

La tecnología Española en el Mercado Común

Puente de Ben-Ahin en Bélgica^(*)

Por JUAN B. RIPOLL

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Se describe la construcción, utilizando tecnología española, del puente atirantado de Ben-Ahin sobre el río Mosa en Lieja (Bélgica), prefabricado en su totalidad en la margen del río y posteriormente girado hasta su posición definitiva.

Es muy frecuente el caso de utilización de tecnologías extranjeras en nuestro país y no tan frecuentes los casos de exportación tecnológica, sin embargo el hecho de que España se nutra con frecuencia de tecnología exterior, debe considerarse un hecho normal. Los EEUU son el primer país del mundo en el pago de royalties y se considera un país de muy avanzada tecnología.

El puente de Ben-Ahin podría ser un ejemplo de exportación tecnológica y de como las técnicas españolas y los materiales fabricados en España se exportan a la Europa Comunitaria. Es la construcción de puentes una industria en la que España ocupa un lugar destacado en el mundo. El puente de Ben Ahin recientemente construido en Bélgica es una de las más significativas obras de la ingeniería europea. En sus tirantes y en sus tableros postensados se han aplicado los procedimientos CTT-Stronghold desarrollados en España y utilizando anclajes y gatos fabricados en Barcelona.

Utilizando una técnica prácticamente nueva, el puente se hormigonó paralelamente al río Mosa en Lieja y se giró. Pero lo que se giró no fue una estructura ligera sino una masa de hormigón, cables y acero, soportados por una pila de 84 metros de altura, con un tablero de 341 metros de longitud en total y cuyo peso ascendía a 16.000 toneladas. Es el mayor peso con mayores dimensiones girado en la historia de la ingeniería de puentes.

El constructor, la sociedad Richard-Duchene y el consultor Bureau Grisch concibieron una estructura atirantada para cruzar el Mosa en

Huy, cerca de Lieja y las características de la obra, con un río delante y tráfico ferroviario detrás aconsejaron un puente atirantado (Fig. 1).

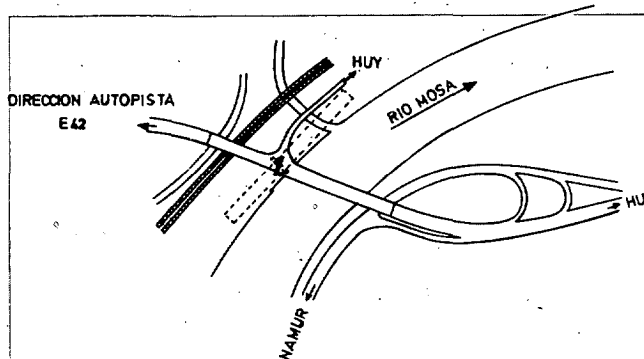


Figura 1.

La construcción de puentes atirantados con tableros de hormigón suele hacerse por voladizos sucesivos mediante carros de avance colocados simétricamente a los lados de la pila o por dovelas pero en este caso las vías del F.C., en la parte opuesta al río no dejaban espacio para ello.

Se pensó entonces que la margen del Mosa, horizontal y extensa en su longitud era un buen parque de prefabricación y se estudió la prefabricación del puente entero incluida su pila.

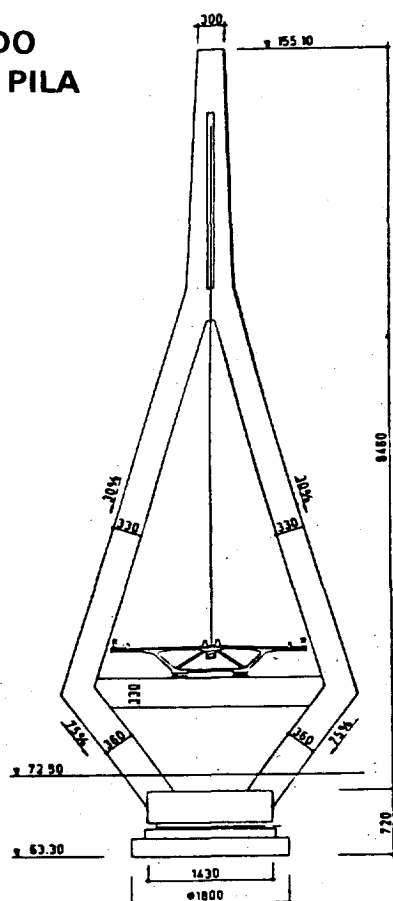
El esquema del puente se resume en la fig. 2 a y b.

Había que resolver problemas de postensado y de tirantes, y había que resolver el giro del puente. Todo fue estudiado detalladamente por Greisch y se llegó a la conclusión de que construir el puente paralelo al río y girarlo era la solución más económica.

Se construyó un gran apoyo giratorio con la

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de noviembre de 1988.

ALZADO DE LA PILA



pila encima, ver fig. 3 que reproduce la fase de construcción de la pila.

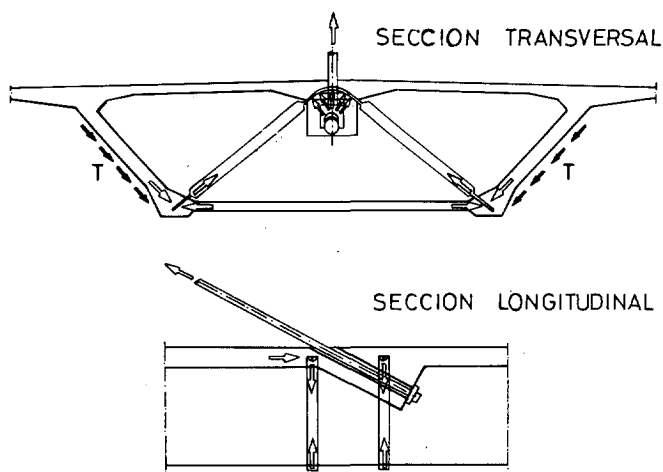


Figura 2-b.

LA PILA

La pila, que termina por su parte superior en una columna que aloja los tirantes, se abre en su base para dejar paso al tablero. La altura total es de 93,50 m. cerrándose en la parte inferior para ir a apoyarse en la cruceta giratoria que forma el apoyo de base.

Los anclajes superiores de los tirantes se apoyan en un dispositivo metálico en forma de caja que se integra en la pila. La riostra horizontal de la pila a nivel del tablero está también posada por 42 cables de 19 $\varnothing$ 0,6" lo cual ab-

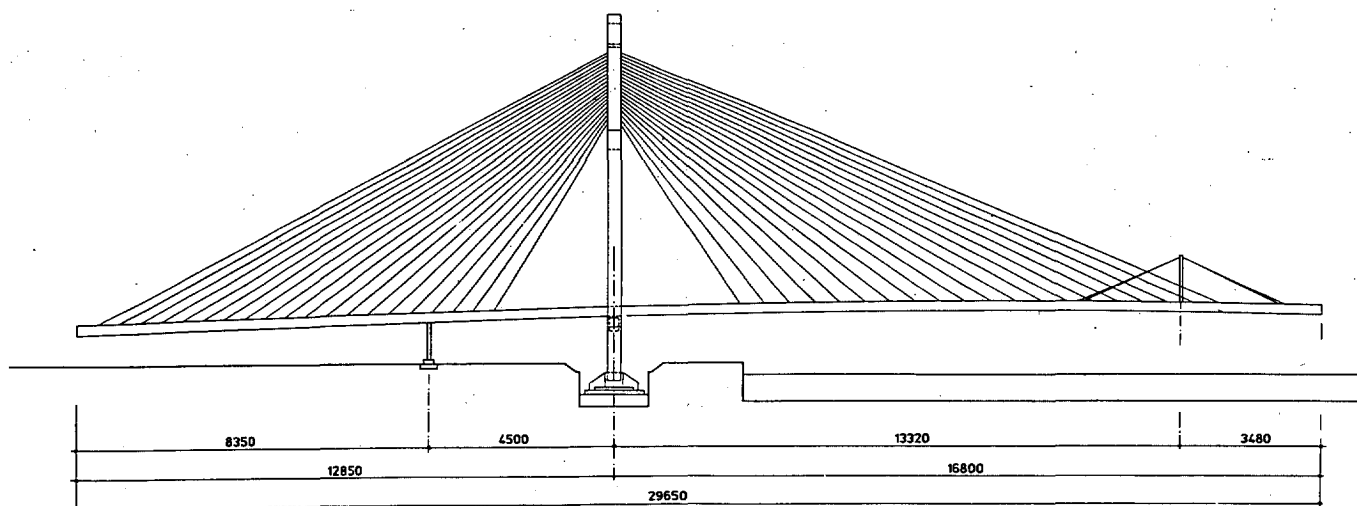
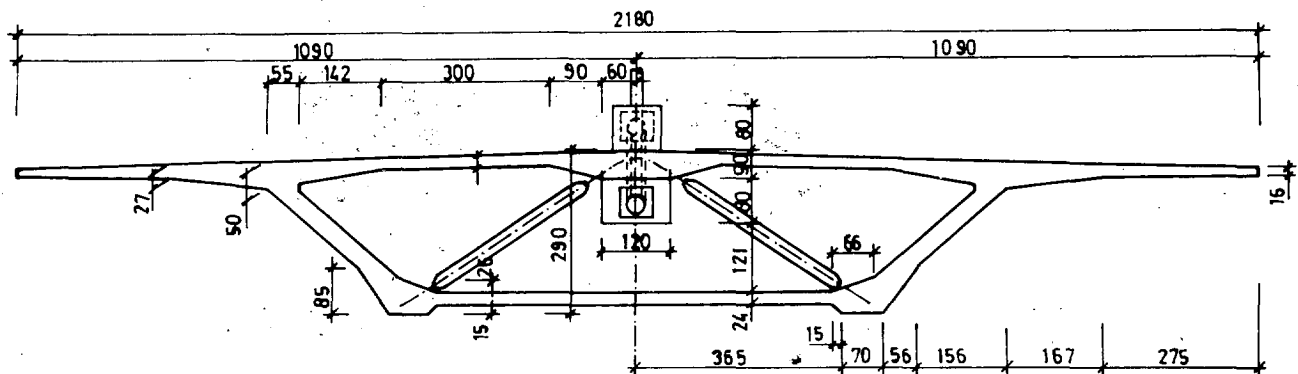
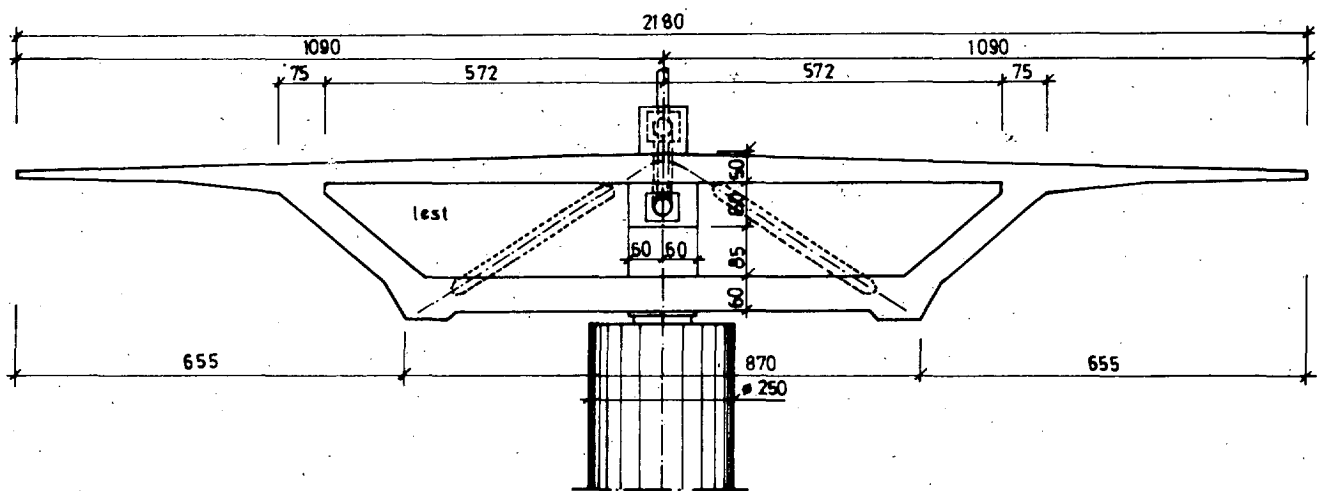


Figura 2-a.—Alzado en fase de rotación.

SECCION LIGERA



SECCION PESADA



sorbe el esfuerzo horizontal transmitido por los tramos inclinados de la pila. La fuerza horizontal de postesado es 12.000 Tn.

Las partes inclinadas de la pila son huecas y accesibles con lo que los tirantes se pueden inspeccionar con facilidad.

EL APOYO GIRATORIO

Este fue un elemento delicado en la construcción del puente ya que debía soportar durante el giro todo su peso.

La maqueta del mismo aparece en la fig. 4 y en esencia se compone de un anillo fijo como cimentación y una cruceta giratoria que forma la base de la pila y se mueve solidariamente con el tablero.

Dos extremos de la cruceta sirven de arranque a los elementos de base de la pila y so-

portan en consecuencia las 16.000 Tn. que pesa el conjunto. En su parte inferior para absorber el rozamiento se dispone losetas de teflón que permiten el deslizamiento sobre el anillo de base con un coeficiente inferior al 2 por 100.

Los otros dos brazos de la cruceta son elementos estabilizadores de la pila que de otro modo gravitaría solo sobre dos puntos.

Para fijar en todo momento el eje en la pila y evitar su deslizamiento existe un taladro vertical en el centro por el que pasa un pivote unido a la cimentación y que fija el centro de giro.

Al terminar la rotación final del puente todo el conjunto se rellenó con hormigón formando con la pila una masa solida de empotramiento.

La pila se hormigonó en su posición final, en la cual está ahora, por facilidades de encofrado y mediante gatos Stronghold, se puso su plano normal al cruce del río girándola 70°

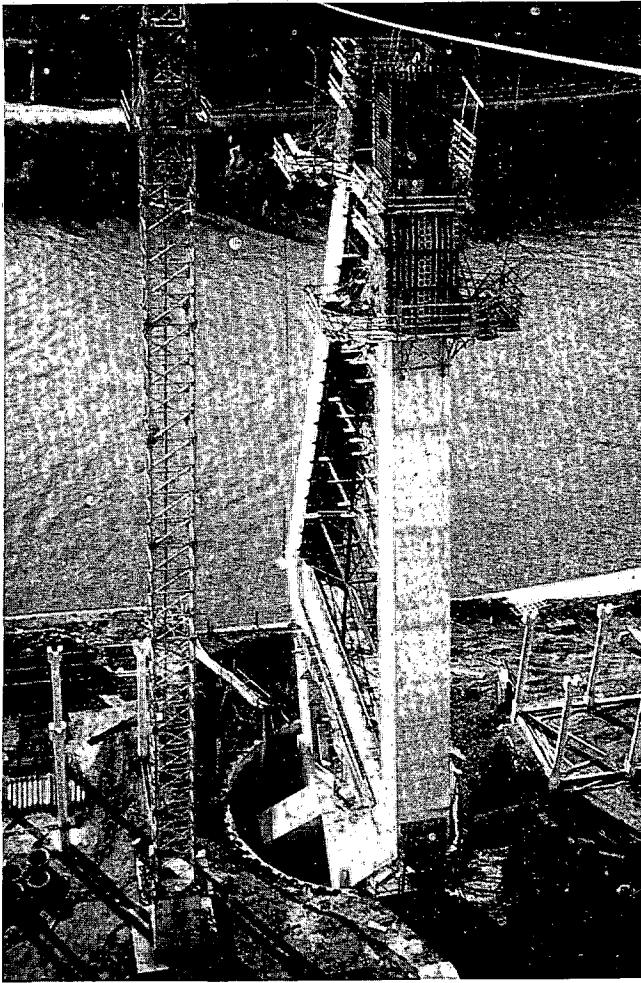


Figura 3.

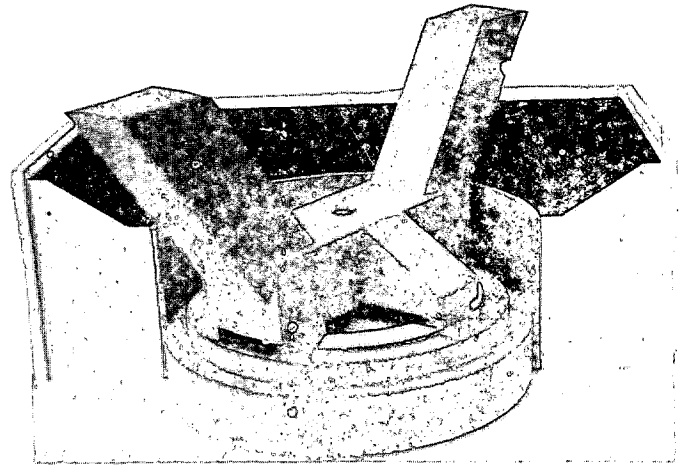


Figura 4.

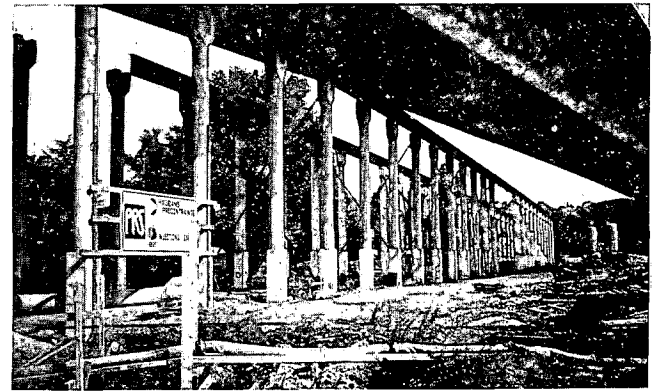


Figura 5.

Este primer giro de la pila exenta fue además un ensayo de la operación final y se dedujo de él que no habría problemas para la rotación del puente con su tablero y sus tirantes.

Para la rotación el contratista empleó unos gatos análogos a los que se usan para puentes empujados que se diseñaron especialmente y accionaron con control de sus velocidades y aceleraciones de arranque y parada utilizando un programa de ordenador adecuado.

TABLERO

La construcción de tablero se realizó sobre pilares prefabricados colocados en dos filas que pueden verse en la fig. 5.

Dado que el tablero se construyó sin que los tirantes tuvieran que soportar peso alguno ya

que se apoyaban en los pilares provisionales, fue la tensión dada a los tirantes lo que despegó el tablero de su encofrado y una vez separado éste de su base fue posible iniciar la rotación.

El encofrado del tablero aparece en la fig. 6.

La parte de tablero que volaba sobre el río era de mayor luz y hubo que contrapesarla con el tramo sobre las vías, para ello las secciones en este último vano se reforzaron regruessando las paredes y macizando en parte las zonas de anclaje lo que redujo el espacio disponible y habrá dificultades para manipular los gatos. Ello obligó a diseñar y construir gatos especiales de pequeña carrera y manejables dentro de su potencia que era de 1.000 Ton.

Los gatos se desplazaron en carretones que rodaban por el suelo del tablero y hubo que de-

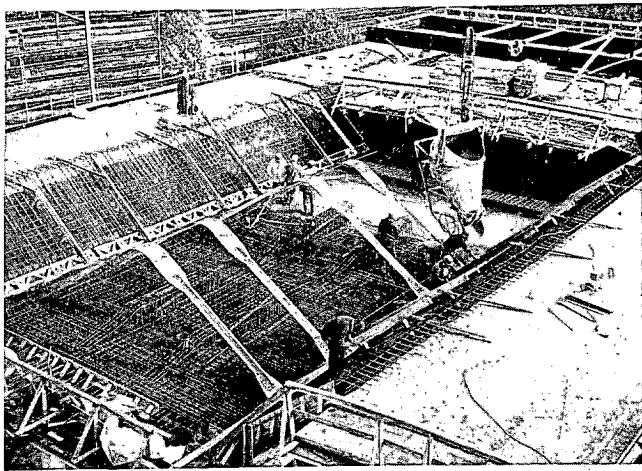


Figura 6.

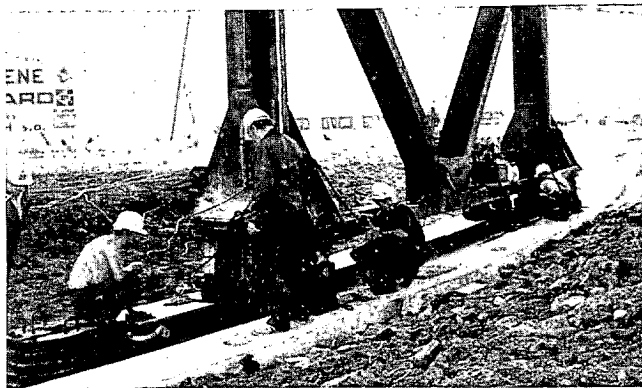


Figura 7.—Estructura metálica estabilizadora que gira con el tablero.

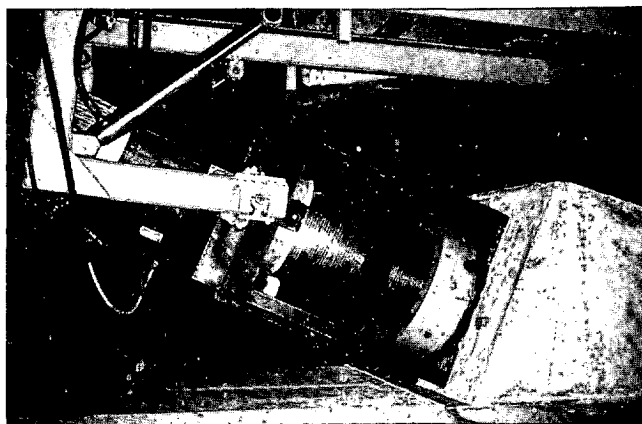
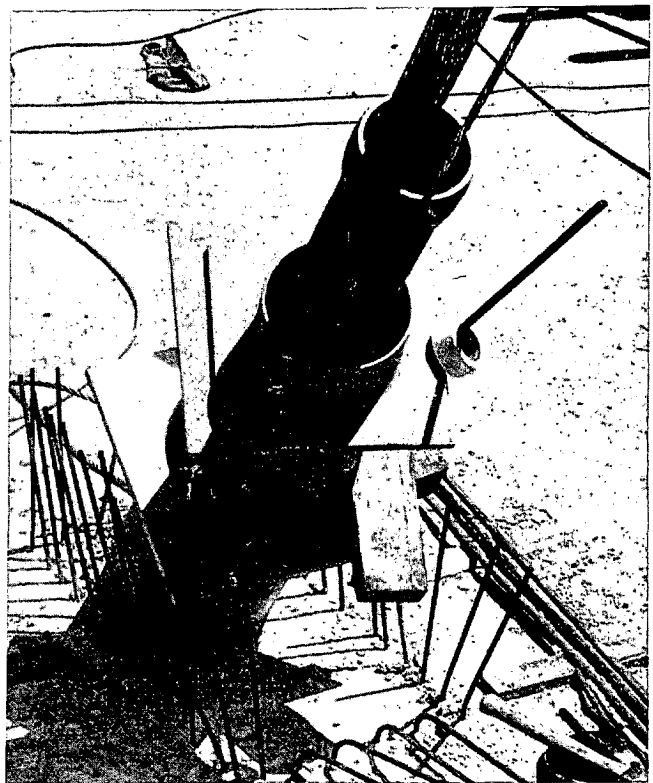


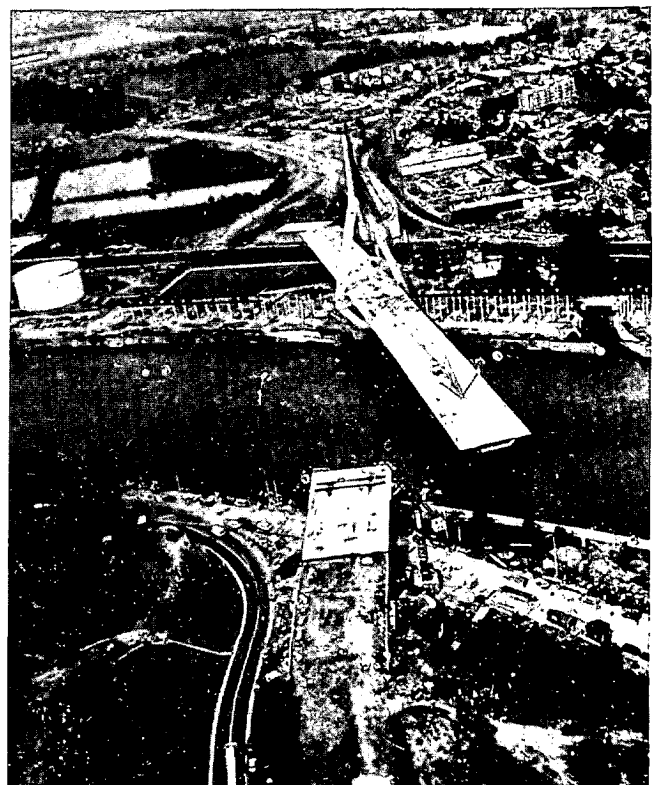
Figura 8.

jar una cierta longitud en los torones para poder enfilarlos.

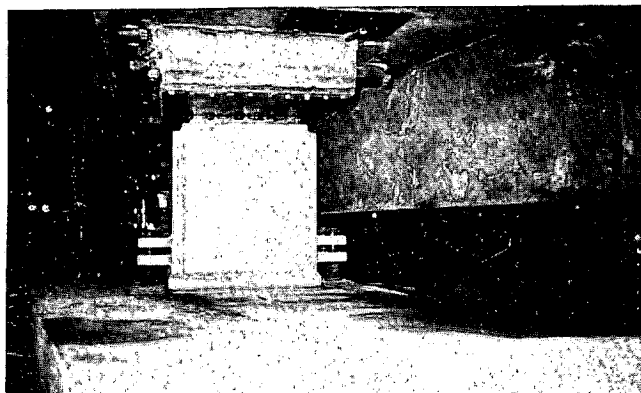
La fig. 8 muestra uno de los gatos Stronghold G-1000 enfilado en un tirante durante la



Tirante en fase de rotación.



El puente en rotación.



Dispositivo hidráulico para el giro de la pila.

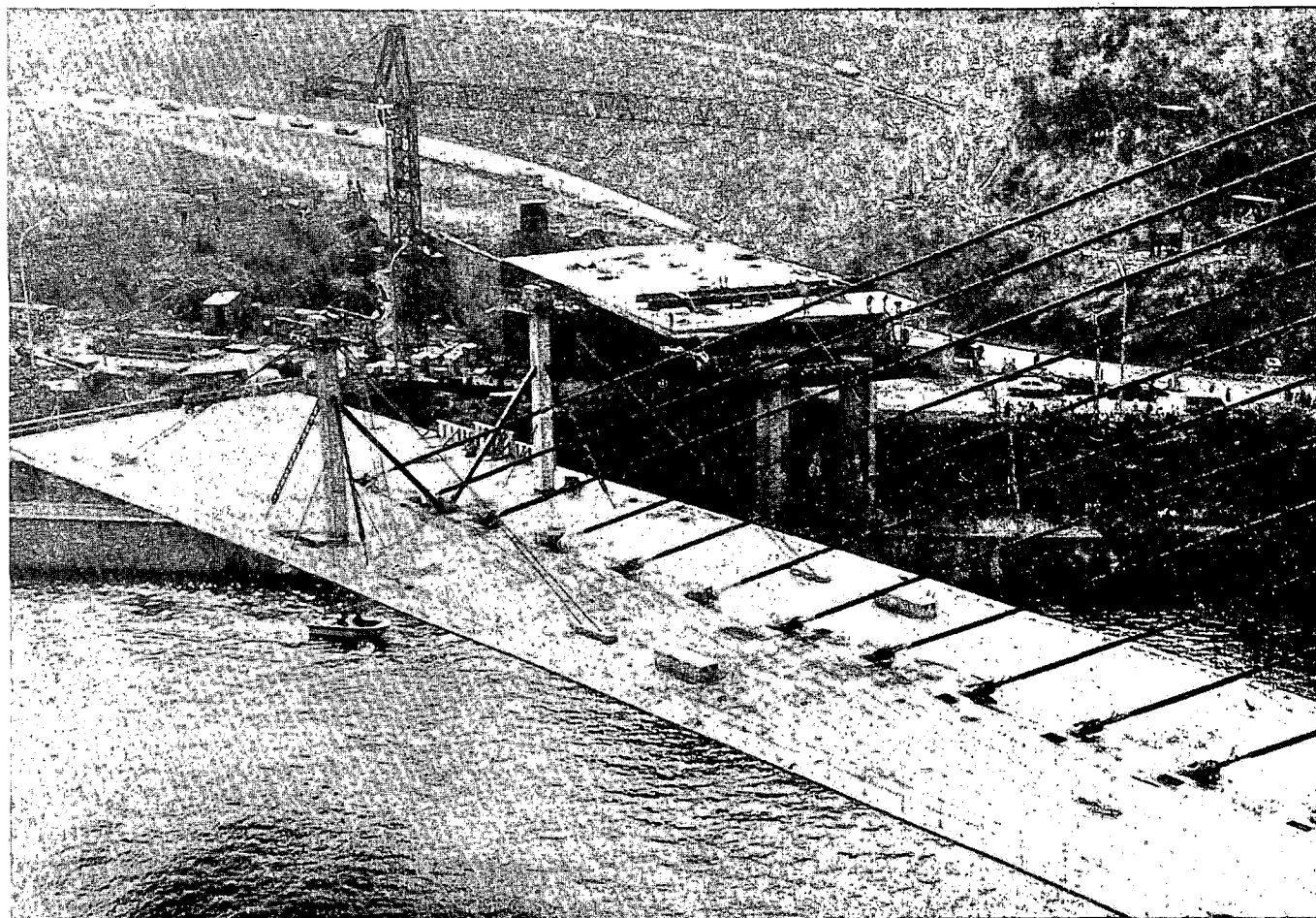
operación de tesado así como su carretón de soporte. Aunque tenían capacidad para tirar de hasta de 90 torones 0,6" a la vez en una carrera de 10 cm., el máximo número de torones

fue de 73, efectuándose varios tesados y destesados sin dificultad bien mediante las cuñas de anclaje o utilizando calas cuando era preciso destesar más de la longitud roscada del anclaje.

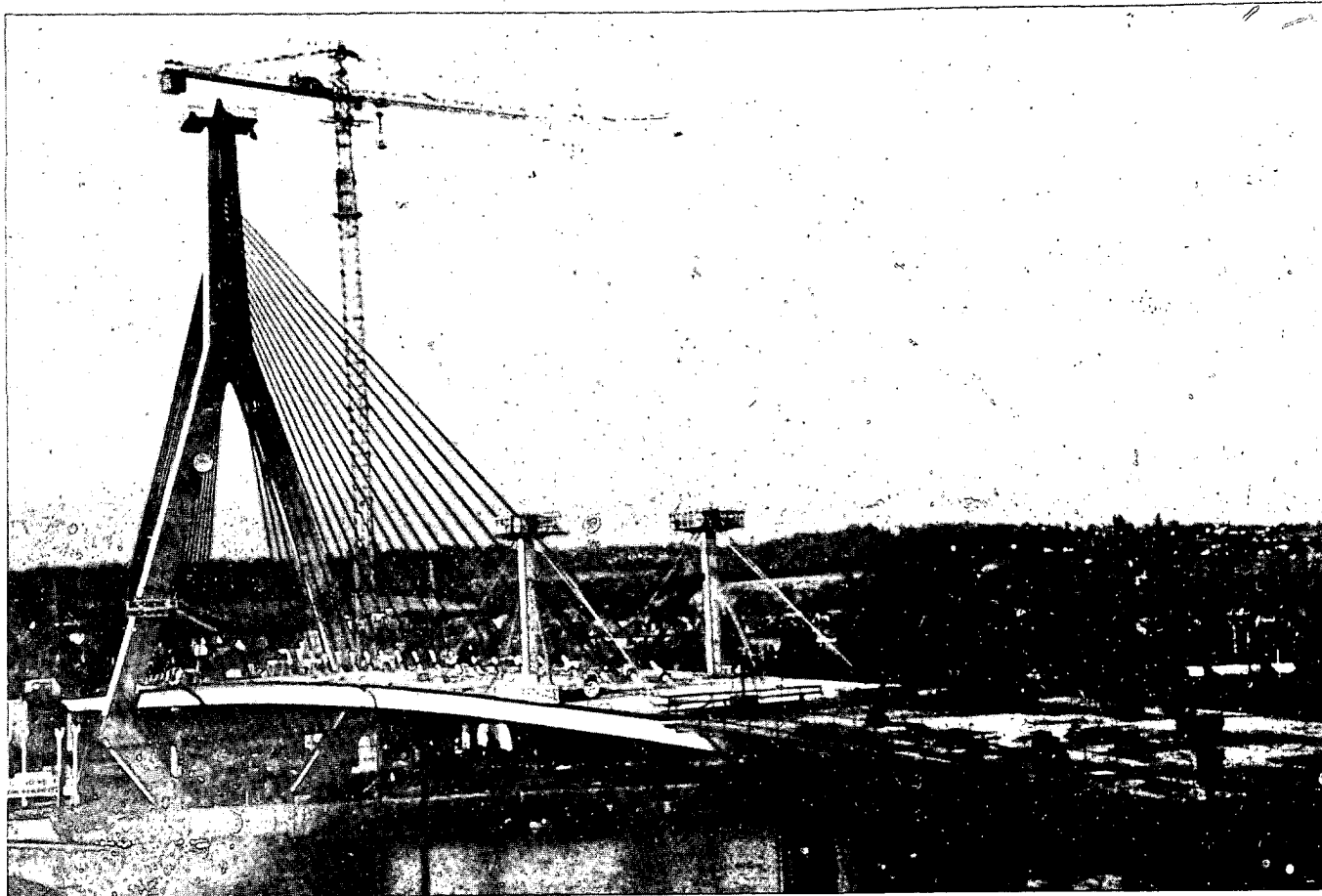
ESTABILIDAD DEL PUENTE DURANTE EL GIRO

Otro problema que hubo de tenerse en cuenta es que durante el giro, la pila y su cruceta de base eran insuficientes para garantizar la estabilidad del conjunto.

Ya se ha dicho que se equilibraron pesos a ambos lados del tablero utilizando mayor volumen de hormigón pero era necesario complementar los dos puntos de apoyo principales de la pila con un tercero que diera estabilidad a la masa que se giraba.



El tablero durante el giro.



Tablero con sus tirantes provisionales.

Para ello, en la parte del tablero que volaba sobre el terreno firme se dispusieron unos pilares metálicos unidos al tablero en un punto alejado de la pila y que le sirvieron de apoyo acompañándole durante su rotación, fig. 7.

El puente quedó así en todas sus posiciones apuntalado y estable y mediante células de carga se pudo comprobar en todo momento el peso que gravitaba sobre dichos pilares de acompañamiento.

Los anclajes Stronghold de los tirantes se ensayaron a carga cíclica en los laboratorios de Bochum en Alemania y resistieron sin problemas una carga cíclica de gran amplitud (37 al 45 por 100 de la rotura) en dos millones de ciclos, exigida para el proceso.

Precisamente en esos ensayos se estudió también que parte de la carga absorbía la resina de relleno de los anclajes y que parte era transmitida a las cuñas comprobándose que in-

cluso en rotura las cuñas cíclicas eran absorbidas por la resina con lo que quedó probada la alta eficiencia y perfecto comportamiento de los anclajes Stronghold frente a otros tipos ofrecidos por diferentes sistemas de postesado.

Para el atirantado del tablero se utilizaron 40 cables situados en un plano y distribuidos en forma de semiabanico.

El número de torones osciló entre 47 y 73 según los tirantes. Los torones se alojaron en conductos de polietileno que se inyectaron con una cera flexible especial.

La totalidad de los tirantes del puente se montó y tensó en solo seis semanas con lo que se batió un record de velocidad y se adelantó la fecha de apertura al tráfico.

Durante el giro, el extremo del tablero tocaba las líneas eléctricas del FC y para evitar este problema, varios tirantes extremos se so-

bretearon elevando la punta del tablero justo para cruzar las vías, destesando seguidamente.

El proceso constructivo fue controlado por el Ing. de Caminos don Ramón Martí de Centro de Trabajos Técnicos, S. A. que intervino en las principales operaciones del atirantado y postesado. En la aplicación del Sistema Stronghold también colaboró el Ingeniero Técnico de Obras Públicas don Raimón Rucabado.

El día en que se realizó la operación del giro fue anunciado en todo el país y asistieron varios miles de personas. Precisamente en esas fechas se celebraba en Bruselas el Congreso

Mundial de Carreteras y el Director General de Carreteras del M.O.P.U., don Enrique Balaguer junto con otros ingenieros, estuvo presente.

La construcción del puente de Ben Ahin ha tenido resonancia mundial, la mayoría de las televisiones europeas, emitieron reportajes sobre el mismo, sus tirantes y su giro, y en la actualidad se están estudiando nuevas obras a las que se intenta aplicar una tecnología similar.

Se incluye una información gráfica parte de la cual nos ha sido amablemente cedida por Entreprise J. Richard, S. A.

