591-2-228

Pasarela de peatones sobre el río Duero, en Almazán (Soria)

José M.ª de Villar Luengo
José A. Torroja, Oficina Técnica, S.A.
Ingenieros: Torroja, Villar, del Valle, Benito, Simón-Talero y Calderón

El núcleo urbano de Almazán, originariamente enclavado en la margen izquierda del río Duero, se ha expansionado notablemente desplazándose hacia la margen derecha del río, donde además se creó un extenso parque arbolado. El cauce del río produce una discontinuidad para el tráfico de peatones, que actualmente se salva utilizando el antiguo puente medieval de carretera, que, a pesar de estar ampliado, no dispone de anchura suficiente para albergar el tráfico de vehículos y peatonal sin peligro, por lo que se han ocasionado varios accidentes mortales cada año.

Para resolver este problema se ha proyectado una pasarela de peatones, paralela al puente actual, y situada a unos 15 metros de distancia de aquél, aguas abajo.

La proximidad entre ambas estructuras es obligada para no perturbar el tráfico normal de peatones, cuyo cauce natural es el actual puente. Esto hace que el eje de la pasarela atraviese el río en una zona de cauce amplio y plano en el que existen unos subcauces sinuosos por los que discurre el agua para caudales normales del río.

El perfil longitudinal viene condicionado por las cotas de las conexiones en ambas márgenes, discurriendo a una altura sobre el cauce, variable entre 3 y 5 metros.

ESTUDIO TIPOLOGICO:

La elección de la tipología de la estructura se ha realizado teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

1) La gran vegetación existente en el cauce, impide una lectura global y conjunta de la obra, lo que aconseja tipologías cuyas lecturas parciales sean representativas de la estructura; no son convenientes amplias luces, que reducirán la imagen, desde la mayoría de los hitos visuales, a una fracción del tablero desconectada del conjunto de la estructura.

2) La proximidad del puente medival actual, aconseja soluciones que no entren en contradicción ni perturben la imagen del mismo; es evidente que desde aguas abajo la pasarela interferirá su visión, y esto es irremediable, su lectura no es exenta sino que tendrá como telón de fondo los arcos de piedra, pero desde aguas arriba puede quedar totalmente oculta siempre que no se supere con ningún elemento (mástil, tirantes o tablero) la línea del perfil del puente existente.

Las soluciones más clásicas adoptadas hoy día para las pasarelas están constituidas por tramos rectos, arcos o tableros atirantados. Teniendo en cuenta que las luces lógicas, dados los brazos del río existentes, son del orden de los 35 m, los tramos rectos conducen a cantos totales de 1,80 ó 2,00 m para soluciones de vigas y de 1,00 ó 1,20 m para losas continuas, cantos que son totalmente rechazables dada la pequeña altura de la rasante de la pasarela sobre el terreno. Realmente, esta pequeña altura condiciona totalmente la solución, ya que obliga a que el tablero tenga un espesor mínimo para evitar la tremenda sensación de pesadez que producen los cantos fuertes en relación con el gálibo vertical libre. Esta idea nos ha llevado también a rechazar las soluciones en arco que, además de representar una mayor obstrucción visual, deberían tener flechas comprendidas entre 3 y 4 metros, proporcionando unos empujes difíciles de absorber.

Por lo anteriormente comentado nos queda, como única solución clásica, hoy día, la de

tablero atirantado. Una pasarela de este tipo debería plantearse con dos pilones intermedios, a una distancia de unos 90 ó 100 m, proporcionando dos vanos laterales del orden de los 40 metros. Esta es una solución posible, con cantos comprendidos entre 60 y 80 cm, y ha constituido una de las soluciones estudiadas con más detalle. Sin embargo, a nuestro modo de ver, presenta algunos inconvenientes de tipo estético: los pilones, que habrían de tener una altura de unos 20 metros por encima de la rasante, introducirían una nota discordante entre el arbolado natural de la zona y aflorarían en el alzado que se pretende conservar del puente actual. Los espesores del tablero, sin ser tan grandes y obstrusivos como los correspondientes a los tramos rectos, representan, sin embargo, un porcentaje importante de la altura total sobre el terreno.

Todo ello nos ha llevado a buscar otras soluciones que, aunque no utilizadas normalmente para este tipo de obras, pudiesen conseguir una mejor integración en el ambiente estético correspondiente al puente medieval de Almazán, con una simplicidad constructiva que evitase medios de obra costosos o especializados. En esta búsqueda nos hemos inclinado por una solución en "banda tesa", consistente en una losa de mínimo canto, 25 cm, de hormigón pretensado, funcionando como una banda con muy poca rigidez, colgada de los puntos de apoyo que representan las pilas, situadas a 35 m de distancia entre sí. La rigidez de la banda, que funciona a modo de un funicular de cargas, es debida a la gran tensión a que trabajan los cables de pretensado, proporcionando una flecha, del arco invertido correspondiente, muy pequeña, de unos 70 cm. El proceso constructivo, que se describe con detalle más adelante, no requiere el uso de medios especiales, y su único inconveniente reside en las grandes fuerzas de tracción que han de soportar los estribos, similares a las de un puente colgante, que se han absorbido mediante anclajes definitivos al terreno.

Bajo un punto de vista estético, esta solución proporciona una ligereza no alcanzada por ninguna otra, con una esbeltez de 1/140.

DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA:

La pasarela es una estructura de hormigón pretensado, de 173 metros de longitud total, de tipología "banda tesa", con seis vanos de 15 + 35 + 35 + 35 + 35 + 18 metros de luces, soportada por dos tendones de pretensado, de 28 T 0,6" y 757 toneladas de carga de rotura cada uno, anclados en los estribos. El canto es constante, de 0,25 m. La anchura es de 3,25 m.

El tablero está formado por losas prefabricadas de hormigón armado, de sección rectangular de 0,25 x 3,25 m, que se colocan directamente sobre los tendones de pretensado, para lo cual las losas llevan, en su parte inferior, dos cajeados longitudinales. En los vanos entre pilas hay 11 losas y en los vanos extremos, 5 y 6.

Entre losas adyacentes quedan juntas de 0,30 m, que se hormigonan una vez colocadas todas ellas más la sobrecarga de construcción. Con tal motivo, las losas llevan en sus extremos unas armaduras en espera.

Las pilas de hormigón armado se construyen "in situ". La forma de la pila es en V con cuatro brazos unidos rígidamente en su parte inferior. La unión con la cimentación es mediante una rótula plástica, lineal, de 5 cm de anchura. De la rótula parte un pedestal troncopiramidal, hasta la zapata.

La cabeza de la pila es una losa circular, de radio variable para cada pila, de 6 m de longitud, con dos nervios de 0,25 x 0,35 m en la línea de empotramiento de los brazos de la pila con la losa. En la parte superior de la losa y sobre dichos nervios hay sendos cajeados longitudinales para el alojamiento de los tendones del tablero.

Cada estribo está formado por un macizo de hormigón armado, de 3,25 x 3,50 m, cimentado sobre una gran zapata rectangular de 6,00 x 6,00 m. A este macizo se anclan los dos tendones principales del tablero y, asímismo, los anclajes al terreno, formados por cuatro tendones de 21 T 0,5", inclinados a 45º, de 26 m de longitud media, que se perforan a rotación y posteriormente se inyectan a presión mediante sistema de tubos-manguito.

PROCESO CONSTRUCTIVO:

El proceso constructivo puede esquematizarse en las siguientes fases:

—Ejecución de cimentaciones de pilas y estribos mediante hinca de cajones indios, posterior relleno con hormigón y ejecución de zapata sobre éste.

—Ejecución de alzados de pilas y estribos mediante cimbra y hormigonado "in situ"; tras el descimbrado y desencofrado de las pilas, las rótulas plásticas se mantienen caladas con las cuñas de madera del encofrado de la garganta.

—Prefabricación de losas de hormigón armado del tablero, en bancada ejecutada a tal fin junto a la obra. Las losas se prefabrican por vanos completos y en la misma posición definitiva que ocuparán en el tablero, una vez colocadas sobre los dos tendones principales. De esta forma se evitan interferencias, entre las arma-

duras en espera de las juntas, durante la colocación.

—Ejecución de anclajes al terreno desde los estribos, mediante perforación a rotación y posterior inyección a presión a través de tubos-manguito. Todos los anclajes se probaron a una carga del 130% de la máxima de trabajo, que corresponde a la última fase de construcción.

—Colocación de cordones de acero superestabilizado de 0,6".

Para formar el paquete de cordones que constituye cada uno de los dos tendones del tablero, se coloca cada uno de los cordones sobre las pilas y dentro del cajeado donde quedarán embebidos, y se anclan, acuñándose, en las placas de anclaje de los estribos.

Cada tendón queda formado por un paquete rectangular de 28 cordones, dispuestos en 4 filas de 7. Para asegurar y facilitar la futura inyección del tendón —que no podrá efectuarse a gran presión, como es lo habitual—, se coloca una chapa de acero entre cada una de las filas del paquete, que actúan de separador.

En el cajeado de la losa circular de las pilas, se colocan separadores distanciados un metro. En la zona del tendón de vano entre pilas, se coloca un separador en cada junta entre losas. El separador sirve, además, para impedir el posible deslizamiento de las losas sobre los tendones, sobre todo en las zonas peraltadas de los mismos.

—Primera fase de tesado

Una vez colocados los 56 cordones de 0,6" sobre las pilas y anclados en los estribos, se procede a la primera fase de tesado de estos cordones mediante gato unifilar y, simultáneamente, de los anclajes al terreno, para ir compensando la resultante sobre la zapata, evitando sobrepasar las tensiones admisibles del terreno.

Al final de esta fase, los cordones de los tendones del tablero quedan anclados al 30% de la carga de rotura.

—Segunda fase de tesado.

La segunda fase de tesado de los tendones del tablero es indirecta (sin gato) y se realiza colocándoles peso encima, esto es, primero las losas prefabricadas que componen el tablero y después, una sobrecarga de construcción de 700 Kp/m^2 sobre ellas. De esta forma, los dos paquetes de cordones, que permanecen anclados en los estribos, se alargan al aumentar su tensión y adoptan arcos de catenaria de parámetro más reducido. En esta fase se alcanza una tensión en los cordones del 50% de la de rotura.

Simultánamente, se siguen tesando, de forma directa, los anclajes al terreno.

La colocación de las losas sobre los tendones, así como la de la sobrecarga de construcción sobre las losas, se efectúa según un orden de colocación determinado, con el fin de reducir al máximo la descompensación de carga entre vanos adyacentes.

—Hormigonado de juntas. Cierre del tablero.

Una vez finalizada la segunda fase de tesado, se encofran y hormigonan las juntas entre losas.

El peso del hormigón fresco de estas juntas sobre el tablero abierto, equivale a una sobrecarga que alarga algo más los tendones del mismo y le hace adoptar otro arco de catenaria, que será, una vez endurecido el hormigón de las juntas, la verdadera directriz del tablero como estructura cerrada. A partir de este momento, las deformaciones del tablero —cerrado—, corresponden a las elásticas de la estructura completa.

—Retirada de la sobrecarga de construcción.

Una vez endurecido el hormigón de las juntas, se desencofran y se procede a la retirada de la sobrecarga de construcción, respetando la siguiente secuencia:

—Retirada del 25% de la sobrecarga de construcción, a los 3 días del hormigonado de las juntas, para comprimir el tablero y evitar así la posible fisuración por deformación térmica debida al soleamiento.

—Retirada de sobrecarga hasta el 50% del total, a los diez días del hormigonado de las juntas.

—Escalón de destesado de los anclajes al terreno.

—Inyección del alojamiento de los tendones del tablero en el cajeado de las losas.

—Retirada de las cuñas de calado de las rótulas plásticas de pilas.

—Retirada del resto de la sobrecarga de construcción, hasta dejar el tablero en situación final en vacío.

—Inyección y sellado de los anclajes al terreno.

CONTROLES AUXILIARES DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO:

Además del control de materiales y de ejecución, entre los que cabe destacar el seguimiento topográfico de alta precisión en todas las fases constructivas, cabe destacar como controles singulares los siguientes:

—Seguimiento de la evolución de la tensión de anclajes al terreno mediante células de carga, tanto en anclajes de prueba anteriores a los

definitivos, como en dos de éstos —uno en cada estribo—, durante el proceso constructivo. Los resultados obtenidos respecto a las pérdidas de tensión fueron satisfactorios, no alcanzándose valores superiores al 8%, en términos totales, a los seis meses.

—Ensayo de alargamientos de un cordón de 0,6" suspendido, en su posición real, es decir, apoyado en el cajeado de las pilas y anclado en los estribos, que se somete a distintos escalones de tensión. Se efectuaron mediciones de alargamientos y de flechas para cada escalón, para compararlos con los correspondientes a las catenarias teóricas.

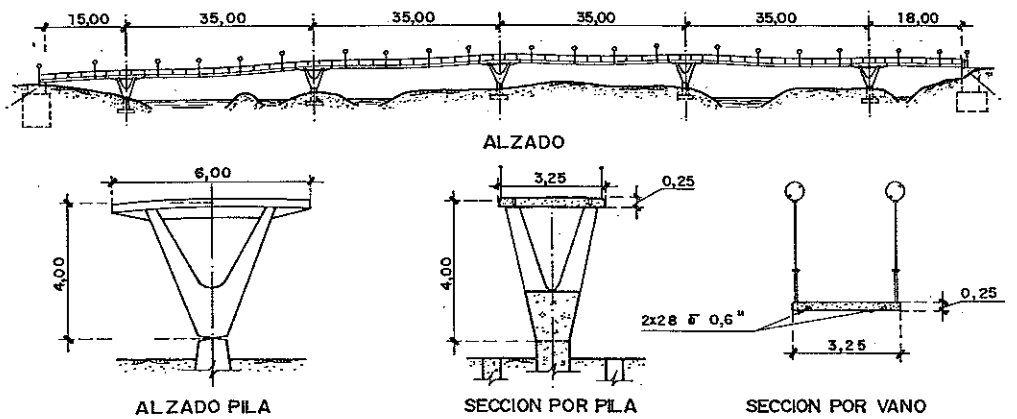
Las cuantías de los materiales utilizados en el tablero son:

Hormigón: 0,25 m^3/m^2.
Acero activo: 20 Kg/m^2.
Acero pasivo: 43 Kg/m^2.

La repercusión del acero activo de los anclajes al terreno, es de 6,0 Kg/m^2.

EQUIPO TECNICO:

Director del Proyecto: D. Luis Antona.
Autores del Proyecto: José A. Torroja, Oficina Técnica, S.A.
Empresa Constructora: COMELLA, S.A.
Jefe de obra: García de Vinuesa.
Director de Obra: D. Alfredo Martín Pavo y D. Domingo Oliveros.
Asistencia Técnica y Control: José A. Torroja, Oficina Técnica, S.A.
Sistema de Pretensado: C.T.T. Stronghold.
Anclajes al terreno: KRONSA.



ALZADO Y SECCIONES

PASARELA SOBRE EL RIO DUERO

(ALMAZAN)

PROCESO CONSTRUCTIVO

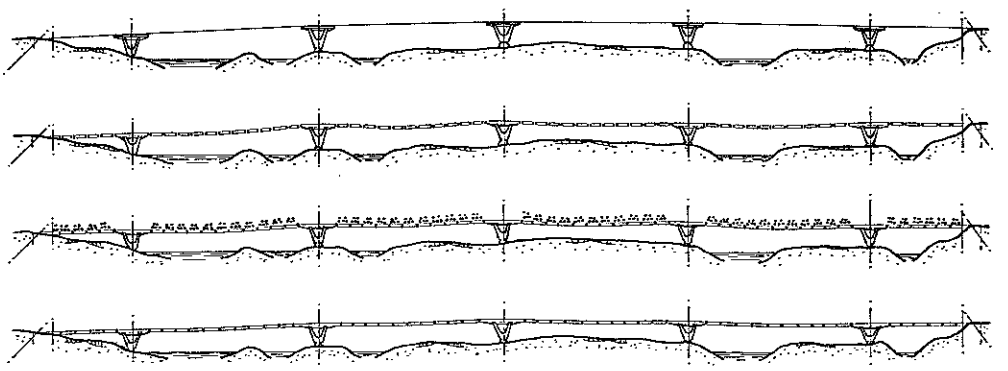




Fig. 1. Montaje de losas prefabricadas sobre los cables.

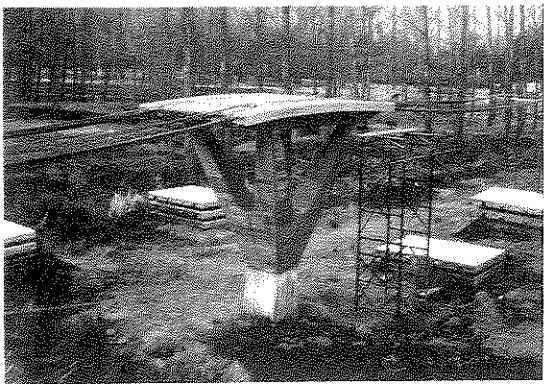


Fig. 2. Vista de la pila antes de colocar las losas.

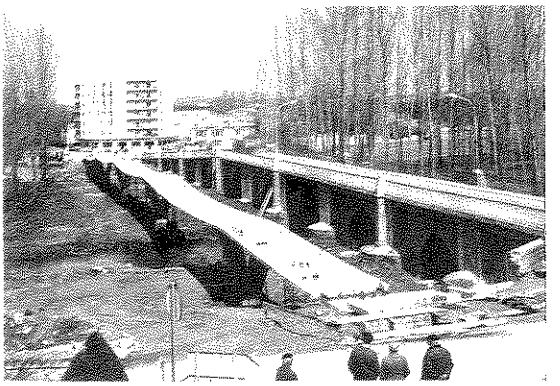


Fig. 3. Vista general con las losas montadas sobre los cables.

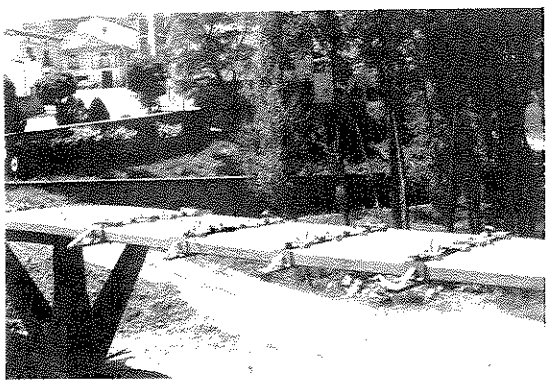


Fig. 4. Encofrado de juntas entre losas prefabricadas.

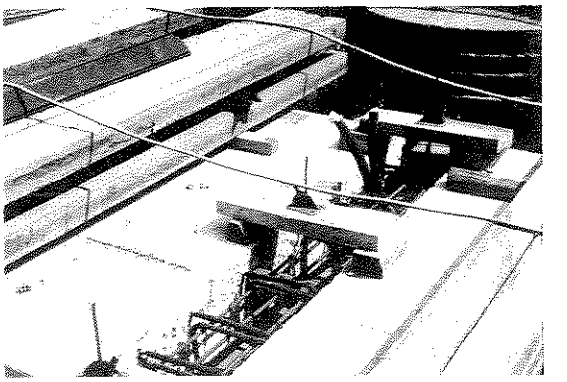


Fig. 5. Detalle de junta.



Fig. 6. Vista de la pila terminada.

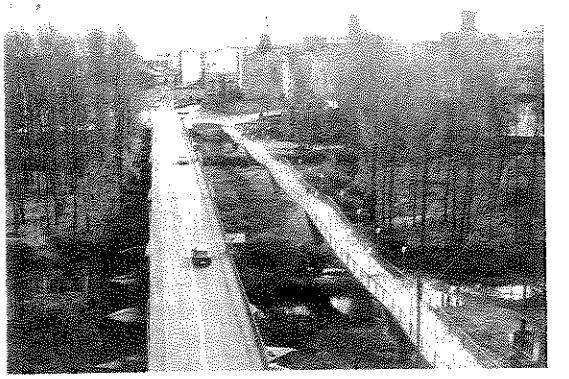


Fig. 7. Vista de conjunto.

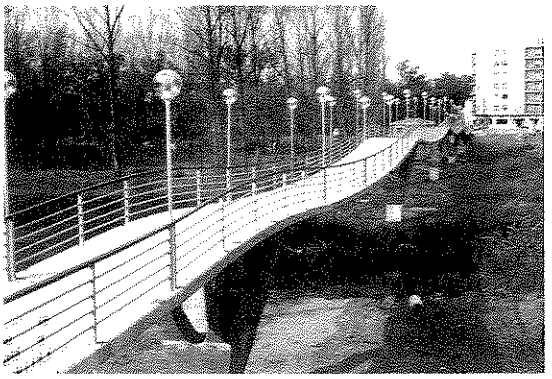


Fig. 8. Vista global desde un extremo.

RESUMEN:

En la presente comunicación se describe la Pasarela de Peatones sobre el río Duero, en Almazán (Soria).

La longitud total es de 173 metros, distribuida en seis vanos: cuatro centrales de 35 metros y dos laterales de 15 y 18 metros de luces.

La tipología estructural del tablero es en "banda tesa", de 25 cm de canto, y dispone de dos tendones anclados en los estribos. La esbeltez obtenida es 1/140.

El tablero está formado por losas prefabricadas que se colocan directamente sobre los tendones, dejando juntas entre ellas que se hormigonan posteriormente.

Las pilas tienen forma en V, con cuatro brazos que se unen superiormente a una losa circular del tablero, e inferiormente, a la cimentación, mediante una rótula plástica.

Los estribos disponen de anclajes al terreno para equilibrar la tracción del tablero.

SUMMARY

This paper describes the footbridge over Duero river, in Almazán (Soria).

Its total length is 173 metres distributed in six spans: the four central ones are 35 metres long and the two side ones are 15 and 18 metres long.

Deck developes stress-ribbon tipology. It is 25 cm deep, with two tendons anchored in the abutments. A slenderness of 1/140 is obtained.

The deck is formed by precast slabs which are placed directly on the tendons. Some joints are left between them and later filled with concrete.

The piers have V-form, with four arms joined superiorly by a circular slab, and in their low end they come together and join the foundations by a plastic hinge.

The abutments are anchored to the ground in order to balance the tension transmited by the deck.

* * *

XIII Conferencia Internacional sobre Hormigón y Hormigón Armado

El Comité Científico y Técnico "BETEKOM", del Instituto de Investigación del Hormigón y Hormigón Armado, de Rusia, nos comunica que ha puesto a la venta al precio de 39 dólares USA, un libro de 450 páginas en el que se reproducen los textos de las más de 200 ponencias presentadas, en la XIII Conferencia Internacional sobre Hormigón y Hormigón Armado, por los técnicos de Rusia, Estados Unidos, Suecia, Inglaterra y Alemania que participaron en dicha Conferencia.

Estas ponencias proporcionan la más completa y actualizada información sobre las últimas investigaciones realizadas en los siguientes campos:

—Características y técnicas de fabricación de los materiales utilizados en la construcción.

—Métodos de cálculo, ejecución y ensayos de las estructuras de hormigón.

—Desarrollo de nuevos tipos de cemento capaces de resolver el problema de la contaminación ambiental en la zona de la Central Nuclear de Chernobyl.

Los interesados en recibir esta publicación deberán dirigir sus pedidos a:

Foundation "No to Alchohol and Drugs Addiction".
10-a Shvernic St.
117449 Moscú (Rusia).