

Si comparamos ahora el peso total del viaducto con los tres viaductos suizos de carreteras, de arco empotrado, que hasta ahora se consideran como modelos de ligereza, observamos también que el peso resultante para el metro superficial de tablero resulta de 414 kilogramos, que es inferior al de los viaductos de Schiwartzwasser y Kirchenfeld y casi igual al de Javroz, á pesar de que todos estos tienen menos luz que el nuestro, y de que hemos admitido esfuerzos de viento superiores á los que han servido para calcular los viaductos suizos.

Con esto evidenciamos una vez más la influencia que tiene en el coste de los puentes metálicos la adopción del acero, que permite elevar el coeficiente de trabajo á 10 kilogramos por milímetro cuadrado y la importancia que debe darse á los procedimientos de cálculo, que permiten afinar todas las dimensiones de una obra, sin perjuicio alguno para su estabilidad y resistencia.

REVISTA EXTRANJERA

Puente articulado de hormigón en Munderkingen, sobre el Danubio.

En nuestro número de 13 de Febrero de 1896, dimos una descripción del puente de la Coulouvrenière, construido sobre el Ródano en Ginebra, y allí citábamos el puente de Munderkingen, del mismo sistema, construido anteriormente y cuyos resultados sirvieron de base al proyectar el mencionado puente de Ginebra.

En Diciembre de 1891 se describió en la REVISTA el sistema de articulaciones de placas de plomo, aplicado por el Ingeniero alemán Leibbrand á los puentes de Hoffen, Wildbad, Neunneck y Marbach, construidos por los años 1885 á 1887. El mismo Ingeniero construyó posteriormente, de 1889 á 1891, también con articulaciones de placas de plomo, los dos puentes de Baiersbronn sobre los ríos Murg y Forbach y el de Ehingen; y en 1893, el de Munderkingen, en el cual se emplearon ya articulaciones de acero análogas á las del puente de la Coulouvrenière, que ya conocen nuestros lectores.

Nos proponemos en este artículo describir brevemente las disposiciones del puente de Munderkingen, cuyos planos van adjuntos. En ellos puede verse el alzado, la sección longitudinal, la planta y el corte trasversal cerca de los arranques. Figuran, además, cuatro dibujos de las articulaciones, que representan un alzado, un corte vertical, un corte horizontal y un detalle del eje (estas denominaciones de posición se refieren á la articulación de la clave):

El puente de Munderkingen comprende un solo arco escarzano rebajado y con estribos perdidos. Es ligeramente oblicuo, como se puede observar en la planta. Su luz efectiva, medida en los arranques y paralelamente á los planos de las cabezas, es de 59 metros, y la luz aparente en el alzado, 50 metros. La flecha es de 5 metros y el ancho útil entre prétilos 8 metros, repartidos entre un afirmado de 5^m,40 y dos aceras de 1^m,30.

El objeto de las articulaciones es fijar los puntos de paso de la curva de presiones en las juntas de clave y de rotura, consiguiéndose así que dicha curva quede determinada; al mismo tiempo evitan que se agriete la bóveda á consecuencia de los

asientos que puede experimentar la obra por causa de la compresibilidad del terreno en que se apoyan sus cimientos.

Se admitió una sobrecarga de 400 kilogramos por metro cuadrado para el cálculo de las presiones máximas; no hubo necesidad de tener en cuenta las cargas aisladas por razón del gran peso propio de la obra.

La bóveda, de hormigón de cemento, tiene un metro de espesor en la clave, 1^m,40 en los riñones y 1^m,10 en los arranques, obteniéndose una forma muy apropiada á este sistema de puentes, en los cuales se realiza casi exactamente la hipótesis de dos palancas indeformables apuntaladas mutuamente en la clave y libremente articuladas en los arranques. Cada una de estas palancas es, por lo tanto, una pieza sometida á compresión, á la que conviene perfectamente la forma ensanchada hacia el centro, próximamente, la de un sólido de igual resistencia.

Las máximas presiones de la bóveda oscilan entre 34 y 38 kilogramos por centímetro cuadrado.

El hormigón de la bóveda se componía de una parte de cemento de Portland, 2,5 de arena y 5 de grava. Todo el hormigón que se empleó en la obra se fabricaba con especial esmero. Se cuidaba de que el cemento estuviera perfectamente molido y se efectuaban ensayos de tracción para la recepción de cada partida de este material. La piedra caliza machacada y la grava se limpiaban antes de su empleo en un tambor cilíndrico (*trummel*) de 1^m,50 de diámetro y un metro de longitud, provisto de una compuerta, y que contenía 30 balas de cañón de 0^m,12 de diámetro, cuyo peso total era de 300 kilogramos. Se llenaba el tambor de piedra y de cemento y se le hacía girar, primero en seco durante dos minutos, y luego tres minutos más, haciendo llegar el agua gradualmente por un conducto interior al árbol y en cantidad bien determinada.

Terminada esta operación, se abría la compuerta después de colocar debajo la vagoneta destinada al transporte del hormigón, pero interponiendo entre ella y el tambor una rejilla de hierro para recoger las balas. Se obtenía así un volumen de 0^m3,60 de hormigón que podía emplearse inmediatamente. Con este procedimiento se obtuvieron resultados notables en cuanto á la cohesión de los materiales, como lo prueban los ensayos efectuados. Después de siete días de exposición al aire, los ejemplares acusaban, por término medio, una resistencia de 202 kilogramos por centímetro cuadrado, á los veintiocho días llegaba á 254 kilogramos y á 332 al cabo de cinco meses. La densidad era próximamente 2,3.

Para construir la bóveda se extendía el hormigón por capas de 0^m,30 de espesor; se empezó por cargar las cimbras en la clave con un peso de 25 toneladas y se fué avanzando desde los arranques hacia la clave, llevando la obra simétricamente respecto al eje. Terminada la bóveda se esperó diez días, al cabo de los cuales se bajó la cimbra 30 milímetros para prevenir el efecto de la dilatación de las maderas por causa de la humedad. El descimbramiento completo se verificó á los veintiocho días.

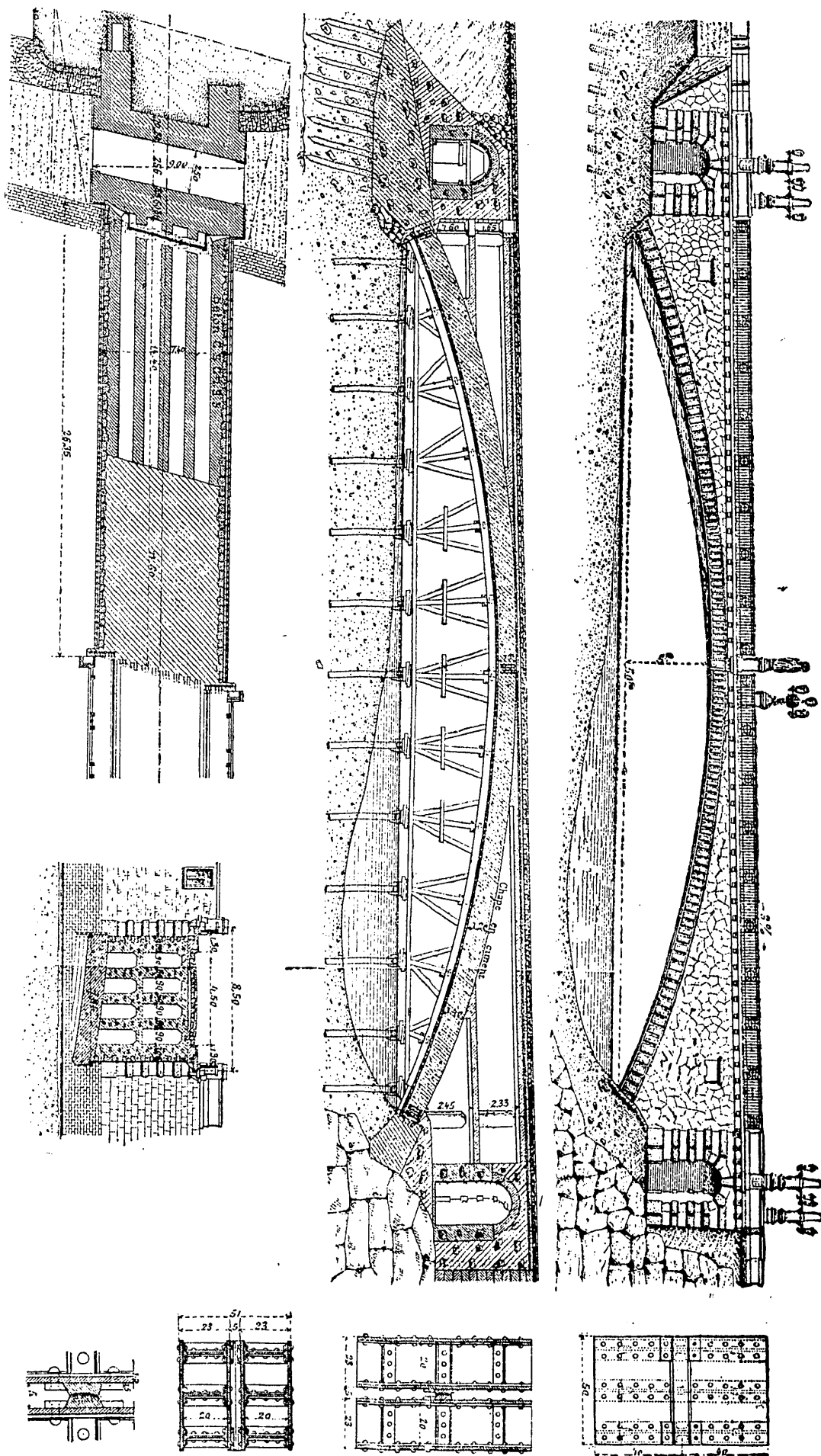
Las articulaciones están comprendidas entre dovelas metálicas, que son unos cajones de palastro con tabiques intermedios formados de chapas y viguetas en doble T, como se ve en las figuras. Cada dovela tiene 50 centímetros de ancho en el sentido de las generatrices del cañón, de modo que hay 12 en todo el ancho del puente.

La articulación propiamente dicha está formada de dos pie-

zas de acero de 70 milímetros de ancho y 25 de espesor, en contacto por una superficie cilíndrica de 15 centímetros de radio, convexa en una de las piezas y cóncava en la otra. Estas piezas pueden resistir hasta 659 kilogramos por centímetro cuadrado de la superficie de apoyo. Las dovelas metálicas se apoyan en otras de piedra de sillaría para repartir uniformemente las presiones sobre el hormigón. En los salmeres la presión llega a 57 kilogramos por centímetro cuadrado, pero la superficie por la cual reciben esta presión es mayor que la de las dovelas que se la transmiten, siendo el exceso de 40 por 100. Según experimentos realizados por Durand-Claye, en estas condiciones la resistencia aumenta en 16 por 100 respecto a la correspondiente al caso en que toda la superficie de la cara de apoyo del sillar esté comprimida (véase *Revista*, Diciembre de 1891). Además se tomó la precaución de aumentar en las inmediaciones de cada articulación la dosis de cemento, y de construir con especial esmero esas regiones de la bóveda.

Los cimientos del estribo de la margen derecha no ofrecieron dificultades, por haberse encontrado cerca de la superficie bancos de caliza jurásica muy resistente, sobre los cuales se apoya la prolongación del arco, ejerciendo una presión máxima de 15 kilogramos por centímetro cuadrado.

El estribo de la margen izquierda está cimentado sobre pilotaje, apoyándose los extremos de los pilotes en la roca; el terreno que aparece en la superficie es de acarreo. Se empezó por agotar, haciendo descender por medio de bombas centrífugas el nivel del agua, sin que se lograra rebajarlo más de unos 0^m,50; se practicó la excavación por medio de dragas de mano, y en el fondo se hincaron 145 pilotes inclinados 15° respecto a la vertical, empleando en la hinca martinetes de vapor. Cada pilote resiste una carga de cerca de 35 toneladas. El macizo de hormigón sufre en la base una presión media de dos kilogramos por centímetro cuadrado y una presión máxima de 2,9 kilogramos. Se construyó sumergiendo el hormigón debajo del agua y se empleó cemento de fraguado rápido.



Se hizo uso de dos clases de hormigón de composición diferente. El de primera clase se componía de una parte de cemento de Portland, 2'5 de arena y cinco de grava; y el de segunda, de una parte de cemento de Portland, cuatro de arena y ocho de grava, con grandes bloques de piedra embebidos en la masa en proporción de 1/4.

La cimbra se apoya en doce filas de á tres pilotes enlazados en sus cabezas por carreras apoyadas en los pilotes por medio de dobles cuñas de roble.

El enlatado se componía de piezas de sección cuadrada de 0^m,10 de lado, colocadas en contacto y cubiertas de papel fuerte de embalar, con el objeto de obtener una superficie lisa y continua; se enlució la superficie con aceite de linaza y se clavaron en el sentido de las generatrices unos listones para imitar las juntas en el intradós de la bóveda.

Para obtener en las boquillas la apariencia de la piedra de sillera almohadillada, se montaban al borde de las cimbras unos tableros verticales provistos de unos listones triangulares que servían de molde para marcar las juntas. La composición del hormigón de las boquillas era variable, habiéndose empleado las tres dosificaciones siguientes:

Cemento	Arena.	Grava.
1	3	6
1	4	8
1	5	10

Las demás piedras artificiales de los paramentos se componían de una parte de cemento, cinco de arena y cinco de grava.

Se emplearon en total 552 toneladas de cemento de Portland.

Las obras se ejecutaron durante el verano de 1893 y duraron siete meses.

Se había calculado que la flecha llegaría á 120 milímetros. Al verificar el descimbramiento, el descenso fué de 75 milímetros en la boquilla de aguas arriba, con una temperatura de 16°; fué aumentando constantemente hasta el 18 de Enero de 1894, en que llegó á 147 milímetros, con una temperatura de —3°. En el estribo izquierdo se midió, después del descimbramiento, un asiento de 3,5 milímetros y un movimiento horizontal de 6,5; en el estribo derecho, el asiento fué de dos milímetros, y el movimiento horizontal de 3,6.

Los gastos de construcción importaron 88.750 francos, repartidos como sigue:

Cimientos.....	17.500 francos.
Cimbras.	8.875 »
Construcción del puente.....	50.500 »
Vigilancia y otros gastos....	11.875 »
TOTAL.....	88.750 »

Resultan 221'25 francos por metro cuadrado de planta utilizable para el tránsito. En algunas descripciones figura, además de las partidas que preceden, otra de 25.000 francos para el firme, andenes y balaustradas.

Esta obra se inauguró el 13 de Noviembre de 1893.

La estabilidad de la torre Eiffel.

A petición de la Comisión de vigilancia de la torre Eiffel, el servicio geográfico del ejército francés ha realizado observaciones muy curiosas para averiguar los movimientos del pararrayos del célebre edificio.

M. Bassot ha dado cuenta de esas observaciones á la Academia de Ciencias en la sesión de 6 del corriente, exponiendo minuciosamente la manera como se han efectuado.

Se ha establecido al nivel del suelo y en el centro de la torre una señal, y en puntos convenientemente elegidos, tres estaciones dotadas de instrumentos de precisión bien corregidos; de media en media hora se hacían observaciones para referir á estos cuatro puntos la posición del pararrayos.

El extremo del pararrayos describe, como es natural, una curva en el espacio, á causa de las diferencias de temperatura entre sus diversas partes y de las variaciones de estas diferencias á diferentes horas del día y de la noche. La curva presenta el aspecto de un 8 no bien cerrado. Los movimientos son mucho más rápidos á la salida del sol que en el resto del día, estableciéndose más tarde cierto equilibrio. Es de suponer que otro tanto sucederá al anochecer, repitiéndose durante la noche otras dos fases análogas á las observadas durante el día.

Según los resultados de estas observaciones, la cúspide del monumento se mueve siempre entre los mismos límites, y no ha variado hasta ahora su posición media. Si se utilizara la torre como señal geodésica, sería preciso tener en cuenta estos movimientos diurnos.

La conductibilidad del aluminio.

Hace tiempo que se trata de buscar una nueva aplicación del aluminio que permita aumentar considerablemente su producción y su consumo, y para ello se ha pensado en utilizarlo como conductor eléctrico; pero los resultados obtenidos habían sido hasta ahora muy desfavorables, siendo esto causa de que se considerase como probado que la conductibilidad del aluminio es muy pequeña comparada con la del cobre.

Recientemente se han llevado á cabo nuevos experimentos con gran precisión y minuciosidad en el Instituto de Franklin (Estados Unidos), y se ha puesto en evidencia que las impurezas que generalmente acompañan á este metal ejercen una gran influencia en su conductibilidad, aun tratándose de cantidades relativamente pequeñas.

El aluminio con 1,5 por 100 de impurezas posee una conductibilidad que excede apenas de la mitad de la conductibilidad del cobre, próximamente 0,55. Si las impurezas se reducen á 1 por 100, la conductibilidad llega á 0,59 de la del cobre, y con 0,5 por 100 de impurezas, á 0,61. El aluminio completamente puro llega á tener una conductibilidad superior á los 2/3 de la del aluminio, muy aproximadamente 67 por 100.

El problema de la sustitución del aluminio al cobre en los conductores eléctricos queda así reducido, bajo su aspecto industrial, á obtener el aluminio completamente puro á un precio inferior al actual en una tercera parte, lo cual parece verosímil que se llegue á conseguir.

Los experimentos realizados en el Instituto de Franklin demostraron también que la conductibilidad del aluminio común del comercio aumenta en 1 por 100 templando el metal.

El viaducto de Tanus.

Se está trabajando activamente en la construcción de las fábricas de los apoyos, y se va á dar principio al montaje de la parte metálica del viaducto de Tanus, de la línea de Carmaux á Rodez, para el cruzamiento del profundo valle de Viaur.

Este viaducto tiene 116 metros de altura sobre la vaguada y cerca de medio kilómetro de longitud total; el tramo central, de 220 metros de luz, es el mayor de Francia.

El presupuesto de la obra importa 2.440.000 francos.

Boyas eléctricas de salvamento.

Los últimos perfeccionamientos obtenidos en la fabricación de boyas de salvamento de naufragos han permitido llegar á construir las capaces de sostener el peso de tres hombres sin que