carretera oeste

sinopsis

La carretera oeste de circunvalación de Estrasburgo es una autopista que contornea la cludad y une las autopistas norte y sur, asegurando la continuidad de la red de autopistas a su paso por la aglomeración y la distribución del tráfico interurbano generado por la villa, al mismo tiempo que facilita ciertas uniones puramente urbanas. Atraviesa el foso de las murallas cerca de donde lo hace el ferrocarril Estrasburgo-Basilea, mediante una obra constituida por cajones de hormigón armado prefabricados.

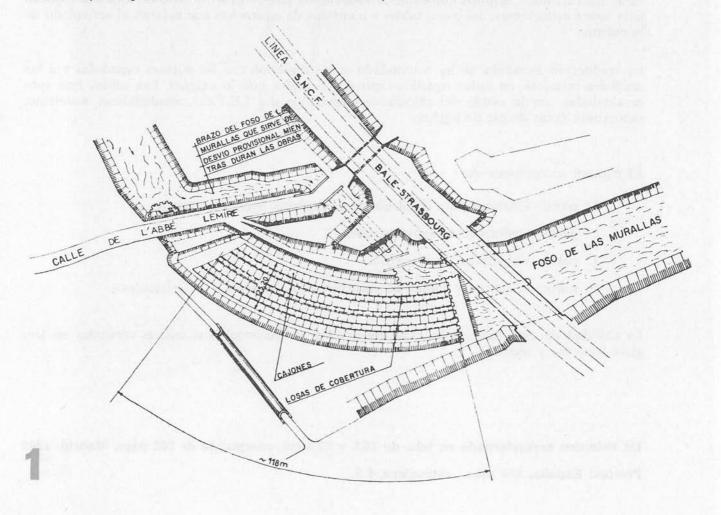
I. Antecedentes del problema

Descripción del lugar

Las figuras 1 y 2 indican el estado del lugar antes y después de las obras. El foso de las murallas describe, en planta, una curva de 120 m de radio; actualmente su caudal es muy pequeño, aproximadamente 1 m³/s.; pero en un futuro será acondicionado como canal de descarga, pudiendo alcanzar un caudal de 80 m³/s. La sección necesaria es de 55 m²; las obras han de despejar una anchura de unos 20 m, correspondiente a una altura de 2,75 m; no se prevé ningún tipo de navegación.

La vía del ferrocarril estaba en terraplén, de 5 m de altura; atravesaba sucesivamente el foso de las murallas mediante un puente de dos tramos, formando 45° con el río y la calle Abbé Pierre por medio de un puente recto.

La carretera oeste de circunvalación se ha construido en terraplén y pasa por encima del ferrocarril. La calzada está situada 12,50 m por encima del nivel medio de la superficie del agua. La calle Abbé Lemire debía ser rectificada, lo que obligó a la construcción de una nueva estructura para atravesar el foso.



de circunvalación de Estrasburgo paso del foso de las murallas

FRANCIA

VAUDAY, MARQUIS y LAFONT, ingenieros

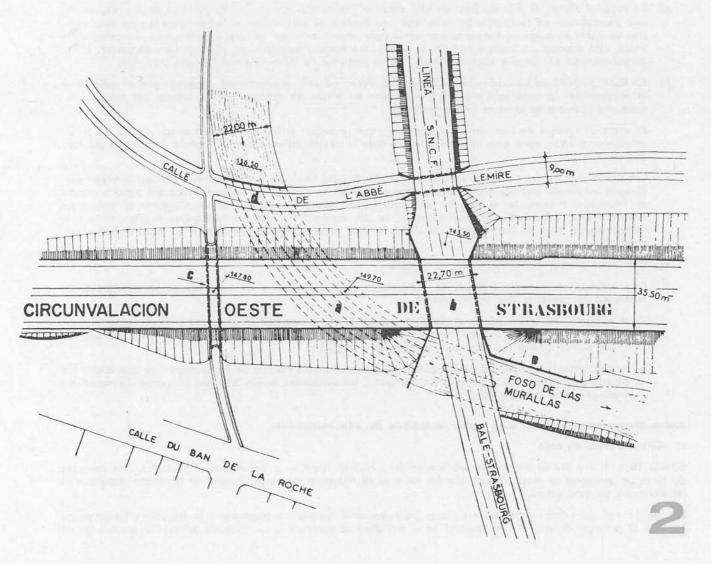
539 - 19

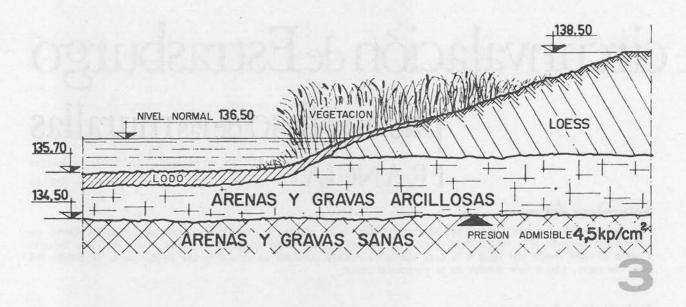
Naturaleza del suelo

El terreno de cimentación (véase fig. 3) era una mezcla de arena y grava, con una capacidad portante de 4,57 kp/cm² situado a la cota 134,50. Estaba recubierto por una capa de grava arcillosa y otra de loes. Estando situado el nivel medio del agua a la cota 136,50 es posible cimentar la obra 2 m por debajo de la superficie del agua, es decir, 1,20 m por debajo de la solera del canal.

Exigencia del programa

El espacio disponible para la obra no permite la realización simultánea de la construcción sobre el foso de las murallas y del puente sobre el ferrocarril. Era, pues, necesario, para respetar el plazo de ejecución, construir una de estas obras durante el invierno, condición determinante a la hora de elegir la solución.





II. Estudio de las posibles soluciones y elección adoptada

Posibles sistemas de cimentación:

- a) En seco, al abrigo de una ataguía; es una solución clásica que no plantea ningún problema y que es de uso generalizado en la región. Se construye una pantalla de tablestacas, se draga hasta la cota de cimientos, se vierte un tapón de hormigón sumergido para impermeabilizar el suelo, pudiéndose a continuación vaciar esta especie de cajón y trabajar en seco. Este método presenta, en nuestro caso particular, el Inconveniente de ser largo y costoso a causa de la magnitud de la ataguía que hay que construir.
- b) En seco, después de hacer descender la capa acuífera; es una solución que presenta serios peligros e inconvenientes: la capa está muy alta, el terreno de gravas es muy permeable, siendo, por tanto, necesaria una potencia de bombeo muy importante.

El gasto de energía es considerable, ya que hay que proseguir el bombeo durante varios meses. Es difícil establecer normas para este tipo de trabajo, dada la incertidumbre sobre la potencia de bombeo que hay que instalar.

Las filtraciones de agua pueden destruir la uniformidad del fondo de la excavación antes del hormigonado. El agua bombeada arrastra arena, lo que crea un peligro de socavación de los estribos del cercano puente de ferrocarril. Finalmente, el servicio del geológico de Alsacia y Lorena nos advirtió sobre el peligro de inversión local del sentido de circulación de la capa de agua río abajo, lo que habría ocasionado la contaminación del pozo de una lechería. Se abandonó esta solución dados los riesgos e inconvenientes que entrañaba.

c) Elementos prefabricados colocados en el agua.

Esta solución no necesita trabajos de agotamiento y es insensible a las inclemencias climatológicas; en contrapartida, presenta dos inconvenientes:

- el enrasado del fondo con la ayuda de buzos es difícil; hemos consultado a una empresa especializada, la cual, después de un detenido estudio, ha podido garantizar una nivelación con un error máximo de 1 cm, por un precio que no hacía inviable esta solución;
- la utilización de elementos prefabricados necesita poderosos medios de manipulación, ya que, dados los gálibos adoptados y la sobrecarga del terraplén, los elementos pesan 30 t por lo menos. La superficie a servir es de 120 m x 25 m.

Estructura compatible con estos métodos de cimentación

a) Cimentaciones en seco.

Bóveda (figs. 4, 5 y 6): La importante sobrecarga del terraplén conduce a soluciones abovedadas. Dos bóvedas de 10 m de hormigón en masa, cuatro bóvedas de 6 m de hormigón en masa, bóveda de hormigón armado, son las variantes de esta solución.

Los costos son del mismo orden de magnitud; las bóvedas de hormigón armado son más delgadas y tienen mejor aspecto. El principal defecto de las bóvedas es la dificultad de construir la cimentación del estribo norte-oeste en

las proximidades del ferrocarril; las dos construcciones están demasiado cercanas y la bóveda se apoyaría en los cimientos del puente ferroviario.

Pórtico (fig. 7): La sobrecarga impone un pórtico múltiple; los cimientos son menos anchos y no se apoyan sobre los del vecino puente. La ejecución es más sencilla que en el caso de bóveda, pero este tipo de construcción necesita mayor número de armaduras.

Todas estas soluciones necesitan la erección de importantes pantallas de tablestaca (750 m en el caso de bóvedas de 10 m). En el caso de bóvedas o pórticos múltiples interesa construir tablestacas en el eje de los vanos, constituyendo de esta forma los tapones de hormigón sumergido una solera general.

b) Elementos prefabricados (figs. 8 y 9).

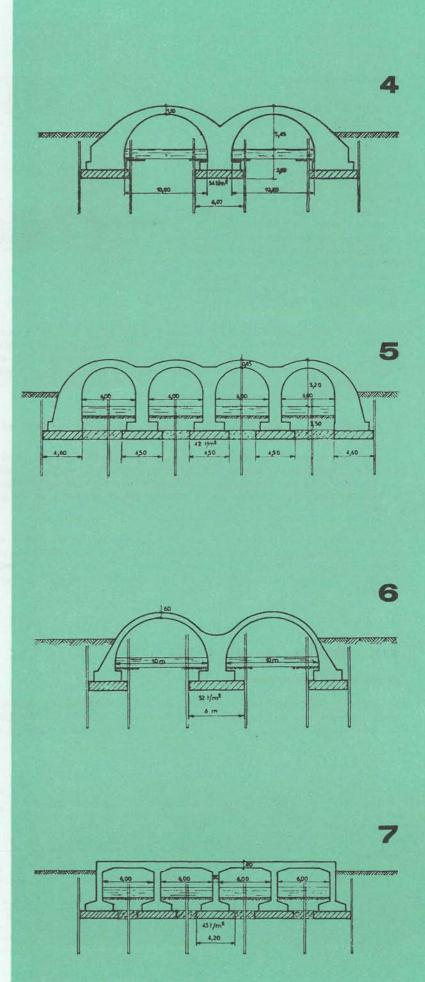
Se puede elegir entre elementos de sección rectangular, circular u ovoide. La sección rectangular consigue la superficie pedida con el mínimo de estorbo exterior, pero se hunde en el fango con mayor facilidad que las secciones circulares u ovoides.

Una solución con elementos prefabricados permite reunir en una sola estructura el puente de la carretera oeste de circunvalación y el de la calle Abbé Lemire. El aspecto del conjunto mejora notablemente, siendo preferible, además, desde el punto de vista hidráulico, una construcción continua, a dos puentes muy próximos.

Elección de una solución

Se realizó el estudio comparativo de los precios de las diferentes estructuras antes mencionadas. En el caso de los elementos prefabricados se ha incorporado en el precio la construcción de un pórtico que permite manipular elementos de 30 t. Se eligió la solución indicada en la figura 10, que presentaba las siguientes ventajas:

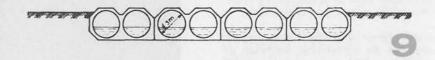
- ejecución posible en invierno;
- ausencia de riesgos, lo que permite garantizar un ritmo de ejecución;
- precio competitivo;
- buen comportamiento de la estructura en caso de asientos diferenciales del terreno bajo el efecto de la sobrecarga del terraplén.



Detalles diversos

Toda construcción prefabricada plantea un problema en las juntas. Su estanquidad al agua no es necesaria, el ntvel del agua en el canal es sensiblemente el de la capa freática; en cambio sí es necesario impedir el arrastre de los elementos finos del terraplén por las aguas de infiltración o por socavación. Las juntas deben asimismo permitir ligeros movimientos de los cajones. Se han realizado mediante cubrejuntas, de hormigón para las juntas verticales exteriores y con hierros planos en las juntas superiores que descansan sobre unas pestañas con mástique bituminoso (figs. 11 y 12).





La empresa LIMOUSIN FOUGEROLLES, encargada de la obra, ha propuesto construir cajones de 4 m de longitud y de 80 t (lo que ha reducido a 116 el número de elementos), e incorporar la parte de la solera, situada entre dos cajones, a los elementos mismos, a fin de evitar el hormigonado bajo el agua de esta porción de la solera. Esta parte no participa en el reparto de cargas sobre el suelo; está en voladizo, con la armadura necesaria para aguantar exclusivamente su peso propio; su cara inferior está situada 2 cm más arriba que la del cajón para evitar toda transmisión de esfuerzos sobre el terreno.

La armadura de los elementos difiere según la altura del terraplén que soportan.

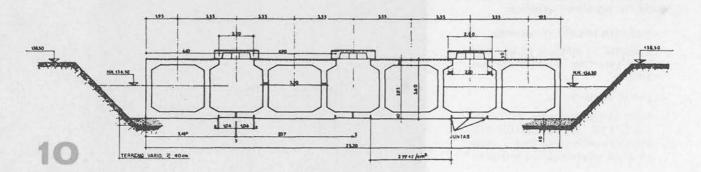
Al ser curvo el eje de la obra, las dimensiones en planta de los cuatro cajones de una misma fila (fig. 16) son diferentes, pero todos se han obtenido con el mismo molde metálico, desplazando simplemente las piezas extremas. Las losas de cobertura son de dos tipos: losas nervadas, colocadas sobre los cajones situados bajo el terraplén y losas no nervadas, apoyadas sobre rebajes, en las demás zonas, en particular bajo la calzada de la calle Abbé Lemire.

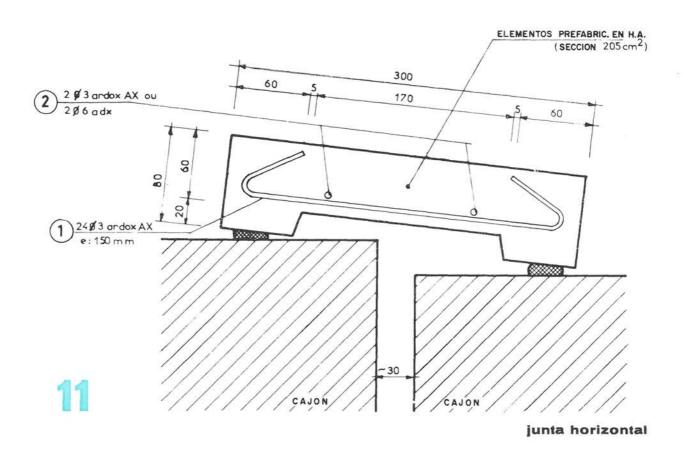
Dada la débil velocidad de circulación del agua actualmente, existe el peligro de aterramiento; se han dispuesto, en el extremo situado aguas arriba, unas viguetas acanaladas para permitir bajar unas ataguías que obstruyen seis vanos y facilitar así la autolimpieza del séptimo. Los extremos de estas viguetas se observan en la figura 17. Finalmente, para evitar los derrubios, se ha construido una pantalla de tablestacas en los dos extremos de la obra.

III. Métodos de ejecución

Base de la cimentación

La zona de construcción se ha aislado mediante la construcción, en sus dos extremos, de una pantalla de tablestacas que después de desmochar ha servido como rastrillo. Se ha desviado provisionalmente la corriente por un antiguo canal de toma de agua; esta medida tenía como finalidad el evitar la polución de la base de la cimen-





tación, por las materias en suspensión del agua. A continuación la empresa ha dragado el canal hasta una cota inferior en 0,50 m a la del nivel de asiento de los cajones, rellenando posteriormente esta excavación con grava limpia del Rhin. Estos materiales se han repartido con la ayuda de una grúa equipada con cuchara de mandíbulas, nivelándose a continuación me-

diante hombres-rana según el proceso siguiente:

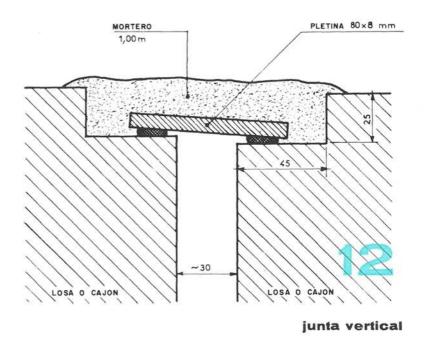
nivelación grosera con ayuda de un chorro de agua a presión; colocación de piquetas de hierro de referencia para la nivelación; colocación de reglas sobre los piquetes;

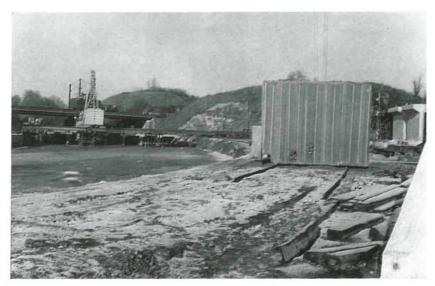
nivelación cuidadosa mediante una regla desplazable, sin compactación posterior.

La superficie nivelada en cada ciclo era de unos 200 m². Los rendimientos de esta operación no han sido tan buenos como se esperaba debido a las siguientes razones:

> en la fase final de nivelación era necesario evacuar a la orilla un exceso de relleno por medio de una máquina aspiradora;

> la presencia de limo en el agua hacía nula la visibilidad;





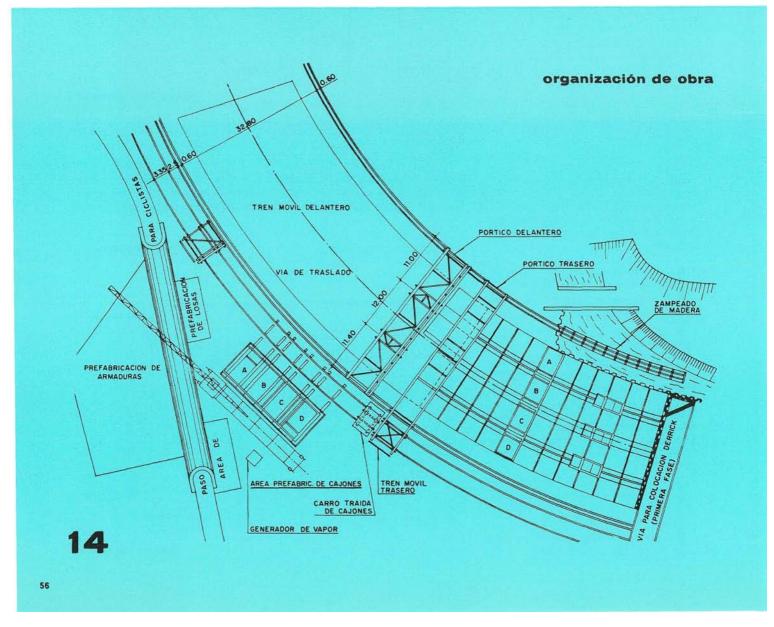
la larga duración, la falta de visibilidad y la monotonía del trabajo, han provocado un cierto cansancio entre los hombres-rana.

Sin embargo, se han podido respetar los plazos y la precisión exigida en la nivelación (± 1 cm).

Instalación de la obra

La instalación de prefabricación de los cajones y las losas se ejecutó sobre áreas de hormigonado, con revestimientos incorporados sirviendo de fondo de molde (fig. 13). Se construyeron cuatro áreas de prefabricación. La ma-

13



nipulación de los encofrados, la colocación de las armaduras, el vertido del hormigón... estaban asegurados por una grúa de 80 t/m. Las instalaciones necesarias para el transporte y la manutención constaban de los siguientes elementos (fig. 14):

- Camino de rodadura en la orilla colocado sobre el enfoscado de hormigón.
- Dos pórticos de 34 m de longitud sobre los que se desplazaban unos derricks:
 - el pórtico delantero reposa en la orilla sobre dos apoyos y en el fondo del canal mediante dos apoyos intermedios;
 - el pórtico trasero descansa por una parte sobre la orilla y por otra sobre la última fila colocada de cajones.
- La instalación ha requerido dos meses y medio aproximadamente; la mitad de las vías de rodadura de la orilla se constituyeron a medida que avanzaba la obra.

Fabricación de los cajones y de las losas

Los cajones se han hormigonado en dos fases, siendo luego curados al vapor:

- la primera fase comprendía la solera;
- la segunda incluía los pilares y la losa superior.

La solera se hormigonaba aproximada mente dos días antes que la parte superior; la parte superior se desenco-fraba 16 horas después de hormigonada; al cabo de 21 horas el cajón era agarrado y colocado por los derricks. El programa diario de la figura 18, indica el desarrollo de las diferentes operaciones. El vertido del hormigón se situaba entre las 10 y las 16 horas, que era el momento más favorable durante el período de invierno.

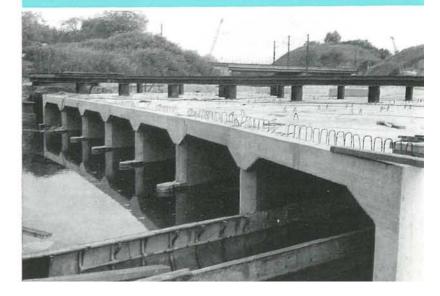
Las armaduras se colocaban con grúa; el hormigón era proporcionado por una central de hormigonado; el abastecimiento se ha realizado con regularidad, lo que ha permitido respetar el apretado programa diario. Las losas de hormigón y las juntas han sido prefabricadas en un área especial, no siendo curadas al vapor.



16

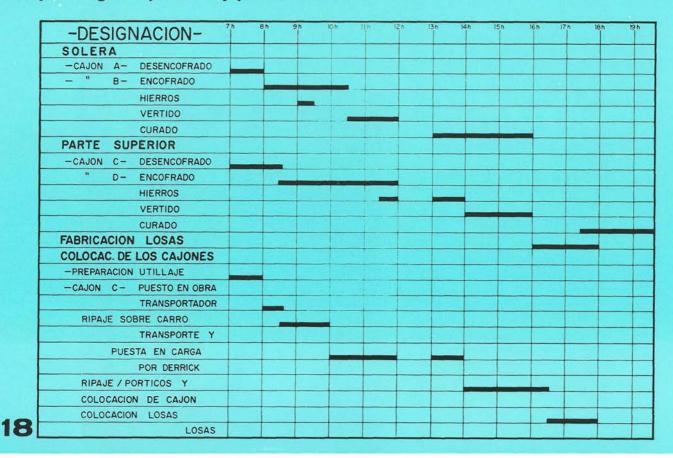


17



cajones

planning de ejecución y puesta en obra



Curado al vapor del hormigón

El curado al vapor perseguía una doble finalidad:

- acelerar la rotación del encofrado;
- permitir la continuación de la obra cualesquiera que fueran las condiciones atmosféricas, en especial en tiempo de helada.

El hormigón era curado con vapor saturante en una campana de madera recubierta con cartón bituminoso y calorifugado con fibra de vidrio. La estufa está lo suficientemente bien calorifugada como para mantener la temperatura del hormigón durante su curado únicamente gracias al calor de hidratación del cemento. En cuanto se alcanzaba en la estufa una temperatura de 60° C, se paraba el generador de vapor; fue preciso el disponer unas entradas de aire en la estufa para acelerar la pérdida de calor durante el período de enfriamiento, a fin de evitar un choque térmico en el momento de la salida.

El ciclo de curado, deducido después de ensayos, era el siguiente:

- comienzo del calentamiento 2 horas después de la finalización del hormigonado;
- subida de la temperatura a 60° C en 3 horas;
- curado a temperatura constante de 60°C durante 4 horas;
- enfriamiento lento durante 6 horas.

Al finalizar la operación, cuando se levantaba la campana, la temperatura en la superficie del hormigón oscilaba entre 20° y 50° C (según la temperatura exterior). En la masa, la temperatura permanecía en unos 50° a 60° C, bajando luego lentamente.

El hormigonado se ha efectuado sin dificultad con tiempo frío. La temperatura durante el invierno llegó a bajar a — 10° C; cuando la temperatura era inferior a — 3° C, el hormigón era calentado a 25° C en la fábrica.

La obra no fue parada más que en los tres siguientes períodos:

- del 11 al 15 de diciembre de 1967: espesor del hielo, 8 cm en el canal;
- del 21 de diciembre de 1967 al 2 de enero de 1968: espesor del hielo, 15 cm; este período coincide, por otra parte, con una paralización total de las obras en Alsacia debido a las fiestas de fin de año;
- del 10 al 15 de enero de 1968: espesor del hielo, 6 cm.

La obra ha tenido que ser parada durante estos períodos, ya que la presencia de esta espesa capa de hielo, muy difícil de romper, no permitía a los escafandristas realizar su trabajo de nivelación de la base de la cimentación.

Transporte y colocación de los elementos prefabricados

Las operaciones de manipulación se efectuaban con un equipo de 7 hombres de la siguiente manera:

- desplazamiento del derrick delantero más allá del área de fabricación para permitir la colocación del carretón de transporte enfrente del cajón que hay que manipular;
- separación del cajón del fondo del molde con ayuda de 4 gatos hidráulicos y desplazamiento transversal hasta el carretón de transporte;
- transporte del cajón hasta su posición entre los dos pórticos y retorno del derrick delantero junto a su pórtico;
- elevación del cajón por los derricks con la ayuda de dos barras de carga;
- desplazamiento transversal de los derricks hasta la posición de inmersión del cajón;
- descenso del cajón;
- colocación de las losas que eran transportadas sobre los cajones por los derricks.

Después de la colocación de los cuatro cajones y losas de una fila, se procedía al avance de los pórticos: el pórtico delantero era levantado unos 30-40 cm para quitar los apoyos intermedios y permitir colocarlo sobre las vías de voladura; el pórtico trasero era ripado a un camino de rodadura colocado sobre los mismos cajones; todas estas operaciones se han efectuado con la ayuda de tornos eléctricos colocados sobre los pórticos por intermedio de poleas. La flexibilidad de los aparatos de manutención ha permitido realizar la colocación con exactitud de \pm 1 cm.

La obra ha sido ejecutada entre los meses de septiembre y de junio.

El hormigonado y la colocación de los elementos prefabricados se han desarrollado desde el 15 de noviembre hasta principios de mayo. Desde diciembre se alcanzó el ritmo de un elemento fabricado y colocado por día.

Esta obra se ha realizado con una plantilla mensual de 22 obreros como media.

Observaciones realizadas

El laboratorio regional de Estrasburgo ha efectuado unos ensayos preliminares con objeto de definir las precauciones que había que tomar para hormigonar en tiempo frío y para curar al vapor el hormigón. Posteriormente, ha controlado los resultados obtenidos y en especial ha medido la temperatura del hormigón durante su curado y su enfriamiento.

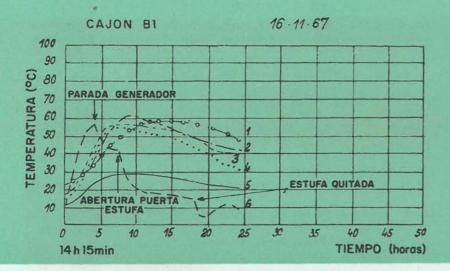
Se han realizado las siguientes observaciones:

- La resistencia a las 28 días de un hormigón calentado a 20° C resulta inferior en un 5 % a la del hormigón de la misma composición fabricado normalmente, y la dispersión de las resistencias es mucho mayor.
- A los 7 días de la resistencia a compresión del hormigón normal ha sobrepasado la del hormigón curado al vapor.
- A los 28 días esta resistencia resulta superior en un 10 % a la del hormigón curado al vapor; es un resultado generalmente admitido.

El curado al vapor reduce considerablemente la dispersión de los resultados.

El siguiente cuadro resume los resultados de los ensayos:

HORMIGON	RESISTENCIA MEDIA (kp/cm²)		DESVIACION TIPICA (kp/cm²)	
	a 7 días	a 28 días	a 7 días	a 28 días
Normal	286,2	365,0	38,4	48,2
Curado al vapor	274,9	330,2	27,5	28,5





curva de temperaturas de curado

La resistencia a la helada y la permeabilidad resultan poco afectadas por el curado al vapor, a condición de dejar endurecer el hormigón algunas horas en atmósfera húmeda antes de curarlo.

El curado al vapor y el enfriamiento se deben regular de tal forma que la diferencia de temperatura entre dos zonas del hormigón no sobrepase jamás 40° C. En estas condiciones, el hormigón no se fisura. Se observó, sin embargo, una fina fisura de 10 a 15 cm de longitud en la parte superior de algunos cajones hormigonados durante la primavera; el origen de esta anomalía, sin gravedad por otra parte, no pudo ser determinado. Un refuerzo local de las armaduras no produjo ningún efecto.

La temperatura en el interior de la estufa, baja mucho menos rápidamente en la parte superior que en la parte central durante el período de enfriamiento.

Las probetas destinadas a los ensayos de hormigón se deben colocar en la parte superior de la estufa para que experimenten una evolución de la temperatura semejante a la del hormigón de la obra.

Las temperaturas máximas alcanzadas en la superficie y en la masa del hormigón son del mismo orden de magnitud, pero su evolución es muy diferente; las diferencias máximas se producen durante el enfriamiento (fig. 15).

El curado al vapor aumenta en un 7 % el precio del hormigón.

. . .

La obra ha sido pródiga en enseñanzas. El hormigonado en tiempo frío y el curado al vapor han sido estudiados con detalle.

Las técnicas originales empleadas han permitido realizar una importante obra sin interrupción notable, a pesar del rudo invierno, y sin riesgo de debilitar los cimientos del puente ferroviario próximo.

résumé

Route ouest de ceinture à Strasbourg (France) Passage du fossé des remparts

Vauday, Marquis et Lafont, ingénieurs

La route ouest de ceinture de Strasbourg est une autoroute qui contourne la ville et unit les autoroutes nord et sud, assurant la continuité du réseau d'autoroutes à leur passage par l'agglomération et la distribution du trafic interurbain, en même temps qu'elle facilite certaines unions purement urbaines. Cette autoroute traverse le fossé des remparts près d'où le fait le chemin de fer Strasbourg-Bâle, grâce à un ouvrage constitué par des caissons en béton armé préfabriqués.

summary

Western Bypass Road and Crossing of the City Moat at Strassbourg (France)

Vauday, Marquis and Lafont, engineers

The Western Bypass Road at Strassbourg is a wide motor road, which runs around the city and links the northern and sourthern motor roads. This ensures the continuity of the motor road network in the vincinity of Strassbourg's urban zone, and also facilitates communications with the city centre. The motor road crosses the moat next to the city walls near the railway crossing, this being achieved by means of prefabricated reinforced concrete boxes.

zusammenfassung

Umgehungsstrasse West in Strassburg - Frankreich Übergang über den Mauergraben

Vauday, Marquis und Lafont, Ingeniure

Die Umgehungsstrasse West in Strassburg ist eine Autobahn, die um die Stadt herumführt und die Autobahnen Nord und Süd miteinander verbindet; sie gewährleistet die Kontinuität des Autobahnentzes in dlesem Gebiet sowie die Verteilung des durch die Stadt führenden Nahverkehrs und erleichtert gleichzeitig einige rein Innerstädtische Verbindungen. Die Überführung am Mauergraben in der Nähe des Bahnübergangs Strassburg-Basel ist aus vorgefertigten Stahlbetonkästen gebaut.