

La reconstrucción del viaducto de Grandfey

Estimo muy interesante la descripción de cuanto se refiere a los trabajos de reconstrucción del viaducto de Grandfey sobre el río Sarine, en la línea de Lausanne a Berna, entre las estaciones de Friburgo y Guin y, por ello, he redactado estas notas para co-

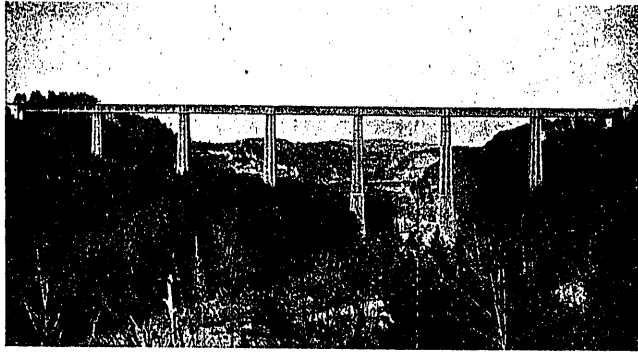


Fig. 1.ª

nocimiento de los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

Todos los datos que poseo sobre este asunto los debo a mi buen amigo el ilustre ingeniero suizo Mr. Bühler, ingeniero jefe del servicio de puentes de los Ferrocarriles del Estado suizo, autor del proyecto y bajo cuya dirección se han llevado aquéllos a efecto.

Actualmente en Suiza, al igual que en España y casi la totalidad de las naciones europeas, preocupa la transformación de todas sus obras con tramos metálicos, con resistencias correspondientes a la época de la construcción de las líneas, para dotarlas de elementos con capacidad de sustentación adecuada, no sólo a las sobrecargas actuales, sino también con un margen de previsión para posibles eventualidades futuras.

Estas campañas de mejora de tramos metálicos han seguido varias fases comunes para todas las administraciones ferroviarias; fué la primera de ellas, rápida-



Fig. 2.ª

mente abandonada, la del refuerzo de dichos tramos, trabajo costoso y sin que con él se alcanzasen los beneficios efectivos y proporcionados a los sacrificios realizados.

La segunda fase fué la de sustituir los tramos de

construcción antigua, bien por otros tramos modernos, de condiciones y resistencias apropiadas, o por

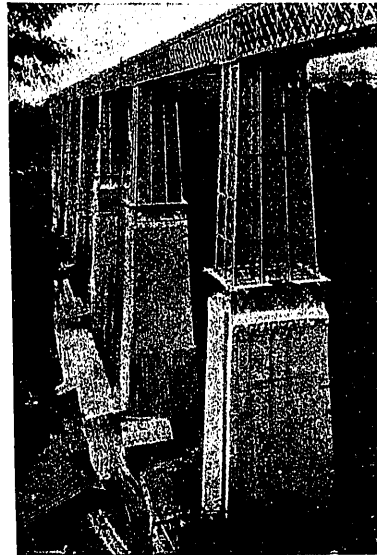


Fig. 3.ª

obras de fábrica, siempre que las condiciones de los mismos lo consintieran.

Estas dos fases se han seguido activamente en todos los países, dando lugar al estudio y realización de proyectos muy interesantes.

Dadas las condiciones topográficas del país suizo, en el cual todas sus líneas pueden considerarse de montaña, con rasantes muy elevadas sobre el terreno natural, en múltiples casos se ha aplicado la últi-

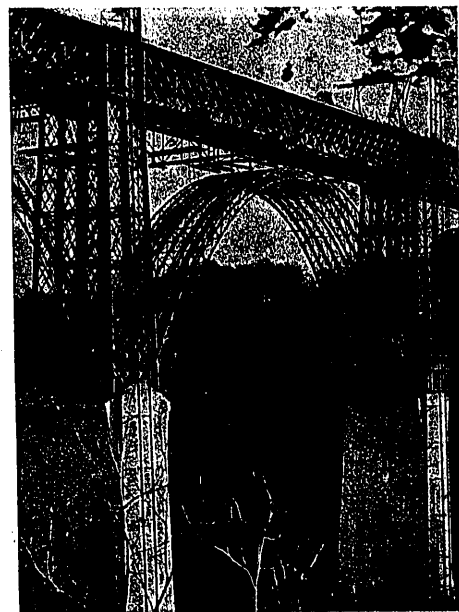


Fig. 4.ª

ma solución señalada, es decir, la de la sustitución de los tramos antiguos por obras de fábrica.

El estudio de una de estas obras es el objeto de estas notas, y en apuntes sucesivos daré a conocer otras igualmente interesantes.

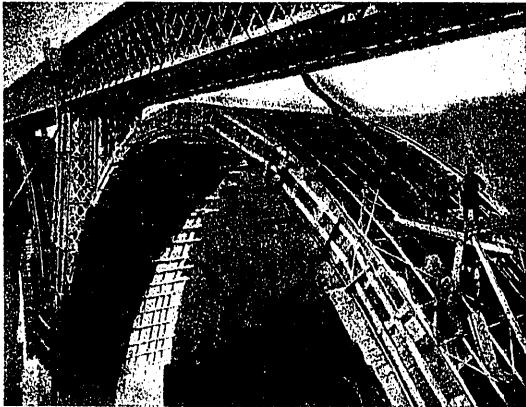


Fig. 5.ª

La causa ocasional de la transformación de esta obra ha sido la realización del programa de electrificación de la línea Palazieux-Berna, que debe ponerse en servicio en el presente año 1927.

Esta obra, según puede comprobarse en la figura 1.ª, constaba de siete tramos de viga continua de celosía múltiple de barras planas de segundo orden, de 380 m de longitud y una altura máxima de 80 m sobre el fondo del valle, con luces extremas de 43,30 m

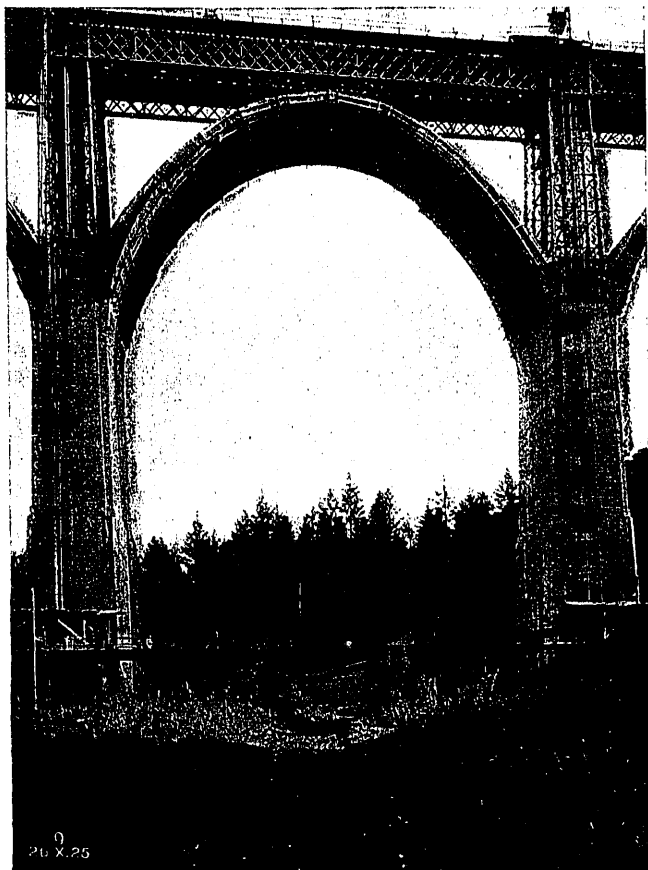


Fig. 6.ª

e intermedias de 48,75 m; en los estribos hay aligeramientos de medio punto de 5 m de diámetro.

Dichos tramos estaban apoyados en estos estribos y

seis pilas, con basamentos de fábrica y torres metálicas, con doce tubos de fundición debidamente arriostados; esta parte metálica era de 43,20 m, y aquéllos de altura variable, según el perfil transversal del valle.

Estos basamentos son de arenisca, revestidos en su

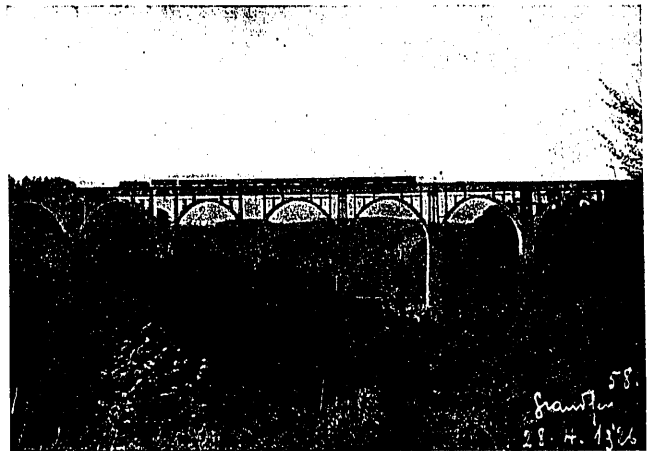


Fig. 7.ª

parte inferior con caliza muy dura.

La obra fué construída en los años 1858 a 1862, y alcanzó un coste total de 2 470 000 francos.

Se emplearon unos 20 000 m³ de fábrica y 3 250 toneladas de material metálico, siendo 1 250 de hierros laminados para los tramos y 1 300 toneladas de fundición y 700 de laminados para las pilas.

La superficie del material metálico que había de pintarse alcanzaba 30 000 m², y se colocaron unos 500 000 roblones.

El proyecto fué redactado por una Comisión internacional formada por tres ingenieros especializados: suizo, alemán y austriaco, habiendo sido construída toda la parte metálica por los talleres del Creusot mediante lanzamiento longitudinal, montándose la parte metálica de las pilas utilizando la parte metálica en voladizo de las vigas principales.

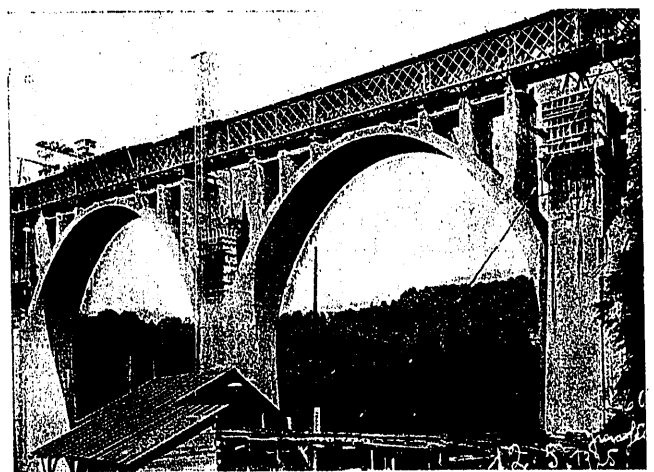


Fig. 8.ª

Aunque la obra fué construída para el establecimiento de doble vía, con una sobrecarga por metro lineal de vía de 4 000 kg, las pruebas que se realizaron en 1892 con un nuevo tipo de locomotoras, aconsejaron la reducción del trabajo del material metálico

co, levantándose una de las dos vías y dejando una sola vía centrada; se encontraron además deformaciones en las pilas que llegaban hasta 0,06 m.

Cuando se trató de establecer la tracción eléctrica en el trayecto donde esta obra se encuentra situada, fué preciso estudiar las diversas soluciones posibles, para conseguir que tuviera la resistencia adecuada y terminar con tan precaria situación, abandonándose en seguida la idea del refuerzo de la estructura metálica, pues en los tramos hubiera sido precisa su completa reconstrucción, no consiguiéndose para las pilas solución satisfactoria con la debida rigidez si se hubiera decidido, como era aspiración lógica, que los trenes pasaran a la velocidad adoptada para aquel trayecto, o sea a 90 km por hora.

El presupuesto de este refuerzo alcanzaba un coste de 2 000 000 de francos.

Se estudió igualmente la sustitución completa de los tramos existentes por otros nuevos con la resistencia debida, apoyados en pilas de fábrica envolviendo las torres metálicas; fué también abandonado este proyecto, cuyo presupuesto alcanzaba la cifra de 3 550 000 francos.

También fué objeto de estudio la solución de una obra completamente nueva con ligera variación de trazado; pero la importancia de su presupuesto, que ascendía a 5 550 000 francos, hizo que análogamente fuera rechazada esta propuesta.

La resolución adoptada y posteriormente realizada, o sea la de aprovechar en lo posible los elementos útiles de la antigua obra, fué detenidamente estudiada, determinándose un presupuesto que luego la realidad ha confirmado como bien estudiado, de francos 3 250 000.

Consiste esta solución en aprovechar de la obra antigua los estribos y pilas en su parte de fábrica, rellenando con hormigón todos los aligeramientos existentes, repasando y comprobando las cimentaciones, reforzando con inyecciones de cemento todas las juntas, quedando así el conjunto en excelentes condiciones de resistencia y duración para resistir los nuevos



Fig. 9.ª

elementos de fábrica que componen el conjunto de la obra, según se aprecia en la figura 2.ª, que representa la obra en la actualidad.

Consiste en siete grandes arcos de hormigón, pa-

rabólicos peraltados, de 39,15 m los extremos, y 42,30 m los centrales, constituyendo en su conjunto una obra de 382,70 m de longitud.

Sobre los basamentos de fábrica de las pilas se han

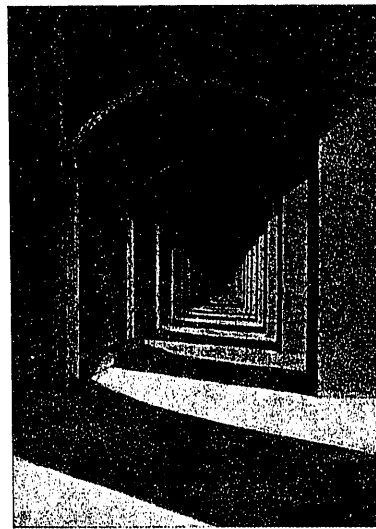


Fig. 10

construido cuerpos envolviendo las torres metálicas, hasta servir de apoyo al arranque de los nuevos arcos e infraestructura de la vía, construyéndose sobre estos arcos ocho pilares sobre cada uno, que sirven para resistir una bóveda de medio punto de 4,25 m de diámetro, según puede apreciarse en la expresada figura.

Sobre los diversos trasdoses de las bóvedas se apoya una pasadera de servicio público que pasa a través de las pilas prolongadas y de los pilares a que se acaba de aludir.

El procedimiento de construcción seguido fué el siguiente:

Las torres metálicas fueron hormigonadas, sin quitar de ellas la pintura, hasta la altura necesaria para establecer los salmeres de arranque de las diversas bóvedas, o sea a 24,74 m sobre los planos superiores de conservación de los antiguos basamentos de fábrica (fig. 3.ª).

Una vez enrasadas todas ellas a esta altura, se colocaron las cimbras para la construcción de los arcos de hormigón, siguiendo el sistema que los suizos denominan de «Melan», y recomendado y practicado con profusión en España por el ilustre Ribera con anterioridad a la vulgarización de aquél (fig. 4.ª).

Consiste en el empleo de armaduras metálicas de hierros perfilados que sirven al mismo tiempo de cimbra y elemento resistente, soportando al mismo tiempo suspendido el encofrado, armando las masas de hormigón que constituyen las bóvedas, para evitar las grietas producidas por la retracción; aquellas cimbras se pintaron con urgencia de bicromato cálcico y se colocaron ocho cercas por arco.

En la figura 5.ª se aprecia perfectamente el período de construcción de los arcos, que tienen 1,20 m de espesor en la clave y 2,40 m en los arranques.

Una vez construídas las bóvedas (fig. 6.ª) se comienza la construcción de los pilares, sobre los trasdoses de aquéllas, con objeto de facilitar el apoyo sobre ellos y las bóvedas de los tramos metálicos que deben ser separados de sus apoyos en las pilas me-

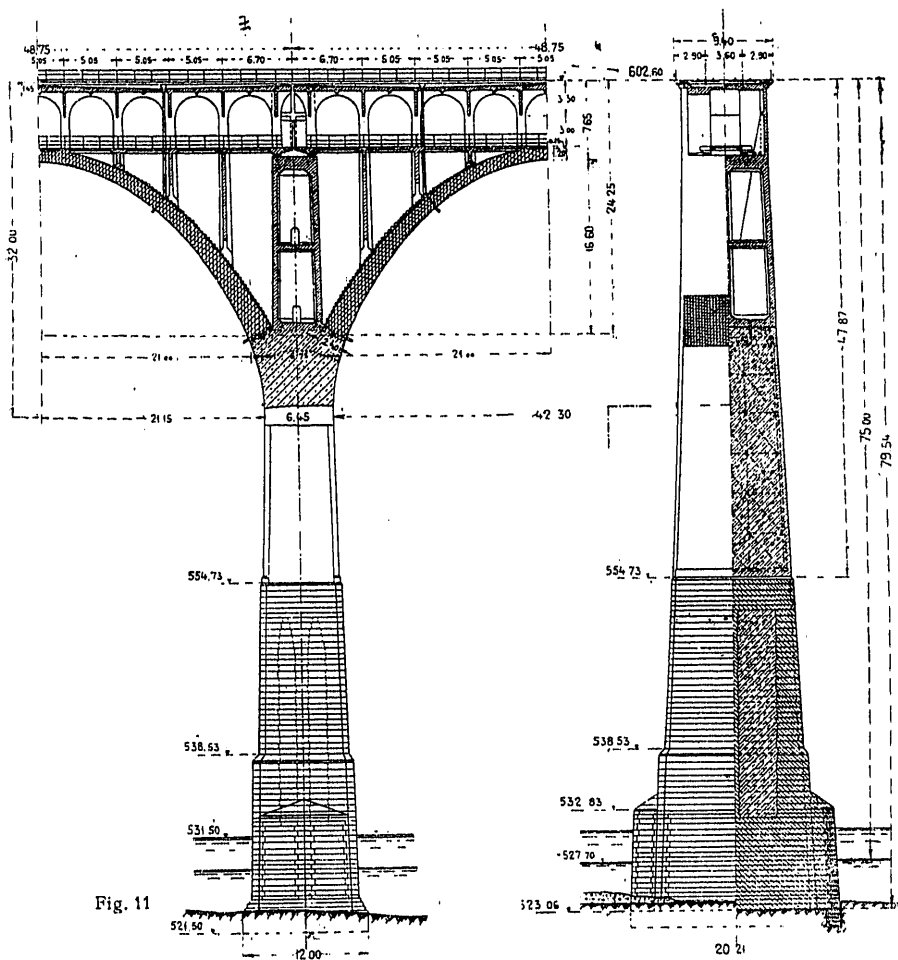


Fig. 11

táticas, deshaciendo de éstas las partes comprendidas entre los arranques de las bóvedas y los tramos, y rehaciéndolas de hormigón armado con entera libertad en la forma que aparece en las figuras 7.^a y 8.^a (1).

En este estado la obra se desguazaron de las cuatro vigas principales de que estaban formadas los tramos las dos exteriores, lo que permitió levantar aún más los pilares y comenzar a voltear las bóvedas de medio punto de aligeramiento de los tímpanos, colocando unas importantes placas de hormigón armado sobre los pilares de cada lado para apoyo de la superestructura, en tanto se desguazaban las otras vigas principales, apareciendo en la figura 9.^a la vía sustentada por viguetas apoyadas en las dos series de bóvedas y preparándose los hierros para la construcción de aquella losa.

En la figura 10 aparece la pasadera de servicio apoyada en las bóvedas principales y pilares dispuesta con verdadera amplitud.

En la figura 12 aparece con claridad la importancia de las enormes pilas.

En la nueva obra se emplearon 26 000 m³ de hormigón, del cual se usaron 12 500 m³ en los rellenos de aligeramientos de los apoyos antiguos y nuevos cuerpos de pilas con hormigón de 200 kg de cemento; 1 100 m³ en los tímpanos aligerados con una dosis de 250 kg por metro cúbico, y, por último,

(1) No ha comprendido bien el objeto del desguace de estas pilas metálicas en su parte alta.

12 400 m³ con una dosis de 300 kg de cemento en las bóvedas.

El cemento empleado dió como resultados de los ensayos una resistencia de 600 kg : cm² a la compresión y 45 kg : cm² a la tracción.

El metal empleado nuevo ha alcanzado un peso de unas 1 100 toneladas, de ellas unas 510 en las armaduras, cimbra y armado de la bóveda, y el resto en el hormigón armado de pilas y piso.

La sobrecarga adoptada para el cálculo es de 22 toneladas por metro lineal de puente, o sea 11 toneladas por metro lineal de vía.

Su planta útil es de 3 827 m², y habiendo alcanzado el coste de la parte nueva a 3 250 000 francos, el coste por metro cuadrado, es de 825 francos.

Si se tiene en cuenta el valor según los precios de la época de la construcción de los elementos subsistentes que la valoran en 1 250 000 francos, resulta un coste, por metro cuadrado de planta utilizable, de 1 176 francos.

Esta obra ha sido construída por la casa Simonnett, de Zurich, y Gremand, de Friburgo, sin el más pequeño incidente, y proyectada



Fig. 12

y dirigida, como ya he indicado, por el ilustre ingeniero Mr. Buhler, a quien debo todo estos datos.

Domingo MENDIZÁBAL
Profesor de la Escuela de C., C. y P.