

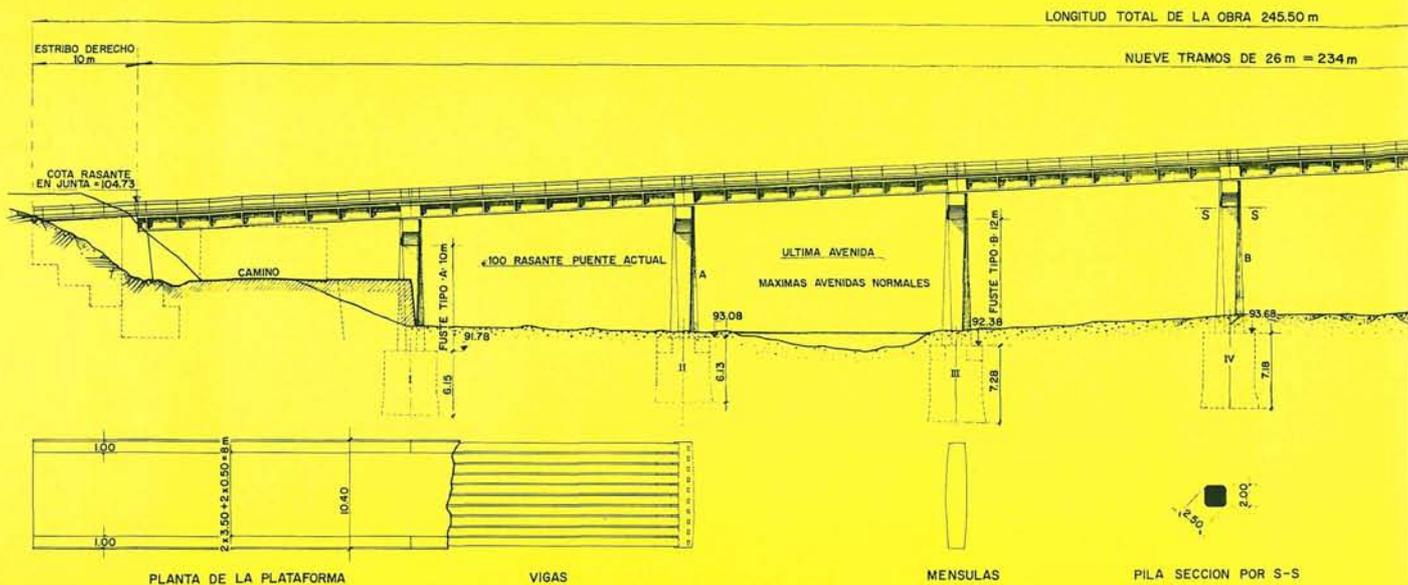


puentes con vigas pretensadas

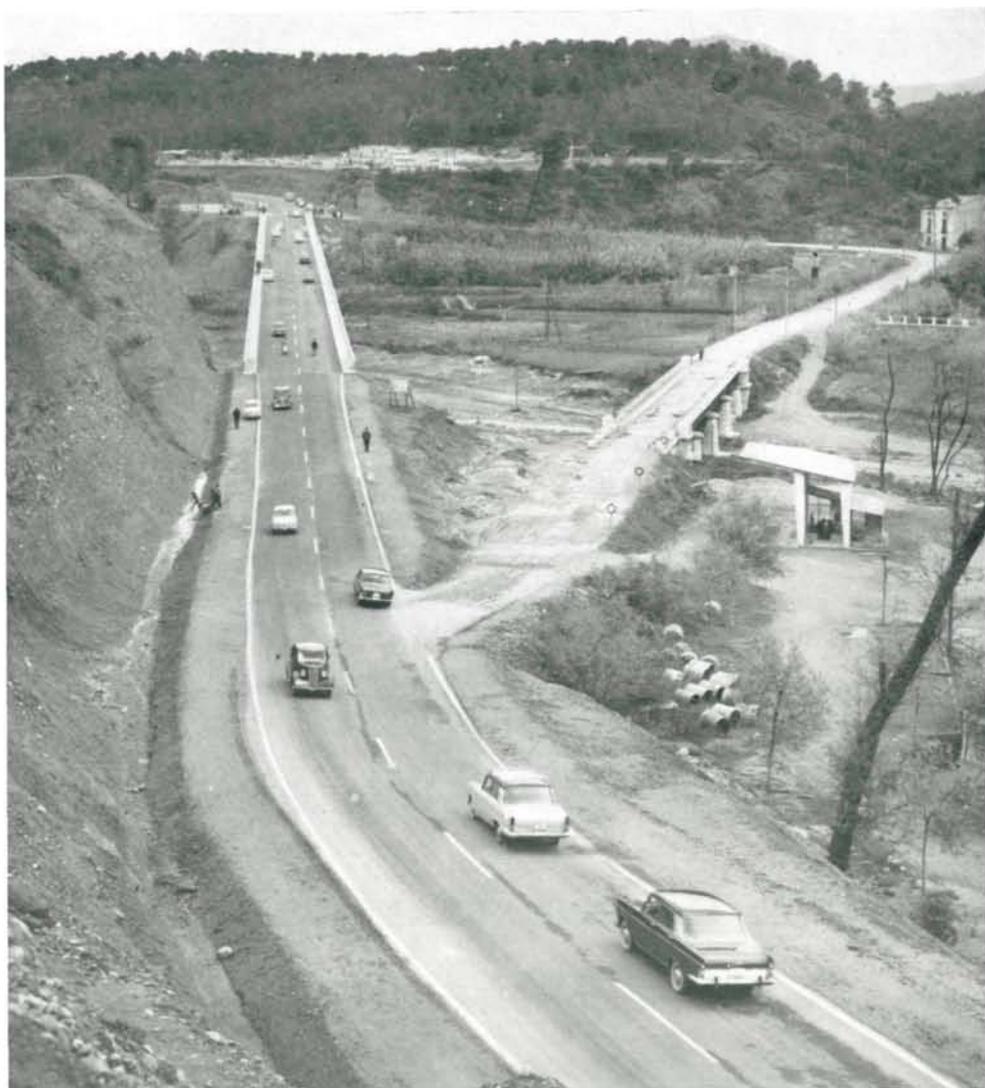
*Información amablemente facilitada por la Cía. de Construcciones
Hidráulicas y Civiles, S. A. «Hidrocivil», de Madrid*

562 - 90

planta, alzado y detalles



Rectificación y mejora del trazado.



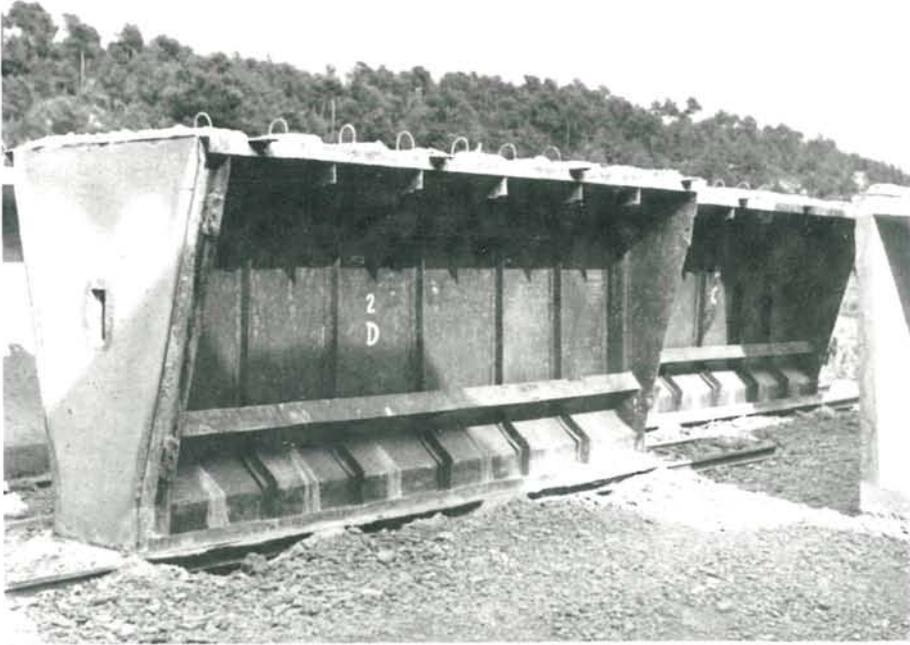
sinopsis

En este trabajo se describe uno de los tres puentes que Hidrocivil, S. A., ha construido —previo concurso— en la región catalana: concretamente, el que salva el río Ripoll. Los otros dos no han sido objeto de descripción general por ser muy similares, en lo que a ejecución y concepción se refiere, con la única variante que presentan las características topográficas locales.

La empresa propuso ciertas variantes—que fueron aceptadas— en la prefabricación y métodos de construcción.

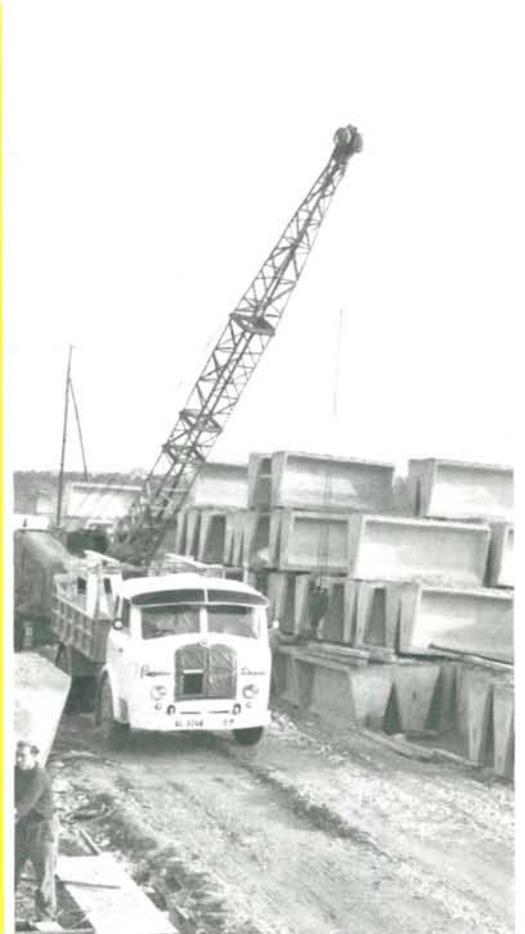
El interés de estas obras se centra en el empleo de vigas pretensadas, prefabricadas en taller por trozos, y solidarizados en el mismo mediante las operaciones de tesado de sesenta alambres de 7 mm de diámetro con que cuenta cada viga. Como en las juntas entre aquéllos se acentúan los esfuerzos cortantes, las extremidades de cada trozo van provistas de acartelamientos o diafragmas en los que, por tener gran superficie de contacto, se mejora —por adherencia— la resistencia opuesta al referido esfuerzo.

Son también de interés los procedimientos constructivos empleados, que consisten, en síntesis, en levantar los soportes y apoyar en ellos una celosía de lanzamiento, provista de movimiento transversal, sobre la cual se han instalado dos puentes grúa que permiten llevar las vigas a su posición definitiva. Terminado el primer tramo se procede a hormigonar la losa del tablero, se corre la viga auxiliar de lanzamiento y se repiten las mismas operaciones en el nuevo tramo. En este caso no se requieren entramados provisionales.



Debido a que las estructuras son muy similares en lo que a concepción se refiere, hemos elegido la de Ripoll como vivo exponente representativo de las tres, ya que las variantes y modificaciones tienen su único origen y justificación en las características locales del cauce del río, trazados de los caminos que sirven y condiciones geológicas del terreno de apoyo; datos todos ellos variables en cada lugar.

El puente de Ripoll tiene nueve tramos apuntados de 26 m de luz cada uno y una longitud total de 234 m; el de Can-Trullás, dos tramos de 26 m y una longitud total de 52 m; el de Riera de Rubí, cuatro tramos, también apuntados, de 26 m de luz cada uno y una longitud total de 114 m.



Trozos terminados.



Prefabricación de vigas por trozos.
Formación de vigas por trozos en taller.
Vigas terminadas.

Paquetes de cuatro alambres antes de anclar.—Disposición de espaciadores.—Anclajes de alambres.

El proyecto de ejecución de cada una de estas obras, redactado por Tomás Mur Vilaseca, Ingeniero de Caminos afecto a la Jefatura de Puentes y Estructuras, ha sido dirigido, en su primera fase de realización, por él mismo, y en la segunda, por Angel Lacleta Muñoz, Ingeniero de Caminos, por pasar la inspección a la Jefatura de Obras Públicas de Barcelona.

La variación apreciable en cada proyecto radica en la longitud total de la obra y número de tramos en lo que a superestructura se refiere, y en cuanto a infraestructura, depende de los accidentes locales y características que el terreno presenta en cada uno de los tres parajes de ubicación.

En su día, Hidrocivil solicitó de la Superioridad se introdujese una modificación en el proyecto de ejecución, que consiste en poder prefabricar las vigas por trozos de unos 3 m de longitud cada uno, que después se unirían en el taller de prefabricación solidarizándolos con un rejuntado, seguido del pretensado de cada viga con sesenta alambres de 7 mm de diámetro; modificación que le fue concedida.

Cimientos

Como entre el período de formación del proyecto y el de ejecución surgieron las grandes avenidas que erosionaron el cauce profundamente, las cotas y niveles de apoyo, proyectadas de acuerdo con los resultados de los sondeos de reconocimiento, experimentaron una serie de modificaciones.

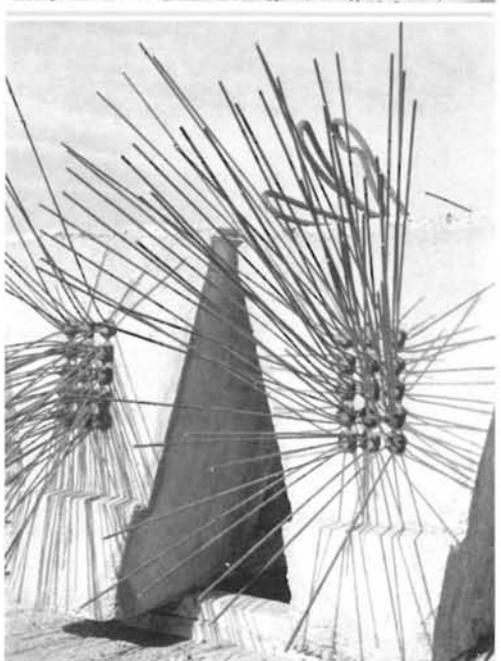
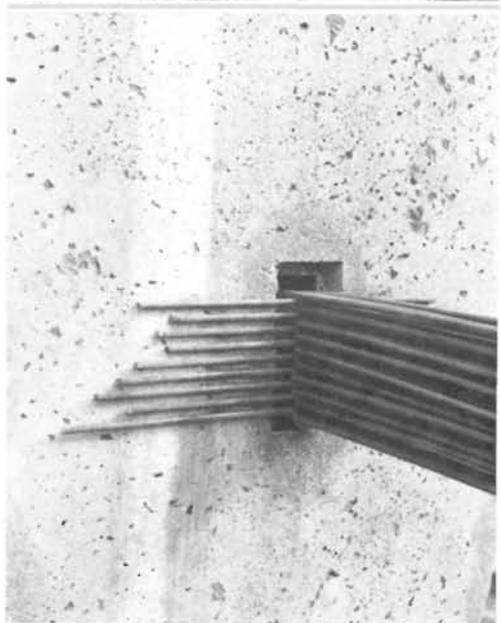
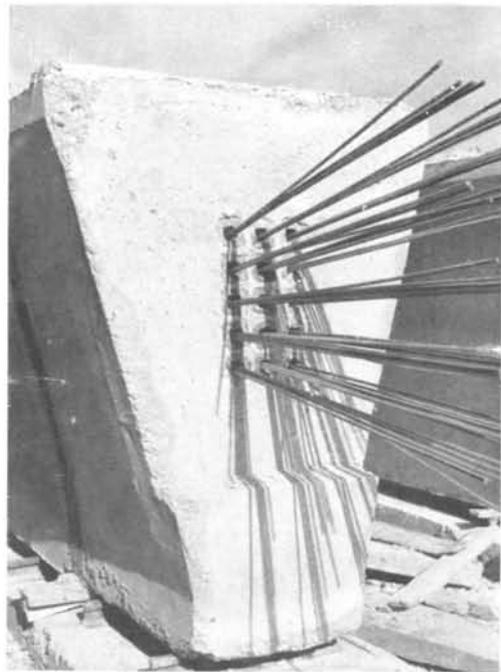
Inicialmente, se había proyectado un conjunto de cajones que descendían hasta llegar al firme, pero los cambios locales experimentados por el terreno impusieron ciertas modificaciones en los cajones y pasar, en algunos casos, del cajón al bloque sencillo de hormigón.

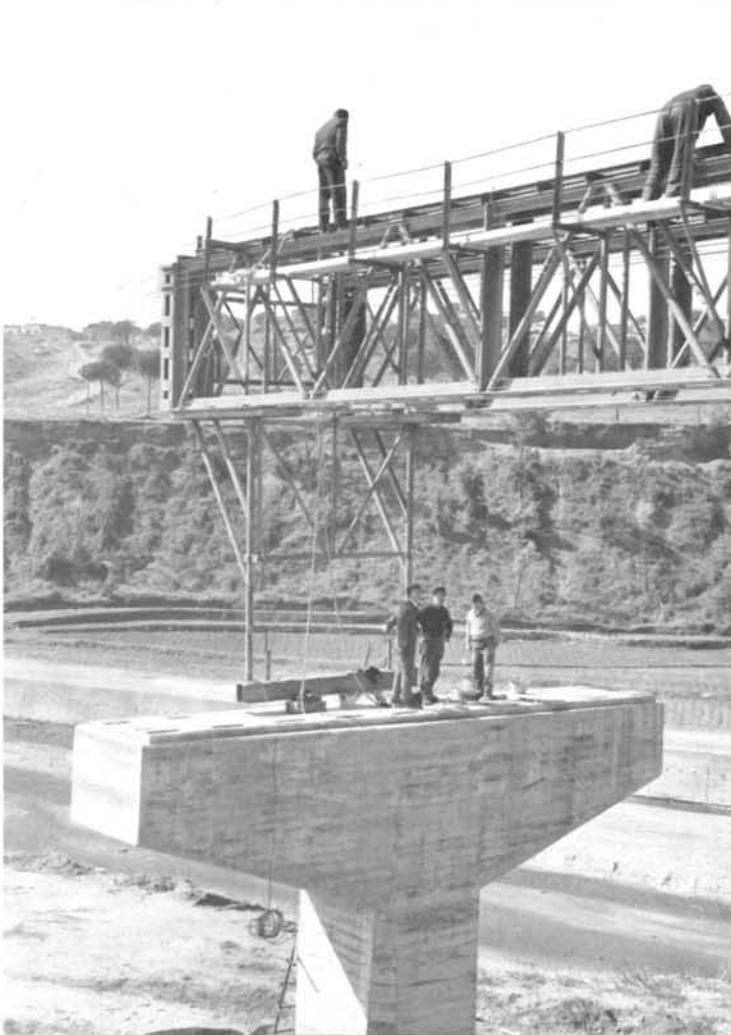
Las diferencias de nivel experimentadas en los apoyos trascenderían, naturalmente, en la altura de los cuerpos, de sección octogonal, que constituyen los apoyos, con objeto de mantener el desagüe por lo menos previsto.

Superestructura

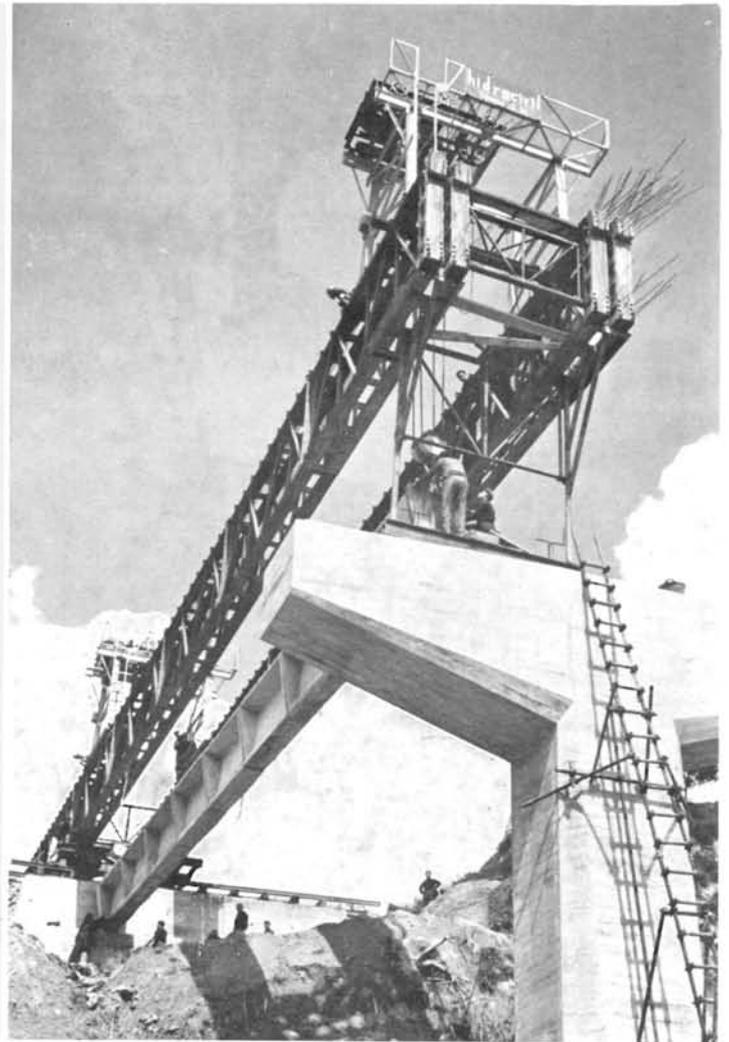
La longitud total del nuevo puente sobre el río Ripoll es de 234 m, subdividida en nueve tramos de 26 m de luz cada uno. El tablero tiene 10,4 m de anchura, de los que 2 m corresponden a dos andenes para peatones de 1 m cada uno, dos calzadas de 3,50 m y dos arceles, uno a cada lado, de 0,50 m cada uno.

El tablero lo soportan diez vigas por tramo, apoyadas simplemente sobre placas de neopreno, de 10 cm de espesor. Estas vigas, de 26 m de longitud, de hormigón pretensado, se han preparado en un taller de prefabricación y por trozos de 3 m de longitud. La solidarización de ocho de estos trozos y los dos bloques extremos para los anclajes por medio de un rejuntado seguido del tizado de los sesenta cables de 7 mm de diámetro, agrupados en paquetes de cuatro cables por anclaje, dio por resultado la viga, de sección en forma de doble T, de alas simétricas, de mayor anchura en la cabeza superior que en la inferior. Las vigas así terminadas en el taller se transportaron a la obra para su colocación. La manipulación de estos pesados elementos en el taller de prefabricación, para las maniobras de elevación y carga se realizó por medio de una grúa-puente a tal objeto proyectada.





Colocación de la celosía de lanzamiento de vigas.



Colocación de una viga.

Una vez colocadas las vigas sobre sus apoyos se procedió a hormigonar la losa del tablero formando cuerpo con las alas de las cabezas superiores de las diez vigas, de 1,55 m de canto, y constituyendo así una estructura monolítica semicajón de gran rigidez.

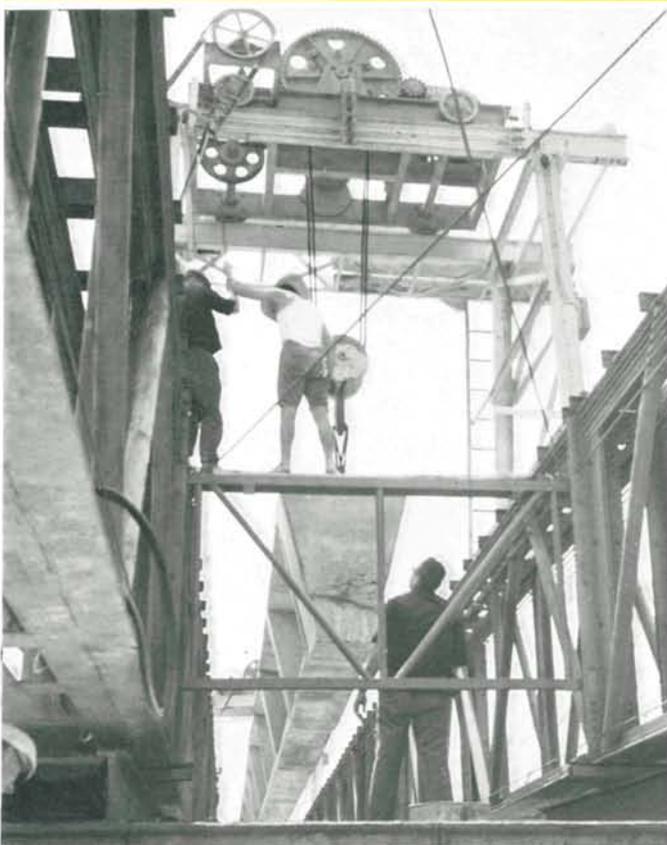
Como consecuencia de que las juntas son las partes más afectadas por los esfuerzos cortantes, en las vigas y, además, son numerosas, en cada una de ellas, las extremidades de cada trozo prefabricado de viga iban provistas de un acartelamiento, especie de diafragma o tabiquillo de rigidez, que aumentaba considerablemente la sección de contacto entre trozos, lográndose con ello aumentar la capacidad de resistencia a dichos esfuerzos por contar con mayor superficie de adherencia. Esta ingeniosa y sencilla solución constituye una práctica corriente de Hidrocivil en las prefabricaciones de este género.

Pretensado

Como se dijo anteriormente, cada viga tiene sesenta alambres de acero de alta resistencia, de 7 mm de diámetro. Los sesenta alambres, agrupados en paquetes de cuatro alambres forman cinco filas de tres paquetes cada una, colocadas en los bloques de anclaje de cada extremidad de la viga.

Para mantener la debida separación y el correcto trazado de cables entre anclajes, se colocaron en diez filas, de seis cables cada una, formando un rectángulo en el interior de otro dejado en las almas de las vigas, manteniendo su espaciamiento con redondos que actuaron como espaciadores.

En los bloques de anclaje de cada extremidad de la viga se reúnen los cables formando quince paquetes de cuatro cables cada uno. Como estos bloques son de pequeñas longitudes, el trazado de los cables, en ellos, sigue una dirección forzada respecto a la tangente del trazado, lo que da origen a un aumento de rozamiento y pérdida de tensión en la semilongitud de cada viga.



Pórtico sobre el tablero y grúa-puente de lanzamiento de vigas.

Grúa-pórtico lanzando una viga.

Los soportes, de sección transversal variable y en forma de octógono, presentan un fuste esbelto y coronado con una cruceta que se prolonga, transversalmente, en las dos ménsulas que complementan el espacio disponible para el apoyo de las diez vigas pretensadas.

Las tensiones iniciales, inducidas en los talleres de prefabricación de las vigas por trozos, fueron de 11.000 kg/cm^2 , suficientes para garantizar la integridad de las mismas durante las maniobras de transporte, elevación y colocación en obra.

Ejecución

La obra se realizó siguiendo un plan ordenado y meticulosamente estudiado. Este plan consistió en la adecuada elección del lugar para la instalación de los talleres de prefabricación y disponer de puentes-grúa de gran capacidad para poder manejar las vigas con relativa facilidad.



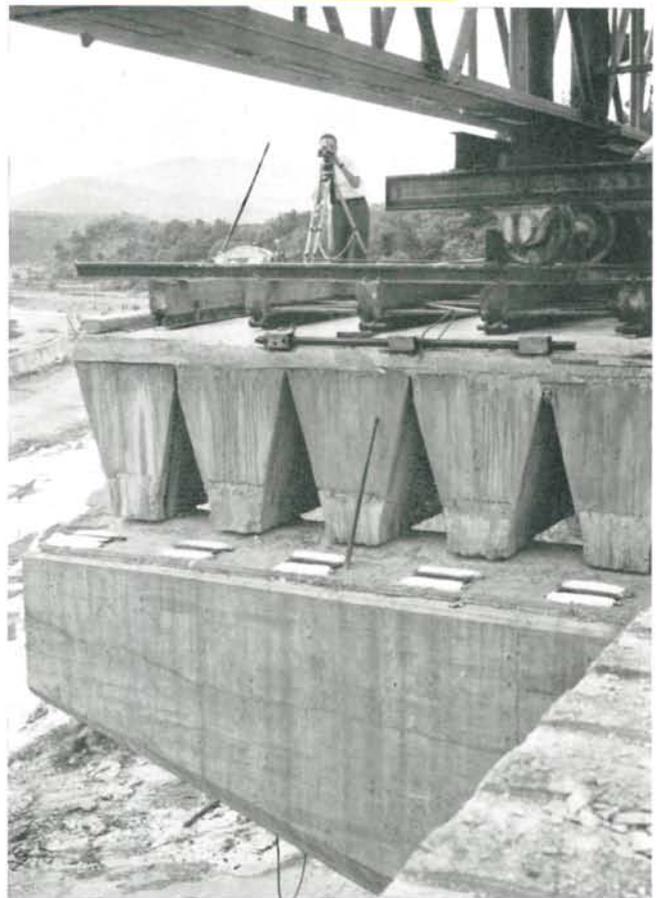
Dos vigas colocadas.

Vigas solidarizadas con el tablero.

Terminados los bloques y cajones que sirven de apoyo a los soportes, se inició la construcción de éstos y de las crucetas de los mismos. Seguidamente se empezó la colocación de la gran viga metálica en celosía apoyada, inicialmente, entre estribo y primer soporte, que serviría después para el lanzamiento y colocación de vigas mediante un puente grúa que transportaba las vigas apoyándose sobre la referida celosía.

Colocadas las diez primeras vigas se hormigonó el tablero, armado con un emparrillado de redondos. Finalizada esta operación, y aprovechando el primer trozo de tablero, se procedió a correr la celosía de lanzamiento al nuevo tramo, para después repetir las operaciones antes referidas y continuar los tramos sucesivos hasta el estribo opuesto.

Los ciclos de trabajo así concebidos, que evitan el pesado y complejo aparato de los entramados provisionales, constituyen una mejora real que se traduce, prácticamente, en una economía considerable y reducción del tiempo de ejecución.



Pórtico móvil sobre el tablero del puente.

Aspecto general del puente de Ripoll en construcción.



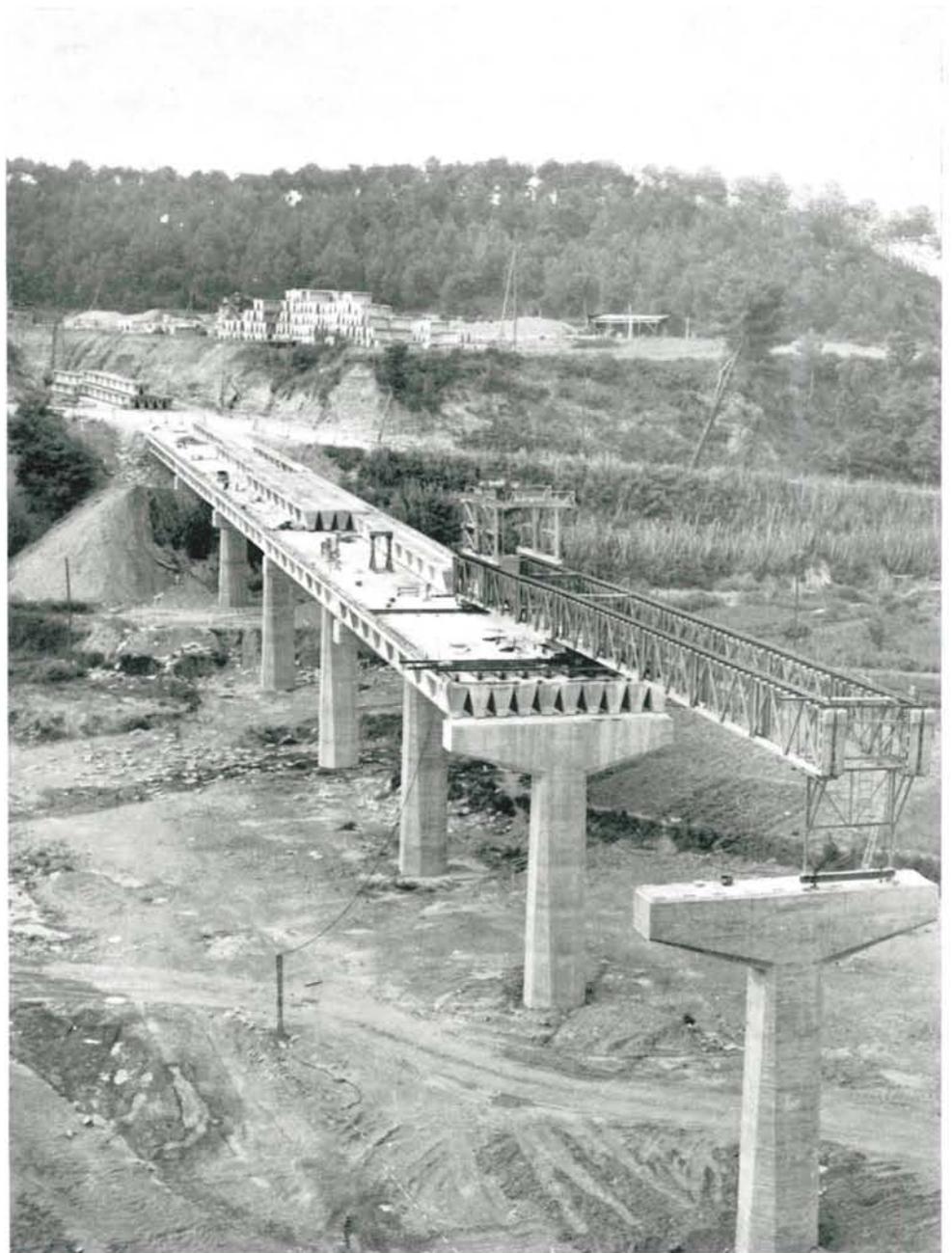
Ideas generales de cálculo

Una de las partes de la estructura que presenta gran interés, es el cálculo del reticulado de armaduras que constituye el llamado emparrillado del tablero. En este análisis se han considerado las distintas fases que ha de atravesar el tablero hasta su entrada en servicio. Estos cálculos, seguidos de acuerdo con las ideas de Massonnet, se han realizado suponiendo la máxima excentricidad transversal de las sobrecargas reglamentarias.

Las vigas se calcularon dentro de su campo elástico, y en los límites del mismo o estado crítico de posible fisuración, complementados con el de rotura. En su primera fase la compresión en la cabeza inferior era de 152 kg/cm^2 , quizás un poco exagerada; pero como esta fase es transitoria, baja después a valores más tolerables, pues la pérdida de tensión en los cables se deja sentir pronto. Dado que las vigas permanecen en el taller unos días antes de ser colocadas en obra, es fácil vigilarlas y descubrir cualquier aplastamiento accidental del hormigón.

Debido a que la zona de transición del alma de las vigas a los bloques extremos de anclaje acusa un brusco cambio de espesor, se recomendó se duplicase el número de estribos en esta zona.

Fotos: JIMENEZ



Ponts en poutres précontraintes

Ce travail décrit un des trois ponts construit par Hidrocivil, S. A., dans la région catalane, concrètement, celui qui franchit la Ripoll. Les deux autres n'ont pas été l'objet d'une description générale parce que leurs caractéristiques sont très similaires en ce qui concerne leur exécution et leur conception, la seule différence étant celle présentée par les caractéristiques topographiques locales.

L'entreprise a proposé certaines variantes—qui ont été acceptées—pour la préfabrication et les méthodes de construction.

L'intérêt de ces ouvrages réside dans l'emploi de poutres précontraintes, préfabriquées par tronçons en atelier. Ces tronçons ont été assemblés par la contrainte de soixante fils de 7 mm de diamètre que comporte chaque poutre. Comme les efforts tranchants sont plus accusés aux jointures des tronçons, les extrémités de chacun d'eux ont été munies d'équerres, ce qui permet, étant donné leur plus grande surface de contact, d'améliorer par adhérence la résistance opposée à l'effort tranchant.

Les procédés constructifs employés sont également dignes d'intérêt. Ils consistent, en gros, à élever les supports et à appuyer sur eux une poutre auxiliaire de lancement, munie de deux ponts roulants qui permettent le transport des poutres à leur place définitive. La première travée terminée, on procède au bétonnage de la dalle du tablier, on avance la poutre auxiliaire de lancement et l'on répète les mêmes opérations pour la nouvelle travée.

Bridges with prestressed beams

This paper describes one of the three bridges which Hidrocivil, S. A., has built in Catalonia (northern Spain), over the river Ripoll. The other two bridges are very similar to this one, both in construction and design, and show only minor adjustments to the local topography.

The contracting firm proposed several alterations in the prefabrication and constructional procedure, in relation to the initial project, and these changes were accepted.

The main feature of these projects is the use of prestressed beams, built at the workshop in sections, and joined together by means of sixty 7 mm cables in each beam. As the shear forces are more acute at the joints, the end of each section has a kind of diaphragm, to provide a large contact area, and hence greater surface to transmit the shear forces.

The methods of construction are also of interest. Briefly, they involve building the bridge piles, and use these to support a provisional structure with transversal movement. This provisional structure, in turn, served as platform for two bridge cranes, which lifted the girders to their final location. After the first span was completed, the deck was concreted and the auxiliary structure pushed forward to the next span, to repeat the same operations. This arrangement saved the use of provisional framework.

Brücken aus vorgespannten Trägern

In dieser Arbeit wird eine der drei von Hidrocivil, S. A., erbauten Brücken in Cataluña beschrieben; es handelt sich um die Brücke über den Fluss Ripoll. Die beiden übrigen wurden nicht weiter beschrieben, da sie der ersten sehr ähnlich sind, was Ausführung und Planung anbetrifft. Der einzige Unterschied besteht in den örtlichen topographischen Verhältnissen.

In der Vorfertigung und in der Baumethode führte die Firma gewisse Änderungen ein.

Das Hauptaugenmerk dieser Projekte richtet sich auf die Verwendung von vorgespannten Trägern, die in der Werkstatt Stück für Stück vorgefertigt und durch Vorspannen mit 60 Kabeln von 7 mm Durchmesser versteift wurden. Da die Scherkräfte in den Stößen besonders stark auftreten, wurden die Endteile jedes Stückes mit Querschotten versehen, wodurch man auf Grund der grösseren Kontaktflächen den Widerstand gegen die erwähnten Kräfte erhöht.

Von besonderem Interesse sind auch die angewandten Baumethoden, die, zusammengefasst, darin bestehen, dass man zunächst die Pfeiler errichtet und darauf einen Hilfsträger aus Stahl legt, der vorwärts bewegt werden kann. Darauf werden zwei Brückenkranne gestellt, mit deren Hilfe man die eigentlichen Brückenträger in ihre richtige Stellung bringt. Nach Fertigstellung des ersten Abschnittes wird die Brückenplatte betoniert, der Hilfsträger wird weitergeschoben und dasselbe wird für den neuen Brückenabschnitt wiederholt. In diesem Fall war kein Hilfsgerüst notwendig.