

ce menos urgente la ejecución del resto del plan, los caminos vecinales exigen aún esfuerzo considerable, y los problemas de conservación alcanzan cada día mayor importancia y adquieren a veces gravedad suma con el creciente desarrollo de los transportes automóviles.

La insuficiencia de nuestros ferrocarriles ha pasado ya a la categoría de lugar común, y aunque ello sea tema fácil para que desborde la fantasía popular, entregada a rápidos y sugestivos paseos sobre el mapa, todas las autoridades competentes reconocen que casi hay que duplicar la longitud de nuestra red, para que nuestro sistema de comunicaciones pueda considerarse como medianamente aceptable y nuestro territorio se encuentre en condiciones de posible explotación. Y todo esto sin contar los perfeccionamientos que exigen los ferrocarriles existentes.

No tan importantes por su cuantía, pero no menos urgentes, son las inversiones necesarias para terminar en prudentes plazos las obras de nuestros puertos de interés general, dotándolos de todos los elementos necesarios, y para subvenir a las necesidades de la navegación costera en punto a puertos de refugio, y al alumbrado y valizamiento.

Y no sólo son de urgente necesidad las obras dedicadas a facilitar los transportes; igualmente importantes y reproductivas han de ser, sin duda, siempre que se las rodee de todas las condiciones esenciales de éxito, las que acudan al fomento directo de la producción, mediante el aprovechamiento de nuestras aguas públicas, ingente riqueza natural que avaloran nuestras condiciones de suelo y de clima y que pide ser inteligentemente utilizada en beneficio de la agricultura, mediante el riego de los campos, en fomento de la industria, a la que podrá suministrar energía abundante y barata, y, aunque en más limitada escala, como medio de transporte. Y esta labor deberá todavía completarse con la desecación y saneamiento de terrenos que, al mismo tiempo que entrega nuevos campos al cultivo, hace desaparecer numerosos focos de infección, causa perenne de enfermedad y de miseria y de empobrecimiento de la raza.

Todo este inmenso programa requiere, como es natural, proporcionados recursos, y aunque su desarrollo deberá escalonarse dentro de las posibilidades económicas y técnicas, es seguro que la marcha razonable de su realización exige más bien aumentos

que disminución de las consignaciones, aun tratándose de obras nuevas, y más todavía en lo relativo a conservación y reparaciones, que sería insensato reducir con perjuicio de las obras y aminoración consiguiente de los servicios que prestan.

Cierto es que no todo ha de ser labor directa del Estado y que una buena parte puede encomendarse a la iniciativa particular; pero esta participación debe ser acertadamente condicionada, si han de quedar a salvo los altos intereses nacionales que podrían verse comprometidos sin una vigilante y previsoría intervención, mantenedora en todo momento de los derechos inherentes a la soberanía.

La consecución de todos estos fines no exige sólo recursos suficientes, sino también una organización adecuada, que no puede calcarse, sin perjuicio de la eficacia, sobre las rígidas reglas burocráticas de trabajo uniforme y metódico que predominan en los demás sectores de la actuación administrativa. Las obras requieren la intervención de una técnica que es, por su misma naturaleza, esencialmente activa, que debe rápidamente acomodarse a las condiciones de lugar y tiempo y que no debe ver coartadas sus iniciativas por preceptos demasiado minuciosos, que jamás podrán prever con la necesaria precisión las diversas y cambiantes circunstancias de la realidad. El ingeniero, en su obra, es como el militar en campaña, que no puede esperar, al verse atacado, a recibir las órdenes del mando.

Claro es que todo eso supone una mayor responsabilidad, pero responsabilidad concebida con el más alto y elevado espíritu, no responsabilidad formularia y casuística de aplicación automática y casi mecánica, que, lejos de constituir garantía, puede no tener otro efecto que el de coartar fecundas actividades, ante el temor de ser juzgado más por las consecuencias de un éxito incierto que por la adecuación de los medios y la rectitud de los propósitos.

Y como complemento de toda esta organización, y aun como condición indispensable de la misma, sería preciso también una comunicación más directa y una compenetración más íntima entre los funcionarios que tienen, por ley, a su cargo el estudio y el informe, primero, y la ejecución, después, con el poder que pesa y resuelve, para que, animados todos por un ideal común, colaboren, con plena conciencia de su misión, en el engrandecimiento de la patria.

Viaducto de San Juan de las Abadesas, de hormigón armado, con articulaciones Mesnager

Esta interesante obra, en la carretera de Ripoll a la frontera francesa (Gerona), salva una gran hondonada entre la ladera derecha del río Ter y la meseta en que se halla el pueblo de San Juan. El río, en el fondo de aquella, lame el escarpe en que termina la meseta, constituyendo el viaducto un arco de hormigón armado sobre el cauce propiamente dicho y trece arcos de avenida—doce hacia la ladera derecha en tres grupos de cuatro, separados por pilas-estribos, y uno hacia la ladera izquierda—de siete metros de luz, con bóvedas de medio punto de hormigón en masa.

La altura de la rasante sobre el fondo del cauce es de 18,70 metros.

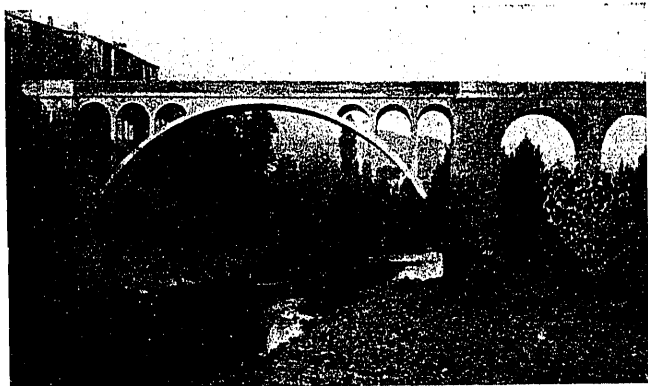
El tramo en arco de hormigón armado se compone

de unas ménsulas, partiendo del zócalo de apoyos, y de una bóveda articulada en los arranques en prolongación de aquéllas. La luz total entre paramentos de estribos es de 31,80 metros, y de 28,10 metros la distancia entre articulaciones. Sobre la bóveda, de todo el ancho del puente, se apoyan cuatro tabiques longitudinales, aligerados con arcos de medio punto, para armonizar con los arcos de avenidas, y sobre aquéllos, tabiques, nervios o viguetas transversales cuadrículas el forjado o piso superior. Una imposta de hormigón y un pretil, también de hormigón armado, que corre toda la longitud del viaducto, completan la obra.

Los coeficientes adoptados para el cálculo del tramo en arco de hormigón armado fueron:

50 kilogramos por centímetro cuadrado a la compresión para el hormigón y 1 200 para el acero a tensión. Como relación de coeficientes de elasticidad se tomó 15.

El hormigón para armar se formó con 350 kilogramos de cemento, 400 litros de arena y 800 de grava.



El arco de hormigón armado del puente de San Juan de las Abadesas.

Se calculó la bóveda como arco elástico por el método gráfico de trazado de los polígonos de presiones. La curva intersección de las reacciones se obtuvo según Magny y se comprobó por el método de Ritter.

A los resultados del polígono de presiones de la carga permanente se sumaron los de las siguientes hipótesis de sobrecargas:

De 400 kilogramos por metro cuadrado sobre toda la bóveda.

De 400 kilogramos por metro cuadrado en la mitad de la bóveda.

Rodillo de 19 toneladas sobre el pilar más alto.

Rodillo de 19 toneladas sobre la clave.

Para las articulaciones se adoptó la pseudo-articulación Mesnager. Por metro de ancho de bóveda, la máxima reacción en el apoyo resultó de 58 324 kilogramos. Aceptando como carga máxima del acero en este caso 600 kilogramos por centímetro cuadrado, menor que 800, que, como máximo, fija Mesnager, la sección necesaria

$$\alpha = \frac{58\,324}{600} = 97,2 \text{ cm}^2$$

o sea, para el ancho de 6 metros de bóveda, 583,20 centímetros cuadrados, que se propuso formar en el proyecto con 24 paquetes de cuatro barras de 28 milímetros, dando una sección total de 591,12 centímetros cuadrados. En la construcción, por dificultad de obtener estas barras y tener disponibles otras de acero americano de 30 y 25 milímetros, se emplearon 25 paquetes de dos barras de 30 y dos de 28, con sección total de 590 centímetros cuadrados. La longitud de cada barra fué de tres metros, algo superior a los 35 diámetros que indica Mesnager. Las barras quedaron sujetas con cuatro ligaduras de 8 milímetros en cada paquete.

En el hormigón, en el punto de intersección de las barras, se hicieron dos escotaduras, reduciendo a 15 centímetros el espesor de la bóveda.

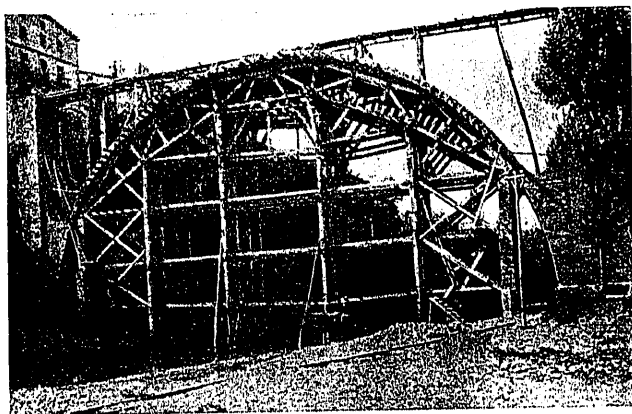
Para la cimbra se proyectó primero una cimbra recogida, análoga a la empleada en el puente sobre el Loire, en Orleans, para un arco elíptico de fábrica de 30 metros de luz. Después, para facilidad de montarla, desmontarla y de trabajo, se adicionó una palizada, apoyando cada nudo de aquella, convenientemente arriostradas, en sentido transversal y longitudinal.

A los veintiocho días de terminada la bóveda sobrevino una crecida del río Ter, tan extraordinaria, que arrastró el puente llamado de los Suizos, en el

ferrocarril de Barcelona a San Juan de las Abadesas, compuesto de tres tramos de quince metros de luz con vigas en celosía, de los que sólo se encontró uno a 300 metros de las pilas sobre que se hallaban. Durante setenta y dos horas resistió la cimbra del viaducto, hasta que la rotura de los pies derechos, por acumulación de leñas, ramajes y troncos delante de ellos, a una altura de 5 metros desde el fondo del río, produjo, a las tres de la madrugada, al alcanzar la crecida su máximo, la caída de la mayoría de las palizadas, quedando casi únicamente la cimbra recogida apoyada en las pilastras de fábrica construídas al efecto. Un minucioso reconocimiento posterior de la bóveda hizo ver que el contacto entre ésta y la cimbra seguía perfecto, sin haber padecido nada aquella, notándose tan sólo una pequeña grieta, casi imperceptible, y de muy poca extensión en la articulación derecha, por lo que el accidente no tuvo otra consecuencia que la pérdida de algunos tablonos y un mayor trabajo para desmontar la parte de cimbra restante. La crecida ocurrió el 6 de octubre de 1919, de manera inesperada, y no hay duda de que a la celeridad en la ejecución del hormigón armado se debe el que los daños no fueran considerables, ya que el verano, época a propósito para los trabajos, es corto en la comarca, prolongándose muchos años hasta bien entrado junio la temporada de lluvias, más bien de final de invierno que de primavera.

Empezadas las obras del arco de hormigón armado en agosto de 1919, terminaron en mayo de 1920, por haberse paralizado durante todo el invierno, muy crudo en aquellas altitudes.

Las pruebas se verificaron sobrecargando el arco con 400 kilos por metro cuadrado durante dos horas, y, como prueba dinámica, haciendo pasar el rodillo de 16 toneladas, máximo de que disponía la Jefatura, por todas las zonas del afirmado, sin haberse notado flecha ni



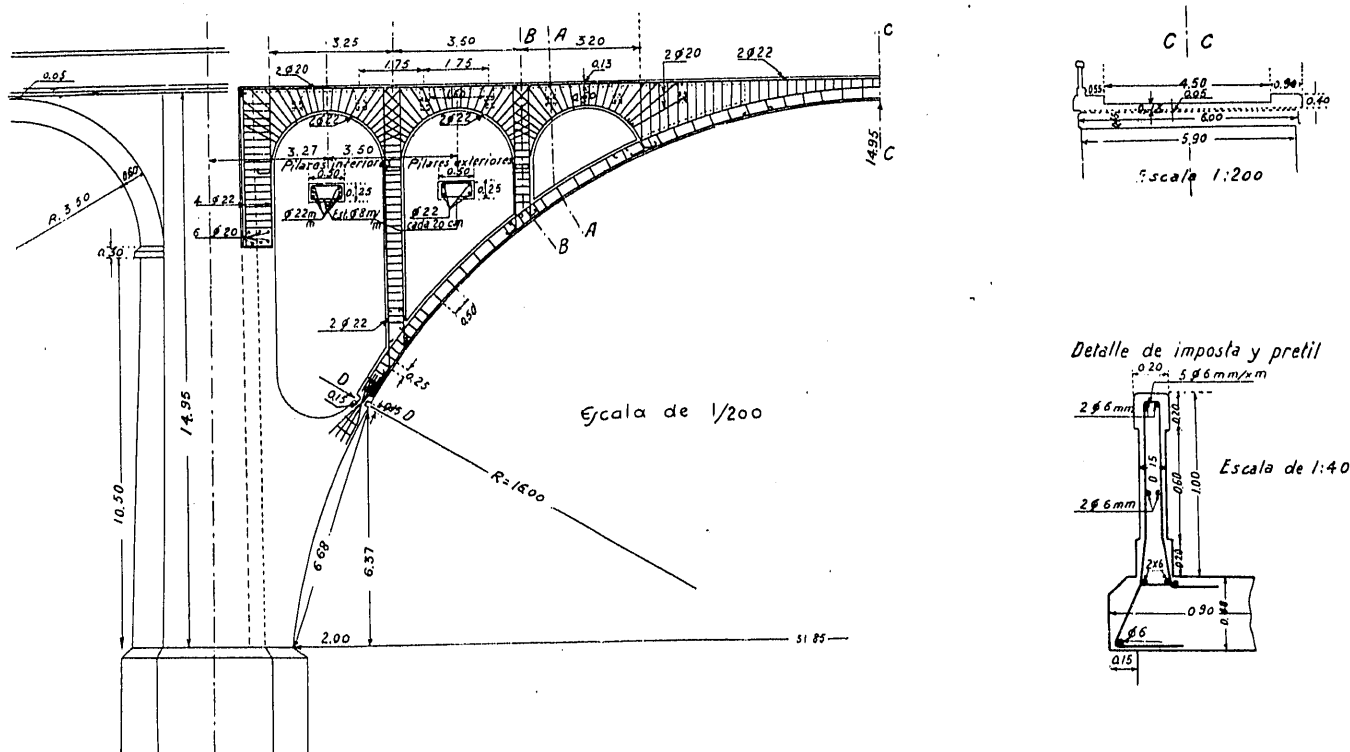
Cimbra para el arco de hormigón armado del puente de San Juan de las Abadesas.

(Bastaba, y así fué calculado, el sistema triangulado superior como cimbra recogida, añadiéndose las palizadas y demás elementos, principalmente para facilitar el montaje.)

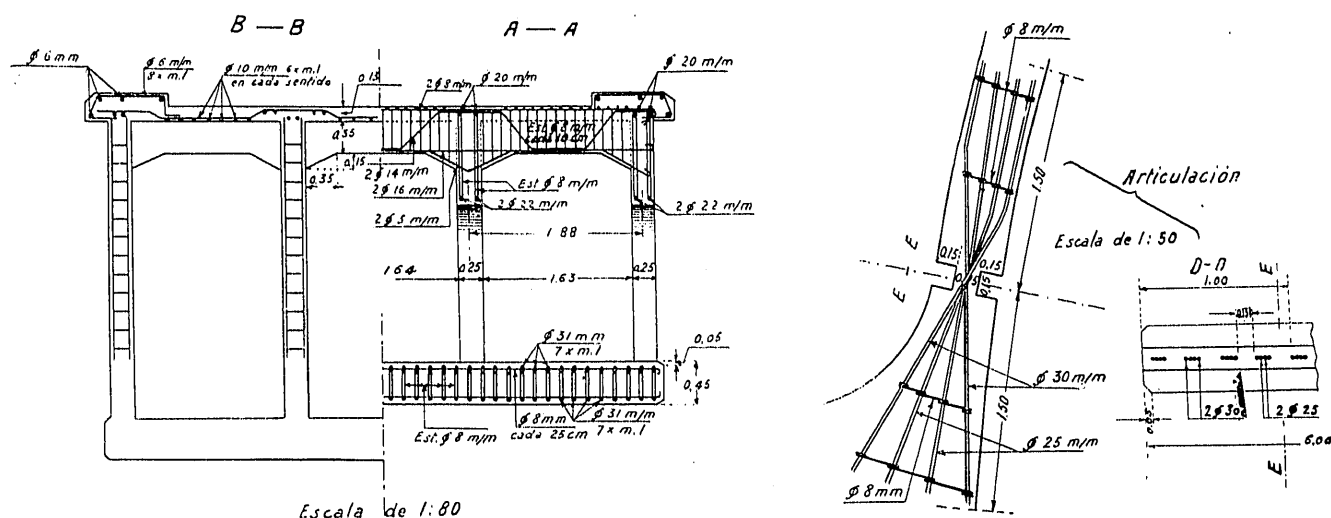
efecto alguno apreciable con lecturas de nivel sobre miras, no habiendo podido montar flexímetros por la desaparición de todo el andamiaje. Entregado después el puente al tránsito, conserva, para las mayores cargas de grandes camiones a velocidad, aunque se halla prohibida otra marcha que la de paso de hombre, una rigidez absoluta, sin notar efecto en las articulaciones.

El coste total de la obra, comprendidos 700 metros de travesía, fué de 283 468,07 pesetas, con un presupuesto aprobado de 296 977,74 pesetas.

Las obras se ejecutaron por administración, destinando a la Sociedad "Construcciones y Pavimentos" la mano de obra del arco de hormigón armado y pretilles, adquiriéndose directamente los materiales a los



Arco de hormigón armado del puente de San Juan de las Abadesas; Disposición de las armaduras



precios del período de la guerra mundial, que llegaron a ser 135 pesetas la tonelada de cemento portland sobre vagón en fábrica y 115 pesetas los 100 kilos de acero para armaduras.

En el tramo en arco de hormigón armado se emplearon 169 metros cúbicos de hormigón, con un peso total de acero de 35 535 kilogramos, que se hubiera reducido en período normal de poder conseguir fácilmente de las fábricas barras de longitudes más ajus-

tadas a las necesidades de la obra, en vez de tener que aceptar las de fabricación normal. En las articulaciones entraron 2930 kilogramos, no incluidos en el peso anterior.

El puente descrito es, hasta ahora, según nuestras noticias, el único puente de hormigón armado construido con articulaciones en España, y por su éxito felicitamos a su distinguido autor, el ingeniero de la Jefatura de Gerona D. Federico Moreno.