4 puentes sobre el Rin

Alemania Federal

KLAUS IDELBERGER, Ing. Dipl.

564 - 28

sinopsis Se describen en este artículo dos maneras diferentes de realizar la ampliación del número de carriles —de 4 a 6— de los puentes, sin necesidad de interrumpir el tráfico.

- El puente de vigas mixtas para tranvía-ferrocarril metropolitano y automóviles entre la ciudad de Colonia-Deutz (Deutz y Mülheim son grandes barrios de Colonia, al este del Rin) se ampliará entre los años 1977 y 1979 de 4 a 6 carriles de circulación por medio de uno adyacente de características similares.
- Otro puente —el puente colgante para tranvía-ferrocarril metropolitano y vehículos— existente entre Colonia-Riehl y Colonia-Mülheim se amplió entre los años 1974 y 1977 de 4 a 6 carriles de circulación, distribuyendo de modo más favorable la sección transversal con la estructura portante existente. Al mismo tiempo se asfaltó nuevamente la parte superior del puente y se reforzó adaptándose a las normas de construcción más estrictas, con el fin de evitar en el futuro problemas de abolladura.

En el año 310, después de Cristo, el Emperador romano Constantino hizo construir, en la provincia romana de «Baja Germania», al este de la «Colonia Claudia Ara Agrippinensis» (Colonia), un puente de madera sobre el Rin; junto al puente construyó un castillo en el emplazamiento de la futura localidad de Deutz. El «puente de Constantino» tenía sin sus rampas de acceso 394,55 metros de longitud y 10 m de anchura. No sabemos hasta cuando permaneció en servicio dicho puente, pero se han encontrado y conservado hasta hace poco, en el lecho del Rin, algunos de sus pilotes de cimentación.

310

puente Konstantin

Después, durante siglos, un puente-pontón enlazó las ciudades de Colonia y Deutz, entonces esta zona independiente.

En 1822 un puente de barcas, del cual se podía abrir su parte central, sustituyó al pontón «Colonia-Deutz».

1913 ... 15

puente Hindenburg

Durante los años 1913 a 1915 en la ciudad de Colonia se construyó el puente colgante de Hindenburg, de acero reforzado, que la unía con el suburbio de Deutz (perteneciente ya por entonces a su municipio). La cantidad de acero utilizado fue de 8.263 t y su longitud era de 368,92 m, con una anchura útil de 18,20 m. Este puente se amplió entre los años 1939 y 1940 con otras 1.442 t de acero, por lo que quedó con una cantidad de acero de 9.705 t, la misma longitud y un nuevo ancho útil de 27,50 m. Los costes adicionales fueron de 7,8 millones de marcos. Después de haber sufrido intensos bombardeos dicho puente se rompió al intentar repararlo el 28 de febrero de 1945.

puente Köln-Deutz

1947 ... 48

En el mismo lugar, entre 1947 y 1948, se levantó otro puente de vigas mixtas cuadrangulares huecas —como primer puente definitivo después de haber quedado destruidos por la guerra todos los puentes sobre el Rin, existentes en Colonia—. La cantidad de acero utilizada fue de solamente 5.760 t; la nueva longitud total, incluyendo las dos carreteras de las orillas, era de 437,31 m con una anchura útil de 20,60 m. El coste fue de 5,75 millones de antiguos marcos del Reich y 2,40 millones de nuevos marcos. La sección principal, de 4 carriles, tiene $1 + 1 = 2$ carriles de usos múltiples, simultáneamente para tranvías y vehículos por encima de la viga central cuadrangular hueca, y $1 + 1 = 2$ carriles sólo para automóviles por encima de los laterales. A ambos lados existían pistas para peatones y bicicletas.

En 1977, pasados ya 30 años de su construcción, esta sección de 4 carriles no resultaba suficiente ni para la avalancha de automóviles ni para el tráfico sobre raíles debido, esto último, a que la ciudad de Colonia y las autoridades encargadas del tráfico pretendían convertir el tranvía en un ferrocarril metropolitano que pasara por el puente. Este ferrocarril metropolitano se convertiría en un metro que circularía, en parte, a través de túneles subterráneos y, en parte, sobre pasos elevados por viaductos y a ras del suelo, mediante un sistema de raíles propios. Con el fin de impedir que el futuro metro-ferrocarril metropolitano sea afectado por la circulación automovilística, y viceversa, se le reservará en el futuro, en el eje del puente, una zona especial destinada a metro para trenes de $2 \times 2,65$ m de anchura, más las distancias de seguridad, que estará separado de la carretera por unos bordes protectores de hormigón S. A ambos lados se dispondrán en el futuro 2, es decir, en total 4 carriles de circulación de 3,25 m de anchura además de pistas para bicicletas, motos y peatones, con lo cual se tendrá en total una sección principal de 6 carriles. El cuerpo ampliado para el ferrocarril metropolitano y los 2 carriles de circulación suplementarios se obtendrán construyendo un puente gemelo, al lado del existente, sobre los pilares prolongados unos 10 m hacia el sur, río arriba.

El futuro ferrocarril metropolitano ocupará en el eje del puente, aproximadamente, el lugar que ocupa la actual pista del sur para bicicletas. La colocación hacia el sur del eje del puente permitirá en la orilla del Rin, en Deutz, radios mayores para los raíles del ferrocarril metropolitano; éstos corresponden a las características técnicas del futuro metro-ferrocarril metropolitano. Las pistas para motos, bicicletas y peatones completarán como siempre la sección.

El puente «Madre» tendrá al «Gemelo» casi sin alteraciones de tráfico, y por la duplicación del puente no hay que temer ningún atasco de circulación, pues el nuevo estará totalmente separado del existente 5 m más arriba.

Además de estas pilas se construirá en 1978, en voladizo, el puente gemelo de forma idéntica, es decir, de vigas mixtas. En cuanto esté terminada la estructura portante, hacia 1979, se aproximará el nuevo puente gemelo al antiguo (sin unirse a él) después de haber quitado la ménsula de la acera sur del puente existente.

sección transversal puente Köln-Deutz

En la licitación pública del puente II Colonia-Deutz, dentro del marco de la Comunidad Económica Europea, las ofertas más baratas fueron: en acero, de 14,2 millones de marcos, y en hormigón armado, de 12,1 millones de marcos. El Ayuntamiento de Colonia eligió, en una sesión no pública celebrada el 18 de junio de 1977, la solución más barata, es decir, la de hormigón armado. La forma del nuevo puente será muy similar a la del antiguo, pero no idéntica, pues debido al alargamiento y a la construcción de hormigón el puente descenderá, a lo largo de los años, de 0,6 a 1 m de su posición original. El puente será totalmente financiado por la República Federal de Alemania. La duplicación del puente con la construcción del túnel para el ferrocarril metropolitano, en Deutz, costará 50 millones de marcos, y estará terminado en 1981.

MEJOR DISTRIBUCION DE LA SECCION EXISTENTE DEL PUENTE COLONIA-MÜLHEIM

Durante los años 1927 a 1929 en la ciudad de Colonia se construyó —desde la ciudad, en Riehl, hasta el suburbio de Mülheim— un puente colgante de cables atirantados. La cantidad de acero utilizado fue de 14.800 t, con una longitud del puente de 682,80 m (entonces récord de Europa) y una anchura útil de 18 m. El coste fue de, aproximadamente, 10 millones de marcos del Reich. El 14 de octubre de 1944 un bombardeo destruyó este puente, el día de su decimoquinto cumpleaños.

De 1949 a 1951 en la ciudad de Colonia se levantó, en el mismo lugar, otro puente colgante de cables, con silueta similar. La cantidad de acero utilizada fue de solamente 5.800 t; la longitud, de 708 m; la anchura útil, de 27,20 m, y el coste, de 12,2 millones de marcos. La sección principal, de 6 carriles, comprendía en el centro $1 + 1 = 2$ carriles de uso múltiple destinada, en partes iguales, al tranvía y los vehículos; y los $2 + 2 = 4$ carriles laterales reservados a los automóviles.

En el exterior, pero todavía dentro de la estructura portante, había dos pistas para bicicletas. Fuera de los cables portantes y colgantes sobresalían, en voladizo, las dos aceras.

Después de 22 años, en 1973, la anterior división de la sección principal no satisfacía ya los requisitos actuales. A pesar de que, en 1970, el cuerpo de raíles del tranvía se separó de la calzada con líneas blancas L, reservándose este lugar exclusivamente al tranvía, ya que con mucha frecuencia los turismos y camiones entorpecían el tráfico de los citados tranvías. Además, los futuros vagones del ferrocarril metropolitano, de 2,65 m de anchura, exigirán separaciones de seguridad mayores, y un cuerpo de raíles más ancho.

Los carriles, que tenían como término medio 2,90 m de anchura, se tuvieron que ampliar a la anchura estándar de las calles de la ciudad, de 3,25 m. El espacio necesario para el cuerpo de raíles y las calles se obtuvo, sin modificar la estructura portante existente, de la siguiente manera:

- Eliminando a las pistas de 1,60 m de anchura, para bicicletas, que eran zonas de seguridad situadas junto a la estructura portante y a los cables colgantes. Se sustituirán en el futuro por fuertes bordes de protección S, contra el choque de los vehículos.
- Trasladando estas pistas de bicicletas desde el interior de la estructura portante hacia el exterior del plano del cable sobre nuevas placas, en ménsula, de 3,25 m de anchura. De todas formas las aceras anteriores sólo eran utilizadas por pocos peatones, siendo usadas, sin embargo, por varios centenares de motocicletas que no querían serpentear entre los postes que sobresalían antiguamente en la pista de bicicletas.

1979... 51

puente Köln-Mulheimer

Debido a que las obras se realizaron de forma paulatina, la circulación de tranvías no se interrumpió en ninguna de las vías. En la fase I de construcción se suprimió, primeramente, de la zona situada entre los cables colgantes y el eje de la calzada, la superestructura de hormigón armado de la pista de bicicletas y, por el exterior, los elementos prefabricados transversales de hormigón pretensado de la construcción en voladizo, para la acera. Después, en estas zonas, se suprimieron los pasos correspondientes de peatones y coches. En su lugar se tendieron, sobre las ménsulas y vigas de cerramiento R de acero, nuevas placas ortótropas de acero (para las aceras y pistas de bicicletas) estando fuertemente unidas las vigas principales H, las vigas de cerramiento R y las ménsulas K. Casi a la vez se soldaron lateralmente, por debajo de la chapa que había quedado descubierta al quitar la pista de bicicletas, tres nervios longitudinales en cada una de las zonas de la calzada. En la fase II se puso sobre la zona de ampliación de la calzada (futuros carriles 1 y 6) una capa provisional de asfalto fundido, con el fin de que pudiera estar en servicio durante el tiempo que duraran las obras. En la fase III se desvió el tranvía por los carriles 2 y 5, mediante una vía provisional de traviesas de madera sobre lecho de piedra machacada, con el fin de liberar en la zona central de la calzada los futuros carriles 3 y 4 para tranvías, y soldar allí escuadras metálicas galvanizadas al fuego con el fin de afianzar sin piedra machacada un emparrillado de vías, sobre traviesas de madera, para el futuro ferrocarril metropolitano. Casi al mismo tiempo se soldaron elementos trapezoidales de acero galvanizado al fuego, con la parte ancha hacia abajo, que servían de borde de protección A entre el futuro cuerpo de la vía y el de la carretera. Finalmente en la primavera de 1977 el tranvía se reintegró a su posición central, en los carriles 3 y 4, aplicándose una capa doble de asfalto fundido en los carriles, con lo que se terminó la ampliación y arreglo del puente.

Las fases de obra fueron:

- 1) Trabajos de demolición del hormigón de la pista de bicicletas y eliminación del bordillo de acera.
- 2) Desmontar el alumbrado y las balaustradas.
- 3) Desmontar las piezas prefabricadas pretensadas por debajo de la pista de peatones.
- 4) Volver a colocar las balaustradas.
- 5) Preparación de las maderas de las hileras de remaches destinadas a acoplar las placas de acero para la acera.
- 6) Chorro de arena y protección contra la corrosión de los elementos de apoyo de las placas para la acera de peatones en la viga principal reforzada y en la de cubrimiento.

secciones transversales

puente Köln-Mülheim

- 7) Espumar las cavidades en la zona de anclaje de los cables colgantes.
- 8) Transporte de las placas para acera, mediante remolque de plataforma baja, y colocación de las mismas con auxilio de una grúa móvil.
- 9) Cambio de los remaches de cuello y cabeza en la viga reforzada principal.
- 10) Montaje de la balaustrada y del dispositivo indicador en el borde de la calzada.
- 11) Montaje de los postes para el alumbrado y las señales de circulación.
- 12) Colocación del revestimiento de la acera.

Para realizar dichos trabajos se tuvieron que cumplir ciertas condiciones a fin de que no surtiesen dificultades:

- a) Los elementos de trabajo, durante el tiempo transcurrido entre el derribo de las piezas de hormigón y la colocación de las chapas nuevas de acero, debían tener una longitud inferior a los 30 m con el fin de evitar modificaciones no deseables en el peso propio.
- b) A ambos lados del puente se tuvo que trabajar al mismo ritmo con el fin de evitar una inclinación no deseada del puente en sentido transversal. Esto significaba que los retrasos de trabajo, en una parte del puente, repercutían automáticamente en la otra parte.

Siguiendo planes de la posguerra, en 1973, con el fin de aprovechar al máximo el puente, se transformó la cabeza de éste en la zona de Colonia-Riehl, en una bifurcación elevada en forma de T. A cabeza de puente, en la parte de Mülheim, sigue siendo sin embargo una especie de circulación giratoria y tendrá que esperar durante algún tiempo todavía una conexión de varias alturas, ya que cualquier obra en una zona tan densamente edificada resultaría muy cara.

La modificación de la sección transversal y la mejora realizada en la calzada fue precedida de un reforzamiento en la parte inferior de la misma.

Por debajo de la citada calzada de acero se pusieron vigas de celosía en la zona de los pilotes y dos vigas longitudinales I, de 1 m de altura, debajo de las vías con el fin de evitar pun-

fases de construcción

Primera fase

Primera fase

1. Zona en obra.
2. Vehículos.
3. Tranvía.
4. Vehículos.
5. Zona en obra.

Segunda fase

Segunda fase

1. Pista para peatones y bicicletas.
2. Vehículos.
3. Zona en obra.
4. Tranvía.
5. Zona en obra.
6. Vehículos.
7. Pista para peatones y bicicletas.

Tercera fase

Tercera fase

1. Pista para peatones y bicicletas.
2. Vehículos.
3. Tranvía.
4. Zona en obra.
5. Tranvía.
6. Vehículos.
7. Pista para peatones y bicicletas.

puente Köln-Mülheim

tas de tensión en las vigas transversales. El puente satisface ahora las más modernas normas de construcción (problemas de abolladura). La masa suplementaria de 1.200 t, correspondiente a los elementos de refuerzo por debajo de la calzada, quedan más que compensadas por las 1.400 t de reducción de masa por encima de la calzada (eliminación de las partes de hormigón de las ménsulas entre otras cosas). Con esta «cura de adelgazamiento» la carga de los cables colgantes sigue siendo casi la misma, por lo que no fue necesario realizar un nuevo cálculo estático del puente.

La obra del puente de Colonia-Mülheim costó alrededor de 28 millones de marcos, y requirió 3 años de tiempo. Se hubiese podido realizar la obra en 1 año si, en lugar de la táctica de «Salamí» de trabajo paulatino, se hubiese paralizado totalmente la circulación de los tranvías.

Estas ampliaciones y reforzamientos, sin interrumpir el tráfico, son posibles gracias a la construcción de acero de los puentes existentes sobre el Rin. Desde luego por esta circunstancia se han podido realizar:

El levantamiento y reconstrucción de todos los puentes sobre el Rin destruidos en Europa, así como el salvamento del puente sobre el Danubio derrumbado recientemente en Viena (Reichsbrücke), mostró que los puentes de acero se pueden levantar en pocos meses a pesar de la fuerte corriente del río. Sin embargo, cuando en los grandes puentes de hormigón armado ocurre una catástrofe se bloquea el río durante años. En el caso de grandes vías fluviales internacionales, este riesgo no se debe admitir.

FOTOS: STAHLBERATUNG DÜRESDORF

NUEVOS PUENTES EN LOS SUBURBIOS DE COLONIA-DÜSSELDORF

En cuanto se acaben las duplicaciones y modificaciones de estos grandes puentes sobre el río, en la zona central de Colonia, se piensan realizar nuevas obras en los suburbios, por ejemplo entre Bayental y Poll, paralelamente al puente actual de ferrocarril. También se ha proyectado una ampliación del 50 % —dos carriles— para el ferrocarril eléctrico (S-Bahn de los ferrocarriles alemanes) paralelamente al puente «Hohenzollern» de 4 carriles que va desde la estación principal de Colonia hasta Colonia-Deutz, y hasta el aeropuerto. Ya se ha solicitado a la Comisión Central de Navegación por el Rin el permiso de construcción para los pilares.

Hace poco la Asociación del Paisaje del Rin encargó un puente de carretera entre los suburbios de Düsseldorf Himmelgeist-Flehe y Neuss. Con una luz libre de 367 m —lo que constituye un récord mundial— y 1.147 m de longitud total superará todos los puentes de vigas mixtas y cables existentes en Alemania.

De este puente el acceso occidental y las pilas han sido organizadas, en hormigón pretensado, a finales del año pasado. El vano central se está realizando, por voladizos sucesivos, sobre el Rin sin interferencias del tráfico naval.

résumé

Ponts sur le Rhin - République fédérale d'Allemagne

Klaus Idelberger, Ing. Dipl.

Dans cet article, l'auteur décrit deux manières différentes d'accroître le nombre de voies —de 4 à 6— d'un pont, sans qu'il faille interrompre le trafic:

- Le pont à poutres mixtes pour tramway-chemin de fer métropolitain et automobiles entre la ville de Cologne-Deutz (Deutz et Mülheim sont de grands quartiers de Cologne, à l'est du Rhin) sera agrandi entre 1977 et 1979 de quatre à six voies moyennant un autre pont contigu ayant des caractéristiques similaires.
- Un autre pont —le pont suspendu pour tramway-chemin de fer métropolitain et véhicules— existant entre Cologne-Riehl et Cologne-Mülheim a été agrandi entre 1974 et 1977 de quatre à six voies, distribuant, d'une façon plus favorable, la section transversale avec la structure portante existante. En même temps, la partie supérieure du pont a été asphaltée de nouveau et renforcée suivant les normes de construction les plus strictes, afin d'éviter, à l'avenir, des problèmes de voilement.

summary

Bridges over the Rhine - Federal Republic of Germany

Klaus Idelberger, Titled Engineer

This article describes two different ways of carrying out expansion of the number of lanes, from 4 to 6, on a bridge, without having to interrupt traffic:

- The bridge with lanes for metropolitan train-trolley and automobiles between the city of Cologne-Deutz (Deutz and Mülheim are very large outskirts of Cologne, to the east of the Rhine), will be expanded between 1977 and 1979 from 4 to 6 lanes by means of an adjacent bridge of similar characteristics.
- Another bridge —the suspension bridge for both metropolitan train-trolley and vehicles— existing between Cologne-Riehl and Cologne-Mülheim was expanded between 1974 and 1977 from 4 to 6 lanes of traffic, distributing in a more favorable manner the transversal section with the existing support structure. At the same time the upper part of the bridge was newly paved and reinforced to adapt to the strictest construction standards, in order to avoid future bulging problems.

zusammenfassung

Rheinbruecken - Bundesrepublik Deutschland

Klaus Idelberger, Dipl.-Ing.

In diesem Artikel werden zwei verschiedene Möglichkeiten beschrieben, die Gleisanzahl einer Brücke von 4 auf 6 zu erweitern, ohne den Verkehr unterbrechen zu müssen:

- Die Balkenbrücke für Strassenbahn, Stadtbahn und Fahrzeuge zwischen Köln-Deutz (Deutz und Mülheim sind zwei grosse Bezirke der Stadt Köln am Ostufer des Rheines) wird zwischen 1977 und 1979 von vier auf sechs Spuren erweitert und zwar durch eine anliegende Brücke ähnlicher Merkmale.
- Eine weitere Brücke —die Hängebrücke für Strassenbahn, Stadtbahn und Fahrzeuge zwischen Köln-Riehl und Köln-Mülheim— wurde zwischen 1974 und 1977 von vier auf sechs Spuren erweitert, wobei der Querschnitt mit der Tragstruktur günstiger verteilt wurde. Gleichzeitig wurde der obere Teil der Brücke neu asphaltiert und nach den verschärften neuen Baunormen verstärkt, um zukünftige Beul-Probleme zu vermeiden.