

***puente sobre el Boiron
de St. Prex, en la autopista Lausana-Ginebra***

RENÉ SUTER, ingeniero SIA - diplomado EPUL

562-107

sinopsis

La obra se compone de dos puentes gemelos, uno al lado del otro, contruidos, sucesivamente, utilizando la misma cimbra para sostener la armadura por medio de una simple traslación lateral.

Es de hormigón pretensado y comprende cinco tramos de 56, 14, 70, 14 y 56 m de luz, respectivamente, con una longitud total de 210 m. El tablero, de 2,60 m de altura, está formado por dos vigas maestras, de altura constante, unidas entre sí por tirantes y sostenidas por pilas gemelas, muy esbeltas, de hormigón armado y altura aproximada de 20 metros.

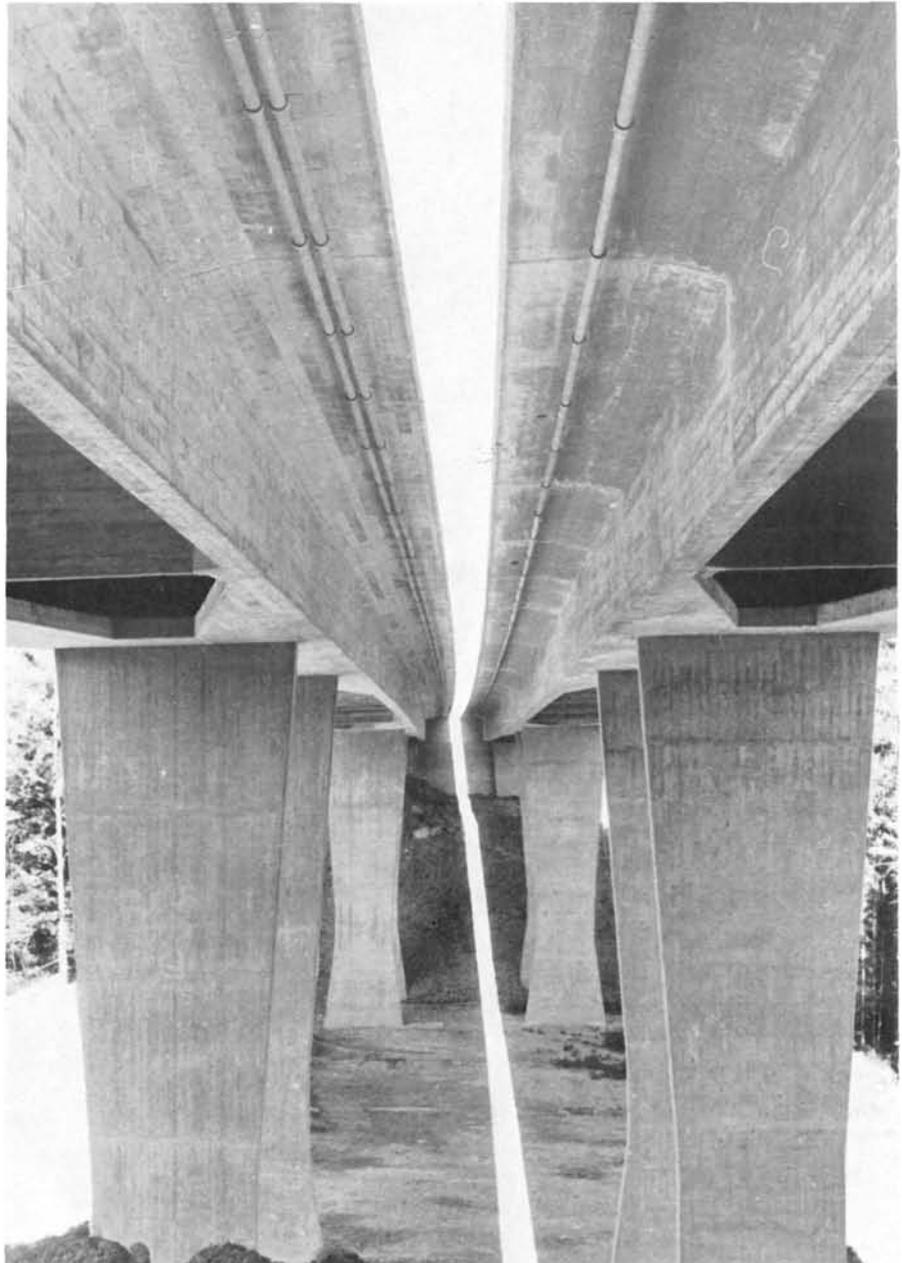
El artículo describe los criterios seguidos al proyectarla, el cálculo estático de las estructuras, la fase de pretensado y algunos detalles de la construcción.

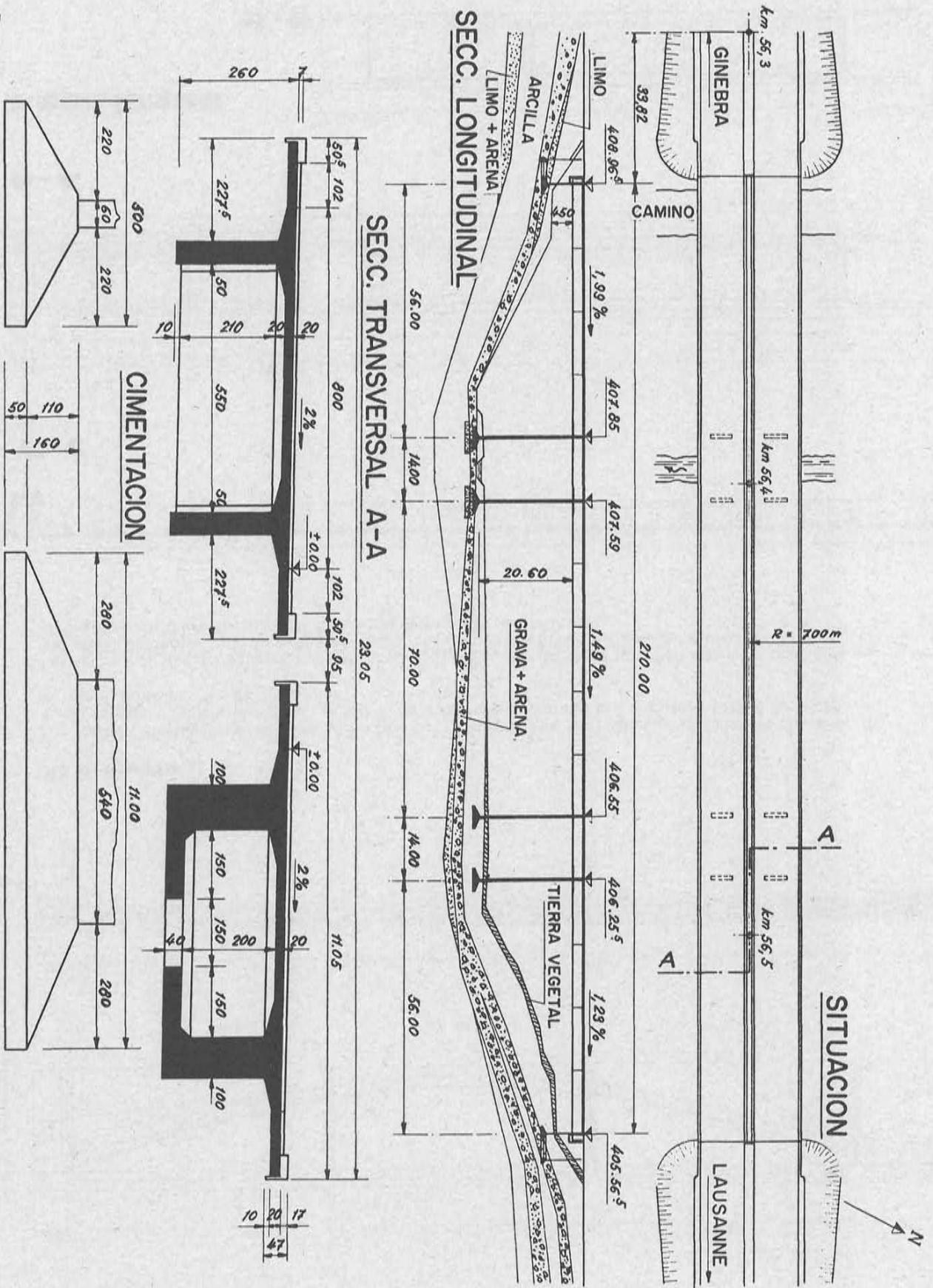
La nueva autopista Lausana-Ginebra salva el gran valle del Boiron, situado a mitad de camino entre Morges y St. Prex, con un trazado y desarrollo planimétrico ligeramente curvilíneo que presenta un radio de curvatura de unos 8 metros.

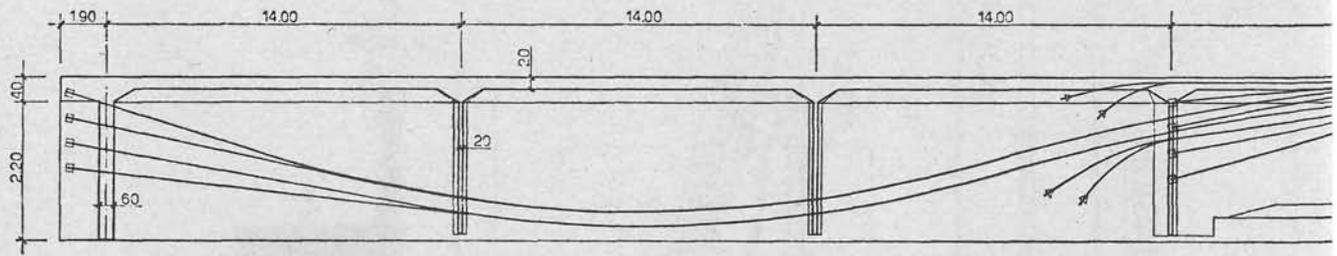
El perfil longitudinal del terreno está constituido por una depresión simétrica, respecto del eje de la obra, y tiene forma trapezoidal con un desnivel máximo, respecto de la cota de la autopista, de cerca de 26 m. El proyecto debía considerar la presencia de un ferrocarril, situado junto al lado O. de la obra, y las condiciones geomorfológicas de los terrenos que constituyen las vertientes del valle. En efecto, la vertiente E. presentaba acentuados deslizamientos de masas de tierra, aunque en vías de estabilización (el antiguo lecho del río, que debía primitivamente erosionar tal vertiente, está hoy prácticamente colmado de material de aluvión), mientras que la base de la vertiente O. es erosionada por el agua del Boiron y su masa está afectada por las filtraciones de agua de la zona superior.

La autopista, el paisaje y el perfil longitudinal son premisas imperativas para la elección del tipo de obra, en cuanto que ésta debe de armonizar perfectamente con todas las zonas limítrofes e incluirse en el paisaje sin contrastes duros.

La adaptación entre los puntos de vista estático y estético se ha logrado hasta tal punto que ha permitido, por un lado, escoger las relaciones de longitud entre el conjunto de vigas, de forma que los momentos queden bien equilibrados (de acuerdo con la clásica regla áurea), y por otro, colocar las pilas del puente en las zonas de momento nulo a fin de conferir a aquél un mayor atrevimiento y originalidad.



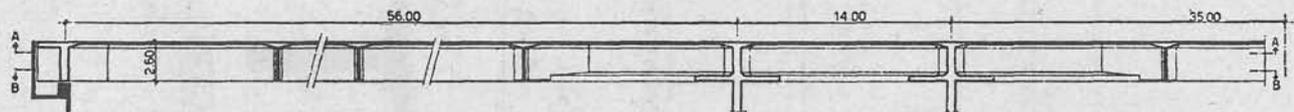




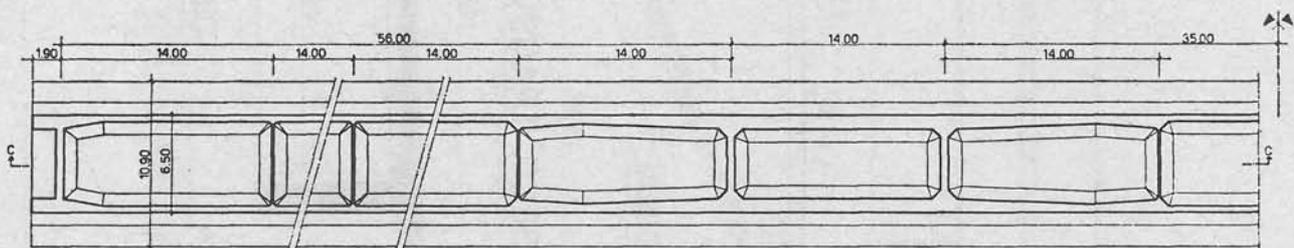
El proyecto

Los sondeos efectuados en el fondo del valle han mostrado que los terrenos de cimentación eran de buena calidad y podían resistir las cargas de la construcción sin más que aumentar la base de los apoyos. La carga admisible era de 2,5 kg/cm².

Las zonas laterales del valle estaban agrietadas y hacían impracticable la construcción de una obra que necesitase de apoyos a lo largo de sus lados, sin incurrir en serios riesgos durante la ejecución de los cimientos y sin tener que realizar gastos prohibitivos de construcción.

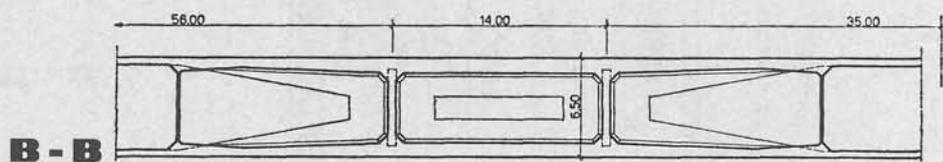


C - C



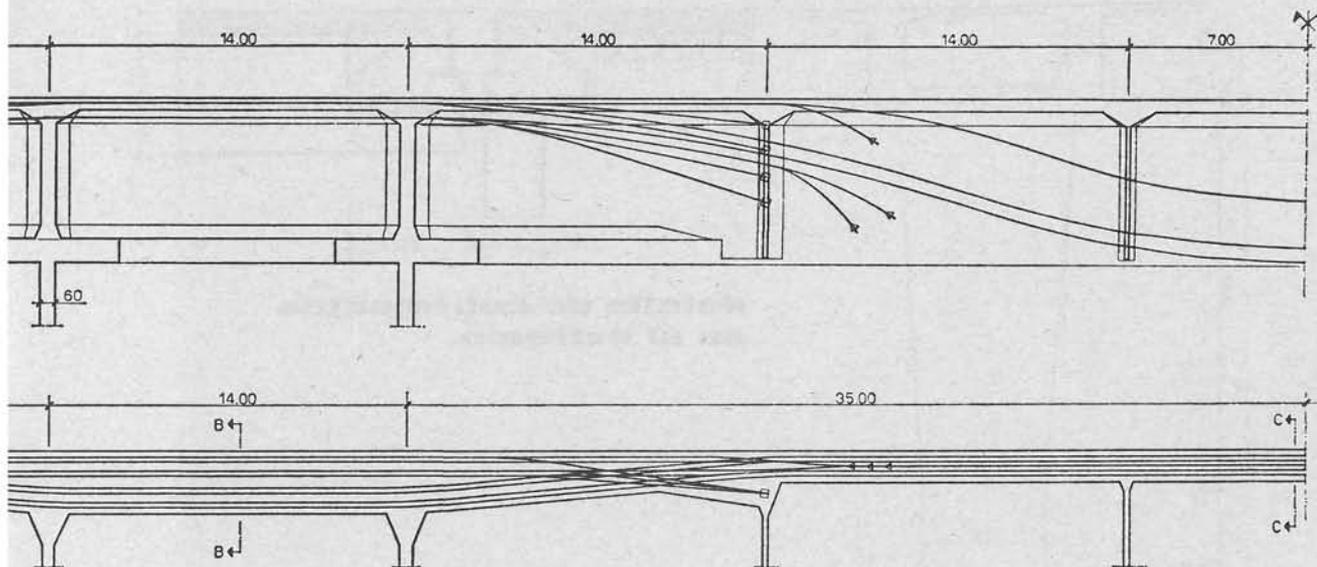
A - A

secciones



B - B

disposición de armaduras

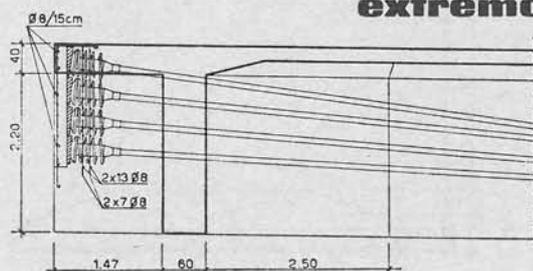


También la luz de los tramos extremos de la obra a proyectar estaba prácticamente fijada y no podía ser inferior a 55 m, aproximadamente. El perfil longitudinal del valle y la estabilidad de las costillas condicionaban la longitud total del puente, que era del orden de 210 m. Estando bien determinadas las condiciones de los apoyos y las limitaciones de la obra, un puente de hormigón armado con vigas continuas parece ser la solución más indicada para salvar un valle bastante achatado.

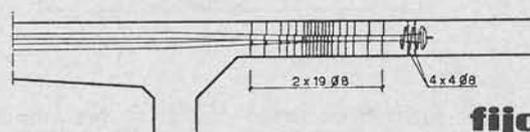
Aún en vía preliminar fueron estudiadas y consideradas diversas soluciones, teniendo en cuenta las características geológicas, topográficas y geométricas impuestas, a fin de establecer, por medio de un análisis detallado, las diversas posibilidades. Esto ha permitido, al fin, alcanzar la solución más racional.

El clásico proyecto estático de viga continua no ofrece la ventaja de reducir los momentos en sus apoyos, y además determinaba en la estructura, por efecto de la hiperestática de precompresión, una sensible disminución del estado de coacción, a través de la aparición de los llamados momentos parásitos. En este caso, aparecía la desventaja estética de tener que colocar el eje de simetría del puente en correspondencia con una pila, siendo impuesta la longitud del tramo lateral.

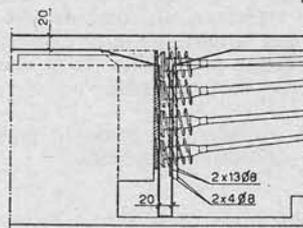
extremo



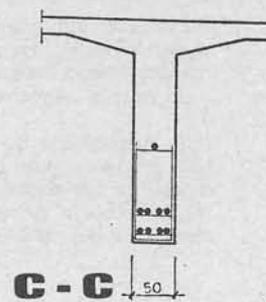
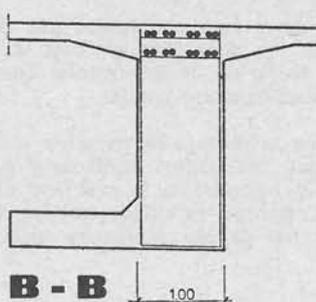
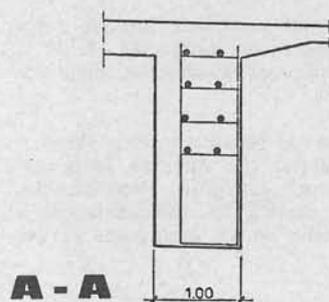
fijo



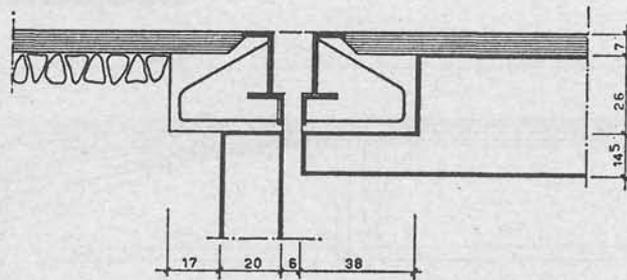
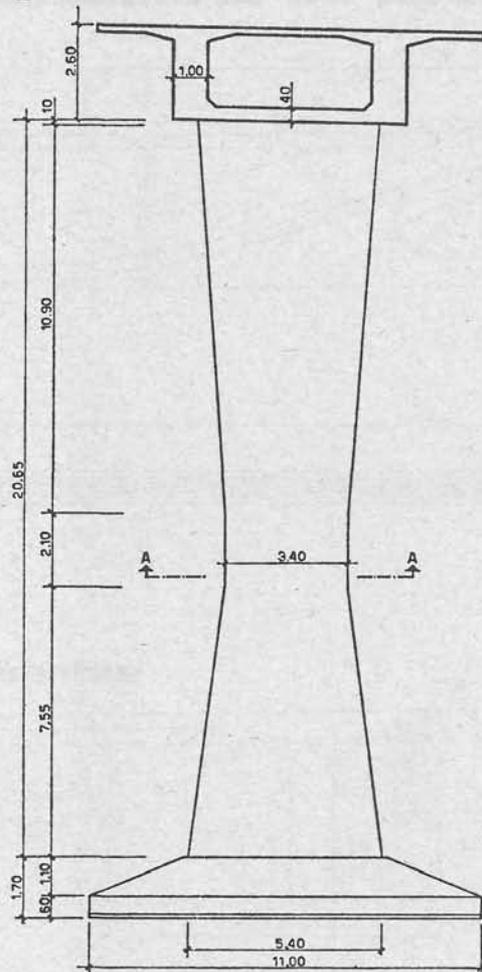
intermedio



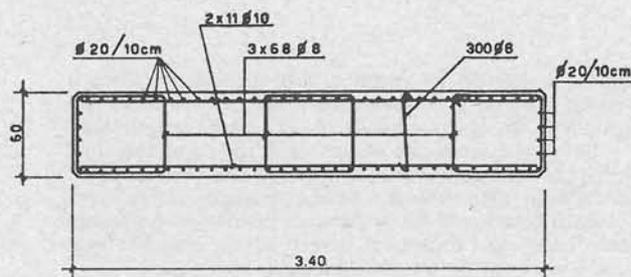
anclajes



pila



**detalle de cubrejuntas
en el extremo**



sección A-A

La solución en tramo central de luz inferior a la del tramo lateral conducía a proyectos nada elegantes, que con respecto a los otros no encontraban justificación ni siquiera desde el punto de vista estático.

La solución adoptada de cinco tramos alternativamente largos y cortos, de 56, 14, 70, 14 y 56 m, respectivamente, que significan un total de 210 m, además de reducir los momentos en correspondencia con los apoyos, disminuía notablemente el cambio de curvatura de los vanos y permitía prácticamente anular los momentos parásitos por medio de la aparición de vanos simétricos, utilizando al máximo la excentricidad del esfuerzo de pretensado.

Tal solución debe considerarse como la más indicada cuando se construyen vigas continuas de hormigón pretensado y de altura constante.

Consideraciones estáticas

El tablero del puente es continuo y está compuesto por dos vigas, de altura constante, unidas entre sí por tirantes. La disposición de las pilas gemelas, cuya distancia entre ejes es del orden de $1/5$ de la luz del tramo central, o de $1/4$ de la luz de los tramos laterales, permite obtener momentos, positivos a un lado y negativos al otro, prácticamente iguales.

Esta disposición de las pilas tiene la ventaja de permitir una sucesión de vanos sencilla y poco sinuosa. Las pérdidas por rozamiento son, por tanto, mínimas y no superan el 20 por 100. Además, la importancia de los momentos negativos permite en la práctica anular los momentos parásitos. Esto demuestra la ventaja de este esquema, porque es sabido que en una estructura clásica los momentos parásitos son del orden del 30 por 100 de los momentos máximos. En el cálculo de los momentos parási-



tos se deben considerar las pérdidas y caídas de tensión en los vanos, resultando la precisión obtenida limitada tanto por la importancia de los rozamientos, como por el relajamiento en los vanos. Por este motivo, es posible en las vigas continuas de altura constante disminuir al máximo los momentos parásitos, a fin de reducir en la misma proporción los errores posibles.

El estudio de la obra en cuestión demuestra que para una distribución adecuada de los vanos que permite aprovechar toda la excentricidad, los momentos parásitos son de $68 \text{ m} \cdot \text{t}$ en la pila 1 y de $213 \text{ m} \cdot \text{t}$ en la pila 2, mientras los momentos máximos son, respectivamente, de $4.336 \text{ m} \cdot \text{t}$ y $4.534 \text{ m} \cdot \text{t}$. Los momentos parásitos representan, por tanto, el 1,3 por 100 y el 4,7 por 100 respecto de los momentos en los apoyos, siendo prácticamente simétrica la distribución de los vanos. Cada una de las vigas del puente ha requerido los siguientes esfuerzos de pretensado:

- 1.770 t en la viga del extremo;
- 1.990 t en la viga central;
- 3.540 t en correspondencia con la pila.



Las dos vigas del tablero que transmiten las cargas a las pilas y a las costillas están puestas a una distancia de 6 metros, entre ejes. Están unidas entre sí mediante tirantes —a razón de 3 unidades para la viga lateral y 4 para la central—, con objeto de obtener campos iguales a lo largo de toda la longitud de la obra.

La superestructura del tablero es solidaria con las vigas maestras y con los tirantes. Está formada por paneles rectangulares de 14×6 m², continuos, que vuelan lateralmente por medio de dos ménsulas que sobresalen 2,15 m. El acortamiento total del tablero, bajo los efectos del pretensado, la retracción y la fluencia, ha permitido la ensambladura de las pilas dentro del tablero. La escasa rigidez de las pilas absorbe fácilmente deformaciones eventuales provocadas por las vigas maestras. En cada una de las costillas están colocados apoyos móviles de neopreno, a fin de permitir corrimientos simétricos de la estructura.

Construcción de la obra

El puente sobre el Boiron está formado por dos estructuras gemelas e idénticas, puestas una junto a otra, lo que ha permitido volver a utilizar todas las cimbras empleadas sin más que trasladarlas lateralmente una vez puesta en tensión la estructura perteneciente a la primera pista. Con el fin de evitar solicitaciones secundarias en el tablero, se han utilizado en los andenes elementos prefabricados colocados sobre una base de mortero fino de cemento. Esta solución presenta, además, la ventaja de una colocación exacta de los andenes a lo largo de todo el puente. El sistema descrito ha permitido realizar un tablero cuya altura total es de 2,6 m, es decir, 1/27 aproximadamente de la luz central. Las proporciones del conjunto confieren al puente un carácter de sobriedad y hasta un atrevimiento que le permiten armonizar perfectamente con el paisaje circundante.

El puente ha sido construido por la empresa Dentan Frères, de Lausana.

Traducido y adaptado por A. Barbero

résumé ● summary ● zusammenfassung

Pont sur le Boiron de St-Prex, à l'autoroute Lausanne-Genève

René Suter, ingénieur SIA, diplôme EPUL

L'ouvrage se compose de deux ponts jumeaux, côte à côte, construits successivement à l'aide du même cintre, grâce à une simple translation latérale.

Cet ouvrage, en béton précontraint, comprend cinq travées de 56, 14, 70, 14 et 56 m de portée respectivement, avec une longueur totale de 210 m. Le tablier, de 2,60 m de hauteur, est formé par deux poutres maîtresses, à hauteur constante, unies entre elles par des entretoises et soutenues par des piles jumelles, très élancées, en béton armé, de 20 m de hauteur environ.

Cet article décrit les critères suivis dans le projet de cet ouvrage, le calcul statique des structures, la phase de précontrainte et quelques détails de la construction.

Bridge over the St. Prex Boiron, on the Lausanne-Geneva Motor Road

René Suter, SIA engineer, EPUL dipl.

The project consists of twin bridges, running side by side, and built one after the other. The same formwork to support reinforcement was used for both bridges, by merely moving the formwork parallel to itself, after the first bridge was completed.

The bridges are of prestressed concrete, and have five spans of 56, 14, 70, 14 and 56 m, with a total length of 210 m. The deck is 2.60 m high and consists of two main girders of constant height, mutually attached by tie members, and resting on twin columns, of considerable slenderness, of reinforced concrete, and approximately 20 m high.

The article describes the design procedure, the static structural calculations, the prestressing operations and some constructional details.

Brücke über den Boiron de St. Prex auf der Autobahnstrecke Lausanne-Genf

René Suter, Ingenieur SIA, EPUL Dipl.

Es handelt sich hier um zwei gleiche, nebeneinander errichtete Brücken, die nacheinander mit demselben Lehrgerüst zur Stütze der Bewehrung durch eine einfache seitliche Verschiebung erbaut wurden.

Sie bestehen aus Spannbeton und umfassen fünf Abschnitte von jeweils 56, 14, 70, 14 und 56 m Spannweite. Die Gesamtlänge beträgt 210 m. Die Fahrbahnplatte mit einer Höhe von 2,60 m wird von zwei Unterzügen von konstanter Höhe gebildet. Sie werden durch Zugglieder verbunden und durch paarige Pfeiler aus Stahlbeton mit einer Höhe von ca. 20 m gestützt.

Der Artikel beschreibt die beim Entwurf wichtigen Kriterien, die statische Berechnung, die Spannphase und einige andere Einzelheiten des Baus.