

Llamando M a la multiplicación debida al espejo; p a la longitud de su pluma expresada en dmm., y ε a la lectura efectuada en dmm., la variación unitaria media de la longitud cubierta por la pluma será

$$1 = \frac{\varepsilon}{M \cdot p}$$

en nuestro espejo (32), esto es,

$$1 = \frac{\varepsilon}{500 \times 1500} = \frac{\varepsilon}{750000} = 1,33 \times \varepsilon \times 10^{-6}$$

Conocida esta variación unitaria media de la longitud l , obtendremos la carga de trabajo multiplicando por el coeficiente de elasticidad E "correspondiente", el cual, como sabemos, varía con la carga de trabajo, y por lo tanto, si empleando, por ejemplo, el coeficiente E de sigma = 45 kg./cm.² no se obtiene esta carga al multiplicarlo por l , hay que repetir el tanteo hasta que la obtenida sea la correspondiente al E empleado.

Por ejemplo, la primera lectura del espejo 32 es la correspondiente al paso de 1 atmósfera a 5 atmósferas y es (+ 39).

$$1 = \frac{\varepsilon}{M \cdot p} = 1,33 \times 39 \times 10^{-6} = 52,10^{-6}$$

Ensayamos el valor de la curva para E de 15 kg. por centímetro cuadrado, que es 366 000 kg./cm.²

$$\sigma = 52 \times 0,366 = 19,1 \text{ kg./cm.}^2 \text{ (No vale.)}$$

Ensayamos el valor de E para 19 kg./cm.² que es 364 000 kg./cm.²

$$\sigma = 52 \times 0,364 = 18,9 \text{ kg./cm.}^2 \text{ (Aceptable.)}$$

Con este procedimiento de cálculo, que es el clásicamente establecido, hemos traducido las lecturas de deformaciones de las tablas anteriores en las cargas de trabajo que consignamos a continuación:

At.	CLAVE (Pluma 10 cm.)				ARRANQUE IZQUIERDO (5 cm.)				Desplazamientos rad.		OBSERVACIONES
	(1 a 500) Cara anterior.		(1 a 500) Cara posterior.		Cara anterior.		Cara posterior.		Arranque izquierdo.		
	Trasdós.	Intradós.	Trasdós.	Intradós.	1 000 : 1	500 : 1	1 000 : 1	500 : 1	1 000 : 1	1 000 : 1	
	Kg. : cm. ²	Kg. : cm. ²	Kg. : cm. ²	Kg. : cm. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	Kg. : mc. ²	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Los desplazamientos se han obtenido como hemos detallado ya, restando de cada lectura la que encabeza la columna.
3	5,25	6,00	7,40	7,40	4,50	7,50	3,04	6,10	2,5	2,2	
5	8,88	11,80	12,60	14,50	6,70	14,50	1,50	13,00	5,0	4,9	
10	21,40	24,10	27,30	27,30	12,58	33,40	5,00	21,90	8,6	9,1	
15	34,00	34,00	44,50	44,50	18,40	58,30	8,00	30,00	10,9	12,4	
20	47,00	44,50	58,60	47,40	21,90	79,00	14,50	41,20	12,5	14,9	Repetiremos aquí la observación de que, siendo el hormigón demasiado joven cuando se obtuvieron los módulos de elasticidad empleados para obtener estas cargas de trabajo, debe repetirse la obtención de dichos módulos y, en consecuencia, modificar con ellos las cargas de trabajo en el arco.
25	60,00	51,30	73,60	57,00	28,70	100,00	19,30	50,90	13,8	16,8	
30	73,60	60,00	88,60	65,00	33,30	122,00	24,10	63,50	14,8	18,4	
1	1,50	4,00	4,00	4,00	0,00	8,00	0,00	3,00	3,7	4,00	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	4,50	4,00	5,00	5,00	7,00	4,50	4,50	1,50	0,6	0,1	
5	8,88	11,00	11,80	11,80	7,40	7,40	7,00	6,10	2,7	2,7	
10	20,60	22,80	27,40	27,00	11,80	30,00	10,50	14,50	5,8	6,5	
15	33,30	32,50	44,00	37,30	16,40	54,00	13,20	24,90	7,8	9,4	
20	47,00	42,40	58,00	47,40	23,00	75,60	18,40	33,50	9,1	11,4	
25	60,00	49,70	72,00	55,60	28,90	97,00	24,90	47,40	10,2	13,6	
30	72,40	59,00	87,50	68,50	34,00	117,00	19,30	59,20	11,0	14,4	
1	0,37	6,00	4,00	4,00	0,00	4,50	3,00	0,00	— 0,2	— 0,2	

Vicente MUÑOZ POMER,
Ingeniero de C., C. y P.

El nuevo puente de los Viveros sobre el río Manzanares de Madrid ¹

II

Condiciones generales.

Las condiciones que debía cumplir la obra venían impuestas por consideraciones derivadas de las rasantes y situación de las vías que se trataba de enlazar. A éstas era preciso añadir las de desagüe del cauce del río Manzanares y otras de estética, no menos importantes en este caso, consecuencia de hallarse la

obra situada en la zona urbanizada de una gran población.

La debida apreciación de cada una de estas condiciones, sobre cuyo detalle no vamos a insistir, por haber sido desarrolladas en un artículo anterior, fija como tipo de obra adecuada el de tramo de hormigón armado con piso superior. Concretando más, se aprecia la necesidad de reducir a un mínimo la altura del mismo, para mantener la rasante y asegurar el desagüe, quedando proscrita la solución posible de piso inferior, por consideraciones económicas, consecuen-

¹ Véase el número anterior, página 427.

cia de la anchura de vía necesaria (12 metros de calzada y dos aceras de 2,50 m.)

Las características generales de la obra fueron fijadas como sigue:

Ancho del cauce a salvar	60 m.
Oblicuidad	45°
Altura libre entre nivel mínimo de las aguas e intradós de vigas.	3,60 m.
Altura de la rasante sobre el nivel mínimo de las aguas.	5,06 m.
Ancho de la calzada.	12,00 m.
Ancho de aceras.	2 X 2,50 m.

Elección del tipo adecuado de estructura.

La estructura adoptada había de satisfacer, en primer lugar, a las condiciones enumeradas; pero reducida la cuestión a establecer, como se ha dicho, un tramo de hormigón armado de piso superior, con la altura de sus elementos limitada a un máximo de 1,46 m., la determinación posterior fué supeditada a dos consideraciones principales: naturaleza del terreno de cimentación y oblicuidad; ambas aconsejaban reducir en lo posible la rigidez de los elementos del puente, la primera por inducir a temor de posibles asentamientos, a no ser que se adoptara un sistema de cimentación complejo y caro. La experiencia obtenida en obras inmediatas hacía aconsejable la cimentación por pilotes y esta solución no nos permite asegurar una indeformabilidad absoluta del cimiento. La oblicuidad hacía también conveniente que la rigidez no fuera excesiva, sobre todo en sentido transversal, a fin de evitar los efectos de esfuerzos derivados de la actuación de cargas sobre elementos de rigidez distinta.

Consecuencia inmediata de estas condiciones, fué la división longitudinal del tramo en dos, por una junta a todo lo largo del mismo, pero además, la resolución de estas dificultades esbozó la solución adoptada de seccionar la obra, también en sentido transversal, aceptando como estructura de la misma la de cantilever o ménsula.

La división del vano a salvar en las condiciones antes expuestas y la experiencia del coste de la cimentación, encajaba perfectamente la disposición de tres tramos. con la cual quedaban satisfechas las exigencias económicas y estéticas de la obra.

Abriáramos serios temores, y es este punto que queremos hacer resaltar, en proyectar la obra aceptando la solución en ménsula, por las dificultades que suponían numerosos constructores habían de presentarse en el montaje del tramo central y por el problema que se creaba con el apoyo del mismo; pero los primeros estudios que su resolución exigió, hicieron que desecháramos pronto toda desconfianza. No obstante, calculamos la obra para el caso de tres tramos continuos, haciendo al efecto dos tanteos, que confirmaron las suposiciones realizadas.

En este camino, nos decidimos a adoptar tal tipo de estructura, quedando fijadas sus dimensiones relativas, primeramente por consideraciones teóricas y definitivamente por tanteos, como queda expresado en el esquema adjunto.

Nuestras presunciones han sido confirmadas con creces por

la realidad, por lo que en vista de la experiencia adquirida puede afirmarse lo siguiente:

1.º No existe la menor dificultad en construir y hormigonar el tramo central.

2.º Las secciones de apoyo del tramo central sobre las ménsulas y los soportes de éstas, pueden disponerse sin que exista ningún temor, obteniéndose en estos elementos cargas de trabajo más reducidas que en el resto del puente.

3.º Las armaduras no son más complicadas que las de cualquier otro tipo de obra.

4.º La desaparición de zonas ambiguas de esfuerzos (zonas de inversión de momentos) producidos por la movilidad de las cargas, permite reducir sin riesgo las armaduras a lo estrictamente necesario.

5.º La solución es mucho más económica que la de viga de varios tramos.

Cálculo.

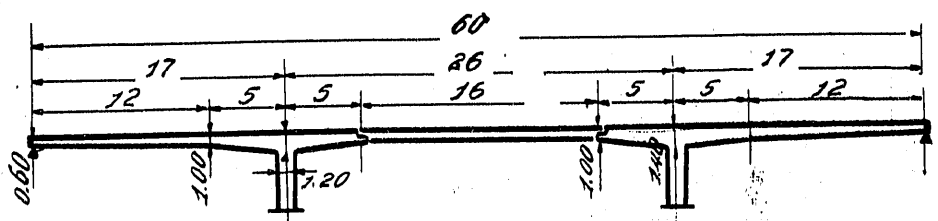
La necesidad de reducir la altura de los elementos a dimensiones compatibles con la importancia de las luces que resultan, ha motivado: la disposición de nervios próximos, con objeto de multiplicar los elementos resistentes; la colocación de cabezas de compresión independientes del tablero en las zonas de momentos negativos, y la aceptación de cargas de trabajo elevadas, prescribiéndose al efecto la fabricación adecuada del hormigón.

La construcción de las cabezas de compresión (forjados inferiores) suponíamos no había de ocasionar trastornos, y así ha sido, recuperándose con facilidad los encofrados, a pesar de las exiguas dimensiones de los huecos.

Las cargas de trabajo obtenidas en el cálculo, son las siguientes:

Carga máxima admisible para el hormigón.	60 kg./cm. ²				
Idem id. id. en el acero	1 200 "				
Tramo central.	<table> <tr> <td>Hormigón</td><td>61,1 kg./cm.²</td></tr> <tr> <td>Acero.</td><td>1 185 "</td></tr> </table>	Hormigón	61,1 kg./cm. ²	Acero.	1 185 "
Hormigón	61,1 kg./cm. ²				
Acero.	1 185 "				
Ménsulas.	<table> <tr> <td>Hormigón</td><td>55,4 "</td></tr> <tr> <td>Acero.</td><td>1 186 "</td></tr> </table>	Hormigón	55,4 "	Acero.	1 186 "
Hormigón	55,4 "				
Acero.	1 186 "				
Pilares	<table> <tr> <td>Hormigón</td><td>60,8 "</td></tr> <tr> <td>Acero.</td><td>960 "</td></tr> </table>	Hormigón	60,8 "	Acero.	960 "
Hormigón	60,8 "				
Acero.	960 "				
Tramos extremos.	<table> <tr> <td>Hormigón</td><td>52,2 "</td></tr> <tr> <td>Acero.</td><td>1 025 "</td></tr> </table>	Hormigón	52,2 "	Acero.	1 025 "
Hormigón	52,2 "				
Acero.	1 025 "				
Forjado.	<table> <tr> <td>Hormigón</td><td>45,2 "</td></tr> <tr> <td>Acero.</td><td>1 200 "</td></tr> </table>	Hormigón	45,2 "	Acero.	1 200 "
Hormigón	45,2 "				
Acero.	1 200 "				
Voladizos.	<table> <tr> <td>Hormigón</td><td>31 "</td></tr> <tr> <td>Acero.</td><td>811 "</td></tr> </table>	Hormigón	31 "	Acero.	811 "
Hormigón	31 "				
Acero.	811 "				
Secciones de apoyo (cantilever)	<table> <tr> <td>Hormigón</td><td>21,5 "</td></tr> <tr> <td>Acero.</td><td>911 "</td></tr> </table>	Hormigón	21,5 "	Acero.	911 "
Hormigón	21,5 "				
Acero.	911 "				

Los peraltes de las vigas principales se adaptan próximamente a conseguir en lo posible una disposi-



Esquema de la solución en ménsula.

jos adjuntos, sencillas, sin complicación de diámetros y de fácil ejecución. A pesar de las considerables dimensiones de la obra, no requieren empalmes, habiendo sido preparadas en una sola pieza.

El empotramiento de los pilares no exige macizos de excepcionales volúmenes; para la determinación de las dimensiones se ha prescindido de la ayuda del pilotaje, habiéndose tomado como límite de carga sobre el terreno la de 2 kg./cm.

Transversalmente y por las especiales características de oblicuidad, se han previsto arriostramientos constituidos por vigas cuya situación puede verse en los planos. Estas vigas hacen frente a las torsiones que puedan producirse, actúan como niveladores de las cargas concentradas, y finalmente, la dispuesta sobre apoyos puede, en caso de asiento de uno de ellos, soportar la estructura sin que se produzca detrimento de ninguna clase.

No queremos terminar estas notas sin poner de manifiesto la ventaja económica que se consigue con la adopción del tipo de estructura en ménsula. Al efecto, podemos ofrecer a la consideración del lector hechos reales, resultando de la comparación del puente descrito con otro del tipo de varios tramos, de características tan semejantes que permiten tener plena confianza en sus resultados.

Esta comparación da como resultado un gran

margen de economía, que para obras cuya longitud total de vanos a salvar sea del orden de 60 m. representa una reducción en el peso de acero para armaduras de todas clases, superior al 100 por 100, que se consigue con un aumento en fábrica de hormigón de 10 por 100.

Consecuencias.

Resultan de la experiencia llevada a cabo, además de las consecuencias que se mencionan a lo largo de lo escrito, que los límites admisibles tácitamente como superiores para luces de tramos rectos pueden ser rebasados considerablemente sin violentar las cargas ni exagerar las dimensiones.

No es aventurado considerar que la luz de 50 metros puede superarse si se tienen en cuenta las dimensiones y características del puente que estudiamos.

Otras posibilidades se vislumbran como consecuencia del estudio teórico, en relación con el aprovechamiento conveniente a favor de obra de los rozamientos en los apoyos, pero esperamos a que la práctica los sancione, para, ateniéndonos a los resultados, darles la publicidad que merezcan.

Amalio HIDALGO y Jacinto Julio GONZALEZ,
Ingenieros de Caminos.

Los riegos del Alto Aragón

Réplica

I

Esperaba el o los artículos del Sr. Nicolau sobre este tema, e igualmente esperaba verme aludido, aunque no me nombrara. Daba también por seguro que entre las alusiones no faltarían las correspondientes a la Confederación del Ebro y al pantano de Reñosa, que han sido objeto de sus más aceradas frases, la primera desde su fundación, el segundo desde el tiempo, mucho más remoto, en que calificó de *pinola* el proyecto completo de la obra, recién llegado al Servicio Central Hidráulico, aquel Servicio que él inauguró, y que con tanta fortuna habría de desempeñar más tarde el por tantos motivos benemérito D. Rodolfo Gelabert.

En la inevitable campaña que debía seguir forzosamente a la bien intencionada, políticamente desinteresada y patriótica Orden ministerial de 18 de septiembre, le correspondía al Sr. Nicolau esta función, que ha cumplido con laudable puntualidad.

Lo que no esperaba, recordando el tono de sus acometidas al igualmente bien intencionado, desinteresado y patriótico Plan Nacional de Obras Hidráulicas, y el de sus alusiones a la que ahora llama primera Confederación del Ebro, es que, al comentar y censurar una Orden tan íntimamente relacionada con su antigua gestión como proyectista hidráulico, lo hiciera en términos más sossegados y objetivos.

Me apresuro a consignar la satisfacción que le corresponde en justicia, sin entrar en un análisis de las causas, y paso por alto la falta de contestación a mis anteriores invitaciones a que concretara uno solo de aquellos pretendidos despilfarros que tuvo la comodidad de atribuir a la primera Confederación del

Ebro, con frases que se prestaban a torpes e injustas interpretaciones. Es más: sin los alfilerazos que da al paso a algunos proyectos y esfuerzos míos, al pantano del Ebro, al Plan Nacional de Obras Hidráulicas, al Centro de Estudios, al principio de coordinación de técnicas... por ejemplo, alfilerazos que son innecesarios, inoportunos y, como los de entonces, inoperantes — permítaseme la repetición de la vulgar palabra —, los artículos del Sr. Nicolau estarían muy justificados, y hasta puestos en razón, desde su deliberado lugar. Aunque lo estaría mucho más el reconocimiento de que lo esencial en nuestros proyectos es el objetivo perseguido, y su traza constituye lo accesorio y mutable, y de que todo, pero sobre todo las aplicaciones técnicas, sufre inevitablemente la acción del tiempo.

Sus amigos hidráulicos lo han dicho; otros lo han escrito, en los más variados documentos y ocasiones, aunque en muchas sin la autoridad de su firma. A falta de otras razones, se pretendió haber encontrado esta zona débil en la sólida argumentación que servía de fundamento al Plan Nacional. Y el argumento opositor hubiera sido fuerte, si se hubiera apoyado en una verdad: si el Plan, en vez de marcar una orientación y un rumbo, de servir de base a la definición de un instrumento ejecutor, hubiera consistido en lo que se pretendía, esto es, en una ordenación rígida de obras como las formadas antes sin garantía alguna: en algo semejante a lo que fué la famosa Ley especial de Riegos del Alto Aragón, que trató de imponer un plan inexistente, desde las páginas de la *Gaceta*, que el Sr. Nicolau califica de sufridas, con razón sobrada y gran conocimiento de causa.