de 6 a 8,50 m. La perforación se efectuó con un trépano especial y el «Hammer-Grab».



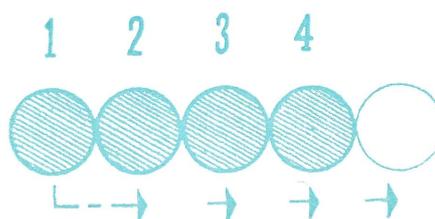
## PILOTES SECANTES

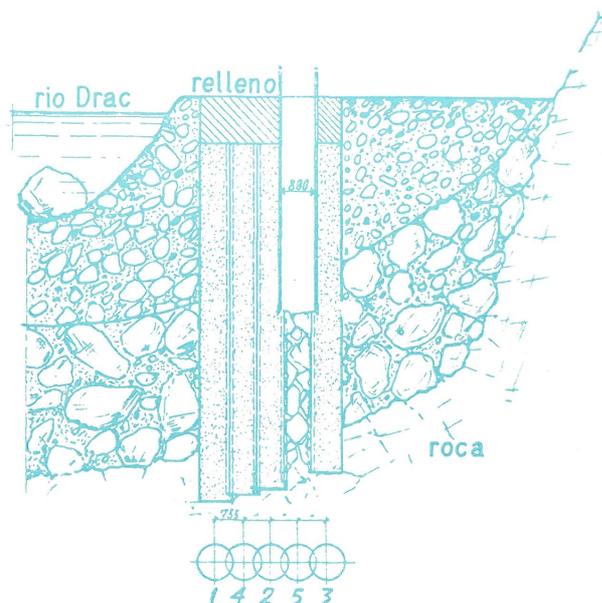
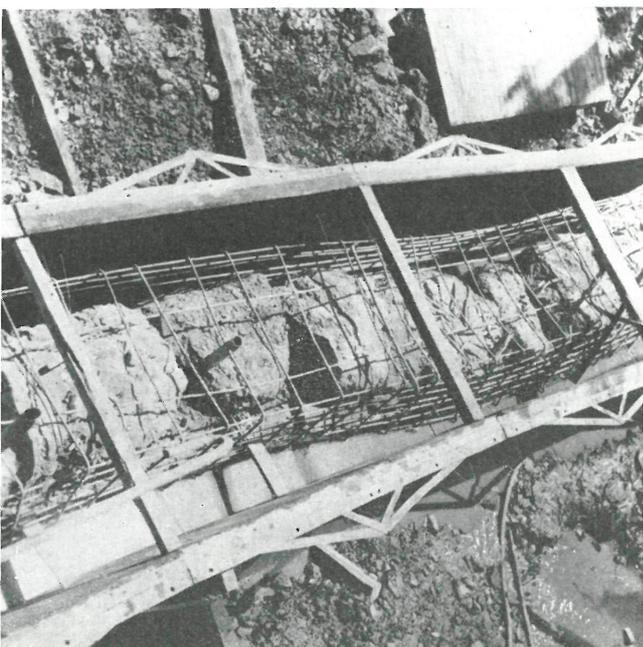


## PILOTES TANGENTES



## 2º método





El procedimiento empleado para la construcción de pilotes de este tipo, ya a tope o secantes, empieza perforando los taladros siguiendo un orden alternativo, es decir, la serie 1, 3, 5... de impares, por ejemplo; después se hormigonan con áridos de 15/30 y de preferencia machacados. Cuando el fraguado es suficiente, y antes de un acusado endurecimiento, se abren los pocillos 2, 4, 6... de la serie, pero de tal forma que se vaya cortando un entrante en el hormigón de los otros pilotes a la vez que avanza la perforación con el «Hammer-Grab».

Llegado al fondo del taladro se procede después a su hormigonado directo o, también, a rellenarlo con áridos 60/120 que después se inyectan con una lechada de cemento y arena fina. Si se trata de pilotes a tope, el taladro se rellena con hormigón, siguiendo, naturalmente, el orden de prelación de series impares y pares, respectivamente.

En el salto del bajo Durance, en los Alpes, se construyeron pilotes a tope y secantes. Los terrenos atravesados estaban constituidos por arena, grava y cantos rodados del orden de unos 0,25 m de diámetro. La velocidad de perforación ha sido del orden de 25 a 30 minutos en los 6 primeros metros y de una hora en los 6 restantes, medias que se han mantenido en profundidades de hasta 12 metros.

Los pilotes secantes empleados son de varios tipos: de 5 cm de penetración y otros de hasta 10. El hormigón empleado para rellenarlos se dosificó a razón de 700 litros de grava 25/30 cada 500 litros de arena y 300 kg de cemento Portland artificial. La interpenetración de los pilotes impares se realizó a las 24 horas de haberlos hormigonado.

Terminada la serie de pilotes secantes se procedió a realizar otra serie, pero ésta de tipo a tope, obteniéndose, respecto a velocidad de ejecución, resultados similares en los terrenos de aluvión. Las dosificaciones utilizadas en uno y otro procedimiento son similares.

Se aconseja, cuando se trata de una cortina de impermeabilización a través de terrenos de aluvión, similares a los que se han encontrado en el río Durance, que se empleen hormigones inyectados con lechadas coloidales, es decir, colocación en seco de áridos e inyección posterior, en la serie de números pares, ya que las exudaciones de la lechada inyectada, al pasar a los aluviones, da una fuerte impermeabilización.

Excavación para cimientos en el salto Monteynard.

Serie de pilotes secantes en el salto de Monteynard.

Cabezal de unión entre pilotes.



Cortina de pilotes secantes sobre el río Drac.

Fotos: J. DESPONGE

La experiencia ha demostrado que este procedimiento ofrece excelentes posibilidades y llegar a soluciones óptimas particularmente desconocidas en el campo de las tablestacas.

La central térmica de Porcheville, sobre la margen del Sena, tiene sus cimientos sobre los aluviones de arenas y cantos rodados que descansan sobre yeso más o menos alterado, pero que en profundidad se hace compacto. Al aumentar la capacidad de la central también se han visto aumentadas las cargas de trabajo sobre el suelo de sustentación y, como se descartó la solución de soleras de apoyo, las cargas impuestas resultaron excesivas para estas arenas y cantos rodados. Se estudiaron otras soluciones, pero, de no rebasar límites económicos, la compresibilidad de estas capas hacían dudosa la estabilidad de la obra. Esto hizo pensar en el empleo de los pilotes.

Los pilotes ordinarios tienen secciones inferiores a  $0,5 \times 0,5$  m, mientras que las máquinas perforadoras modernas llegan a diámetros de 1,50 m. El interés se concentró en los grandes diámetros para los pilotes, pues así se reduce el número de ellos y las losas que los unen entre sí y, si a esto añadimos que el terreno no se prestaba a la hincada por percusión, se comprenderá mejor el empleo de estos pilotes.

Los pilotes se han dispuesto formando un reticulado, de  $7,8 \times 5,50$  m, constituidos por 3 pilotes, de 1,03 m de diámetro, 37 de 1,26 y 22 de 1,53 m. Todos estos diámetros obedecen a las condiciones óptimas teniendo en cuenta el estado del terreno. Alguno de estos pilotes están sometidos a cargas concentradas de 800 a 900 toneladas.

En la cimentación del Centro Nacional de la Industria y la Técnica de París (ver el núm. 11 de INFORMES DE LA CONSTRUCCION) se han empleado pilotes de este tipo. También se han empleado con éxito en distintas obras de gran importancia en distintas partes de Francia, ya que su utilización está muy indicada en aquellos terrenos que abundan los cantos rodados y bloques que dificultan el empleo de otros procedimientos de cimentación.

