

# Nuevo Procedimiento de Fundación por medio de Cajas a grandes Profundidades por el Ingeniero Hans Burkhardt

PARA fundaciones a grandes profundidades bajo el agua, el método neumático ha sido hasta ahora la solución más segura, cualesquiera que sean las condiciones del subsuelo. Son numerosos los casos donde durante estos últimos 60 años se ha dado preferencia a este sistema de fundación en las condiciones más difíciles, con el mayor éxito, tanto en sentido económico como técnico.

Pero la aplicación de este método tiene su límite por el hecho de que el trabajo a una presión mayor de 3 atmós-

fundación hasta casi 40 m. bajo agua representa la construcción de los pilares centrales para el puente sobre el pequeño Belt.

Para reemplazar el servicio de balsa que comunica hasta ahora la isla de Fynen con el continente a través del «Pequeño Belt» en Dinamarca, la Dirección de los FF. CC. de Estado de aquel país licitó la construcción de un puente combinado para ferrocarril de doble vía y camino carretero, con una longitud total de 1.177 metros. (Fig. 2). El puente propiamente dicho, tiene 825 m. de lar-

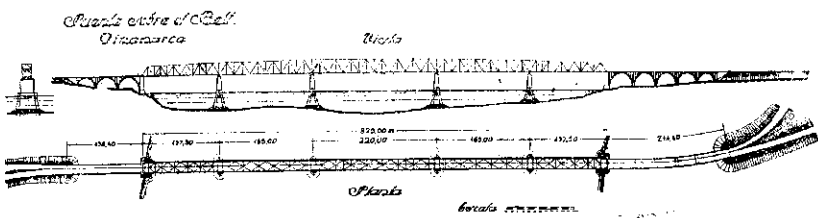


Fig. 2.

feras, es decir, a más de 30 m. bajo agua, constituye un serio peligro para la salud del personal obrero.

Un ejemplo muy interesante de una

go, está formado por dos vigas de enrejado tipo «Gerber», colocadas a 16,50 m. una de otra, con 4 apoyos intermedios a distancias variables de 220, 165 y 137,50

m.; los accesos están formados por arcos de hormigón armado; 5 arcos con 214 m. en total en un costado y 3 con 138 m. de largo en el otro.

A fin de permitir el paso de los barcos de gran calado, que cruzan continuamente esa zona, la luz libre del puente sobre el nivel normal del agua es de 31 m.

Las bases del concurso internacional preveían la fundación neumática para los pilares centrales, pero dejando al criterio de las empresas concurrentes de proponer otros sistemas de fundación más adecuados.

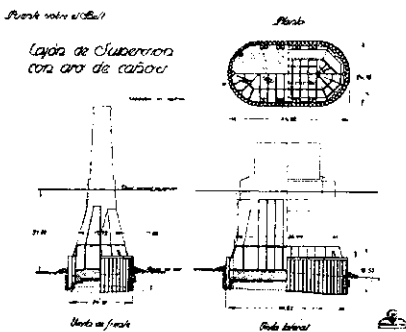


Fig. 5

El mar tiene en el lugar de la obra una profundidad variable de 24 a 30 m. El subsuelo se compone de arcilla compacta e impermeable. Considerando que la excavación de los cimientos debía llegar hasta 7 m. de profundidad, el pilar mayor tiene una altura de 68 m., correspondiendo de esta altura 37 m. debajo del agua y 31 m. sobre la misma. (Fig. 3 y 4). Como la estructura metálica tiene sobre los pilares una altura de 27 m., la altura total de la construcción completa llega a 95 m. La base de cada pilar tiene un largo de 44.82 m. y un ancho de 24,1 m., siendo la superficie de la base de 940 m<sup>2</sup>.

La ejecución del puente fué adjudicada a un consorcio de 4 empresas, corres-

pondiendo las fundaciones y demás obras de hormigón armado a la S. A. Grün y Bilfinger, de Mannheim, en colaboración con una empresa danesa. La empresa Grün y Bilfinger ha ideado y patentado un sistema de fundación que en esta obra se emplea por primera vez, aprovechando la impermeabilidad y uniformidad del subsuelo para evitar la ejecución de trabajos en aire comprimido.

La fundación de los pilares se hace por medio de enormes cajones de hormigón armado en la forma usada para fundaciones neumáticas, con la única diferencia que las paredes de la cámara de trabajo están formadas por un conjunto de caños de 1,20 m. de diámetro interior y 15 cm. de espesor, que en número de 98 constituyen un arco rígido que sobrepasa en 7 a 8 m. hacia abajo del techo de la cámara de trabajo. Lo esencialmente nuevo del procedimiento es que el cajón baja al sacar el material en el interior de los caños por un dispositivo adecuado desde arriba del agua, sin tener la necesidad de recurrir al empleo de aire comprimido.

La construcción de un cajón de 18 m. de altura que forma la parte inferior del pilar se efectúa en un varadero en posición invertida para después realizar su botadura como la de un buque (véase Fig. 5), espectáculo impresionante, como se desprende de la fotografía Fig. 1. Una vez puesto al agua un cajón, hay que hacerlo girar en 180°, lo que se consigue por lastre de arena y agua. Los detalles de este procedimiento están mostrados en la Fig. 5. La fotografía Fig. 6 muestra un cajón después de la botadura, cuando se rellena una parte de los caños con arena.

Antes de empezar a sumergir el cajón volcado, se van elevando sus paredes, fabricándose el hormigón por una instalación flotante. (Fig. 8). Obtenida la

Siempre sobre el Ball  
**Rotadura y Vueto del cajón de superación para el Pilar No 4.**

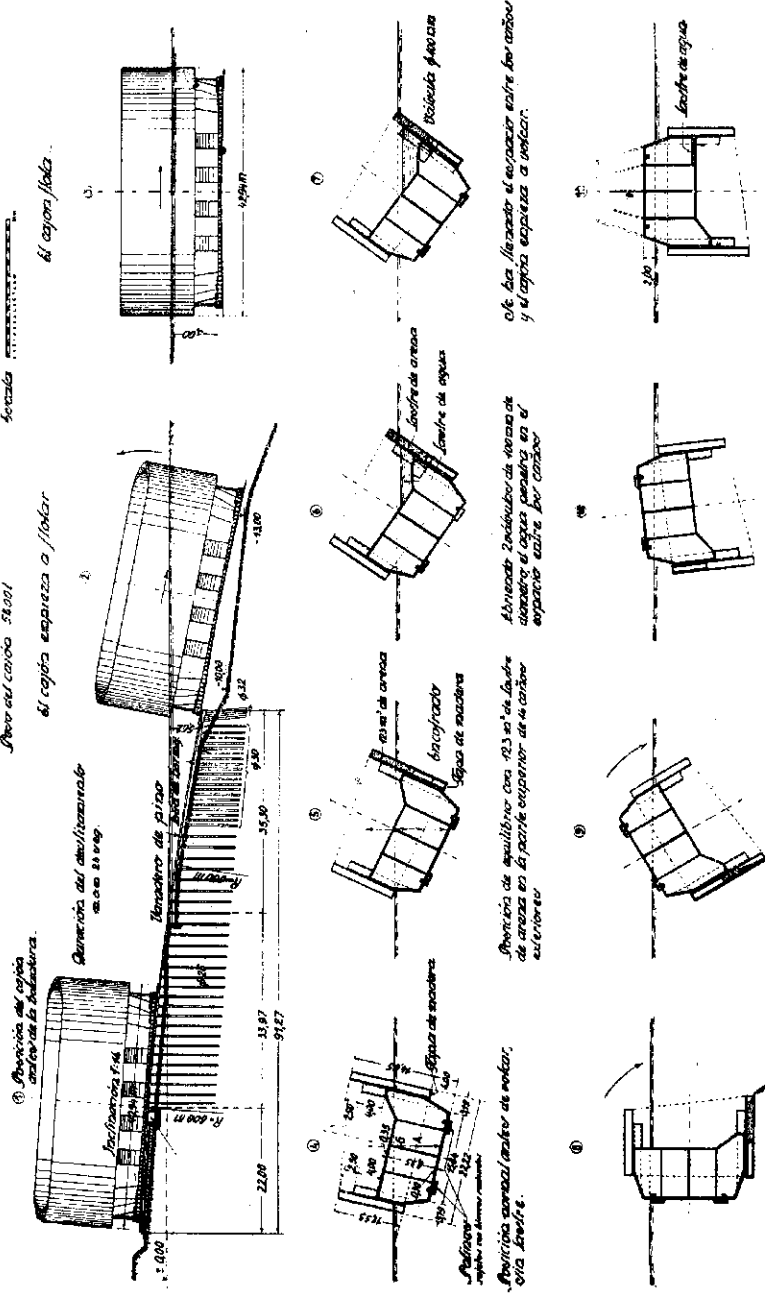


Fig. 5

altura del cajón correspondiente a la profundidad del agua, éste se remolca a su lugar definitivo. El anclaje de los cajones ofrecía grandes obstáculos debido a la enorme correntada del agua que llega hasta la velocidad de 2 m/seg. La sumersión del cajón hasta el fondo del mar se consigue llenando sus cámaras de agua.

Para hundir el cajón hasta la cota final, el aro de caños debe penetrar en el fondo de 7 a 8 m. hasta que el techo de la cámara de trabajo toque el fondo. Para este fin se prolongan provisoriamente los caños de hormigón armado por caños de acero del mismo diámetro,

hormigón de relleno el aro de caños constituye una empalizada rígida e impermeable de hormigón armado que permite efectuar la excavación y el hormigonado en la cámara de trabajo en seco, sin el empleo de aire comprimido.

Era suficiente hacer la excavación hasta solamente 2 a 3 m., teniendo ya en esta profundidad el material del subsuelo la resistencia necesaria.

Terminados estos trabajos de fundación, se procede a la construcción de la parte superior de los pilares, usándose instalaciones y procedimientos conocidos.

Hasta ahora se construyeron 3 pilares, desarrollándose los trabajos según le

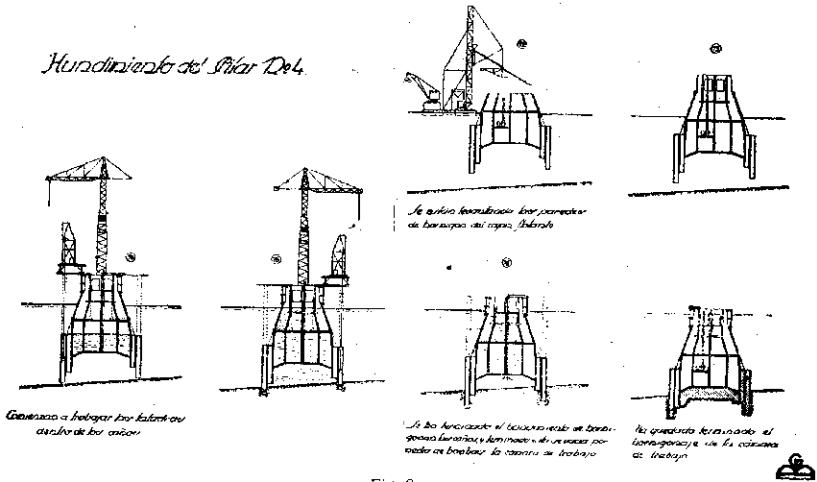


Fig. 8

que sobresalen de la superficie del agua y se excava el subsuelo debajo del aro de caños por medio de taladros especiales que trabajan dentro de los caños, extrayéndose el material por bombas de aire comprimido. Al hacerse la excavación, el cajón se hunde lentamente venciendo la resistencia del rozamiento en la superficie exterior de los caños por medio de lastre de agua. Una vez obtenida la profundidad deseada, se procede al hormigonado del interior de los caños por medio de un balde. Al endurecerse el

programa, a pesar de todas las dificultades que ofrecieron la botadura, el vuelco y la colocación de los cajones con sus medidas extraordinarias.

Sin duda, la idea realizada en la construcción del puente sobre el Pequeño Belt, de poder ejecutar fundaciones a profundidades tan grandes, por trabajar al aire libre y sin el empleo de aire comprimido, ofrece ventajas considerables y marca una nueva etapa en los sistemas de fundación.