eduardo torroja

Con motivo de la conferencia sobre "Puentes modernos", del cursillo para Inspectores y Jefes de la Dirección General de Carreteras, en el Instituto Técnico de la Construcción, el conferenciante. profesor Fernández Casado, comenzó su disertación con la siguiente exposición de la obra de Eduardo Torroja en el ramo de puentes.

No puedo, ni quiero ocultar mi emoción al hablar en esta cara eserción de nuestro compañero Eduardo Torroja, y al hacerlo desde este estrado, donde tantas veces ocupó la presidencia y donde estuvo, hace menos de una semana, por última vez su cuerpo entre nosotros. Su estructura frágil humana, soportó la esforzada tarea del investigador y la abrumadora responsabilidad del que construye, resistiendo hasta agotarse, sin aviso previo, con trágica belleza, junto a su mesa de trabajo. Pero recordando aquellos versos de Machado, "lleva quien deja y vive quien ha vivido", vamos a exponer lo que nos ha dejado Eduardo Torroja en este sector ingenieril de los puentes.

Primera obra

Acueducto de Tempul

Construído por Torroja en 1929, es una de las primeras obras en que se aplica la precompresión del hormigón mediante tesado de cables. Por entonces obtenía Freyssinet la primera patente de hormigón pretensado 1928 y hacía las primeras aplicaciones prácticas. Dischinger solucionaba el problema de corrección de esfuerzos parásitos en un puente de arco biarticulado por tesado previo del tirante (1928), y Finsterwalder proyectaba una solución de tramos pretensados para el Concurso del puente de las Tres Rozas de Basilea (1930).

En Tempul, Torroja combina la solución de tramos ménsulas con la de tramo colgado de cable recto y, además, mejora las condiciones de trabajo del conjunto, tesando el cable por aplicación de esfuerzo transversal, mediante gato que eleva la silla de apoyo del cable. Se introducen así dos fuerzas en sus anclajes extremos, que dan en componente horizontal una precompresión longitudinal al dintel y en componente vertical dos fuerzas ascendentes que compensan en parte las flexiones debidas a peso propio y peso del agua.

El dintel considerado aisladamente mejora con la compresión longitudinal introducida, y el cable desarrolla su capacidad resistente sin que su alargamiento, que es importante, altere la asociación con el dintel. Además, puede hormigonarse al estar con máxima sobrecarga, con lo cual queda protegido de la oxidación.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Son todas las cualidades ventajosas de la técnica del hormigón pretensado, en la cual tenemos hoy día incorporados definitivamente: el pretensado con cables externos, el tesado de los mismos mediante gatos transversales y el tipo de estructura de puente colgado de hormigón armado.

Segunda obra

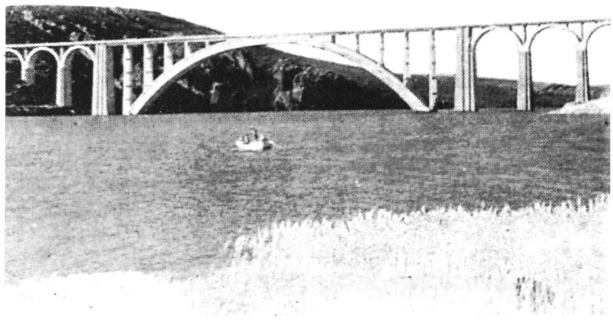
Puente de Martín Gil

Sobre el Esla embalsado, proyecto del Ingeniero que le da nombre, cuya labor quedó también truncada por muerte prematura. La forma inicial, derivada de la de Plougastel, al cual supera relevándole en el récord de luz salvada con hormigón, se ha conservado en la obra final. Esta se inició antes de nuestra guerra civil, habiéndose construído, en primera etapa, los accesos y la cimbra del arco principal. Al reanudarse los trabajos en 1940, esta cimbra, en un arco de madera de 190 m de luz, había sufrido los rigores de tres inviernos y cuatro veranos y había quedado completamente inservible. Una Comisión formada por nuestros compañeros: Castellón, Villalba, Salazar y Torroja, se hizo cargo de la obra y a este último le correspondió la tarea de encauzar el proceso constructivo, agravado respecto a origen porque el embalse estaba ya en pleno servicio y las disponibilidades materiales eran muy reducidas.

Torroja planteó el problema constructivo con autocimbra metálica, el procedimiento denominado por Ribera de "armadura rígida", que lo había ideado y aplicado intensamente en España, mientras Melan coincidía en idea y realizaciones en el extranjero.

Esta autocimbra era una audaz extrapolación de lo construído hasta el día, pues la aplicación inmediata era el puente de Echelsbasch, con 130 m de luz en 1928. Además, entre las modalidades de aplicación del sistema Melau-Ribera, a ambas realizaciones, media una diferencia radical. Los alemanes construyen previamente un puente metálico completo con arco, montantes y tablero, y de tal resistencia que el arco metálico aguante todo el peso del arco de hormigón definitivo. De este modo eluden los complicados problemas que plantean los esfuerzos anormales que van apareciendo en construcción, al ir evolucionando la estructura. Tranquilamente cargaban de balasto en igualdad de peso propio e iban retirando éste por partes equivalentes a las del hormigón que se ejecutaba.

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



Este lujo se pagaba en toneladas de acero; pero en el Esla, Torroja aborda la cuestión en máximo rigor ingenieril de economía, resolviendo una estructura evolutiva de mínima importancia inicial. La cimbra de madera sirvió de plataforma de trabajo, para ejecutar la autocimbra, desmontándose en cuanto ésta quedó terminada. Estructura en arco biarticulado de 186 m, que fue entonces el récord mundial de luz en aplicación de la soldadura. Este arco metálico sólo tenía capacidad resistente para el peso de los anillos que engrosaban sus cordones superiores e inferiores a todo el espesor de las cabezas del cajón bicelular del arco definitivo. Al completar y poner en activo estos cordones, podían hormigonarse ya las cabezas en las zonas entre ellos, para con este aumento de resistencia hormigonar en dos fases la cabeza inferior. Esta evolución continuó en sucesivas etapas de tabiques verticales internos, externos y dos de la cabeza superior. Como ya hemos indicado, esta evolución constructiva da lugar a que colaboren en la estructura total hormigones de distinta edad, es decir, con diferente coeficiente de elasticidad, dejando en contacto elementos estructurales que tienen desarrolladas sus capacidades resistentes desde momentos iniciales muy diferentes y se encuentran en puntos muy distintos de la curva, y están bajo carga; tampoco coinciden en sus diagramas de fluencia. Todo esto unido a los efectos de viento, algunos de los cuales corresponden a violentos vendavales, más las condiciones de estabilidad transversal en una estructura atirantada por una serie de cables a las márgenes, hacen que sea un verdadero prodigio la construcción de este puente que llegó a tener el récord del mundo por breve tiempo y hoy es el tercero en luz absoluta y el segundo de los ferroviarios.

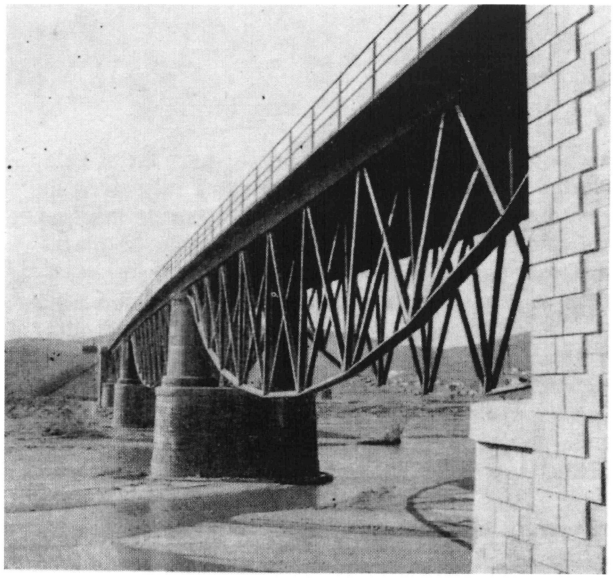
Puente de El Pedrido

En esta obra, proyecto de nuestro compañero César Villalba, interviene Torroja con la Empresa Constructora y resuelve el problema de montaje de otra "armadura rígida" que, aunque con menor luz, 75 m, correspondía a una de las realizaciones más avanzadas en arcos atirantados de aquella época.

Las mismas características de estructura metálica estricta electro soldada, evolución programada, a los que hay que añadir la de ejecución del tablero con andamiaje mínimo, al prefabricar las vigas transversales que se colgaron directamente de las péndolas, hormigonando el tablero con los encofrados directamente apoyados sobre ellas.

Puentes de estructura compuesta con tablero de hormigón armado y cordón inferior metálico enlazado al tablero mediante triangulación también metálica. Desde el punto de vista estructural resulta una asociación perfecta, pues cada uno de los materiales desarrolla su aptitud máxima, el hormigón armado en el tablero como cabeza de compresión en la estructura longitudinal y el acero en cordón inferior a tracción. Dispuesto éste en contorno poligonal circunscrito a parábola, se obtiene la forma de igual resistencia a flexión en tramos aislados.

(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

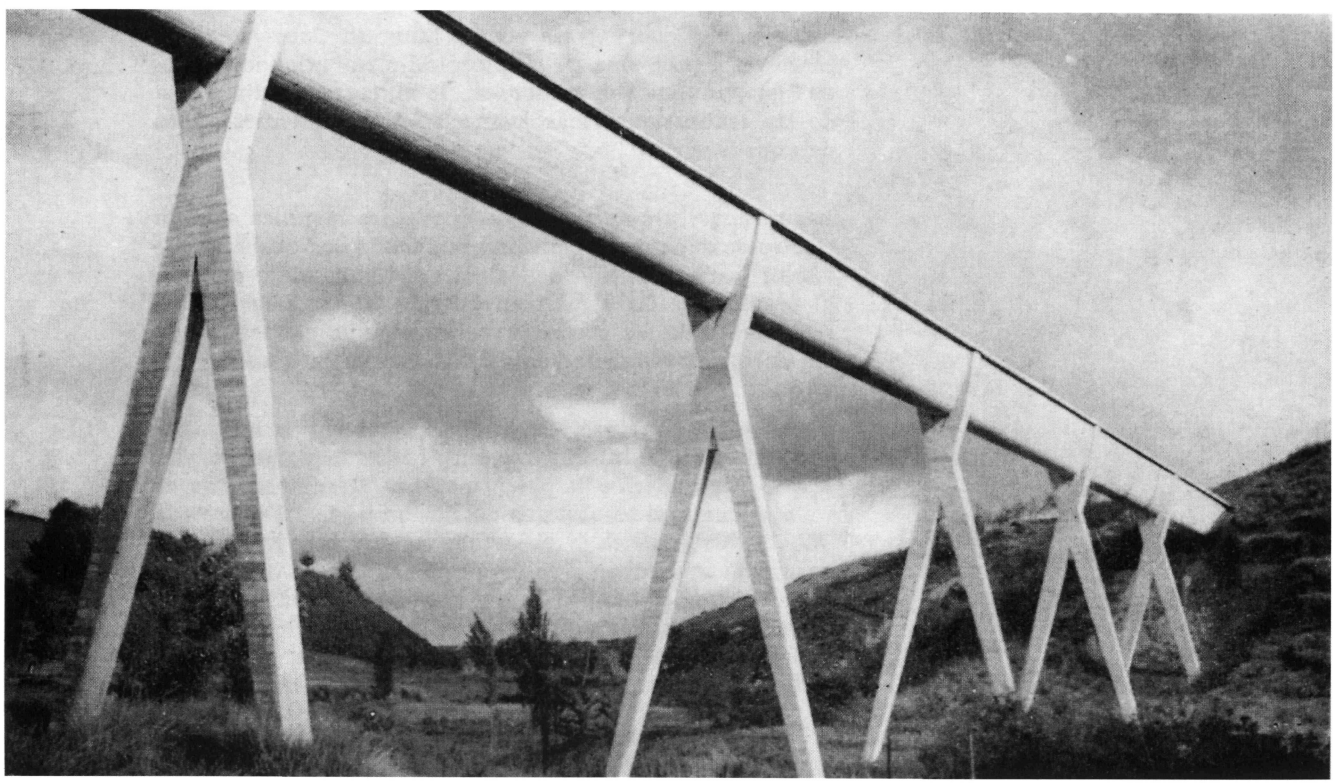


Ha sido un tipo de estructura que apareció en los últimos años, habiéndose desarrollado con gran amplitud en diversos países, aunque en los últimos tiempos ha encontrado la competencia del hormigón pretensado. Las realizaciones de Torroja en Tordera (tramo central de 55 m), Posadas (con tramos de 60 m) y La Muga, son de los más importantes en este tipo de puentes.

Acueducto de Alloz

Este fue una de las primeras realizaciones dentro de la etapa franca del hormigón pretensado. Es el año 1940 cuando la guerra mundial había detenido la evolución de esta nueva técnica todavía incipiente. En puentes pueden citarse escasos ejemplares construídos: Ane y Oelde, en Alemania; Kloekerstand, en Alemania; varios de compuertas en la presa de Portes de Ter, en Argelia, y muy pocos más. Torroja adopta una repartición de vanos de 20 m, estableciendo juntas de estructura en las secciones centrales de vanos alternados, con lo cual, siendo la carga permanente constante, como la sección y la sobrecarga necesariamente uniforme en todas las hipótesis, el comportamiento estructural es análogo (no idéntico) al de una serie de ménsulas compensadas con vuelo igual a la mitad de la luz. Se tiene así momentos flectores de un solo sentido, caso a situar en cabeza superior. Estos fueron de los corrientes en el mercado, recurriéndose a un procedimiento ingenioso y económico para efectuar su tesado por parejas. La compresión longitudinal así obtenida se completa con una compresión transversal de la caja, cuya forma en parábola cúbica es adecuada a sus funciones estructural e hidráulica. Esta doble compresión asegura la ausencia de agrietamientos, lo cual es fundamental en una estructura hidráulica. La originalidad formal se acusa en su expresión arquitectónica, donde la elegancia está conseguida especialmente en los soportes que dan una impresión conjunta de ligereza y estabilidad.

A estos puentes hay que añadir otros de menor importancia, siempre de gran interés. Ahí está la serie de los construídos en la Ciudad Universitaria, donde en la originalidad de las soluciones adoptadas haciendo síntesis de las condiciones funcionales y estructurales del problema como en el pórtico de la futura estación del Metro, o la armoniosidad conseguida en el viaducto (denominado por eso del Aire), o en el ingenio con que se ha resuelto una solución poco estructural impuesta por condiciones arquitectónicas, encontramos el sello personal que Torroja ha dejado en todas las estructuras por él creadas.



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