

puente **Köhlbrand** sobre el **Elba** Hamburgo * Alemania Federal

Dipl. Ing. RUDOLF SCHWAB

564 - 27

sinopsis

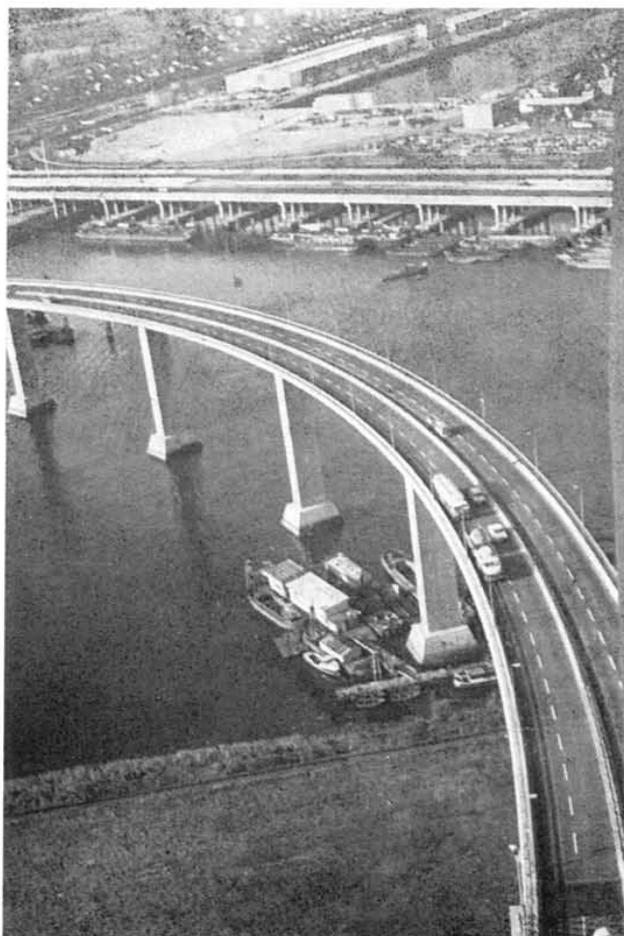
El puente elevado de Köhlbrand, en el puerto de Hamburgo, es una de las obras de ingeniería más importantes de la parte norte de Alemania.

La obra se divide en tres sectores:

- 1.º La rampa este de acceso, de 2.410 m.
- 2.º El puente sobre el cauce del río, de 520 m.
- 3.º La rampa oeste de acceso, de 1.050 m.

El puente tiene 17,60 m de anchura y cuatro carriles.

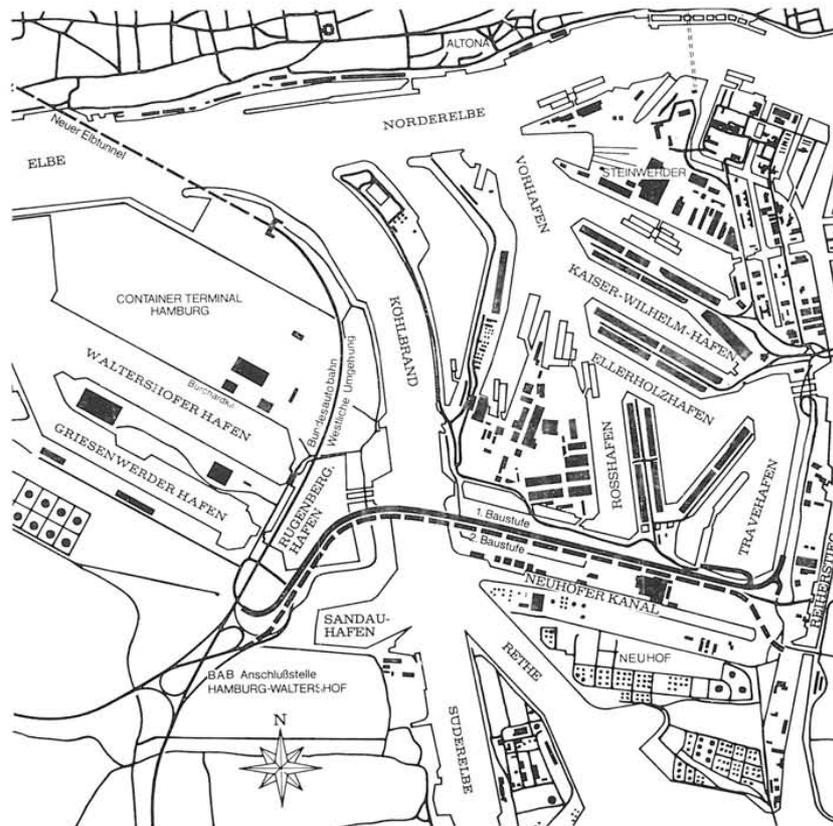
Los sectores 1.º y 3.º se resolvieron mediante superestructuras de hormigón pretensado, con vigas cajón de una o dos células.



situación

El sector 2.º posee una luz de 325 m entre las dos pilas principales, y una altura útil de paso sobre el nivel del agua de 54 m en un ancho de 150 m. Las pilas centrales, de 130 m de altura sobre la cota del terreno, se hallan constituidas por una base de hormigón armado y una parte metálica de 98 m de altura, formada por un cajón de vigas atornilladas y posteriormente soldadas. En la parte superior de esta última se han dispuesto las conexiones, mediante travesaños individuales, de los cables de sustentación de los cuerpos volados del puente.

Las obras se llevaron a cabo comenzando por los sectores 1.º y 3.º, en ambas orillas del río. Una vez terminados éstos y levantadas las pilas, se procedió a la ejecución de los tramos volados, que se terminaron al juntarse sobre el río.

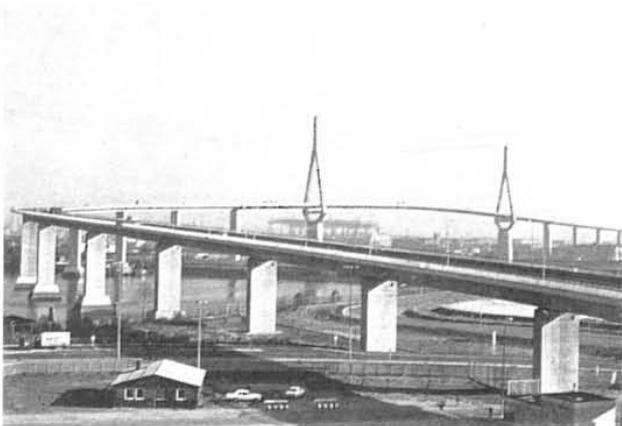


En el puerto de Hamburgo se ha construido una de las obras de ingeniería más importantes de la zona norte de Alemania: el puente elevado de Köhlbrand, que toma su nombre de la desembocadura del río Elba. Junto con otro puente giratorio, existente a 3 km aguas arriba, esta nueva construcción servirá para resolver los problemas de tráfico creados por el desarrollo y transformación del puerto. Este proceso de ampliación se encuentra localizado al oeste del brazo sur del río.

El mayor y más costoso problema, ahora resuelto, fue el enlace de 8 km de longitud entre el actual puerto franco, en la zona industrial, y la autopista federal Hamburgo-Flensburg, que atraviesa la futura zona portuaria y el resto de la actual. El nuevo puente cubre la parte del

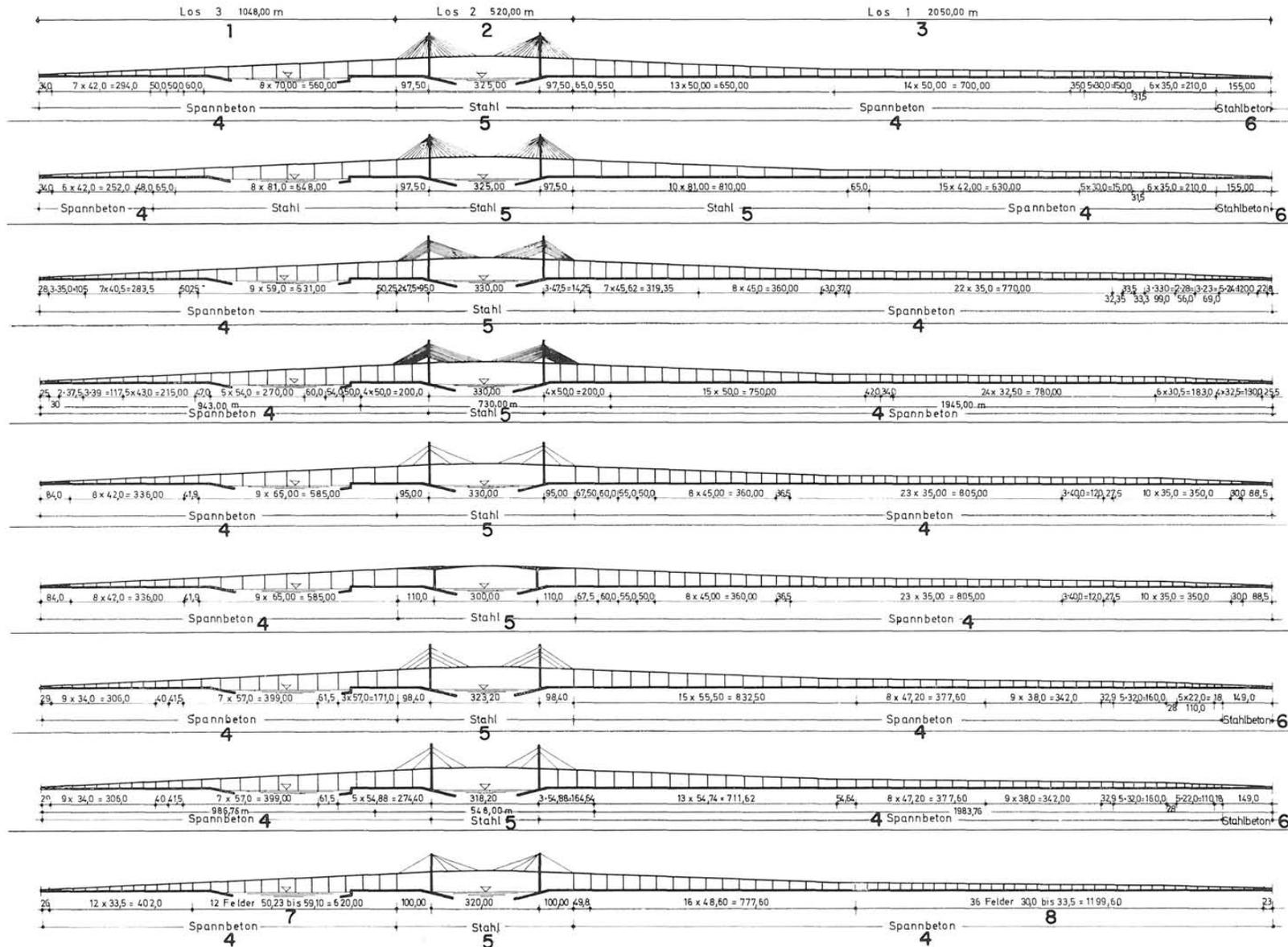
recorrido más comprometida, evitando el problemático uso de transbordadores en la ya congestionada vía marítima de Köhlbrand. Una vez finalizada la obra han quedado unidos, mediante una vía de tráfico rápido, los dos puertos francos entre sí, y la zona industrial, localizada junto a uno de ellos, con las nuevas zonas portuarias del sur y con la autopista federal.

Hace ya varias décadas se inició un proyecto para construir un túnel bajo el río, en este mismo lugar. Numerosas investigaciones de carácter técnico y económico dieron como resultado las evidentes ventajas de esta so-



distintas soluciones tramo central

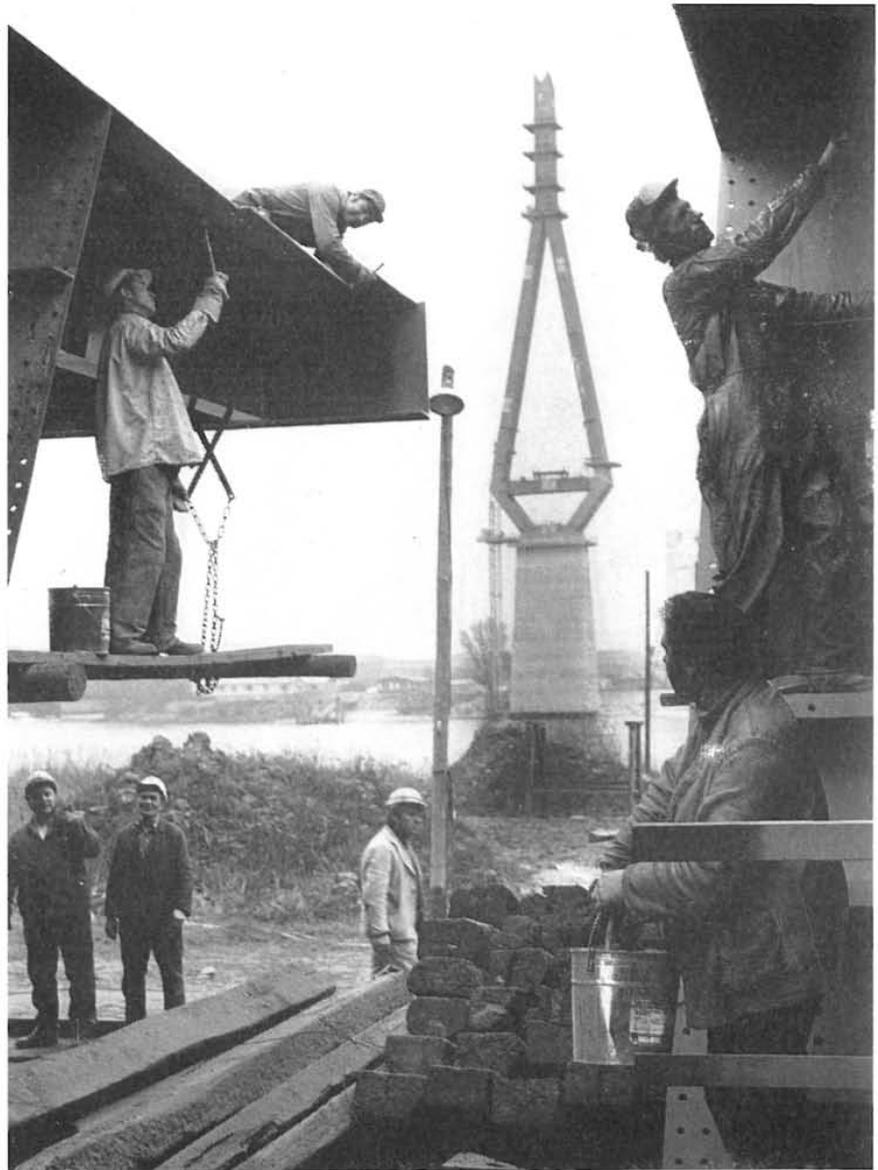
- 1. Tramo 3 (1.048 m).
- 2. Tramo 2 (520 m).
- 3. Acero.
- 4. Hormigón pretensado.
- 5. Acero.
- 6. Hormigón armado.
- 7. 12 tramos de 50,23 m a 59,10 m = 620 m.
- 8. 36 tramos de 30 m a 33,50 m = 1.199,60 m.



lución en comparación con las de un puente elevado, pero presentaba un inconveniente económico decisivo: un 1,5 % más de costos de construcción y un 70 % superior en gastos de conservación y mantenimiento. Debido a esto, la decisión final fue favorable al puente, que ha sido construido en dos etapas con el fin de adaptar las obras a las necesidades del creciente tráfico.

Para el proceso de planificación de las obras se establecieron las siguientes condiciones previas: por debajo del puente





debían poder pasar buques petroleros con un peso muerto de hasta 25.000 t en vacío; había que contar, para el futuro, con una densidad media diaria de 43.000 vehículos, según los resultados obtenidos en los estudios realizados sobre el tráfico; y, por último, debía tenerse en cuenta que el enlace sería utilizado indistintamente entre zonas del puerto franco y áreas con aduana, por lo que era necesario contar, por lo menos a largo

plazo, con calzadas independientes para el traslado de mercancías, unas de procedencia extranjera sujetas al pago de derechos de aduana y otras exentas de los mismos por ser de origen interior. Inicialmente sólo se planeó la construcción de cuatro carriles de circulación, para un tráfico diario de 31.000 vehículos en ambas direcciones, aunque se previeron futuras ampliaciones para cumplir la totalidad de las premisas.

La construcción del puente fue objeto de un concurso, al que se presentaron un total de nueve proyectos: uno resuelto mediante un sistema de puente giratorio, en acero, y los otros ocho, de soporte estático de vigas con tirantes constituidos por cables. La decisión adoptada se inclinó a favor de un puente con pilas separadas en la zona navegable y sistema de cables sustentantes inclinados. Este proyecto demostró sus ventajas en cuanto al cumplimiento de las condiciones establecidas.

El puente finalmente realizado tiene una longitud de 3.980 m, siendo la mayor luz entre apoyos de 325 m, coincidiendo sobre el agua. La altura libre de paso es de 54 m, sobre un ancho de 150 m, lo que proporciona un gálibo suficiente para la navegación de los barcos indicados. La superestructura, de cuatro carriles, tiene una anchura de 17,60 m, con una pendiente máxima, en el trazado, del 4 %. Para su construcción se han utilizado 72 pilas cimentadas sobre 1.700 pilotes. Una idea aproximada de la magnitud de la obra la dan las cantidades de hormigón y acero empleadas en la misma, que son de 81.000 m³ y 13.000 t, respectivamente.

La obra se subdividió en tres sectores de trabajo:

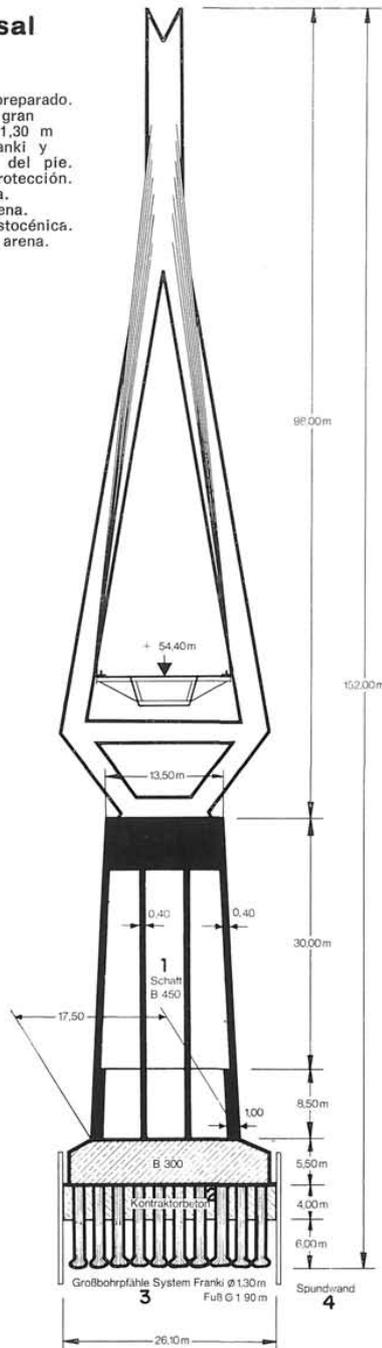
- 1.º Rampa este, con una longitud de 2.410 m.
- 2.º El puente sobre el cauce del río, de 520 m de largo.
- 3.º La rampa oeste, de 1.050 m de longitud.

Las rampas de los sectores 1.º y 3.º son superestructuras de hormigón pretensado, formadas por vigas cajón sustentantes monocelulares o de dos células, que se ajustan a las formas de

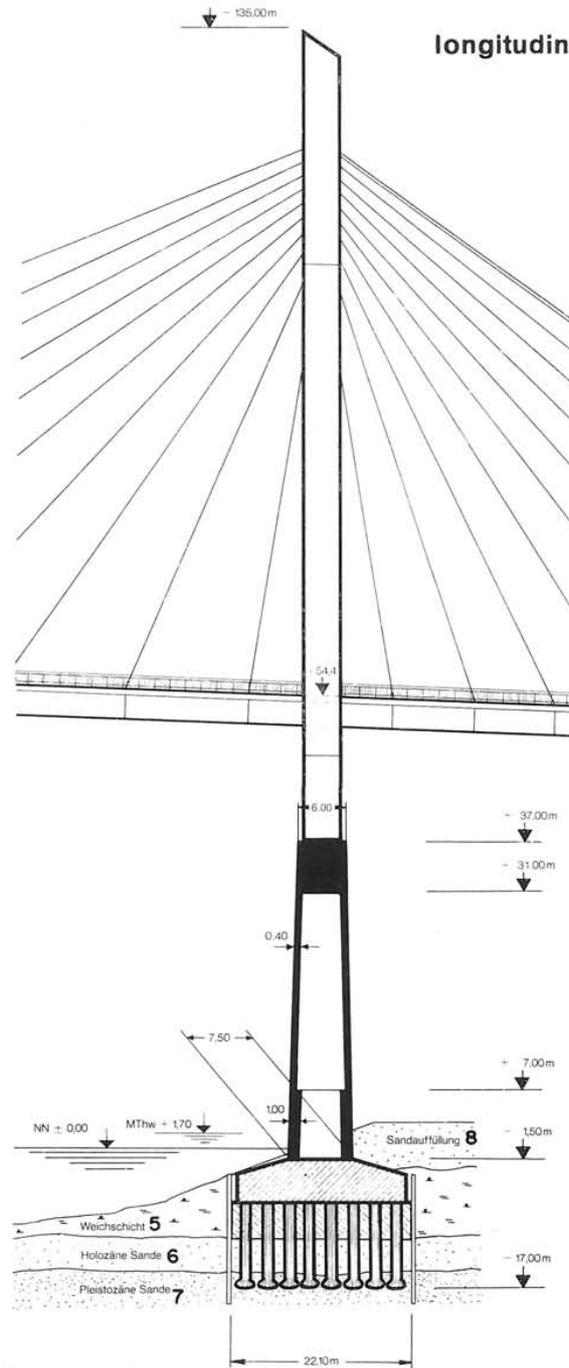
secciones

transversal

1. Fuste.
2. Hormigón preparado.
3. Pilotes de gran calibre \varnothing 1,30 m sistema Franki y 1,90 m \varnothing del pie.
4. Muro de protección.
5. Capa blanda.
6. Arena ológena.
7. Arena pleistocénica.
8. Relleno de arena.



longitudinal

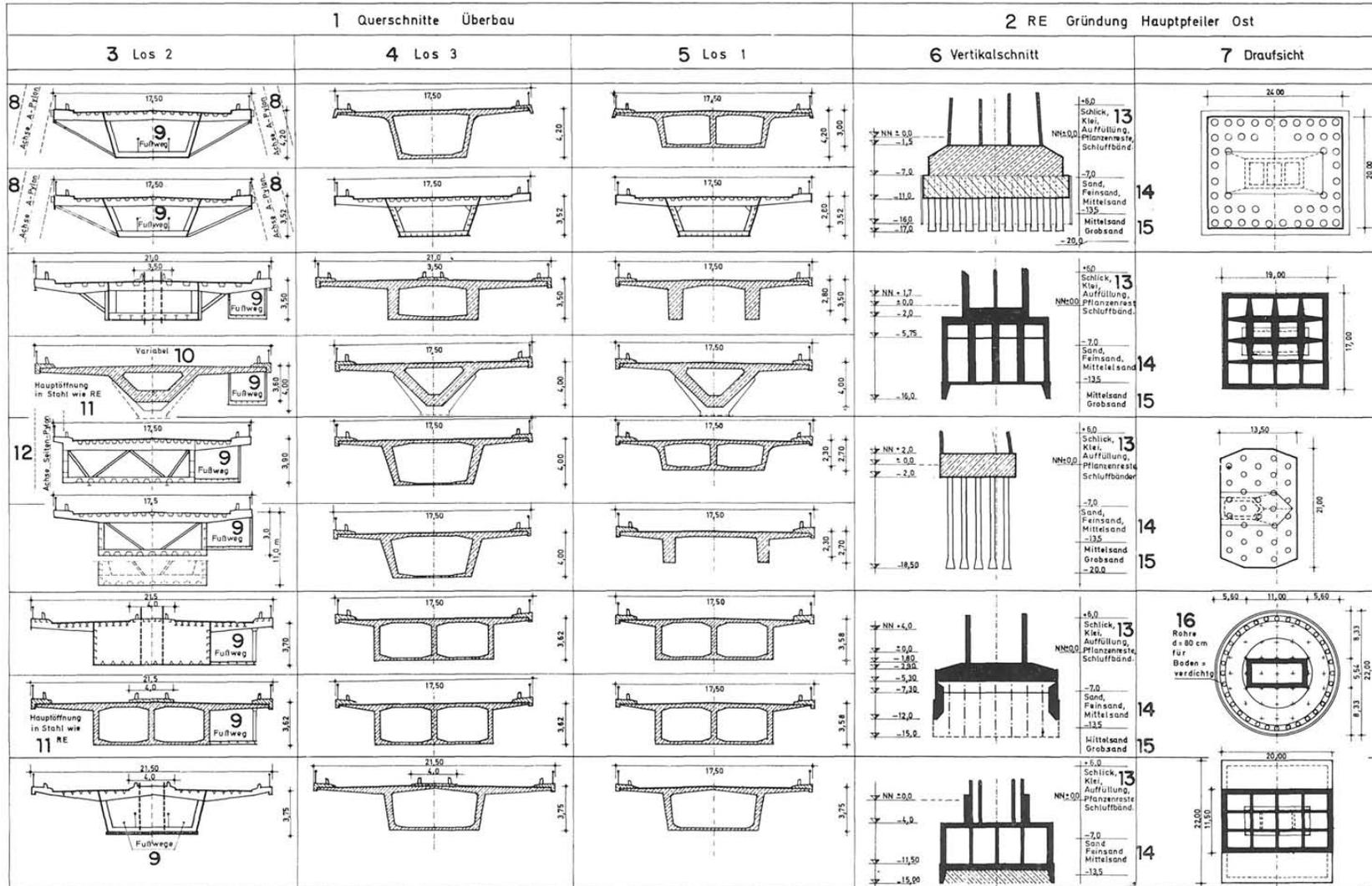


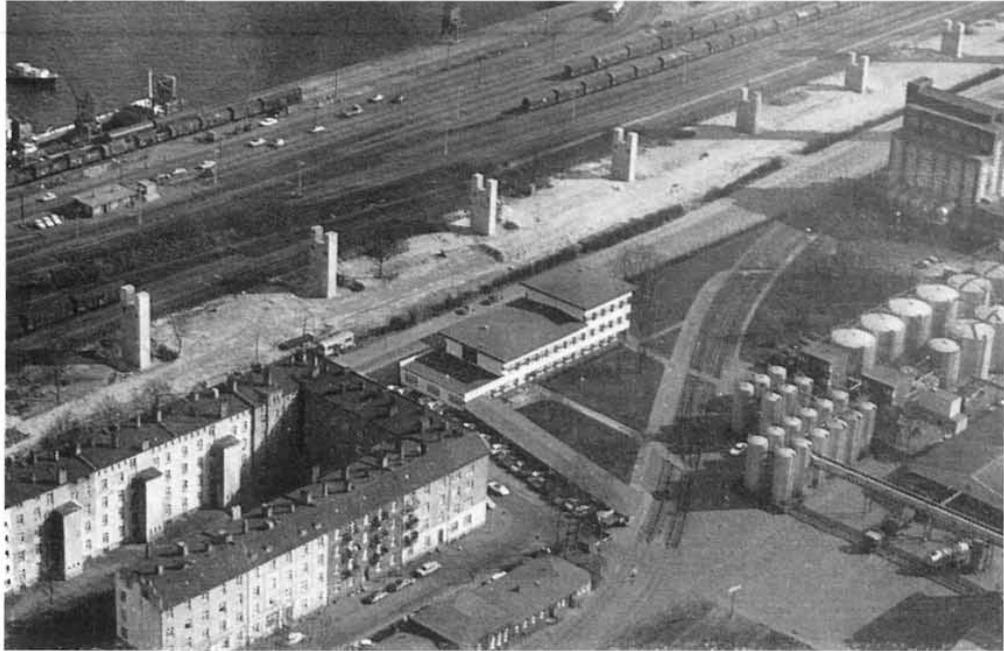
pila central este

soluciones de tablero y apoyos de pilas

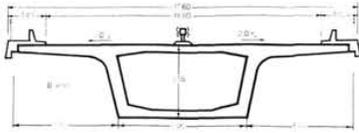
1. Obra superior.—2. Cimentación de los pilotes principales del lado oeste. 3. Tramo 2.—4. Tramo 3.—5. Tramo 1. 6. Sección vertical.—7. Vista superior. 8. Eje del pilón A.—9. Paso de peatones.—10. Variable.—11. Apertura principal en el acero como RE.—12. Eje pilotes laterales.—13. Yeso, relleno y arriate plantas.—14. Arena, arena fina y

arena media.—15. Arena media y arena gruesa.—16. Tubo de 80 cm de diámetro para solidificación del forjado.

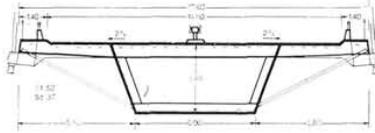




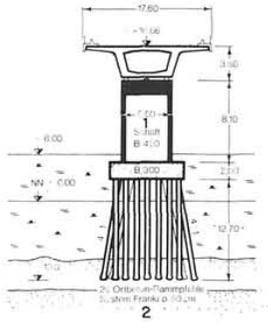
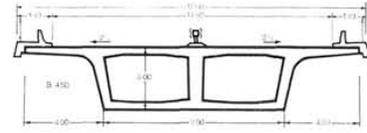
1. Fuste.—2. 26 pilotes hormigonados in situ \varnothing 50 cm sistema Franki.—3. Sección fuste. 4. Placa cabeza de pilotes.—5. Hormigón preparado.—6. Capa blanda.—7. Arena ológena.—



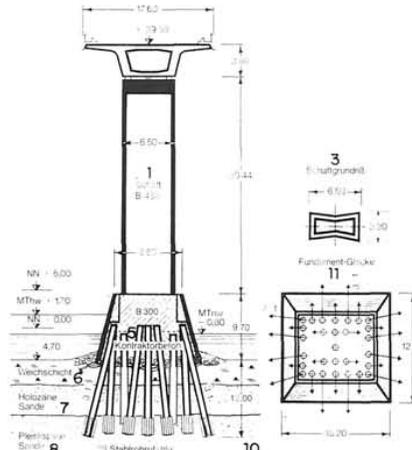
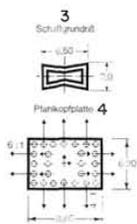
8. Arena pleistocénica.—9. 29 pilotes \varnothing 760 mm de tubo de acero (la mayoría, 20 m de longitud).—10. 4 ó 6 alas de PSP 600 L (L=2,50 m). 11. Campana de cimentación.—12. 11 pilotes



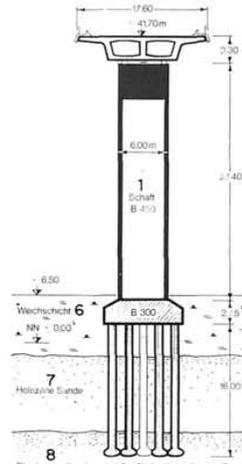
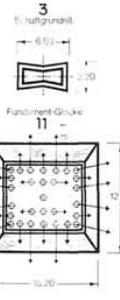
de gran calibre \varnothing 1,30 m sistema Franki y 1,90 m \varnothing del pie.



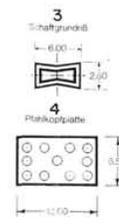
pila 114



pila 104



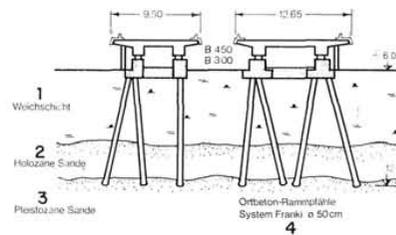
pila 4



montaje previstas, en el sector 1.º, mediante un encofrado apoyado sobre pilastras de madera empotradas en las zonas próximas al suelo y en voladizo para el resto; y lo mismo en el sector 3.º, en el que sólo se introducen variaciones en el sistema de voladizo. Dichos sistemas permiten hormigonar simultáneamente, in situ, dos tramos de 10 m de longitud, partiendo de la pila, en las dos direcciones. Con cada nueva pareja de tramo se introducen el número necesario de elementos tensores, en las secciones ya recubiertas de hormigón, pretensándose conjuntamente las partes más antiguas con las recientes.

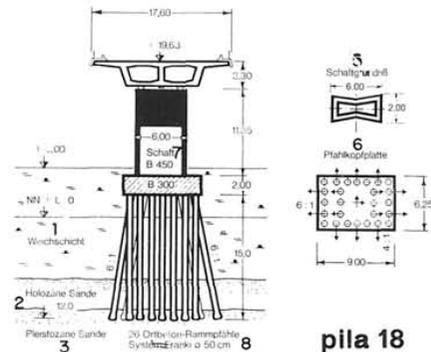
La superestructura está apoyada sobre cojinetes deslizantes de cerámica y sobre rodillos de acero, con el objeto de mantener las tensiones más reducidas posibles, las cuales son originadas, principalmente, por presiones de asentamiento que se producen al construir el sector 2.º En la bifurcación de la entrada al sector 1.º hay una zona en la que la superestructura consiste en una placa de hormigón armado apoyada en soportes individuales de 60 cm de diámetro.

El puente sobre el río, en el sector 2.º, constituye —debido a sus pilas, que se elevan a 136,50 m por encima de la cimentación y a 130 m sobre el nivel del terreno— la parte más característica del conjunto de la obra. Dichas pilas son estructuras estáticas formadas por una base de hormigón, de 38,50 m de altura, sobre la que se levanta un elemento metálico de 98 m

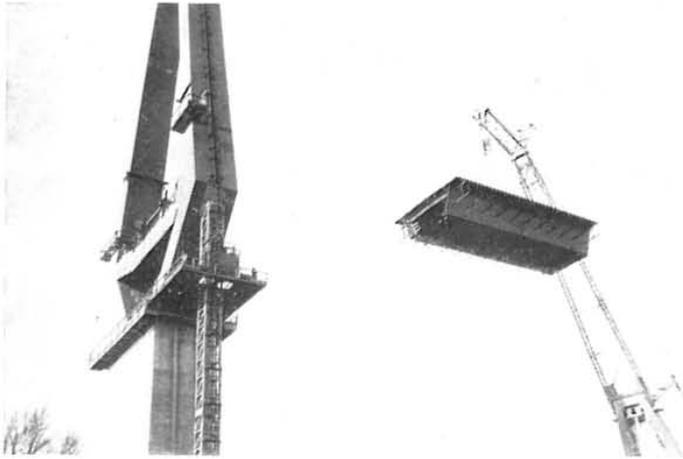


rampa a Rossdamm

1. Capa blanda.—2. Arena ológena.—3. Arena pleistocénica.—4. Pilotes hincados hormigonados in situ sistema Franki.—5. Sección fuste. 6. Placa cabeza de pilotes.—7. Fuste.—8. 26 pilotes hincados hormigonados in situ sistema Franki.



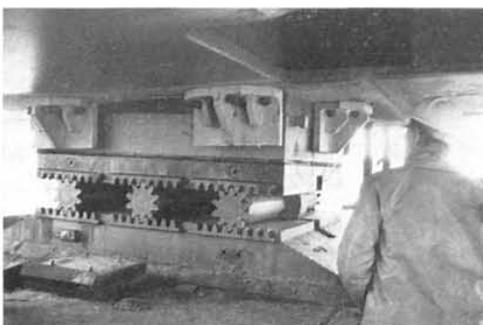
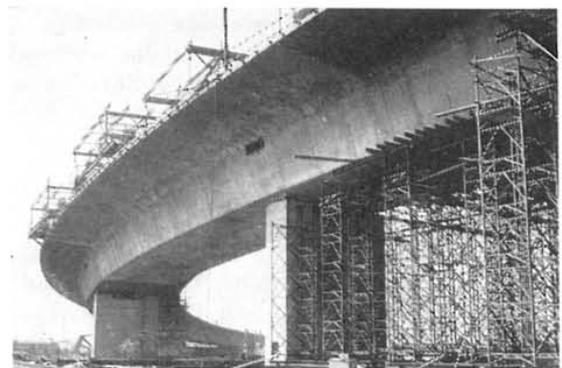
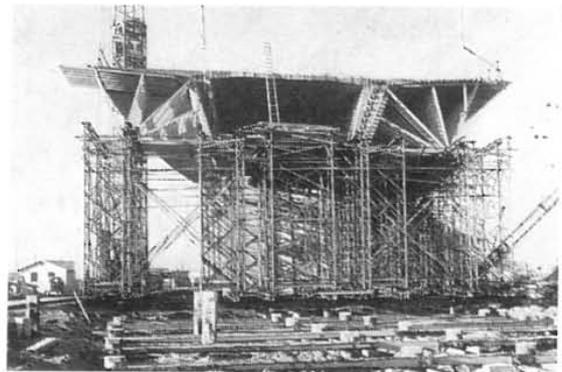
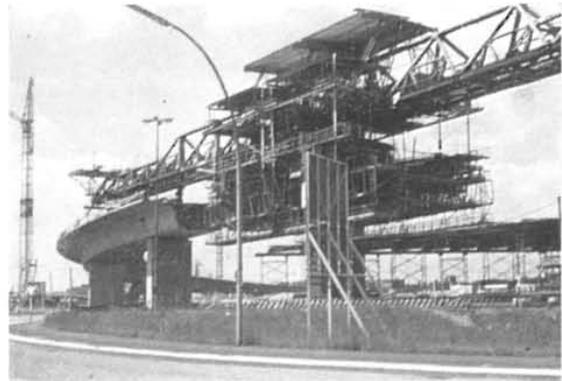
pila 18

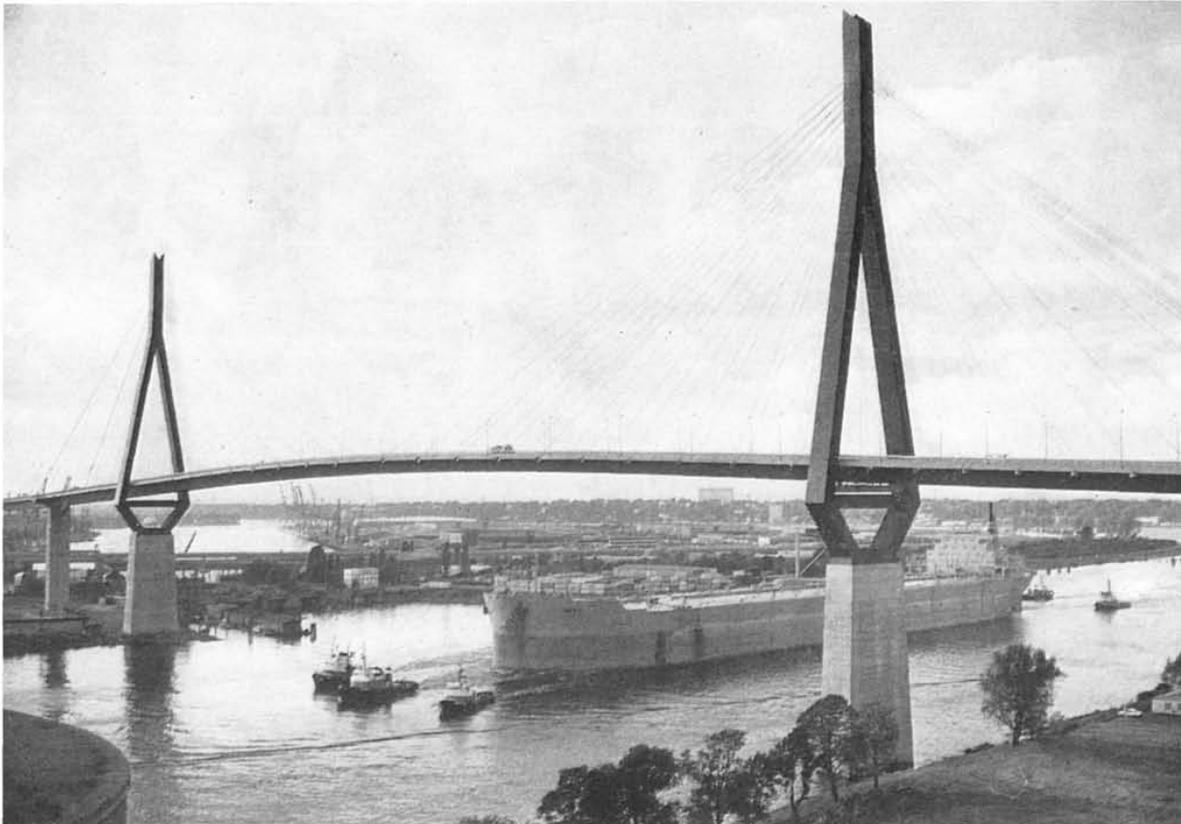


de alto. La base de hormigón se construyó por el método de encofrados deslizantes, sumergiéndola paulatinamente con la ayuda de grúas flotantes, hasta depositarla sobre la cimentación, con intermedio de una placa de hormigón impermeabilizado. Dicha cimentación está formada por pilotes, de 1,90 m de diámetro en la base, protegidos por campanas de hormigón armado de 300 Mp de peso cada una. La parte metálica está constituida por un cajón de vigas atornilladas y posteriormente soldadas. Por su zona superior pasan los cables de sustentación, que están conectados mediante travesaños individuales.

Los tramos prefabricados de las pilas llegan a pesar 110 Mp. Fueron colocados con auxilio de una grúa de 1.000 Mp de potencia de elevación y 170 m de altura. Los soportes de arriostramiento se armaron previamente —en un lugar destinado al premontaje— por secciones desde 16 a 20 m de longitud, y un peso máximo de 90 Mp. En último lugar se instalaron unos cables verticales, anclados a la cimentación, como seguro contra el levantamiento o separación entre las partes metálica y de hormigón de las pilas.

Una vez construidas las pilas de los tres sectores y mientras las superestructuras de hormigón pretensado y armado estaban en plena realización, se terminó la parte metálica de las pilas centrales, comenzando inmediatamente a ejecutarse los voladizos.





FOTOS: EIKE DEHLS, STROM-UND HAFENBAU Y HANSEATISCHE LUFTFOTO

résumé

Pont Köhlbrand sur l'Elbe.
Hambourg - République fédérale
d'Allemagne

Dipl. Ing. Rudolf Schwab

Le pont surélevé de Köhlbrand, au port d'Hambourg, est l'un des ouvrages de génie les plus importants de la partie nord d'Allemagne.

L'ouvrage se divise en trois secteurs:

- 1) La rampe est d'accès, de 2.410 m.
- 2) Le pont sur le cours d'eau, de 520 m.
- 3) La rampe ouest d'accès, de 1.050 m.

Le pont a 17,60 m de large et quatre voies.

Les secteurs premier et troisième ont été résolus par des superstructures en béton précontraint, avec des poutres caisson à une et deux cellules.

Le secteur deuxième a une portée de 325 m entre les deux piles principales, et une hauteur utile de passage sur le niveau du cours d'eau de 54 m dans une largeur de 150 m. Les piles centrales, de 130 m de haut sur la cote du terrain, sont constituées par une base en béton armé et une partie métallique, de 98 m de haut, formée par un caisson de poutres boulonnées et, postérieurement, soudées. A la partie supérieure de celle-ci ont été placées les connexions, à l'aide de traverses individuelles, des câbles de support des corps en encorbellement du pont.

L'exécution des travaux a commencé par les secteurs premier et troisième, sur les deux rives du fleuve. Une fois ces secteurs terminés et les piles bâties, on a procédé à l'exécution des travées en encorbellement, étant unies finalement sur le cours d'eau.

summary

The Köhlbrand Bridge across the
River Elbe - Hamburg - Federal
Republic of Germany

Dipl. Eng. Rudolf Schwab

The suspension bridge, in the port of Hamburg, is one of the most important engineering works in northern Germany.

The work is divided into three sectors:

- 1) The eastern accommodation ramp, 2,410 m long.
- 2) The bridge across the river bed, 520 m long.
- 3) The western accommodation ramp, 1,050 meters.

The bridge is 17.60 m wide and has four traffic lanes.

Sectors 1 and 3 were solved by means of prestressed concrete superstructures, with one or two cell box girders.

Sector 2 has a 325 m span between the two piers and a 54 m high and 150 m ship passage. The central piers that rise 130 m above the ground consist of a base of reinforced concrete and a 98 m high metallic part, formed by a box of bolted and subsequently welded beams. In the upper part of this last part are the connections for the suspension cables for the overhanging part of the bridge.

The construction works were carried out beginning with sectors 1 and 3 on both sides of the river simultaneously. Once these were completed and the piers were raised, the work proceeded with the cantilever spans.

zusammenfassung

Die Köhlbrandbrücke über die Elbe.
Hamburg - Bundesrepublik
Deutschland

Dipl. Ing. Rudolf Schwab

Die Köhlbrand Hochbrücke, im Hamburger Hafen, ist eines der grössten und eindrucksvollsten Ingenieurbauwerke Norddeutschlands.

Das Brückenbauwerk ist in 3 Abschnitte unterteilt worden:

- 1) Die Ostrampe mit 2.410 m.
- 2) Die Strombrücke mit 520 m.
- 3) Die Westrampe mit 1.050 m.

Die Brücke ist 17,60 m breit, mit 4 Fahrspuren.

In den Sektoren 1. und 2. besteht der Brückenaufbau aus Spannbeton mit ein- und zweizelligen Kastenträgern. Die Spannweite zwischen den beiden Gründungspfählen ist 325 m und die lichte Durchfahrts Höhe ist 54 m, mit einer Breite von 150 m. Die Hauptpfeiler bestehen aus einer Stahlbetonbasis und einem 98 m hohen mit geschweissten und verschraubten Konsolen versehenen Metallteil. In dessen oberen Teil befinden sich die Brückenschaltungen der Trageisen.

Das Werk wurde gleichzeitig an beiden Flussufern begonnen, erst dann die Gründungspfähle und daraufhin die Überbauten verfertigt.