

viaducto sobre el río Flon SUIZA

A. y Ph. SARRASIN, ingenieros

562-100

sinopsis

Este viaducto, que forma parte de las obras de fábrica de la autopista Lausanne-Saint-Maurice, se compone de dos viaductos independientes, separados 56 cm, cada uno de los cuales tiene una longitud total de 434,30 m y una anchura de 12,90 m. Los once tramos rectos que complementan al tramo principal en arco—de 120 m de luz—tienen una luz máxima de 29 m, estando el tablero soportado por tres vigas longitudinales de 2,18 m de canto.

La obra es de hormigón armado y está subdividida en cinco trozos, con cuatro juntas; el hormigonado de los arcos se ha realizado sucesivamente con una sola cimbra.



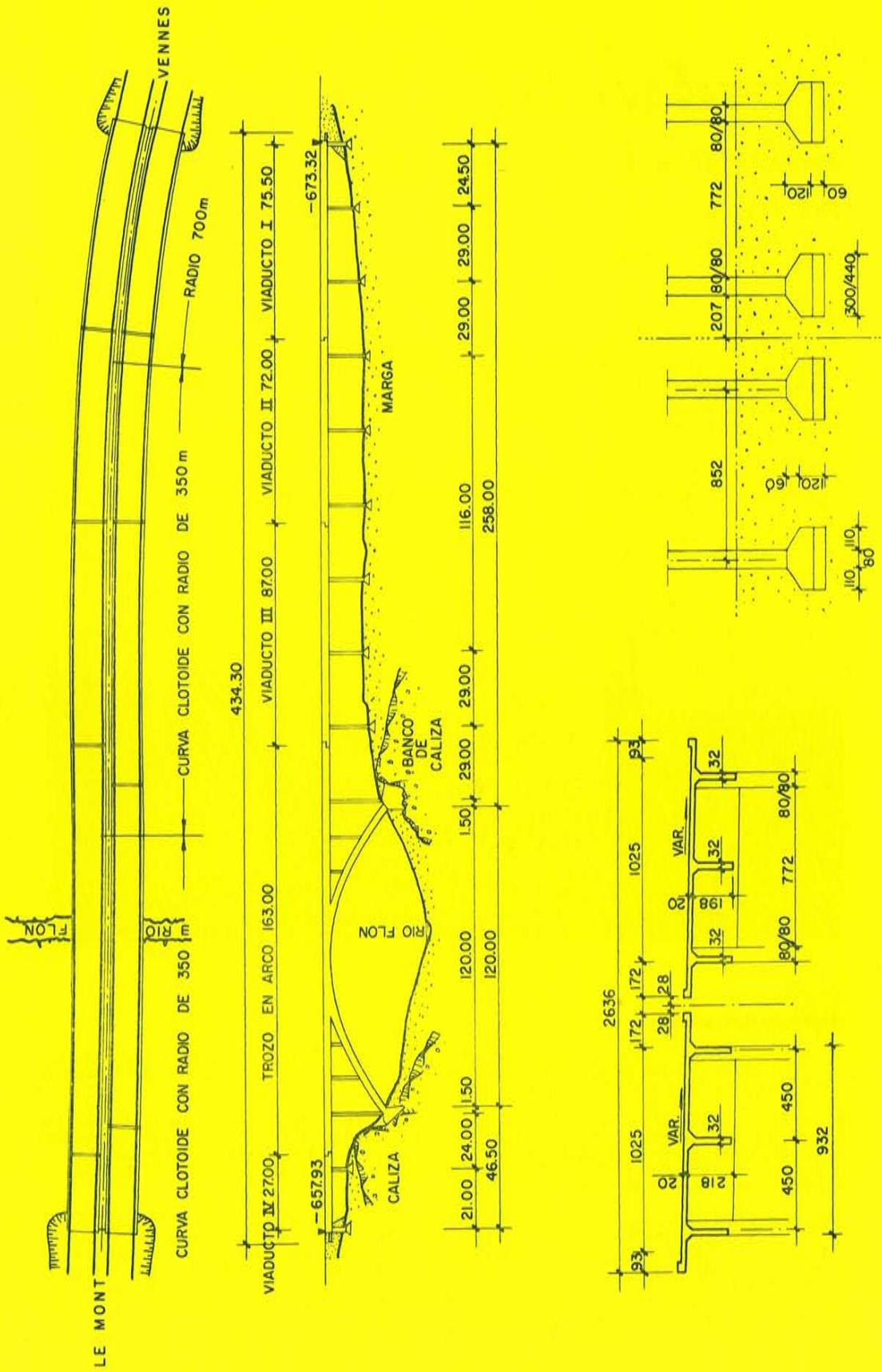
Introducción

Entre «El Solitaire» y Vennes, la autopista Lausanne-Saint-Maurice salva el valle del río Flon (Suiza) con un viaducto de más de 430 m de longitud. La obra arranca de la parte NE. del bosque de Sauvabelin y termina en la entrada de la planicie de Vennes.

El río Flon ha excavado la roca calcárea al E. de Sauvabelin, formando una garganta abrupta. La caliza, manchada de arenisca, aflora en la margen derecha del río Flon; los sondeos realizados dan prueba de su presencia a una profundidad media y a lo largo de todo el viaducto. El proyecto de ejecución del puente ha sido elegido por el Departamento de Estudios y Construcción de Autovías, donde se estudiaron cuatro soluciones posibles.

La garganta tiene una anchura media de unos 140 m, una profundidad de 40 m, y la presencia del banco calizo ha permitido realizar un gran arco de hormigón armado que salva el cauce del río con un solo tramo de 120 m de longitud. A una y otra parte de este tramo, la altura del tablero del viaducto sobre el suelo va disminuyendo con rapidez, variando, aproximadamente, de 10 a 20 m. El banco calizo manchado con arenisca se haya recubierto por una capa de marga dura, que permitió apoyar sobre ella las losas de cimentación de apoyos. Los tramos adyacentes al arco están constituidos por pórticos de hormigón armado con luces que varían de 21 a 29 metros.

planta, alzado y detalles del viaducto





Cimbra para el arco.

Corrimiento de la cimbra al otro arco.



Como todas las obras de la autopista del cantón de Vaud, el puente sobre el río Flon se compone de dos viaductos paralelos e independientes, cada uno de los cuales tiene una anchura total de 12,90 m, con una separación de 56 cm entre ellos.

La longitud total de la obra, comprendiendo los estribos, es de 434,30 m. Cada uno de los viaductos se ha subdividido en cinco trozos con cuatro juntas cantilever. El trozo correspondiente al arco situado al N. tiene 163 m de longitud y se halla encuadrado por un trozo de 27 m del lado de la margen derecha y de tres trozos de 87, 72 y 75,50 m de longitud, respectivamente, en la margen izquierda.

El viaducto situado al N., ya terminado, permite el tráfico procedente de las tres pistas de desviación del norte de Lausana y ha sido puesto en servicio en abril de 1964, antes de que empezase la Exposición Nacional.

El conjunto del viaducto situado al S. no se terminará hasta que la autopista de ronda que rodea a la ciudad de Lausana se prolongue en la dirección de Saint-Maurice.

Las instalaciones auxiliares que se hallan en la garganta formada por el río Flon, así como las cimbras para los arcos situados al N., tienen un valor de algo más de medio millón de francos suizos. Por lo que resultaría dispendioso diferir la ejecución del trozo en arco situado al S.

En el viaducto S., la posición de las juntas cantilever a una y otra parte del arco han sufrido una ligera modificación respecto a las del viaducto N.

En 1964 se procedió a reparar las cimbras del arco situado al N. para llevarlas a la posición del arco correspondiente al viaducto S. El hormigonado del arco S. y tablero ha sido ya terminado, y la cimbra se halla en curso de desmontaje.

La dirección de trabajos fue asumida por el Departamento de Construcción de Autopistas del cantón de Vaud. La realización de la obra ha corrido a cargo de la empresa Cobal, de Lausana.

Tanto la economía como la armonía del conjunto de la obra, han sido dos puntos de gran preocupación para el autor del proyecto.

Cuando el terreno se presta, el arco de hormigón armado constituye una solución económica para salvar grandes luces y obtener una gran seguridad, sensiblemente superior a la que proporcionaría una obra de hormigón pretensado.

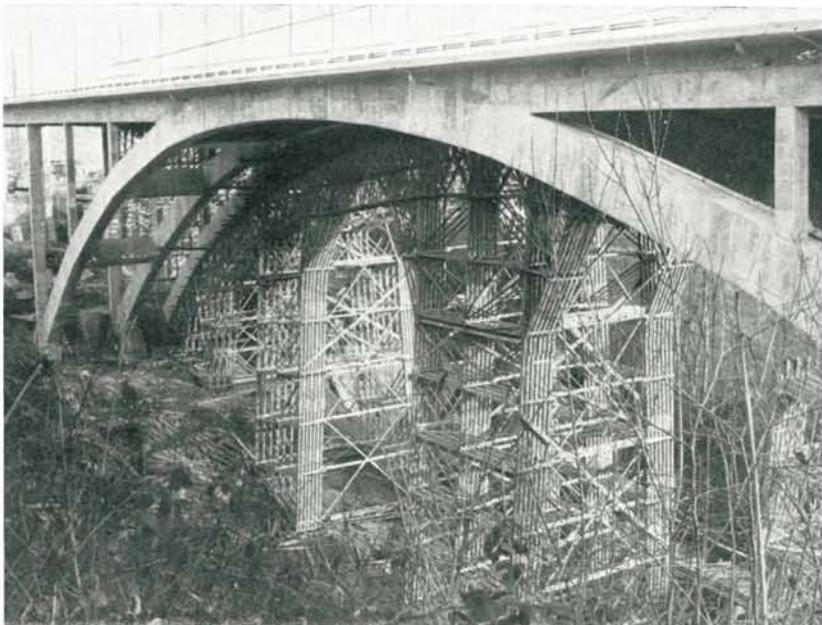
La presencia del arco y las condiciones favorables de los cimientos en las márgenes, han permitido la elección racional de las luces y alturas de las vigas que constituyen el tablero.



Hormigonado del arco situado al sur.

Arco descimbrado.

Vista próxima de las piezas transversales de arriostramiento.



Arcos

Cada uno de los arcos está constituido por dos unidades independientes, de hormigón armado, arriostrados entre sí por el tablero en la clave y empotrados en sus estribos, que apoyan sobre cimientos descansando sobre un banco calizo.

Dichos arcos independientes tienen 120 m de luz y 22,715 m de flecha. Su anchura es constante y el canto varía de 2,20 a 2,40 m. En la zona de riñones se han colocado unas piezas transversales huecas, de tabiques delgados y de gran rigidez. En la clave se han solidarizado con el propio tablero.

El tablero se soporta con tres vigas longitudinales; las dos exteriores terminan embebidas, en el arco, en la zona de la clave. A una y otra parte de esta última, dichas vigas se empotran elásticamente en los soportes que descansan sobre el extradós de los arcos y en los estribos. La viga central es soportada por las piezas transversales colocadas sobre los soportes—por una parte—y en las piezas transversales que se hallan en la clave—por otra—. A partir de los soportes correspondientes a los estribos, el tablero se prolonga hasta las juntas cantilever que le unen con los tramos adyacentes.

El hormigonado del tablero en la zona de los arcos se ha realizado en dos fases, empezando por ejecutar la parte de los arcos que corresponde a la clave y después seguir hormigonando,

previo el montaje de un entramado auxiliar sobre aquéllos, lo cual permitió apoyarse sobre ellos para continuar el hormigonado a una y otra parte de la clave.

Diariamente se hormigonaba un volumen de 80 a 100 m³, de acuerdo con la capacidad de la central hormigonera instalada por la empresa encargada de la ejecución, así como de las posibilidades de la colocación en obra. Como medida general, el hormigonado empezaba casi al amanecer, con objeto de evitar toda clase de trabajo nocturno, organizando dos turnos simultáneos y, cuando era posible, simétricos. Las piezas transversales que arriostran los arcos, de gran rigidez, se hallan colocadas en la zona de riñones y no se hormigonaron hasta después de haber hormigonado los dos arcos independientes.

El cálculo del arco rígido se realizó por un método bastante rápido y cuya precisión ha sido comprobada por comparación con otras obras similares ejecutadas precedentemente.

Tramos adyacentes al arco

Entre los bosque de Sauvabelin y el estribo O. del arco existen dos tramos de 21 y 24 m de luz, respectivamente. Entre el estribo E. del arco y la planicie de Vennes hay ocho tramos de 29 m y uno de 24,5 metros.

El tablero de estos tramos tiene una forma similar a la correspondiente a los arcos, es decir, está soportado también por tres vigas longitudinales unidas elásticamente a los soportes, que se apoyan sobre un banco calizo. Los cabezales que coronan los soportes sirven de apoyo para la viga longitudinal mediana del tablero.

A lo largo de todo el viaducto estas vigas tienen el mismo canto, 2,18 m, pero su anchura varía según las luces. En los tramos más diáfanos y en la proximidad de apoyos, se han previsto losetas de compresión y acartelamientos en las vigas. La obra, en general, resulta ligera y proporcionada.

Particularidades

Si el ingeniero debe esforzarse para concebir obras racionales y ventajosas, no debe vacilar en la adopción de disposiciones que permitan mejorar la calidad de la construcción. El tablero del puente sobre el río Flon no se ha armado siguiendo los procedimientos clásicos. En lugar de concentrar la totalidad de las armaduras en la proximidad de las fibras más fatigadas de las vigas, se han repartido sobre todo el campo de la zona donde las deformaciones conducen a la fisuración del hormigón.

Para calcular la armadura repartida en los puentes y autopistas se ha adoptado nuestro método, que ha sido objeto de publicaciones anteriores.

Esta disposición necesita un débil complemento de armaduras que no presentan ninguna incidencia notable sobre el coste de la obra. Esto permite salvar luces relativamente grandes con vigas o pórticos de hormigón armado, logrando una obra de alta calidad. Hemos aplicado por primera vez este principio en Francia, en el puente sobre el río Pique en Naou-Hounts, en 1930, y en Suiza, en los puentes sobre el Ródano en Noës y en Aproz, hace ya quince años. El puente de Aproz tiene un tramo central de 52 m de luz.

Observaciones

En los métodos clásicos de cálculo del hormigón armado existe cierta contradicción entre las hipótesis, los resultados que se persiguen y los medios puestos a contribución para llegar a resultados prácticos.

Se sabe que el hormigón no puede resistir, sin romperse, un esfuerzo de tracción real superior a 22 kilos por centímetro cuadrado. También sabemos que se arma el hormigón para subvenir a su carencia de resistencia a la tracción. Las armaduras deberán colocarse en condiciones que permitan y garanticen la conservación y durabilidad de la obra. El hormigón que envuelve a las armaduras debe, pues, estar exento de fisuraciones macroscópicas, que permitirían la penetración de los agentes corrosivos hasta las propias armaduras.

Se considera generalmente que una fisura de 0,1 mm es admisible en una construcción de hormigón armado sometida a la acción de gases corrosivos nocivos, y que una grieta de 0,2 mm es admisible en una construcción de hormigón armado expuesta a intemperies normales; mientras que una fisura de 0,3 mm será admisible si se encuentra al abrigo de intemperies.

La teoría clásica del hormigón armado requiere se concentre toda la armadura alrededor de la fibra más fatigada, con objeto de aumentar, en la medida de lo posible, el brazo de palanca que va del centro de tracción al de compresión de una sección, así como absorber, lo más económicamente posible, un momento flector máximo. De proceder de esta manera se deja, frecuentemente, sin armadura o con una armadura insuficiente las zonas importantes de las vigas comprendidas entre el eje neutro de la sección y la fibra más fatigada. En estas zonas se desarrollan tensiones de tracción considerables que pueden rebasar hartamente la resistencia a la tracción del hormigón.

El hormigón se halla, por tanto, fisurado. Y se sabe, por los ensayos de Faury, que una sola armadura suficientemente densa puede evitar en este caso que se abran las fisuras. El método de dimensionamiento clásico de las armaduras en una viga de hormigón armado no tiene, pues, en cuenta los fenómenos de fisuración que actualmente conocemos.

Al estudiar obras importantes donde las tensiones de tracción son elevadas, el cálculo de las vigas, siguiendo los métodos clásicos, no tiene preferencia alguna sobre las comprobaciones que se pudie-



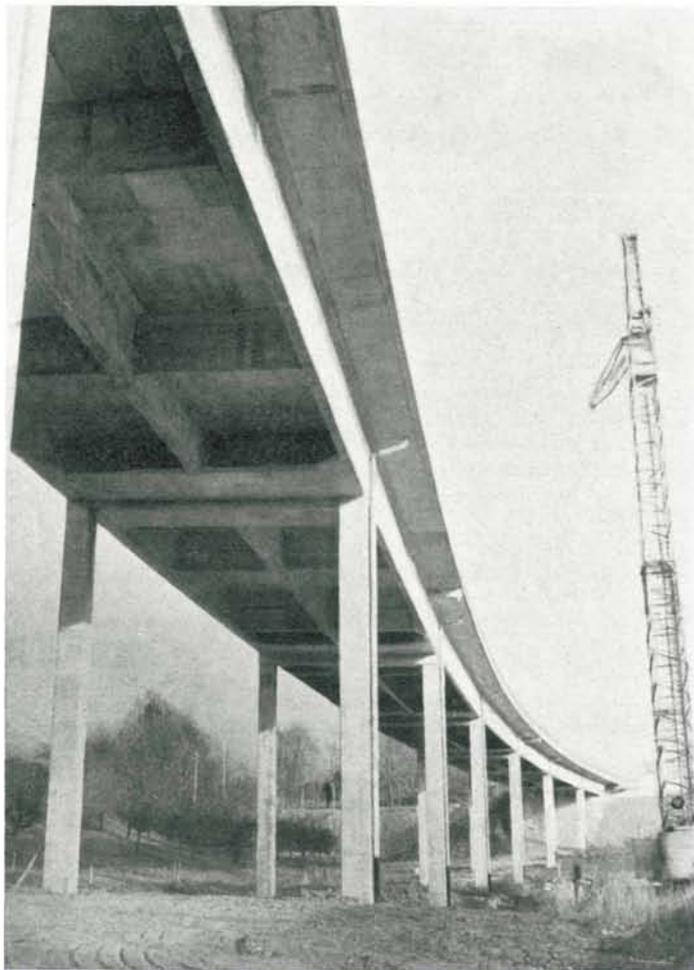
Intradós
de los arcos.

Tramos adyacentes al arco.
Arco terminado.

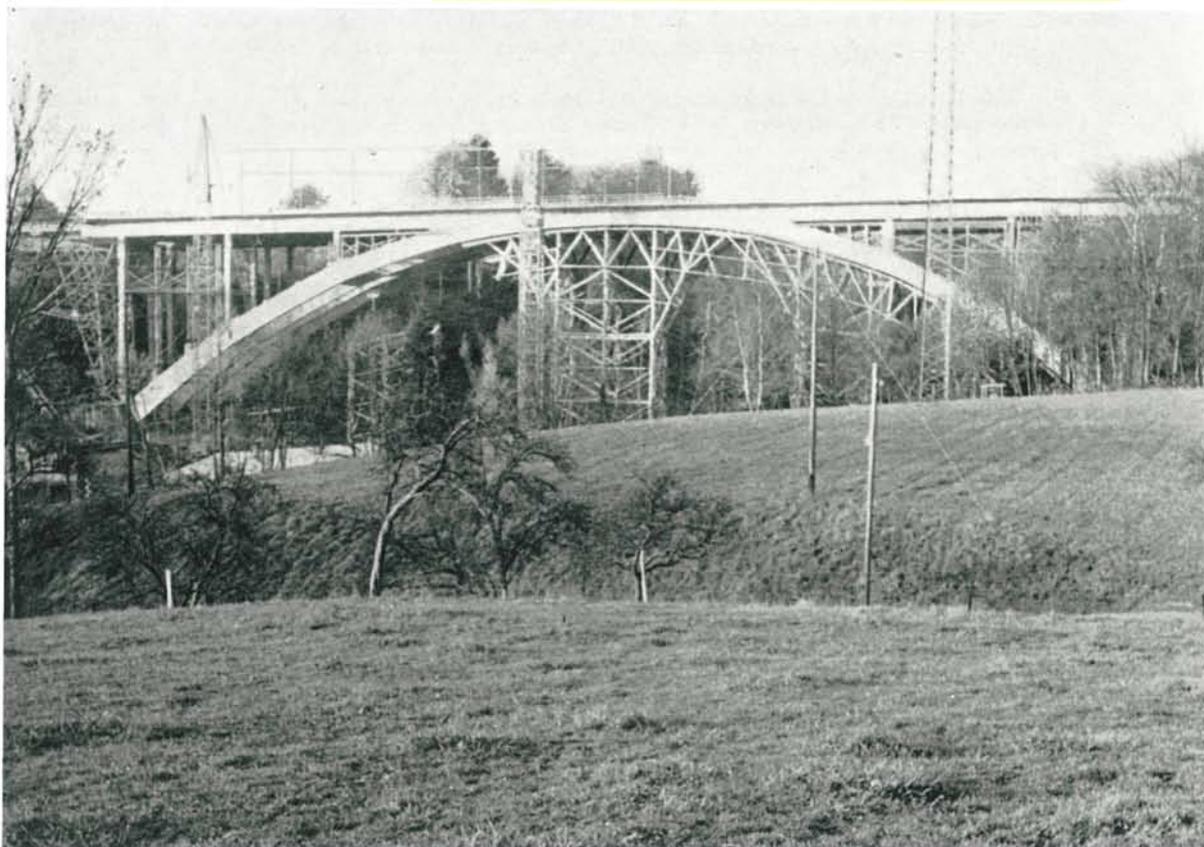
ran realizar en un estado de ruptura. Si el ingeniero en estas condiciones pretende concebir una obra sana, debe tomar disposiciones para luchar contra la fisuración y colocar las armaduras en las zonas donde efectivamente se desarrollan los esfuerzos de tracción que ellas están llamadas a absorber.

Los primeros pioneros del hormigón armado distaban mucho de poseer los conocimientos que hoy disponemos de los métodos de cálculo. Esto no obstante, les guiaba un sentimiento bastante seguro en el estudio de la disposición de armaduras. Si pretendemos seguir sus huellas y desarrollar aún más el hormigón armado, no podemos contentarnos con ábacos o esquematizaciones más o menos precipitadas. Debemos, por consiguiente, analizar las deformaciones de las obras y tomar todas aquellas disposiciones necesarias para absorber los esfuerzos que pudieren resultar.

Traducido y adaptado por J. J. Ugarte.



Fotos: A. S. L.



Viaduc sur la Flon - Suisse

A. et Ph. Sarrasin, ingénieurs

Ce viaduc, qui fait partie des ouvrages en maçonnerie de l'autoroute Lausanne-Saint Maurice, se compose des deux viaducs parallèles et indépendants, séparés de 56 cm, ayant tous deux une longueur totale de 434 m 30 et une largeur de 12 m 90. Les onze travées droites qui complètent la travée principale en arc—de 120 m de portée—ont une portée maximale de 29 m. Le tablier est supporté par trois poutres longitudinales de 2 m 18 de hauteur.

Cet ouvrage, en béton armé, est divisé en cinq tronçons et quatre joints. Le bétonnage des arcs a été effectué successivement à l'aide d'un seul cintre.

Viaduct over the river Flon, Switzerland

A. & Ph. Sarrasin, engineers

This viaduct is part of the motor road from Lausanne to Saint Moritz, and consists of two independent structures, 56 cm apart one from the other, each of which is 434.30 m long, and 12.90 m wide. They consist of a main arch, 120 m in span, and 11 straight sections, with a maximum span of 29 m. The deck rests on three longitudinal girders, whose depth is 2.18 m.

The material is reinforced concrete, and the structure is divided into five parts, with intervening dilation joints. The concreting of the arches has been done in successive stages, using a single formwork.

Viadukt ueber dem Fluss Flon - Schweiz

A. und Ph. Sarrasin, Ingenieure

Der Viadukt, der Teil der Werke des Autobahnes Lausana-Saint-Maurice bildet, besteht aus zwei unabhängigen Viadukten 56 cm getrennt, je 434,30 m Länge und 12,90 m Breite. Die elf geraden Feldern, die dem Hauptfeldern in Bogen von 120 m Spannweite ergänzen, haben von Maximallichtweite 29 m. Die Platte stützt sich auf drei Längsträgern mit einer Höhe von 3 m.

Der Bau ist aus Stahlbeton und in fünf Feldern mit vier Fugen unterteilt; die Betonierung der Bogen wurde mit einem einzigen Lehrgerüst durchgeführt.