

Nuevas posibilidades del hormigón armado

Numerosas e interesantes han sido las aplicaciones que en todo el mundo se han hecho de tan heterogéneo material, constituyendo algunas de ellas verdaderos alardes de técnica por sus atrevidas concepciones, de las que no escasean en nuestra patria, para orgullo de la ingeniería española, que está y ha estado a la vanguardia de tales construcciones, ostentando actualmente algunos "records" por sus audaces dimensiones.

Este hecho, que tan conocido es por los lectores, es más digno de encomio toda vez que los técnicos españoles no disponen de grandes laboratorios ni de elevadas consignaciones que para la investigación se destinan en otros países, habiendo conseguido tan maravilloso resultado solamente por su gran capacidad, firme voluntad y admirable intuición de la realidad.

Es lástima grande que por tal motivo no se haya experimentado ni estudiado en nuestra patria el tratamiento de los hormigones para conseguir que tengan gran resistencia, como viene efectuando Mr. Freyssinet, hace bastante tiempo, habiendo conseguido excelentes resultados.

No estamos, pues, en primer lugar en esta rama especial del hormigón armado, que hemos contemplado como espectadores solamente, durante el tiempo de estudio y experimentación; pero cuando el resultado, tan lisonjero, es un hecho, ¿hemos de continuar mirando? Sin duda debemos pasar de ser espectadores a constituirnos protagonistas.

Ya está explicado el objeto de este artículo, que nada pretende, más que hacer una llamada a la técnica española, y ser como el clarín que anunciaba a los medievos caballeros su entrada en la palestra.

Con esta breve presentación del asunto, entremos de lleno en él, no por darlo a conocer, pues ni por experiencia ni por conocimientos debo intentarlo, sino por recordarlo, en atención a sus especiales características, ateniéndome en todo a las ideas del gran maestro Mr. Freyssinet.

Cuando una pieza de hormigón armado sufre los efectos de la retracción de fraguado, las armaduras metálicas son comprimidas por la adherencia del hormigón, quedando éste trabajando a tracción, o sea, precisamente a los trabajos contrarios para los que es adecuado, y en lo futuro trabajará a tracción cuando la pieza esté descargada, y a compresión cuando esté en carga.

Hace bastante tiempo se experimentó la idea de tensar las armaduras de manera que el hormigón, después de fraguado, quedase comprimido, pero nada se consiguió por trabajar con hormigones corrientes cuya deformabilidad bajo carga permanente y retracción de fraguado es elevada, y con aceros ordinarios, cuya máxima carga admisible es alrededor de los 20 kilogramos/mm.², haciendo que la composición que pudiese realizar el acero al soltar los anclajes, se esfume en contracción de fraguado y deformación permanente del hormigón.

Para conseguir algo es preciso elevar la tracción de las armaduras utilizando aceros cuyo límite de elasticidad, en lugar de valer 24 kg./mm.², como en los

ordinarios, se eleve a 80 ó 90 kg./mm.² También hay que ocuparse del hormigón con el mismo fin, de manera que tenga pequeña deformabilidad.

Es difícil encontrar en el comercio aceros cuyo límite de elasticidad sea superior a 24 kg./mm.², y solamente algunos alambres tienen una carga de rotura de unos 120 kg./mm.², pero conservándose muy bajo el límite de elasticidad. Para elevar dicho límite a un valor adecuado, se estira varias veces, haciendo tomar al acero tensiones del orden del límite elástico que queremos obtener. Los que en tal tratamiento no se rompen, quedan útiles para el fin antes dicho, pues su límite de elasticidad se ha incrementado notablemente.

Freyssinet indica que la puesta en tensión de tales alambres, la ha hecho con máquinas especialmente proyectadas para ello, costosas y grandes por la elevada tracción que han de soportar, pues el tensado que se hace antes de rodear las armaduras de hormigón vale de $\frac{1}{2}$ a $\frac{2}{3}$ de la carga correspondiente al límite elástico de las armaduras, que son valores elevadísimos, pues baste recordar que para tensar una barra de 10 mm. de diámetro se precisan cinco toneladas, o sea, que para piezas grandes se llega a valores de *millares de toneladas*.

Resulta paradójico que, a pesar de tales operaciones, el kilogramo de acero, cuyo límite elástico sea de 90 kg./mm.² tendido a unos 70 kg./mm.², resulte aproximadamente igual al kilogramo de acero corriente, siempre que se trate de series suficientemente grandes.

Ocupémonos ahora del hormigón: Generalmente se vierte muy fluido, y los encofrados son, a la vez, prensas, funcionando como tales mediante la presión de un líquido que se introduce entre el encofrado, propiamente dicho, y una envoltura puramente resistente. Claro es que precisa impermeabilidad para que no entre líquido al hormigón.

Una vez vertido el hormigón se le somete a un enérgico vibrado, que hace fluidificar al hormigón, que entonces es comprimido por la prensa-encofrado. Por las uniones de esta prensa sale el agua que había de exceso en el hormigón, quedando seco y compacto.

Esta operación tiene gran parecido con el "planchado" del hormigón, preconizado por el ilustre profesor D. Eduardo de Castro, en su concepción de las partículas de cemento agrupadas a manera de castillo de naipes.

Con este tratamiento se obtiene un endurecimiento suficiente para soltar los cepos de las armaduras al cabo de dieciocho horas. La presión a que se somete el hormigón viene a ser algo inferior a 20 kg./cm.²

Se consigue así un hormigón cuya rotura está por los 1 000 kg./cm.², notándose una retracción total, al cabo de bastante tiempo, del orden del 1 : 1 000, correspondiente a una pérdida en las armaduras de unos 20 kg./mm.²

Como tanto las prensas como las máquinas estiradoras son caras, conviene que estén la menor cantidad de tiempo para cada pieza, y por tal causa se ha venido al fraguado rápido.

Para conseguir un fraguado rápido en el hormigón, se rodea al conjunto de una envuelta aislante del calor, inyectando entre la envuelta y el encofrado vapor de agua a unos 100° C., consiguiendo con ello que el hormigón pueda desmoldarse y se puedan soltar los cepos de las armaduras a las *dos horas, o menos*, del vertido.

La única idea original que voy a exponer, precisando experimentación para ser admitida como practicable, consiste en evitar las máquinas tensadoras y cepos de anclaje, simplificándose mucho el tratamiento por la elevada cantidad de toneladas que entran en juego cuando se hace el tensado mediante máquinas de tracción. Para conseguirlo se pueden montar las barras, como se hace corrientemente; después se hace que por ellas circule corriente eléctrica hasta que tomen una temperatura del orden de 250° C., y una vez calientes se vierte el hormigón, cortando la corriente al poco tiempo del vertido. Con esto se consigue, no solamente evitar las máquinas y disposiciones antes dichas, sino que también se calienta el hormigón por dentro, acelerándose más el fraguado. La única duda estriba en que el hormigón se altere por estar en contacto con un cuerpo que está a 250°. Con esta temperatura se crea en los aceros una tracción del orden de 60 kg./mm.²

Expuestas, a la ligera, las operaciones del tratamiento de los hormigones, las ventajas que de él se derivan son obvias, pues podemos trabajar con hormigones de 1 000 kg./cm.² de rotura, con todas las consecuencias que esto acarrea, y en cambio, las operaciones citadas no tienen ninguna dificultad insuperable, sobre todo cuando se hacen piezas en serie.

Hay una particularidad que hace a estos hormigones aptos para desplazar a otros materiales, y es la gran adaptación para soportar esfuerzos alternados.

L'freyssinet cita el caso de un poste de hormigón corriente, con dieciocho meses de edad, con 130 kg. de acero y 980 kg. en total, que se fisuró cuando, sometido a un momento flector dado, sufrió algunos centenares de alternancias y se rompió completamente al cabo de unos pocos millares. Por el contrario, un poste de hormigón tratado, de cinco meses, con 50 kilogramos de hierro y 750 kg. en total, soportó 500 000 alternancias del mismo momento flector, sin la menor alteración.

Tal cualidad le hace inmejorable para traviesas de ferrocarril, habiendo ya sido utilizadas en Francia, y también para tubos y postes de transmisión de energía eléctrica, en fin, para una colección de cosas en que hasta ahora su éxito era algo dudoso, alterando su uso con otros materiales, o siendo considerado como inadecuado.

Gracias al tratamiento, el hormigón armado tiene un nuevo horizonte de posibilidades que le aseguran su triunfo definitivo sobre los demás materiales, pues a pesar del enorme aumento de resistencia que con el tratamiento se consigue, su coste se incrementa muy poco. Es fácil que, utilizando el tratamiento, instalen las Compañías de Ferrocarriles talleres de construcción de traviesas, o haya Empresas que construyan y vendan las vigas de hormigón tratado, como ahora se vende el acero laminado, aparte todo esto de las aplicaciones generales que tendrán mucha más esbeltez que en la actualidad, tales como tramos rectos de 100 m. de luz, arcos de dimensiones que solamente los puentes colgados pueden compararse..., etc. Se puede asegurar que con el tratamiento comienza para el hormigón armado una nueva era.

Antonio ANGULO,
Ingeniero de Caminos.

En defensa del vigente Pliego de Condiciones generales para la contratación de Obras públicas¹

II

El cuadro número 1 de los precios unitarios.

He aquí el "Nolli me tangere" de la contratación de obras públicas: este Cuadro número 1 de los precios unitarios escritos en letra, constituye una cosa situada más allá del bien y del mal; es algo reverencial que nadie puede conmovir; resulta más fuerte que el acero y más duro que el diamante; tiene, en una palabra, todos los caracteres de lo absoluto, como si se tratara de una ley natural. ¿Por qué tantas y tales prerrogativas?

Por algo debe ser, y este algo va a constituir el objeto del presente artículo.

* * *

Para formalizar una contrata mediante subasta pública, se sigue un itinerario minuciosamente prescrito; se exige el cumplimiento de un gran número de sabias reglas, y entre otras las agrupadas en tres

apartados distintos que se titulan "Pliegos de Condiciones", a saber:

- 1.º Pliego de condiciones generales.
- 2.º Pliego de condiciones facultativas; y
- 3.º Pliego de condiciones particulares y económicas.

No se puede, pues, presentar en ninguna otra clase de contratos mayor número de garantías; ni revestirlos de mayor solemnidad; ni rodearlos con más precauciones para conseguir la equidad y la justicia.

Es necesario además, para toda subasta, un proyecto de la obra redactado con las máximas garantías de exactitud y con sujeción a unos detalladísimos formularios que acrecen tales garantías; éstos prescriben que el proyecto se divida en cuatro documentos, de los cuales, el primero no forma parte de la contrata y se denomina *Memoria*; el segundo está constituido por los *Planos*; el tercero es el *Pliego de Condiciones facultativas*, ya enumerado anteriormente, y el cuarto se titula *Presupuesto*, que se descompone en cuatro capítulos: al segundo de estos capítulos se le llama *Cuadros de precios*, y son dos: el cua-

¹ Véase la REVISTA de 1.º de marzo, página 96.