

SOBRE TUBERIAS DE HORMIGON CON ARMADURAS PRETENSADAS

Por JACINTO MARTIN PALANCA,
Ingeniero de Caminos.

Presenta el autor un comentario a un artículo sobre el mismo tema del epígrafe, publicado en nuestro número de enero último, y se muestra partidario de la supresión de la camisa de chapa que llevan algunos tipos de tuberías de esta clase, mediante la mejora de calidad de los hormigones que se emplean.

El documentado artículo publicado por nuestro compañero Carlos Carril en el número de enero último de esta Revista, bajo el título "Tuberías de hormigón pretensado", nos sugiere unos comentarios que, sin afán polemizador alguno, aunque lo sugestivo del tema bien merecería una más amplia aportación de opiniones, creemos interesante exponer a la consideración de los lectores.

Dice el autor que los tres tipos de tubería de hormigón pretensado hasta hoy empleados en la práctica son los siguientes:

a) El tipo de construcción monolítica, con hormigón precomprimido a la vez longitudinal y perimetralmente, fabricado en los ingeniosos, aunque complejos, moldes-máquinas patentados por Freyssinet

b) El tipo en que se construye primero un núcleo precomprimido longitudinalmente, al que se arrollan en una segunda etapa unas espiras bajo tensión que producen la precompresión tangencial.

c) El tipo sin precompresión longitudinal, en el cual existe "forzosamente", según el autor, un forro de chapa que envuelve el núcleo previamente fabricado, sobre el que se arrollan, como en el caso anterior, unas espiras bajo tensión para producir la precompresión perimetral.

La limitación impuesta a este tercer tipo, de tener que llevar "forzosamente" forro de chapa, es lo que llama nuestra atención. La justifica más adelante el autor diciendo que el arrollamiento produce sobre el núcleo de hormigón unos esfuerzos de cizallamiento, cuyas tracciones no pueden ser absorbidas por el material sin la producción de fisuras, y que para evitarlas se acude, en los tipos a) y b), a la adición de compresiones previas longitudinales que hagan disminuir dichas tracciones, mientras que en el tipo c) la interposición de chapa sirve para repartir sobre el núcleo los esfuerzos del zunchado.

En nuestra opinión, la importancia de los esfuerzos de cizallamiento que se producen es tan pequeña, que no resulta en modo alguno temible en la generalidad de los casos. Para formarnos una idea, aunque sea sólo aproximada, de su valor, supongamos un núcleo de espesor a y diámetro exterior D , sobre el cual

van arrolladas espiras tensadas cada una a esfuerzo total T , y separadas entre sí una longitud s entre ejes. La compresión unitaria en el núcleo vendrá expresada, suponiendo que el reparto es uniforme, lo cual ocurre rigurosamente en los tubos de pared delgada, y con no mucho error, en los que habitualmente se construyen, por:

$$\sigma = \frac{T}{as}$$

Cada espira producirá un esfuerzo de compresión radial sobre la superficie del hormigón, que por unidad de longitud del perímetro será:

$$p = \frac{2T}{D}$$

Si suponemos que la espira ha de desgarrar el hormigón para abrirse paso a través de él, será forzoso que cizalle dos secciones paralelas cuyo espesor es el del núcleo, y si suponemos que el esfuerzo cortante se distribuye uniformemente en toda la superficie interesada, tendremos:

$$\tau = \frac{p}{2a} = \frac{T}{aD} = \frac{s\sigma}{D}$$

La relación entre el esfuerzo cortante y la compresión previa, será, por consiguiente:

$$\frac{\tau}{\sigma} = \frac{s}{D}$$

En la práctica, la separación entre espiras es siempre pequeña, porque no resulta conveniente emplear diámetros gruesos de alambre, que exigen máquinas de tensar muy robustas, y porque los tubos precomprimidos llevan siempre cuantías metálicas de cierta importancia, pues si no las necesitasen es bastante probable que se hubiese optado por fabricar un tubo ar-

mado ordinario. No hay, pues, inconveniente en imponer una limitación para s , que puede ser la veinteaava parte de D (15 mm. para tubos de 250 mm. d. i.; 30 milímetros para 500 mm. d. i., etc.), y con ello resultará que el esfuerzo unitario de cizallamiento es también la veinteaava parte del de compresión previa del núcleo y, por tanto, perfectamente admisible en todos los casos.

El esfuerzo cortante antes calculado es una primera aproximación por exceso, y podría estudiarse la reducción que se produce por las siguientes causas:

a) El paralelepípedo elemental viene sometido, a la vez que al esfuerzo calculado, al de compresión previa en sentido perimetral, que, compuesta con la primera, reduce la importancia de las tracciones ocasionadas por el cizallamiento puro.

b) La espira que se apoya sobre el hormigón, al transmitir la presión radial que antes se indica, produce unas compresiones en sentido radial que van disminuyendo del exterior al interior, y cuya distribución en el sentido longitudinal del tubo es difícil señalar. Cualquiera que sea su valor, es indudable que alguno tienen, y producen el mismo efecto reductor que las compresiones perimetrales.

c) Por razones constructivas, el núcleo suele llevar una armadura secundaria perimetral, que apoya sobre barras longitudinales. La compresión previa perimetral, al producir un acortamiento tangencial, produce, por efecto Poisson, un alargamiento longitudinal, que, al encontrarse cohibido por la presencia de las barras de la armadura secundaria, produce una pequeña compresión longitudinal, que también contribuye a reducir las tracciones de cizallamiento.

Según lo que antecede, las precompresiones longitudinales en los tubos no tienen en modo alguno el carácter de necesarias en los casos ordinarios, aunque puedan resultar convenientes o incluso indispensables en casos especiales, tal como la existencia de flexiones longitudinales importantes, etc. El empleo de camisa de chapa, en cambio, a nuestro modo de ver, no resulta indispensable en ningún caso por razones mecánicas. y sólo puede tener una justificación física, tal como se expone a continuación.

Es indudable que el hormigón, como todas las piedras naturales o artificiales, tiene una cierta permeabilidad intrínseca, independiente de la que se produce por la aparición de grietas mecánicas. Si una lámina de hormigón se expone a presión de agua por una cara,

tomando las debidas precauciones para que no se agriete por efectos mecánicos, a presión más o menos alta se producirá una exudación a través de ella. Esta permeabilidad intrínseca es enormemente variable con la calidad del hormigón, y depende también, naturalmente, del espesor. Para hormigones deficientes, incluso con dos o tres atmósferas, se produce exudación, mientras que hemos visto otros que a treinta atmósferas seguían sin exudar. La compresión del hormigón no parece tener una gran influencia sobre esta permeabilidad intrínseca, ya que es poco capaz de actuar sobre los sinuosos conductos capilares que la producen.

El valor de esta característica del material fabricado define la presión límite que pueda ser cubierta por los tubos de hormigón, con o sin tensiones previas, en función únicamente del espesor, y nuestra impresión es que si el material es bueno, esa limitación es tan alta que no constituye preocupación para la inmensa mayoría de las aplicaciones prácticas. Con hormigones de inferior calidad, el límite baja, y la camisa de chapa resulta necesaria para realizar el cometido que debió haberse confiado a la impermeabilidad intrínseca del hormigón.

La influencia que la camisa de chapa tiene en el precio de la tubería, no sólo por el material metálico consumido, sino también por el coste de las soldaduras, que tienen que ser hechas por operarios expertos, a causa del reducido espesor que conviene dar a la chapa, es de bastante consideración.

Pero hay otra razón de más fuste, que debe impulsarnos a estudiar por todos los medios la forma de mejorar la calidad de los hormigones, para poder suprimir la camisa de chapa, y es el importante papel que dicho material juega en la construcción naval y en la industria conservera, tanto la una como la otra ricas fuentes de divisas para la economía patria, con una limitación constituida precisamente por la insuficiencia de producción del material que nos ocupa en la industria siderúrgica nacional. Tan injustificable es, desde el punto de vista económico, el innecesario empleo de divisas como el despilfarro de materiales que son susceptibles de producirlas o de economizarlas. Desgraciadamente, en este asunto de las tuberías, y conste que no nos referimos ahora sólo a la posible supresión de la chapa, con demasiada frecuencia se olvidan estas elementales nociones de política económica.