Informes de la Construcción Vol. 30, nº 297
Enero-Febrero de 1978

1A

puentes de Saint-André-de-Cubzac y de Angers * FRANCIA

J. MATHIVAT, Director de Estudios de Campenon Bernard

562 - 146

1B

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

2

sinopsis **El desarrollo de la técnica de los puentes de dovelas prefabricadas ha experimentado un fuerte incremento, durante los últimos años, a causa de:**

1) **Mejoramiento de las juntas entre dovelas, por adopción de sistemas dotados de dentado múltiple, en cuyo caso el papel de la cola es menos primordial.**
2) **Aumento de las dimensiones transversales de las dovelas, así como de su peso unitario, lo cual reduce el número de juntas, así como la diversificación de las formas, con lo cual se puede conseguir la supresión del pretensado transversal.**
3) **Mejoras introducidas en los métodos de colocación y en el diseño de los aparatos de elevación: equipo móvil de elevación soportado por el propio tablero, viga de lanzamiento.**

El estudio de estos distintos factores se ha ilustrado con la presentación de dos obras recientemente ejecutadas, a saber: los puentes de autopista de Saint-André-de-Cubzac y el puente del Loira, cerca de Angers.

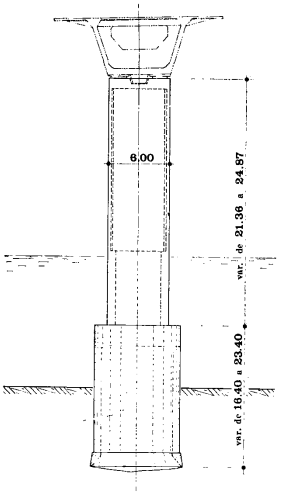
Los puentes de Saint-André-de-Cubzac, situados aguas arriba del puente S.N.C.F. y del puente de carretera ya existente, están destinados para el paso de la autopista Norte de Burdeos, llamada provisionalmente A-62, antes de su enlace con la autopista A-10.

Están formados por dos obras distintas, separadas por un terraplén de acceso, la obra de cruce del río Dordogne (fig. 1_A) y el viaducto de acceso al acantilado de Saint-André-de-Cubzac (fig. 2).

Ha sido necesaria la construcción de este último, ya que se atraviesa una zona de terrenos compresibles que no pueden soportar terraplenes de más de 6 m de altura, a pesar de los drenes de arena y de una realización de bastante duración.

El proyecto inicial establecido por la SETRA, y sometido a finales de 1971 a concurso, hacía alusión a la prefabricación de los tableros con dovelas realizados por voladizos para los tramos principales, por encima del Dordogne, y vigas lanzadas formando tramos independientes para los viaductos de acceso que están realizados sobre una capa limo-arenosa de unos 20 m desprovista de toda capacidad portante y una capa de marga de calidad media, lo que había conducido a la Administración a considerar cimentaciones profundas con pilotes de gran diámetro para el conjunto de los apoyos.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



La variante propuesta por la Empresa y tenida en cuenta en definitiva por la Administración, después de algunos arreglos de detalle, se caracterizaba esencialmente por:

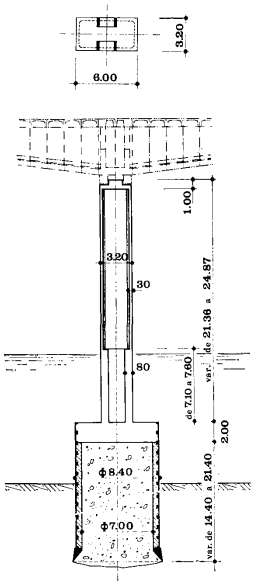
— La continuidad y la uniformidad de la estructura portante enteramente prefabricada en toda la longitud de las obras.

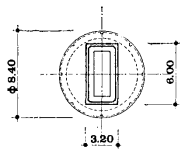
— Una sección transversal de los tableros constituida por una viga hueca con la losa superior nervada, construida por voladizos mediante dovelas prefabricadas con juntas conjugadas y encoladas, colocadas con un aparato de elevación solidario con los tableros.

— Cimentaciones en el río mediante cajones indios hincados en la marga a través de los limos y aluviones del Dordogne. Esas cimentaciones análogas a las del puente Saint-Jean, en Burdeos, ofrecían una mejor resistencia a los embates de los barcos que una cimentación sobre pilotes (fig. 3).

La obra de cruce del Dordogne, de una longitud total de 1.162 m, se divide en tres tramos continuos separados por juntas de dilatación distantes 585 m (fig. 4). Esas juntas están colocadas cerca de los puntos en que la variación de los momentos es mínima en los vanos correspondientes, a fin de reducir la influencia de las deformaciones diferidas del hormigón en el perfil longitudinal de la obra.

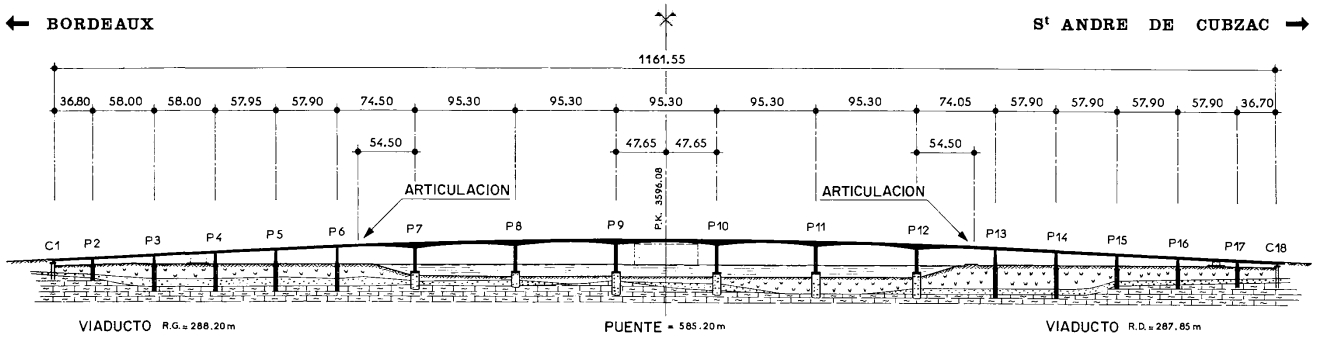
El tramo central, situado sobre el Dordogne, tiene cinco vanos de 93,5 m de luz, de espesor variable, empotrados elásticamente en pilas huecas, cimentadas sobre cajones hincados de 9 m de diámetro (fig. 5).





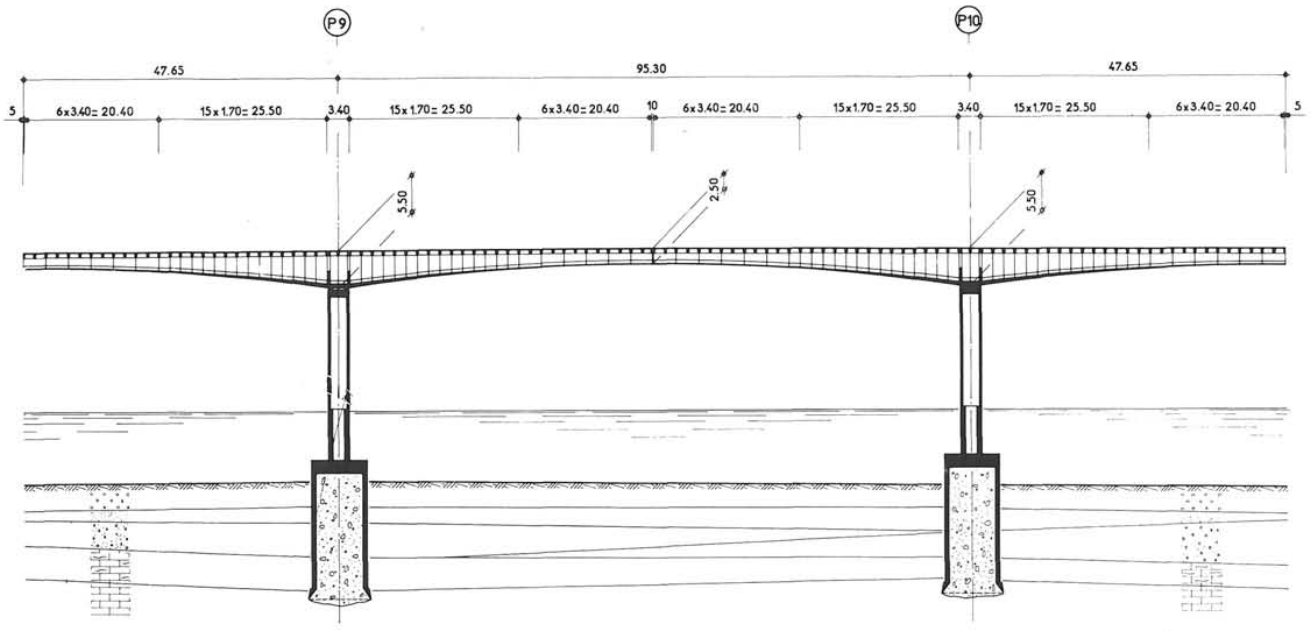
sección longitudinal

3



4

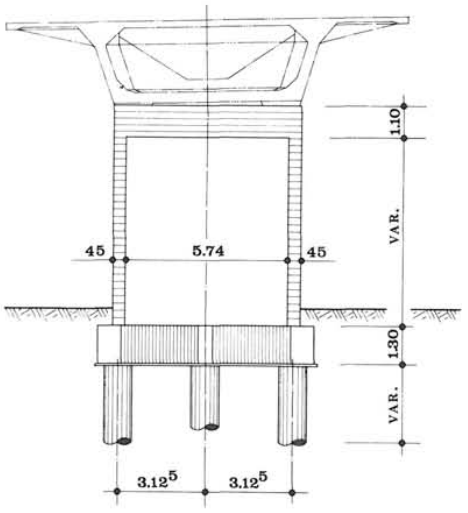
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

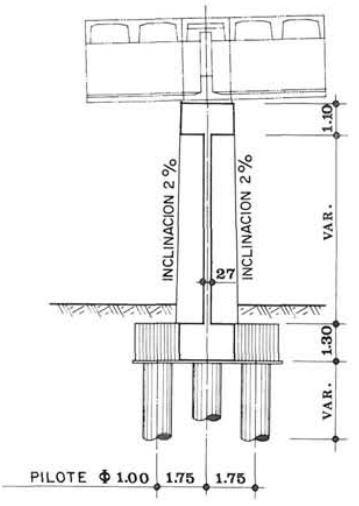


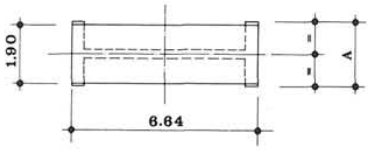
Sección longitudinal de un tramo normal sobre el río. **5**

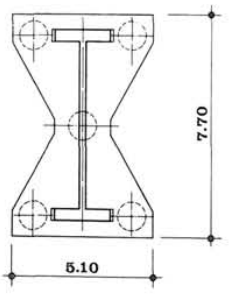
Los tramos laterales, que forman los viaductos de acceso, tienen cada uno cuatro vanos continuos de 58 m de luz, de espesor constante, simplemente apoyados sobre pilas en forma de H cimentadas mediante pilotes, colocados por vibración, de 1,10 m de diámetro (fig. 6).

El viaducto de acceso al acantilado se compone de dos tableros paralelos, de 307 m de longitud, divididos en siete vanos de 49,5 m de luz y espesor constante (fig. 7). Se apoyan sobre pilas análogas a las de los viaductos de acceso a la obra de cruce del Dordogne. El espesor de la viga hueca que constituye la



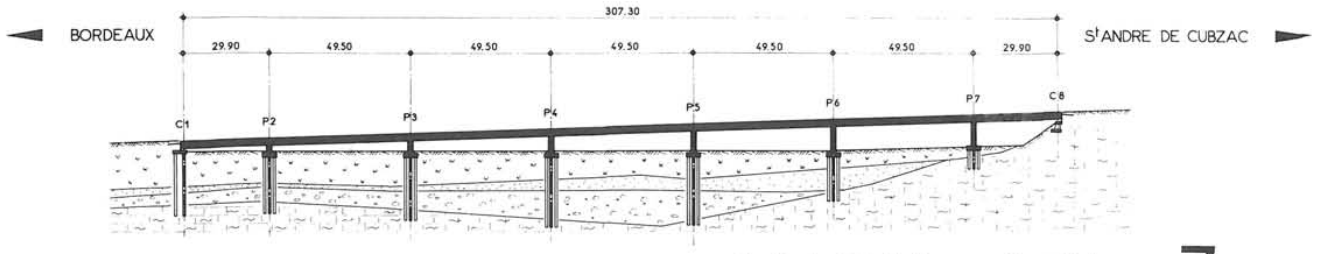






Cimentaciones y apoyos sobre el terreno. **6**

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Sección longitudinal del acceso al acantilado. **7**

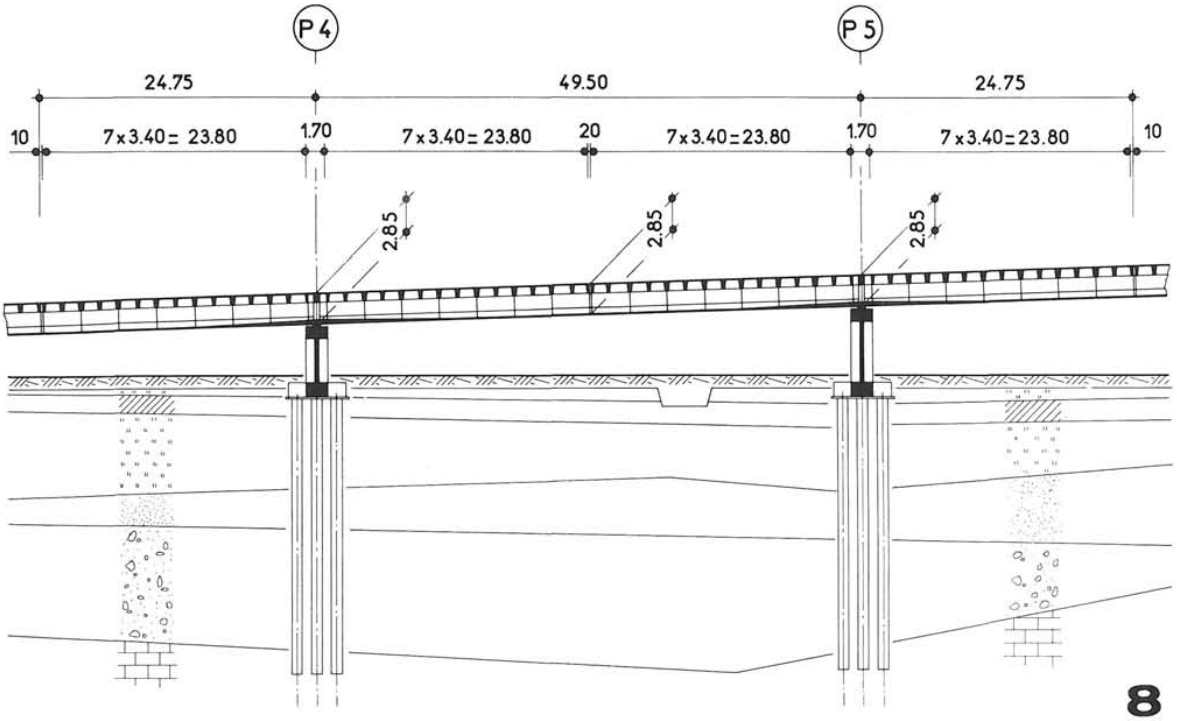
estructura portante de los tableros varía parabólicamente de 5,5 m sobre el apoyo a 2,5 m en el centro de los vanos, en el Dordogne, y es constante, 2,85 m, en los viaductos de acceso (fig. 8).

Las dovelas prefabricadas tienen una longitud de 3,4 m y un peso de alrededor de 75 t para los elementos normales de los viaductos de acceso, así como para los elementos situados en los extremos de los vanos de espesor variable. La longitud de las dovelas especiales sobre las pilas, así como la de los elementos más pesados situados a un lado y otro de las pilas en los vanos de espesor variable, se reducen a 1,7 m a fin de limitar a 100 t el peso de los elementos. Por consiguiente, las cabezas de las pilas en los vanos correspondientes están descompuestas en dos elementos de 1,7 m, que llevan cada uno un diafragma vertical que realiza el arriostramiento del tablero.

El tablero de la obra de cruce del Dordogne, que debe permitir en su fase provisional el paso de una calzada de 14 m, con dos sentidos de circulación, tiene un ancho de 16,6 m. Se hará después, aguas abajo, un segundo tablero y su estructura portante tendrá una anchura de 14 m. El ancho de los tableros del viaducto de acceso al acantilado que tienen cada uno una calzada de 10,5 m de tres vías unidireccionales, es igual a 14 m.

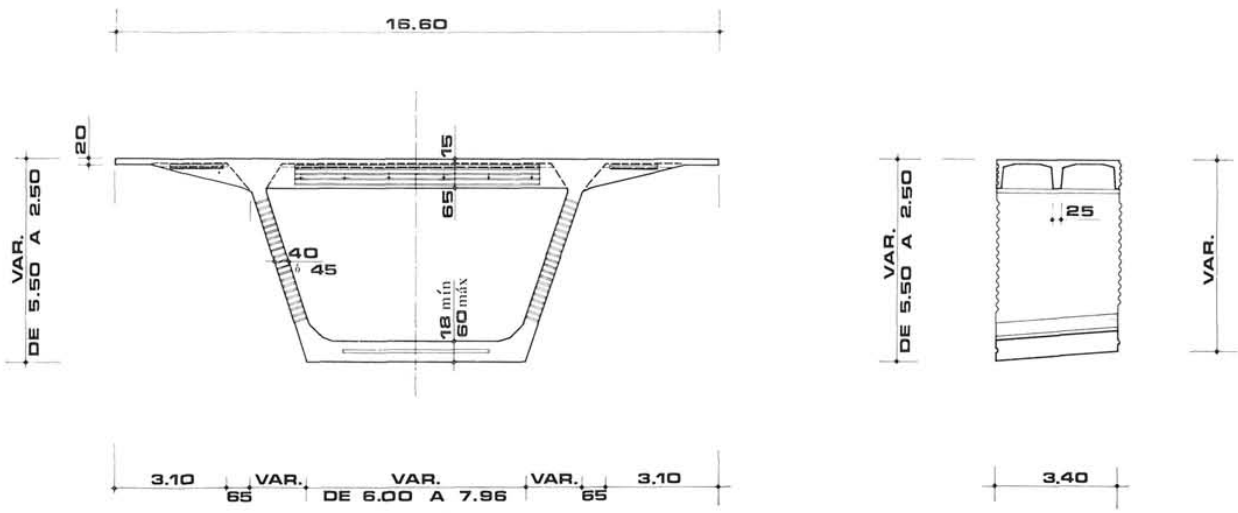
Las almas de las dovelas tienen un espesor constante igual a 0,4 m para los viaductos de acceso y a 0,45 m para el tramo central que cruza el Dordogne (fig. 9). La losa superior de 0,15 m de espesor está rigidizada por ner-

Sección longitudinal de un tramo normal del acceso al acantilado.



8

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Sección transversal del tablero. **9**

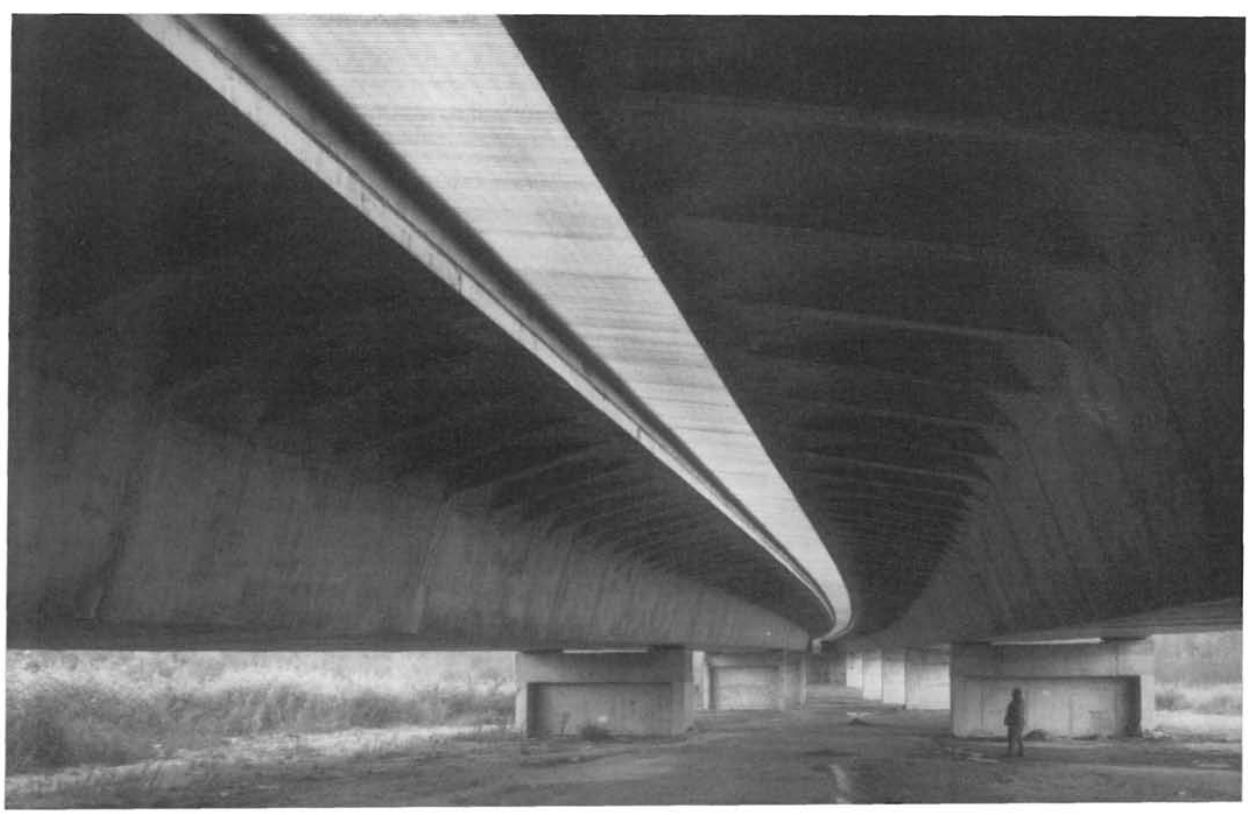
vios transversales de 0,65 m de altura y 0,25 m de espesor. Esos nervios están separados 1,7 m (fig. 10).

Las caras conjugadas de las dovelas están equipadas con dientes múltiples dispuestos tanto en las almas como en las cabezas superiores e inferiores (fig. 11).

Los tableros son pretensados longitudinalmente mediante cables Freyssinet del tipo 12 T 13 y 12 ∅ 8. Su resistencia transversal está asegurada por armaduras pasivas de alta adherencia.

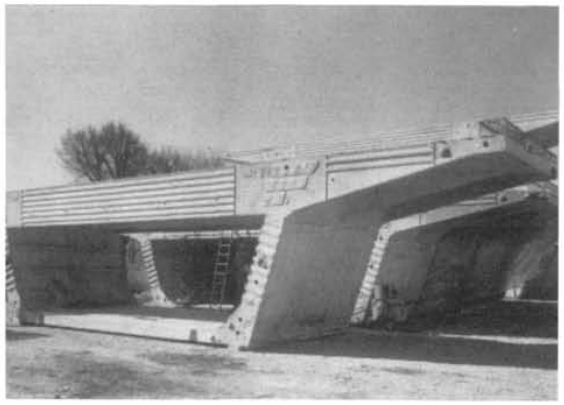
Los anclajes de pretensado se hallan localizados en las almas y los almohadillados interiores de las vigas-cajón situados en el empalme entre el alma y la losa inferior. Las dovelas han sido prefabricadas en la orilla derecha del Dordogne en tres talleres: dos de dovelas normales y uno reservado a las dovelas especiales (dovelas de pila, de estribo y de articulación). El ritmo de fabricación ha sido de una dovela normal por día y por taller, y de una dovela especial por semana. El hormigón, calentado en tiempo frío, es conservado a 30° C durante 12 horas al abrigo de un recinto estanco.

Entramado superior nervado. **10**

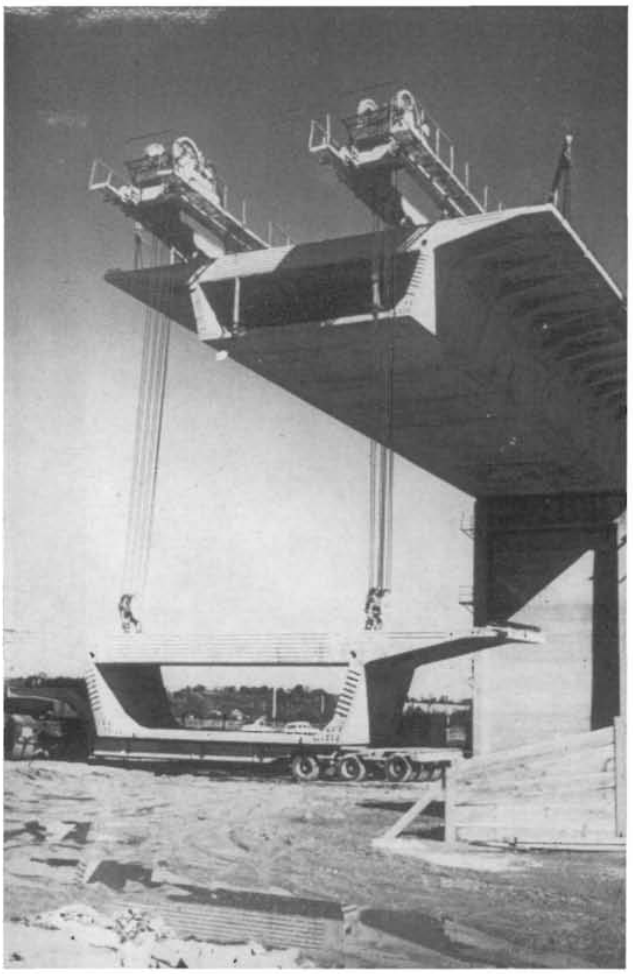


© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Las dovelas eran colocadas con equipos móviles de elevación, con auxilio del tablero, según el método ya descrito anteriormente.



11



12

Almacén de dovelas, colocación de las mismas sobre el remolque y de la primera dovela sobre una pila.

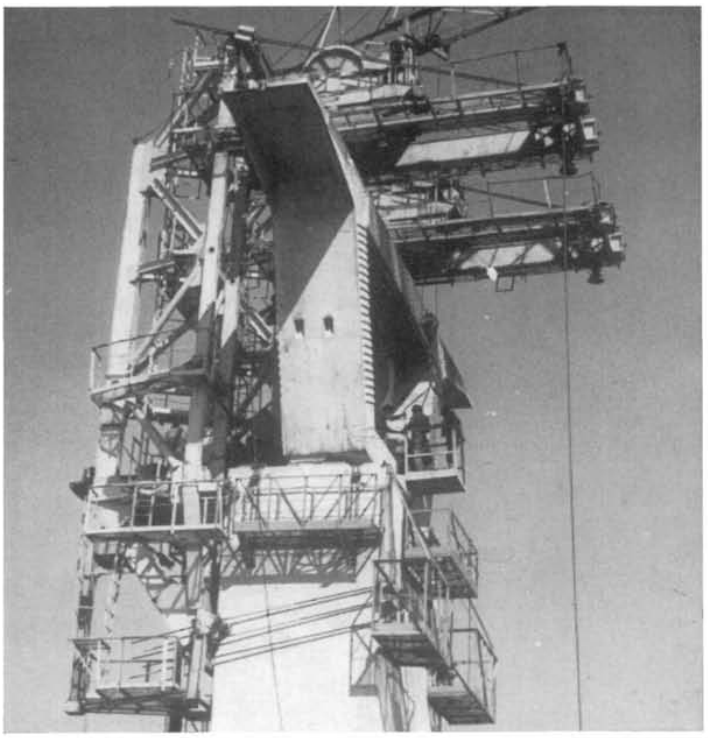
13

Eran dirigidas bajo el tablero en construcción:

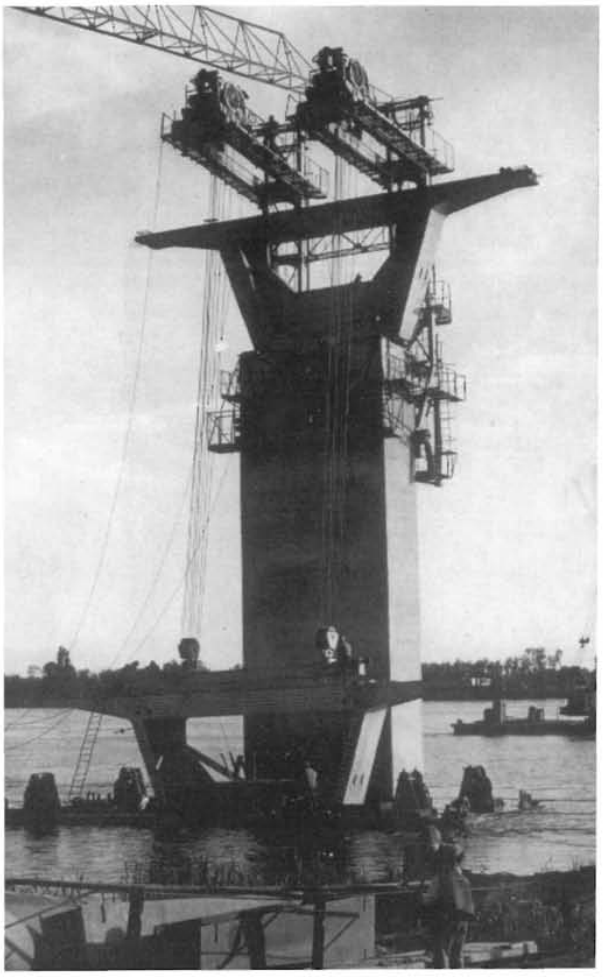
— En tierra, con un remolque rebajado capaz de transportar 80 t (figura 12).

— En el río, mediante una gabarra de hormigón armado de 18 × 8 m y de 1,8 m de calado (especialmente construida para la obra) que era arrastrada por un remolcador.

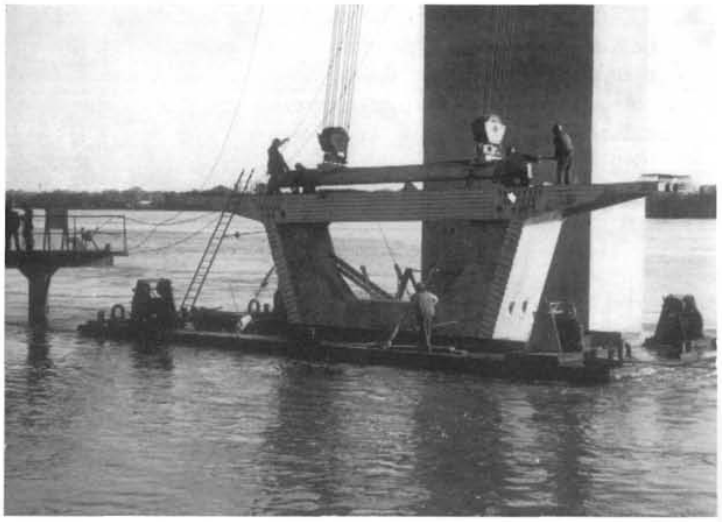
El manejo y la carga de las dovelas eran efectuadas por medio de un pórtico-grúa de 120 t y de 21 m de luz que circulaba a lo largo del parque de almacenamiento hasta una empa-



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



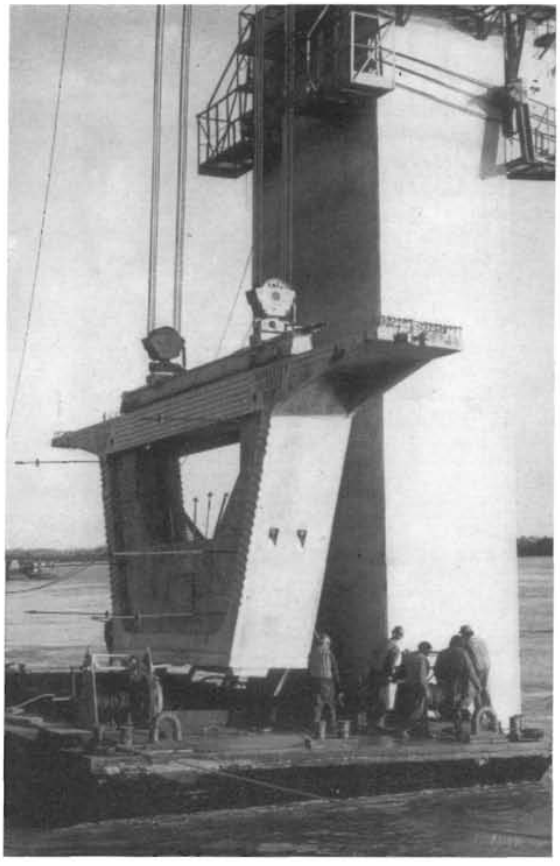
14



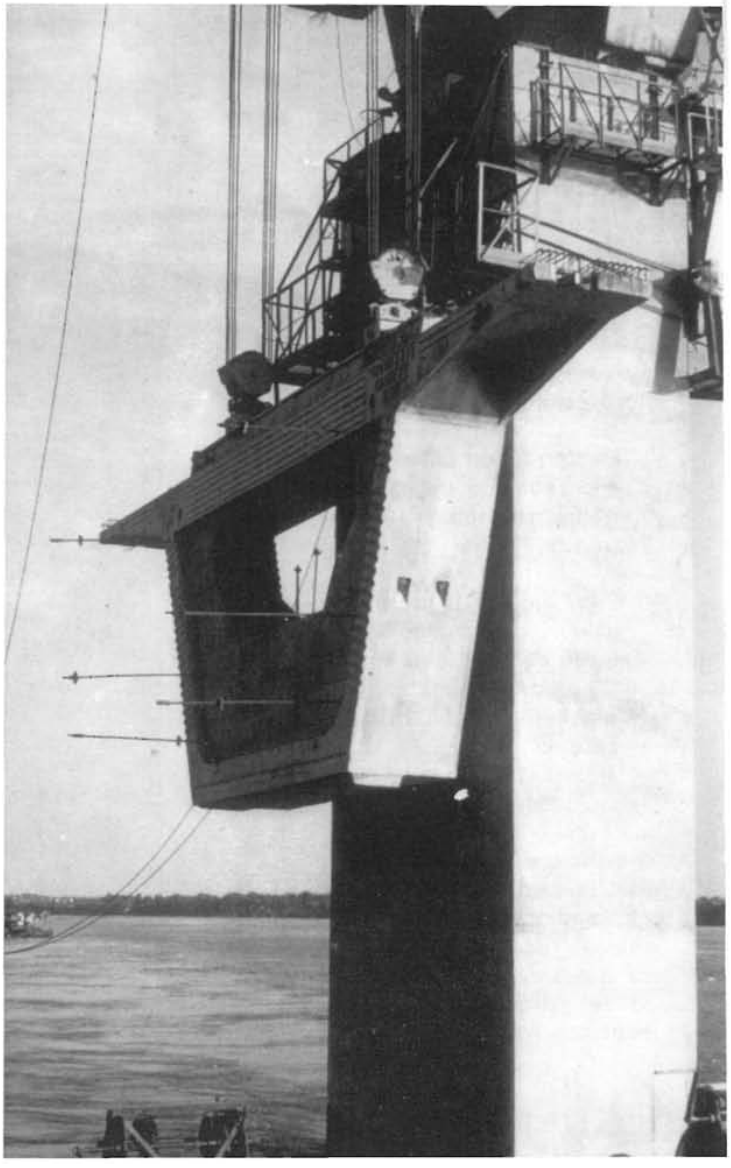
15

Secuencia completa de la colocación de la segunda dovela sobre la pila.

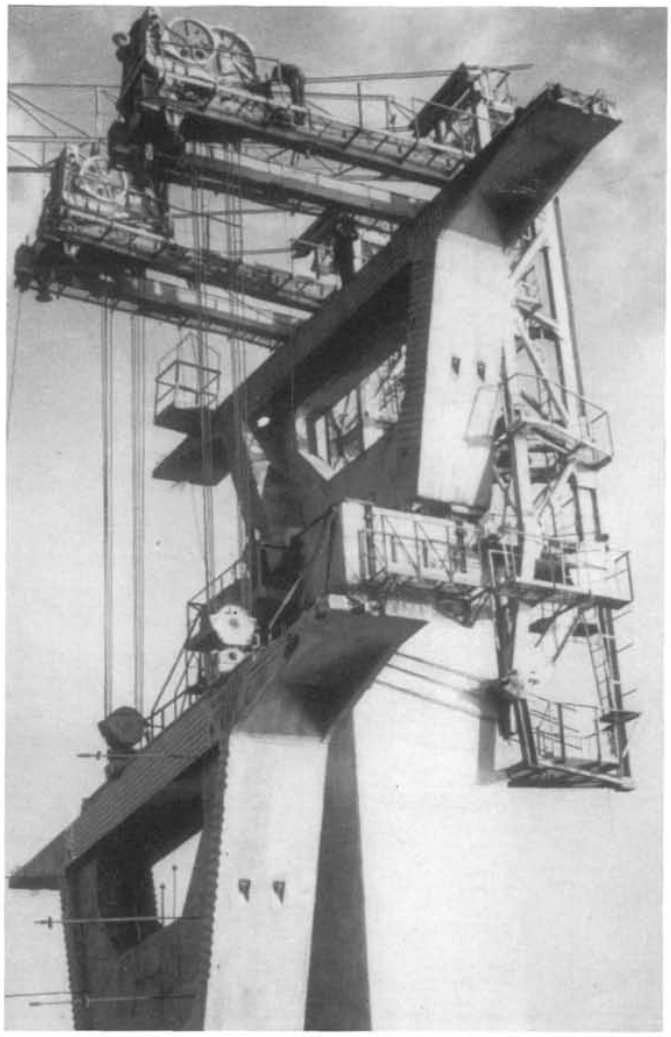
16



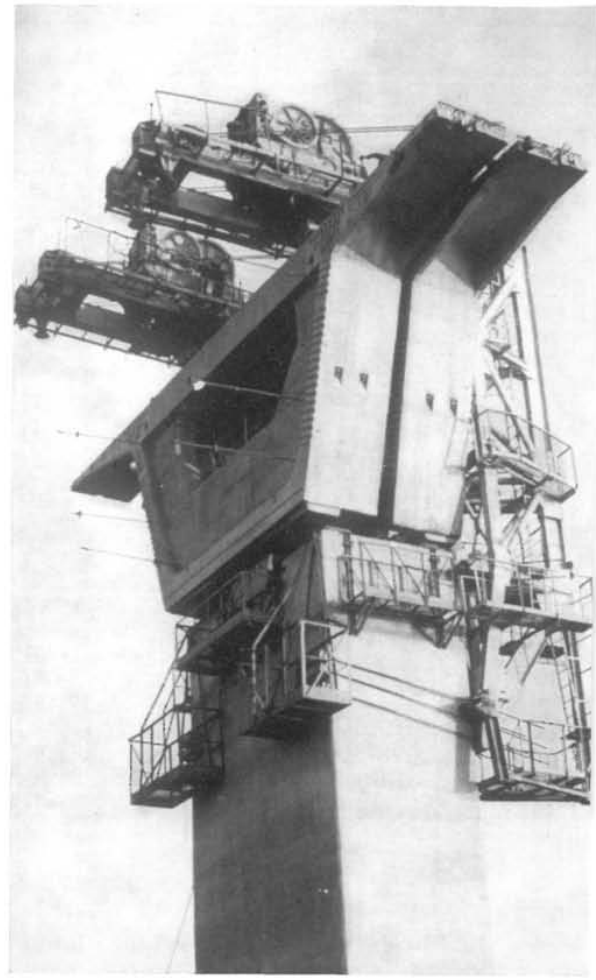
17



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



18



20

lizada situada en el río. Una segunda empalizada y otro pórtico-grúa instalados en la otra orilla aseguraban el aprovisionamiento de dovelas para el viaducto de acceso de la orilla izquierda. Las dovelas eran elevadas a su lugar de colocación por medio de dos cabrestantes con una capacidad de 60 t cada uno.

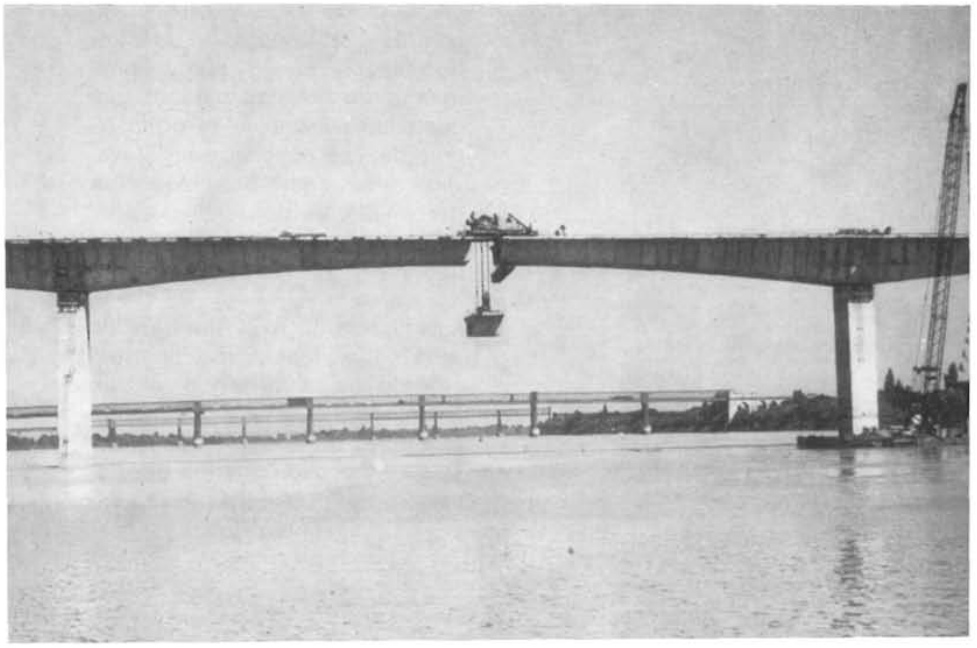
Las figuras 13 a 20 ilustran las principales fases de construcción de los tableros y muestran la colocación de dos dovelas de pila en el río. Después del montaje de los cabrestantes de elevación sobre la estructura auxi-

19

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

21

liar fijada al fuste de la pila, la primera dovela es levantada y trasladada a su posición definitiva (fig. 13). Las figuras 14 a 20 representan las operaciones de colocación de la segunda dovela de pila, después de coger la de la barca situada al pie de la pila, hasta su colocación sobre la traviesa. Después de reguladas, las dos dovelas de pila son unidas y solidarizadas a la pila mediante seis cables de pretensado 12 T 13 verticales



Colocación de una dovela normal y de la de clave.

22

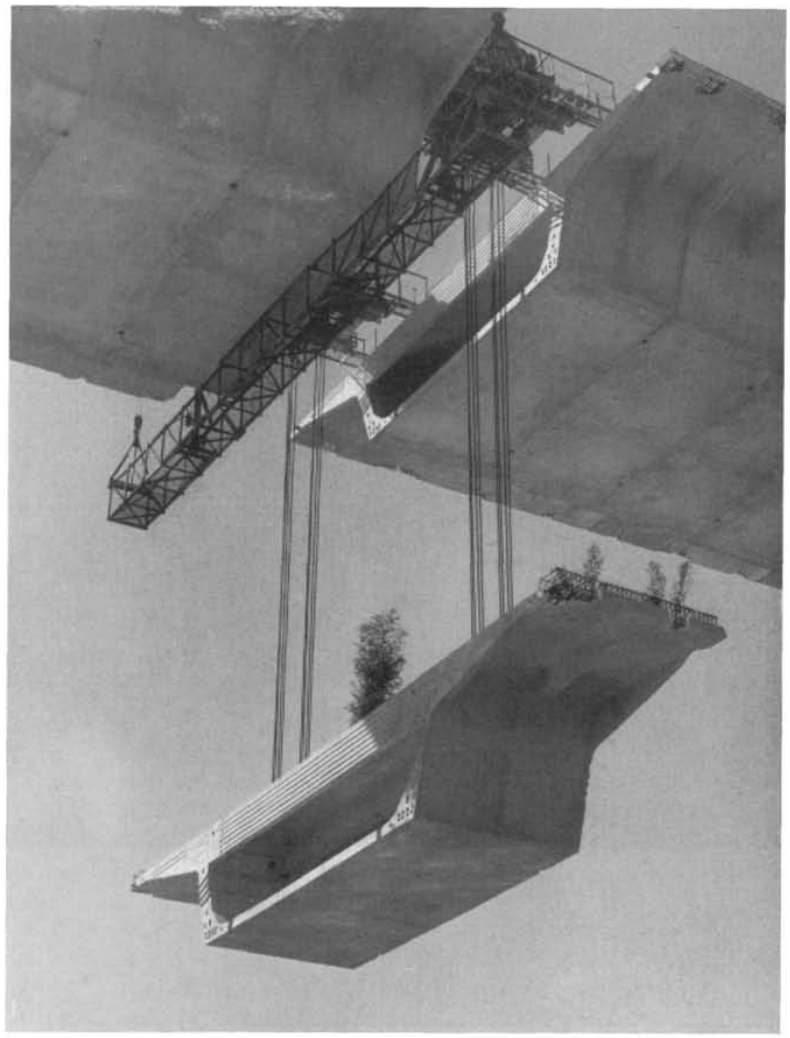
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

que aseguran la estabilidad de los vanos bajo el efecto de los momentos de disimetría durante la colocación.

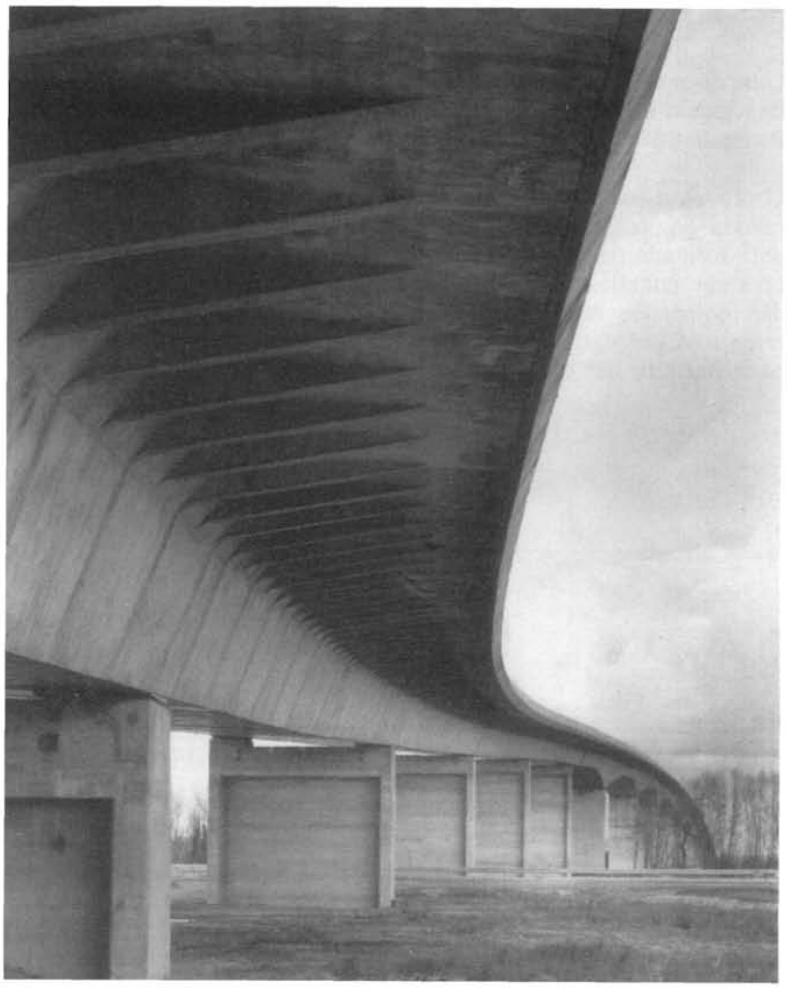
La primera dovela normal, adyacente a las dovelas de pila, es unida inmediatamente con el elemento de tablero así realizado. Se levanta entonces la armadura metálica y los dos equipos de elevación son colocados en posición conveniente para poder poner las dovelas normales. Aquellas son levantadas y colocadas alternativamente a uno y otro lado de la pila, siempre en el mismo orden. Cuando el conjunto de un semivano está acabado, la unión con el precedente está asegurada mediante cables de continuidad a través de una junta hormigonada de una decena de centímetros de espesor (figs. 21, 22 y 23).

El ritmo medio de colocación de las dovelas normales era de seis por día, mientras que la colocación de las dovelas de pila necesitaba un plazo de 5 días.

Durante todas esas operaciones, el tablero se apoya sobre las pilas por intermedio de calzos provisionales de hormigón armado. Después de la unión de las armaduras se procede al reemplazamiento de los calzos, por apoyos de neopreno zunchado que permiten la libre dilatación del tablero (fig. 24).



23



24

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

25

El puente sobre el Loira cerca de Angers

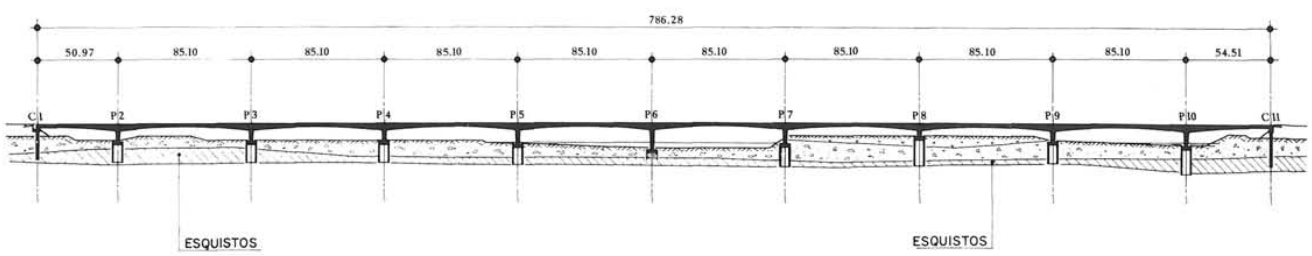
Esta obra se ha construido para permitir la desviación de la carretera nacional 161 en los Ponts-de-Cé cerca de Angers.

El proyecto realizado, según una variante propuesta por las Empresas Campenon-Bernard, está formado por un tablero de hormigón pretensado constituido por dovelas prefabricadas colocadas mediante una viga de lanzamiento. Esta variante había sido estudiada para permitir la reutilización de materiales que poseía la Empresa y que estaban entonces disponibles: los talleres de prefabricación de Saint-André-de-Cubzac y la viga de lanzamiento del puente de Saint-Cloud.

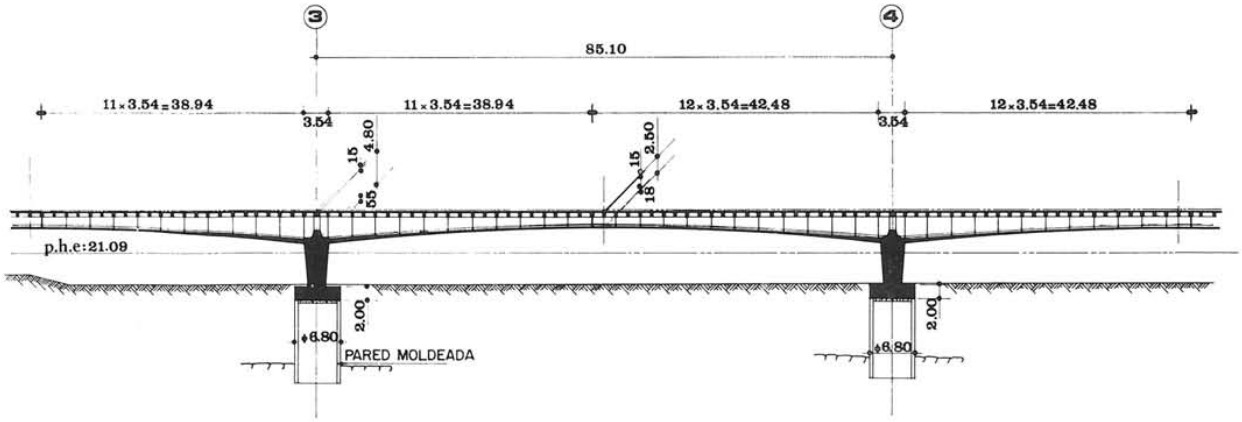
La obra, que se compone de dos calzadas unidireccionales de 7 m de ancho, tiene una longitud total de 786 m entre apoyos extremos y comprende ocho vanos normales de 85,10 m de luz y dos vanos de río alrededor de 50 m (fig. 26).

Sección longitudinal.

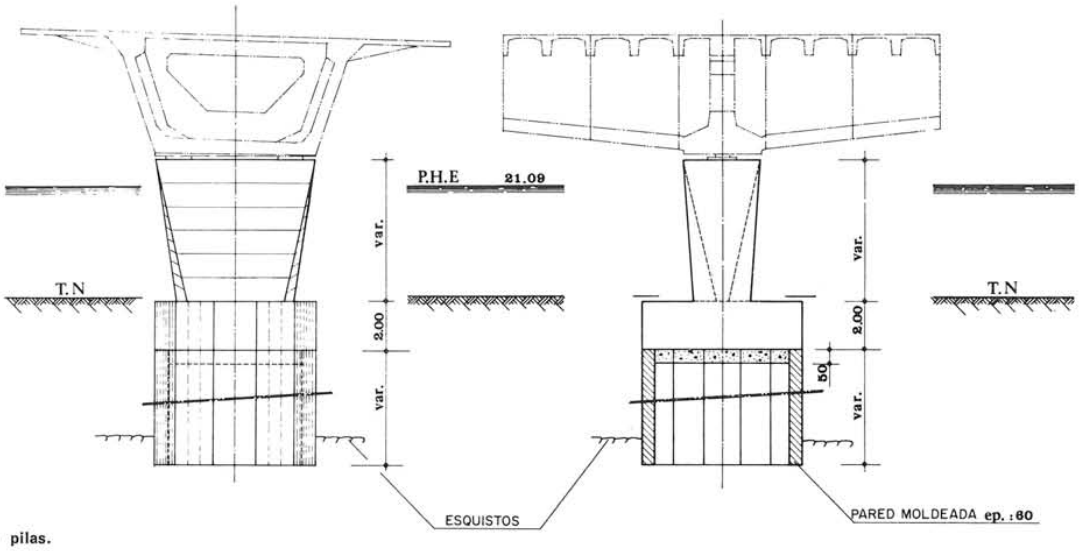
26



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

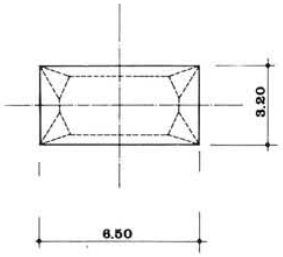


27 Sección longitudinal de un tramo normal.

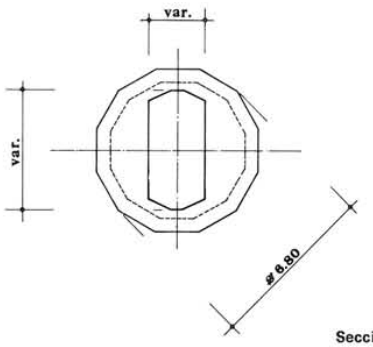


Cimentaciones y pilas.

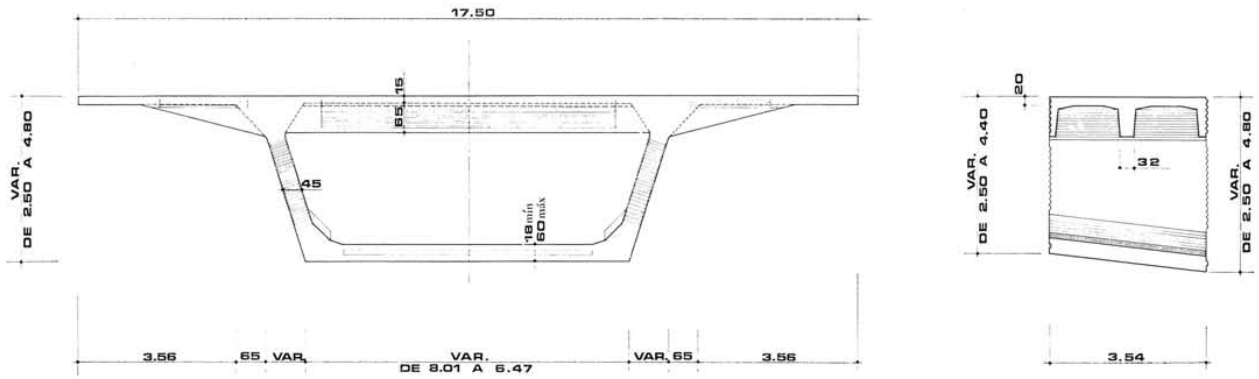
28



29

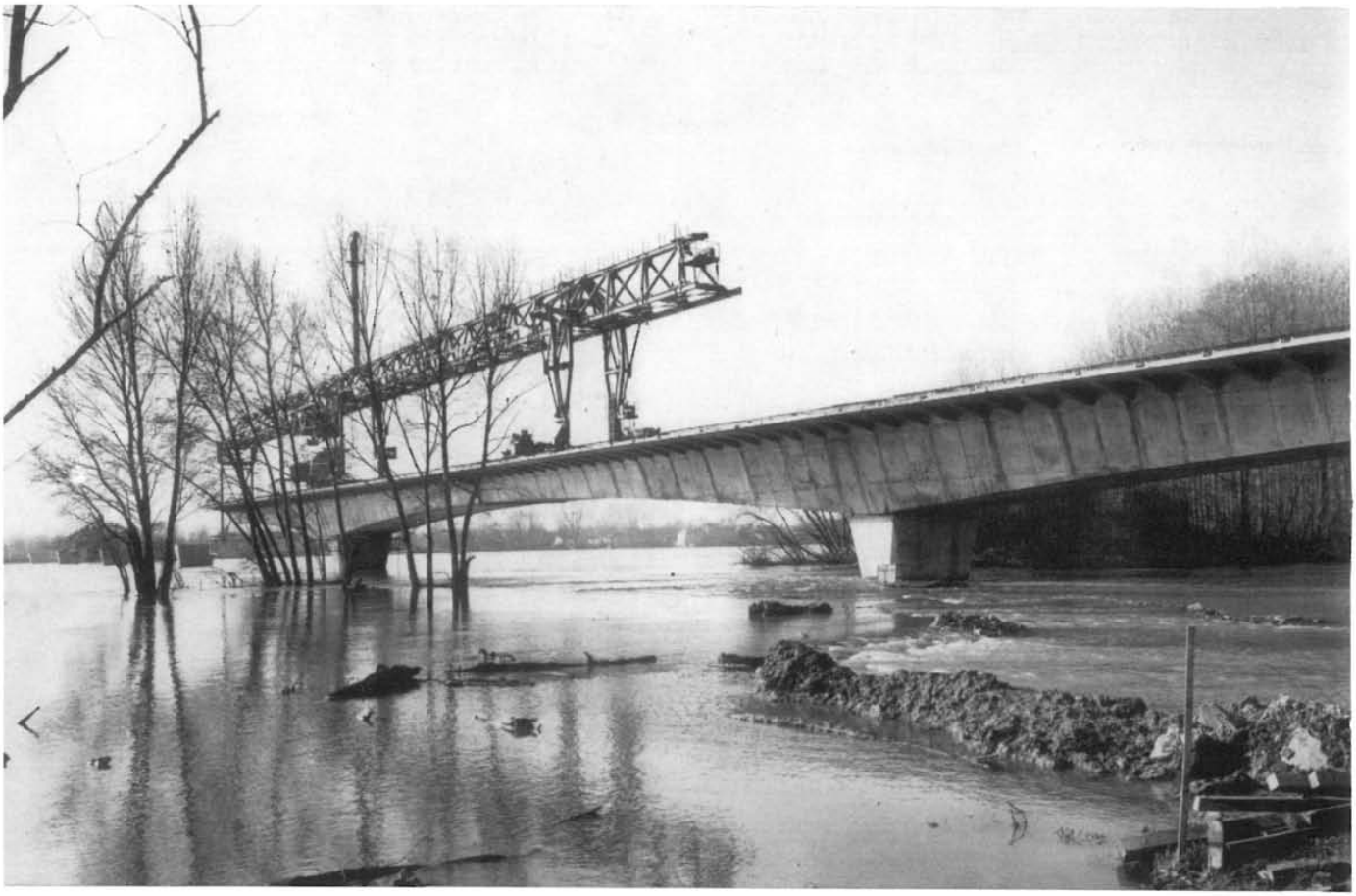


Sección transversal del tablero.



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Almacén de dovelas y pórtico de lanzamiento sobre el tablero.

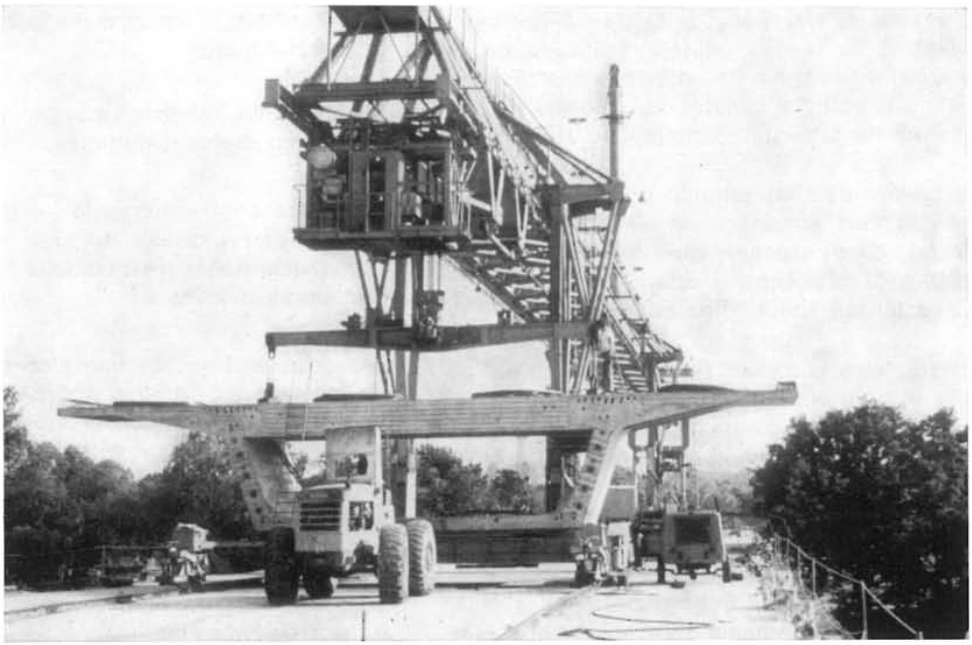


30-31

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

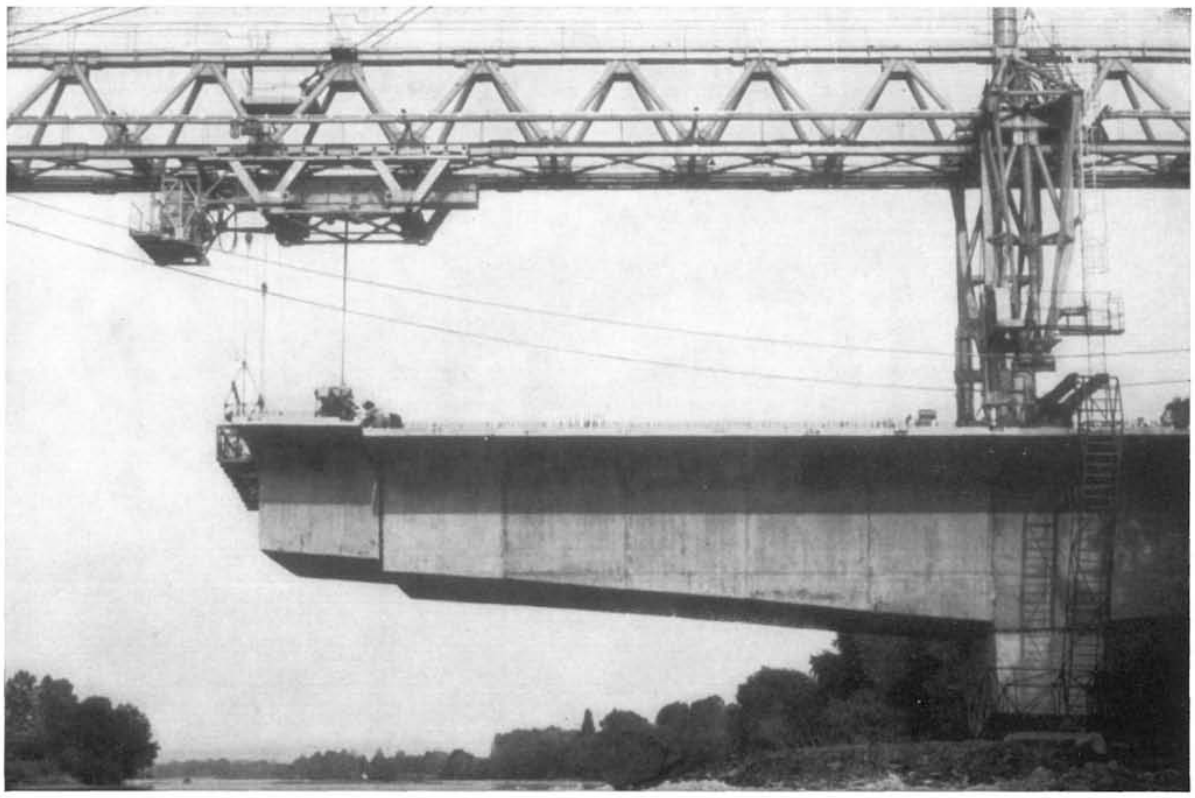
32

El tablero, de espesor variable, es continuo a todo lo largo de la obra y descansa por intermedio de apoyos simples en pilas macizas de forma prismática, cimentadas sobre cajones cilíndricos, empotrados en el esquisto sano (fig. 27). Esos cajones de 6,8 m de diá-



33 **Colocación de una dovela sobre una pila y transporte de otra normal sobre el tablero.**

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



34 Colocación de una dovela normal.

FOTOS: H. BARANGER, ISO Y ESPINAT

metro exterior, han sido realizados entre el terreno y un dique provisional, mediante paredes moldeadas poligonales de 0,6 m de espesor. Sólo la pila central, realizada en el brazo del Loira, ha sido cimentada sobre una zapata superficial construida al abrigo de una ataguía de tablestacas metálicas (fig. 28).

El tablero está constituido por una viga hueca con losa superior nervada de 17,5 m de ancho, cuyo espesor varía parabólicamente desde 4,8 m sobre los apoyos a 2,5 m en la clave de los vanos (fig. 29).

Las dovelas normales tienen una longitud de 3,54 m y un peso máximo de 110 t. Las dovelas de pila están formadas por dos elementos de 1,77 m de ancho, con el fin de reducir su peso a 96 t.

Las almas de las dovelas poseen un espesor constante igual a 0,45 m. Los nervios que refuerzan la losa bajo la calzada tienen el mismo espesor y la misma separación entre ejes que los de Saint-André-de-Cubzac, pero su espesor se ha aumentado de 0,25 m a 0,32 m para facilitar la localización y recubrimiento de las armaduras.

Las caras de las dovelas se encuentran equipadas con dientes múltiples.

El tablero está pretensado longitudinalmente por cables Freyssinet del tipo 12 T 13 y su resistencia transversal se halla asegurada por armaduras pasivas.

Las dovelas (fig. 30) han sido prefabricadas en los talleres de Saint-André-de-Cubzac que han debido ser acondicionados para adaptarse a la nueva longitud de la estructura.

La colocación de las dovelas se ha efectuado por medio de un pórtico de lanzamiento metálico que se desplaza sobre el tablero ya construido desde la orilla derecha hasta la orilla izquierda (fig. 31).

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Ese pórtico, que había sido usado ya en la construcción del puente de Saint-Cloud, tenía una longitud total de 122,5 m y un peso de 235 t estando concebido para colocar las dovelas que pesan hasta 130 t.

Se compone de una viga de entramado que se apoya sobre un pie delantero movible y dos pies fijos que dejan pasar las dovelas, situados uno detrás y otro prácticamente en medio del pórtico.

Su manera de moverse era la misma que la de los pórticos que fueron anteriormente utilizados para el viaducto de Olerón y el puente de Blois, y comprendía tres fases: colocación de la dovela sobre la pila (fig. 32), avance del pórtico y colocación de las dovelas normales (figs. 33 y 34).

La construcción de esta obra se ha realizado en un tiempo muy corto, que constituye probablemente un récord para los tableros de dovelas prefabricadas. La orden de poder realizar los trabajos la recibió la Empresa en agosto de 1964. La primera dovela se colocó el 5 de enero de 1975 y la estructura se ha terminado el 30 de mayo. Los 786 m del tablero se han colocado en poco menos de 5 meses, o sea, a una velocidad media de cerca de 8 m por día laborable (fig. 35).

résumé

Ponts de Saint-André-de-Cubzac et d'Angers - France

J. Mathivat, Directeur d'Etudes de Campenon Bernard

Le développement de la technique des ponts à voussoirs préfabriqués, au cours des dernières années, a été possible grâce aux progrès réalisés dans différents domaines qui sont développés ici, à savoir:

1) **l'amélioration du joint entre voussoirs par l'adoption de joints à clés multiples où le rôle de la colle est moins primordial;**

2) **l'augmentation des dimensions transversales des voussoirs ainsi que leur poids unitaire, qui réduit le nombre de joints, ainsi que la diversification des formes, pouvant conduire à la suppression de la précontrainte transversale;**

3) **l'amélioration des méthodes de pose et de la conception des engins de levage: équipage mobile de levage porté par le tablier, poutre de lancement.**

L'étude de ces différents facteurs est complétée et illustrée par la présentation de deux ouvrages récents: les ponts autoroutiers de Saint-André-de-Cubzac et le pont sur la Loire près d'Angers.

summary

Saint-André-de-Cubzac and Angers bridges - France

J. Mathivat, Director of Studies of Campenon Bernard

The development of the technique of prefabricated voussoir bridges during the past years has been made possible by the progress achieved in various fields which are developed here, namely:

1) **the improvement of the joint between arch stones by the adoption of multiple-notch joints where the adhesive plays a less important part,**

2) **the increase in the cross dimensions of the voussoirs as well as in their unit weight, which reduces the number of joints, as well as the diversification of the forms, which can lead to the elimination of the cross prestress,**

3) **the improvement of the methods of placing and of the design of the lifting rigs: mobile lifting equipement carried by the deck, launching girder.**

The study of these different factors is supplemented and illustrated by the presentation of two recent works: the freeway bridges of Saint-André-de-Cubzac and the bridge on the Loire near Angers.

zusammenfassung

Saint-André-de-Cubzac und Angers Brücke - Frankreich

J. Mathivat, Studiendirektor, Campenon Bernard

Die im Laufe der letzten Jahre durch Verwendung von vorgefertigten Hohlkastenelementen erfolgte Entwicklung in der Brückenbautechnik wurde durch die auf den verschiedenen, in dieser Mitteilung behandelten Gebieten erzielten Forstchritte ermöglicht:

1) **die Verbesserung der Fugen zwischen den Hohikastenelementen durch Verwendung von mehrfachen Scheitelfugen, bei denen die Rolle des Leims weniger wesentlich ist;**

2) **die Vergrösserung der Ouermasse der Hohlkastenelemente sowie Erhöhung des Einheitsgewichts dieser Steine, die die Anzahl der Fugen verringert und die Vershiedenartigkeit der Formen, die möglicherweise zur Abstellung der Quervorspannung führt;**

3) **die Verbesserung der Einbaumethoden und des Hebezeugtyps: bewegliches, von der Brückentafel getragenes Hebegerüst mit Vorbaurüstträger.**

Die Untersuchung dieser verschiedenen Faktoren wird durch die Vorführung der zwei nachstehend genannten, kürzlich errichteten Bauwerke vervollständigt und illustriert: die Autobahnbrücke in Saint-André-de-Cubzac und die Brücke über die Loire bei Angers.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es