

el plano vertical que pasa por los centros de los salmieres, produciéndose con ello el peligro citado. Este procedimiento, al poder aplicar mayor presión a los gatos de un lado que a los opuestos, puede originar una fuerza que se oponga al pandeo y hacer que el arco cierre sobre una placa de espesores desiguales en la razón que convenga. Así se aplicó en el arco de 96 m. de luz del puente de Villeneuve, antes citado.

Reconocida la importancia de la retracción del fraguado, aunque se hagan ensayos previos, nunca se obtiene el verdadero valor que alcanza en el arco, entre otras razones, porque las condiciones del ensayo en lo que a condiciones térmicas, higroscópicas, tamaño, construcción, etc., nunca pueden ser idénticas a las propias del arco, por lo cual, al efectuar la corrección con un valor inexacto, pueden producirse grietas al cabo de uno o más años, que advierten lo incierto de la corrección; puede ser también, en vez de la retracción del fraguado, o coexistiendo con ella, un asiento en los estribos el que origine el defecto de estabilidad, lo cual se corregirá abriendo nuevamente la clave del arco y cerrándolo sobre una placa de espesor adecuado, según se ha efectuado en el puente del Veudre con un arco de hormigón armado de 72 m. de luz, rebajado a $1/14$, a lo que obligó una retracción del fraguado mayor de la prevista.

Con este procedimiento se ha construido también otro puente igual al de Vendre, al de Villeneuve, con arco de 96 m. de luz; el de Saint Pierre de Vauvray, de 130 m. de luz, en la época de la iniciación del método, y recientemente en el arco de 161 m. sobre el Sena en La Roche Guyon, el de Castelmoron, de 143 metros, etc.

Merced al centrado, prácticamente perfecto, de la línea de presiones, las correcciones fáciles y posibles y la suavidad de descimbramiento y de poner en carga, asegura Freyssinet la posibilidad de construir bóvedas de hormigón en masa de 350 m. de luz, y de hormigón armado de más de 700. Ejemplo patente y en gran escala de aplicación de este método ha de ser para nosotros su empleo al arco de 205 m. de luz del viaducto sobre el Esla.

Indicadas las ventajas del método, expondremos en la segunda parte la obtención de los valores numéricos que para su aplicación realizamos en este caso concreto, en virtud de los datos proporcionados por la experiencia, ya que en cada caso deben obtenerse directamente los datos precisos de retracción y elasticidad con los materiales peculiares de cada obra, durante la construcción de ésta, y con ellos efectuar el cálculo.

César VILLALBA GRANDA.
Ingeniero de Caminos.

El empleo de articulaciones y rodillos de fibrocemento

He dado a conocer y cantado las excelencias del fibrocemento en cuanto a determinadas aplicaciones que han tenido rotunda confirmación práctica, en las que por las singulares propiedades de ese material, sumamente apto para la obtención de láminas de fácil curvatura, ofrecía, al proyectista, un elemento auxiliar ideal para obtener cubiertas ligeras, seguras e impermeables, y, sobre todo, económicas, muy indicadas para realizar grandes superficies voladas. De todos conocidos son nuestras aplicaciones de este sistema en los grandes vuelos de la tribuna del Estadio de Oviedo y del Mercado de Pola de Siero.

Pero percatado de las particularidades excepcionales de dicho material, de elevadísima resistencia a la compresión y tracción, que alcanza cifras de 1 200 kilogramos por centímetro cuadrado y 170 kilogramos por centímetro cuadrado, respectivamente, conforme ensayos realizados en el Laboratorio de la Escuela de Caminos, y a las que se unía otra condición sumamente interesante, de no ser un material quebradizo, sino que presentaba unas señaladísimas aptitudes elásticas, acaricé inmediatamente la idea de aprovechar toda esa serie de propiedades favorables para realizar las articulaciones de un puente de 80 m. de luz con articulación única en la clave, cuyo proyecto, en el año de 1929, y para salvar el río Nalón, me fué encargado.

Mi querido maestro D. Eugenio Ribera, con esa benevolencia con que trata siempre mis modestos trabajos, me honró, publicando en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS (número 1, enero de 1931) y en su libro de Puentes, unos juicios críticos acerca de estas obras y proyectos, que nunca agradeceré bastante. En ellos

me vaticinaba unos felices resultados por el empleo de mis articulaciones de fibrocemento.

En la página 157 del IV tomo de su libro de Puentes, describe este sistema de articulación, en sus dos soluciones, consistentes ambas en aprovechar las ventajas indiscutibles que presenta la fabricación del fibrocemento en tubos para presiones internas de agua (patente Uralita en España).

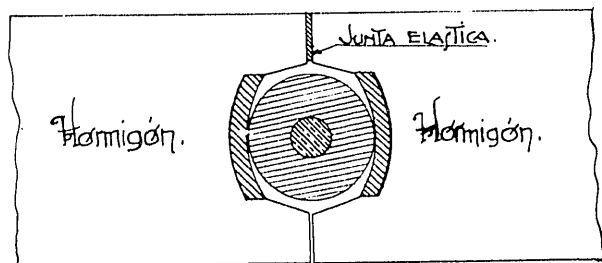
Como se comprueba por las figuras 1.ª y 2.ª, el fibrocemento trabaja "del modo más favorable por presiones radiales, es decir, comprimiendo las capas elementales concéntricas que integran el tubo del mismo modo que cuando su fabricación". Y a esto añadía, tan querido maestro, refiriéndose a estas articulaciones lo siguiente:

- a) Que su material, a base de cemento y amianto, es de la misma calidad que el resto del puente.
- b) Suprime la oxidación de las rótulas metálicas admitiendo como éstas un perfecto pero más inalterable pulimento.
- c) Una notable y comprobada flexibilidad muy superior a la del hormigón.
- d) Ser más económicas y más fácilmente colocables que las de los demás tipos.

No tuve suerte por aquel entonces. Mis deseos de aplicar este sistema de articulación en aquel puente de 80 m. de luz, con tanto entusiasmo concebido, quedaron frustrados, por falta de recursos, ¡razón suprema por la que tantísimos proyectos duermen el eterno sueño de los justos!

Han pasado seis años, y en este largo período, no tuve ocasión propicia de convertir en realidad esas

DETALLE DE ARTICULACIÓN.



Solución A.

→ Un rodillo de fibrocemento entre dos ferros del mismo material. →

Figura 1.ª

ideas. Perduró, no obstante, el firme convencimiento de la bondad del sistema.

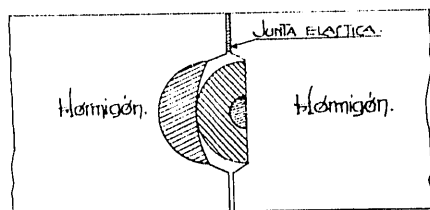
Pero como en este mundo todo llega, llegó la esperada ocasión de poner a prueba esta nueva aplicación del fibrocemento, pero no en forma de articulación de puentes, sino en otra similar de igual interés técnico: en el de apoyos de libre sustentación para puentes, en este caso para un trozo de acueducto.

Fui encargado de proyectar la reconstrucción de un trozo de acueducto destruido por una violenta crecida del río Pigüña. La longitud de dicho trozo era de 70 m.

La falta completa de juntas en el acueducto primitivo, de 300 m. de longitud, se traducía en unos crecidos movimientos en las cabezas, que originaban unas importantes pérdidas de agua. Dicho acueducto está integrado por una serie de palizadas de hormigón armado, distanciadas 5 m. y arriostradas longitudinalmente por unas vigas que soportan el acueducto, de sección en U, con tirantes transversales para evitar que se abriesen sus paredes.

Se vió inmediatamente la conveniencia de crear las juntas al ejecutar la reconstrucción del trozo averiado. Bastaba para lo cual independizar el nuevo tra-

DETALLE DE ARTICULACIÓN



Solución B.

→ Un rodillo de fibrocemento cortado y colocado en la forma del dibujo.

Figura 2.ª

mo, situado aproximadamente hacia la mitad del acueducto. Como la zona de su emplazamiento ofrecía grandes peligros de ataque y erosión ante una nueva crecida del río, decidimos crear fuertes pilastras cimentadas en terreno firme. Dada la profundidad a que éste se encontraba, no era económico prodigar el

SECCIÓN DEL ACUEDUCTO POR UNA PILA.

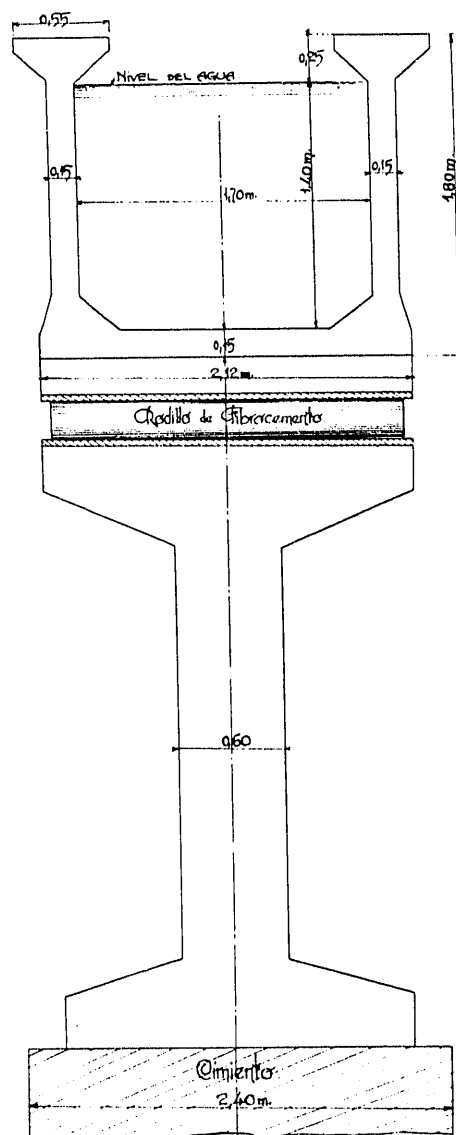


Figura 3.ª

número de apoyos, y después de varios tanteos fijamos en tres el número de tramos iguales, con lo que la luz resultaba aproximadamente de 23 m.

Como consecuencia de lo expuesto, se proyectó el tramo totalmente independiente, y por su longitud no despreciable de 70 m., se estimó conveniente construirle sobre apoyos que no coaccionasen su libre dilatación. El lector habrá comprendido que nuevamente se presentaba la ocasión de poner en práctica mi sistema, ya que el único procedimiento eficaz que existe para dejar en libertad los tramos rectos es hacerlos

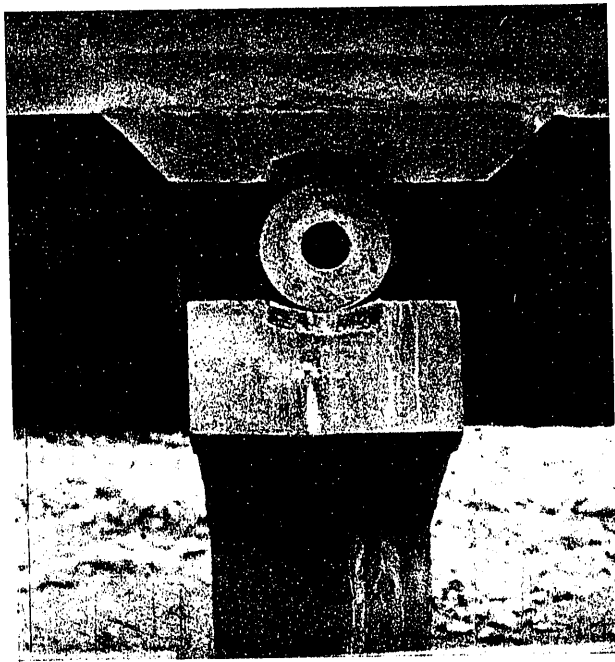


Fig. 4.ª — Frente de una rótula.

descansar sobre un sistema metálico de rodillos y rótula (el corrientemente empleado, nada sencillo por cierto), poco en armonía por su aspecto de pieza de maquinaria, con una obra de fábrica de opuesta naturaleza.

La solución concebida y realizada por elementos de fibrocemento no puede ser más sencilla y racional. Es, evidentemente, el huevo de Colón. Ahí están las fotografías con toda su elocuencia, que no requieren aclaración ninguna. Un tubo de gran espesor de pared, colocado entre dos trozos de otro tubo de fibrocemento cortado en trozos longitudinales, con el objeto de repartir las presiones y transmitir las a la masa de hormigón. Este es todo el sistema. Sencillo, eficaz y económico. Su puesta en obra facilísima y las pruebas realizadas confirmaron plenamente todo cuanto de él se esperaba.

Datos: ahí van unos cuantos:

Diámetro exterior de rodillos o tubos	30 cm.
Diámetro interior	10 "
Diámetro interior del tubo de forros de apoyo	50 "
Espesor de los forros	5 "
Longitudes de rodillos y forros	2 m.
Carga máxima con agua sobre los rodillos centrales	140 t.
Carga máxima por centímetro de rodillo	700 kg.

Todas las pruebas realizadas con flexímetros, lo más escrupulosamente posible, no acusaron la más pequeña deformación del material de fibrocemento. Advertiremos que el tubo se relleno de hormigón de 300 kg., y que por los ensayos realizados posteriormente en el Laboratorio de la Escuela de Caminos verá el lector la enorme influencia que este relleno tiene en la resistencia al aplastamiento de los rodillos, y por ellas deducirá también que la carga de 700 kg. por centímetro de longitud de rodillo es pequeñísima comparada con la de rotura, lo cual confirmaba y justificaba la no alteración de los flexímetros colocados en el acueducto.

Y animado por el concluyente resultado de esta

primera aplicación, inmediatamente concebimos aplicar el mismo sistema a empresas de mayores vuelos. Pudiera, en un principio, parecer esta nueva pretensión un tanto audaz; pero un sereno y razonado estudio hace ver inmediatamente la aplastante lógica y consecuente aplicación de los ya famosos rodillos de fibrocemento. Así lo espuse en una conferencia en el Instituto Técnico de la Construcción, en el pasado mes de diciembre, al indicar allí que el empleo de rodillos de fibrocemento podía resolver definitivamente la debatida cuestión de independizar los anillos de las presas bóvedas de mi querido compañero Alfonso Peña. No he de negar que experimenté una gran satisfacción al observar que la idea, entre mis distinguidos compañeros *había caído* sinceramente bien, y que encontré, precisamente en el mismo creador de ese racional sistema de presas, su más decidido y entusiasta defensor. Véanse sus artículos recientes en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, en los que trató esta cuestión y por lo que no voy a insistir más sobre este particular. Sin embargo, diré solamente que, inmediatamente procedimos a realizar los ensayos que creímos más necesarios, en el Laboratorio de la Escuela, con rodillos y forros de diversos diámetros y longitudes, fabricados por la Casa Uralita. Los resultados fueron francamente superiores a nuestros buenos deseos, ya que, merced a una feliz circunstancia, nos encontramos con la agradable sorpresa de poder aumentar grandemente, más de lo presumible, la resistencia al aplastamiento de los rodillos, con rellenar simplemente de hormigón el ojo de los mismos. Conviene advertir que, por exigencias de fabricación, no pueden obtenerse macizos los rodillos, sino que se precisa de un cierto diámetro interior, que es proporcional al diámetro exterior y que sirve de alojamiento al eje sobre el que van enrollándose las capas elementales de pasta cemento-amiante que integran el rodillo. Voy a exponer uno de los resultados de los ensayos, por mí presenciados, en trozos de rodillos de 22 cm. de diámetro exterior y 7 cm. de interior, y que comprueban las excelentes aptitudes del material fibroso en trabajos similares a los que va a tener en las presas de anillos.

Se ensayaron dos trozos de tubos de 22 cm. diámetro exterior y 7 cm. de interior, el primero de una longitud de 24 cm. y el segundo de 18 cm.

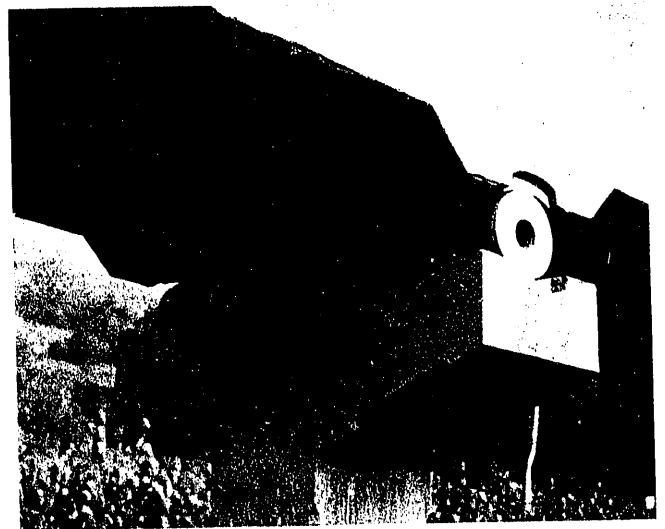


Fig. 5.ª — Rótula vista lateralmente.

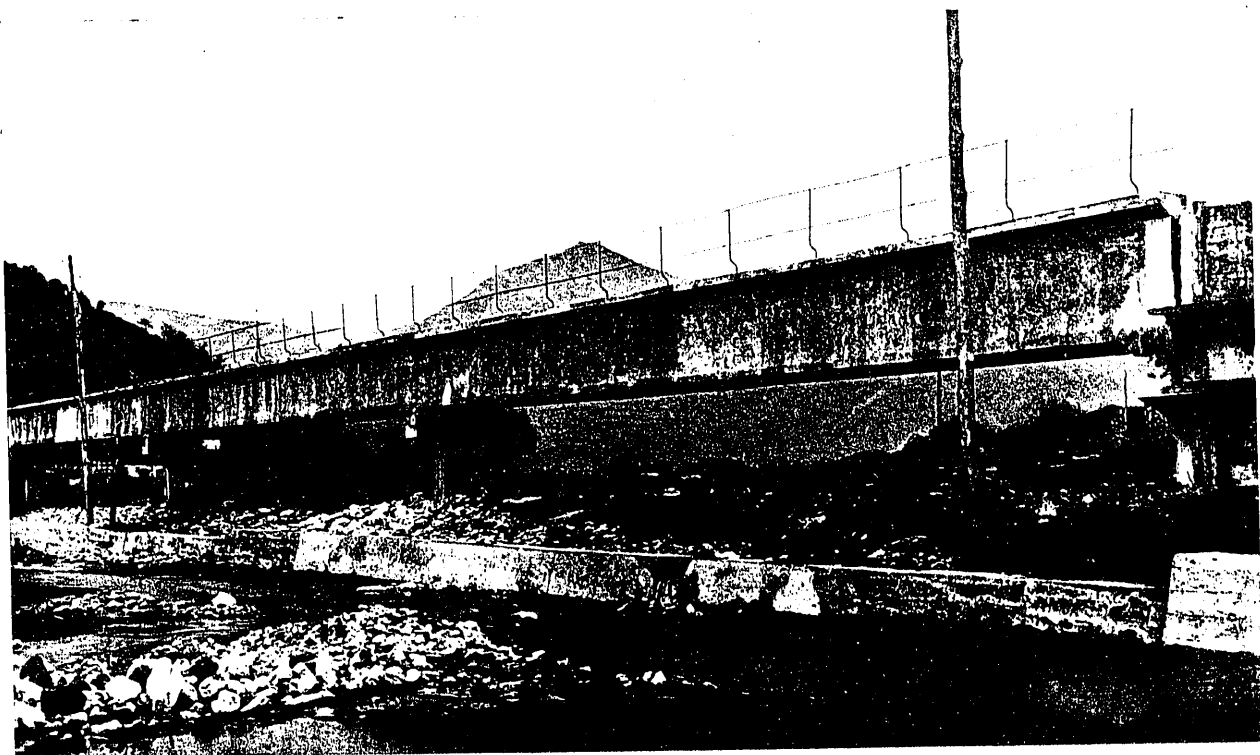


Fig. 6.ª — Vista general del tramo reconstruido.

Primer ensayo. — Longitud del tubo, 24 cm. Sin rellenar.

Carga de rotura	43 000 kg.
Carga de rotura (por centímetro de longitud)	1 790 "
Régimen elástico (límite aproximado)	25 000 "
Régimen elástico (por centímetro de longitud)	1 050 "

Segundo ensayo. — El mismo tubo. Relleno de mortero 1/2.

Carga de rotura	105 000 kg.
Idem íd. (por centímetro)	4 370 "
Régimen elástico (límite aproximado)	45 000 "
Idem íd. (por centímetro)	1 870 "

Tercer ensayo. — Longitud del tubo, 18 cm. Sin rellenar.

Carga de rotura	30 000 kg.
Idem íd. (por centímetro)	1 660 "
Régimen elástico (límite aproximado)	20 000 "
Idem íd. (por centímetro)	1 110 "

Salta inmediatamente a la vista la enorme influencia del relleno de los tubos y la constancia de los resultados. Este último extremo, de gran interés, no es de extrañar, dada la esmeradísima fabricación del fibrocemento, revestida de todas garantías, especialmente en cuanto se refiere a las condiciones ideales de fraguado y endurecimiento en agua, a las que se someten todas las piezas.

Ahora bien, mencionaremos como dato orientador para el lector que admitiendo Peña un trabajo máximo para el hormigón de los anillos de 50 kg./cm.² y

supuesto los rodillos de las dimensiones citadas, distanciados un centímetro, la carga/cm. lineal que deberá absorber un rodillo será: $50 \times 24 \times 1 = 1\,200$ kilogramos, y como la de rotura es 4 370 kg., el coeficiente de seguridad será de 3,64, excelente a todas luces; máxime si se tiene en cuenta la bondad y homogeneidad del material, que será, en una presa construida con este procedimiento, el mejor, y con gran diferencia de todos los materiales que en ella se empleen.

¡Y esto sí que es verdaderamente tranquilizador!

I. SANCHEZ DEL RIO PISON.
Ingeniero de Caminos.

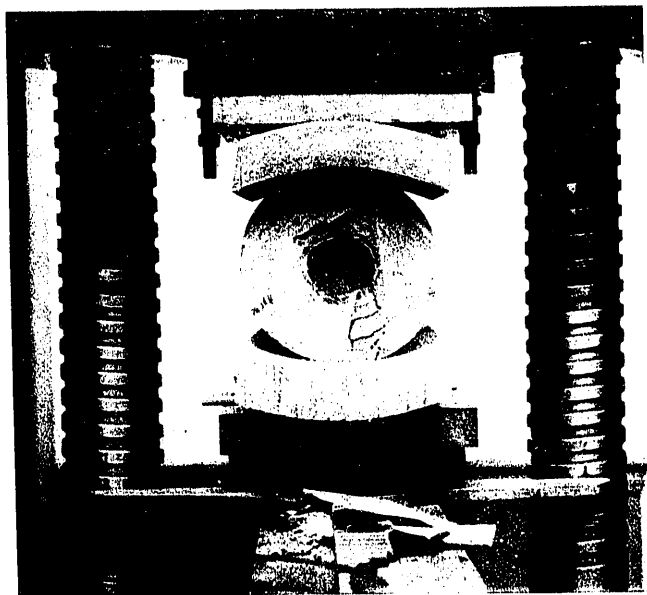


Figura 7.ª