

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

EL HORMIGÓN ARMADO CON BARRAS AMERICANAS

Se sabe que los diferentes sistemas de hormigón armado empleados en Europa se derivan casi todos del sistema Monier, más ó menos modificado por los constructores, y que todos ellos consisten, en general, en armaduras principales de hierro ó acero redondo en la parte sometida á tensión, enlazadas con el hormigón de la parte comprimida, por armaduras secundarias.

Algunas veces se emplea igualmente una armadura en la parte comprimida del hormigón, y se enlazan las dos armaduras por riostras formando estribos rectos ó diagonales.

El papel de las armaduras secundarias es sumar la resistencia al esfuerzo cortante del metal á la resistencia al deslizamiento del hormigón sobre sí mismo.

Pero importa también impedir el deslizamiento de las armaduras principales en el hormigón. Casi todos los sistemas europeos admiten *a priori* que la adherencia del metal al hormigón es suficiente para oponerse á este deslizamiento; pero hay sobre esto diferencias de apreciación. La adherencia está sujeta á variaciones según el cuidado tenido en la ejecución del hormigón, la cantidad de agua empleada, los choques y vibraciones durante y después del fraguado, las influencias atmosféricas, etcétera.

Puede, pues, tenerse el propósito, y tal es el objeto de ciertos sistemas, de dar un suplemento á la adherencia natural. No nos referimos á los sistemas que reducen la intensidad del trabajo de deslizamiento dando á las barras principales una forma curva ó poligonal, porque esto no es más que un paliativo que puede ser considerado como insuficiente.

El primer medio consiste en enlazar las barras secundarias á las barras principales, de manera que formen un todo solidario. En lugar de la ligadura ordinaria, que no tiene evidentemente ningún valor desde el punto de vista de la estabilidad de deslizamiento, se pueden colocar en las barras principales varillas roblonadas, alrededor de las cuales se arrollen las armaduras secundarias. Este procedimiento se emplea raramente; es costoso y complica el apisonado del hormigón. También la mayoría de nuestros constructores se contentan con construir las extremidades de las barras principales en forma de ganchos ó de patas de liebre, lo que no es evidentemente más que un refuerzo local.

En América, donde el precio de la mano de obra es muy elevado, el problema ha sido planteado y resuelto de otra manera. Se trata ante todo de reducir al mínimo el coste, manipulación y de colocación de las armaduras, así como la mano de obra de hormigón. Pero para llegar á esto, se dispone de recursos numerosos de laminadores y de talleres, cuya maquinaria permite obtener económicamente productos muy perfeccionados.

Se ha buscado, pues, el obtener barras de armadura que, por su forma especial, hiciesen el mismo oficio que las barras provistas de armaduras secundarias.

Á este efecto, las barras de armadura principal han sido provistas, por laminado ó por torsión, de salientes repartidos en toda su longitud, según un orden determinado; estos salientes se oponen al deslizamiento de las barras en el hormigón y constituyen un enlace mecánico constante que es independiente de la simple adherencia tangencial de las barras unidas, y, por consecuencia, de la variación de las intensidades de esta adherencia.

En vista de los resultados satisfactorios obtenidos con el empleo de estas barras con salientes, los americanos han preguntado si se podrían llevar las cosas más lejos y emplear para estas barras el acero duro, á fin de aumentar el límite de trabajo de las armaduras y reducir así su peso.

Actualmente algunas barras de este tipo se emplean corrientemente en América. Sin recordar todos los sistemas de barras que se han creado con este objeto, indicaremos á continuación los principales:

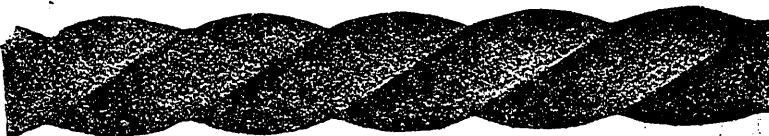


Fig. 1.ª

1.º Uno de los primeros es la barra *Rausone* (fig. 1.ª) de acero dulce, retorcida en frío; el número de espiras por metro varía con la dimensión de la barra. Se emplea generalmente la barra cuadrada, pero la torsión puede efectuarse en barras redondas y planas.

Los calibres adoptados varían entre 3 y 50 milímetros.

2.º La barra *Buffalo*, que no es más que una variante de la barra *Rausone*; está retorcida en caliente y la «Buffalo Steel



Fig. 2.ª

Company» ha creado máquinas perfeccionadas para retorcer las barras á la salida de los cilindros de los laminadores.

3.º En un otro tipo se encuentra la barra *Thacher* (fig. 2.ª), que es inicialmente redonda y ensanchada por trozos; comprende dos géneros:

Las barras núm. 1 están recalentadas y laminadas de nuevo para recibir su forma definitiva; están dispuestas para ser enlazadas por tuercas de manguito y se emplean, sobre todo, en las vigas de arco.

Las barras núm. 2 están laminadas en la forma definitiva, sin recalentamientos, y se emplean en las construcciones corrientes.



Fig. 3.ª

El diámetro de las barras Thacher varía entre 6 y 50 milímetros.

4.º Finalmente, en una última categoría se encuentran las barras con salientes redondas *Diamond* (fig. 3.ª), y la cuadrada tipo *Johnson* (fig. 4.ª)

Estos dos tipos de barras se obtienen directamente por el laminado, por un procedimiento particular, y su dimensión varía entre 8 y 30 milímetros.

Las barras Buffalo, Thacher, Diamond y Johnson se hacen con acero duro, cuyo límite de elasticidad varía entre 32 y 35 kilogramos por milímetro cuadrado, mientras que la barra Rausone es de acero dulce, cuyo límite de elasticidad es aumentado por la torsión en frío.

Numerosos ensayos se han hecho para demostrar las ventajas de estas barras desde el punto de vista de la resistencia al deslizamiento.

El artículo del diario *Le Genie Civil* (8 y 15 de Febrero de 1908), del cual tomamos los detalles que preceden, da los resultados de ensayos comparativos efectuados en 1906 y 1907 en el Instituto Lewis, en Chicago, por el profesor De Puy y el Ingeniero Coniron, y cuya nota ha sido publicada por el diario *Beton und Eisen* (Septiembre y Octubre de 1907). Estos ensayos se han

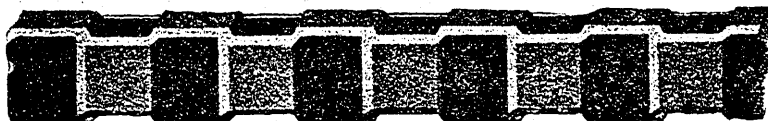


Fig. 4.ª

llevado sobre la resistencia al arranque de barras rodeadas de hormigón y perteneciendo al tipo redondo, cuadrado, Rausone, Buffalo, Thacher, Diamond y Johnson. Parece resultar que estas barras deben clasificarse en el orden que acabamos de indicar. La barra Johnson dará el máximo de resistencia al arranque, ó sea de dos á cuatro veces más que la barra redonda.

Esta clasificación de los diversos tipos de barras está confirmada por ensayos ejecutados recientemente por M. Probst en el Laboratorio del Gobierno alemán en Cross-Sichterfelde (Berlín), y publicados en los Anales de esta institución. Pero la superioridad de la barra Johnson no ha sido más que del 50 por 100 próximamente sobre la barra redonda lisa. Sin embargo, conviene guardarse de considerar estos datos como concluyentes, pues los ensayos de los materiales no los proporcionan siempre precisos. Resulta, además, de numerosas experiencias hechas sobre la adherencia del hormigón al metal, que esta resistencia varía entre límites muy amplios con la clase de las dos materias puestas en presencia.

Que las barras con salientes ofrecen una resistencia más grande al arranque, la cosa parece desde luego cierta. Ello resulta, no sólo de la forma de las barras, sino también de ser el metal empleado acero duro. Es también evidente, en efecto, que cuanto más se eleva el límite de elasticidad, más se retrasa el momento de la estricción que es frecuentemente la causa determinante del arranque:

De todos modos, el empleo de las barras americanas en las construcciones de hormigón armado en Europa debe hacerse con algunas reservas.

Los constructores americanos pretenden también que el uso de las barras especiales dispensa el de armaduras secundarias, y, de hecho, emplean muy pocos estribos, lo que simplifica mucho la construcción. No obstante, el papel de los salientes de las barras no es el de los estribos, puesto que las unas aseguran la adherencia y los otros el deslizamiento del hormigón.

No se ve tampoco muy bien cuál es la justificación teórica del empleo de las barras americanas en las bóvedas, puesto que en éstas la inclinación al deslizamiento es siempre muy débil.—O.

PUERTO DE SANTANDER

(CONTINUACIÓN)

Excavaciones en la dársena de Molnedo.

En el año 1902 se dió término á las excavaciones en el interior de esta dársena, llegando á un calado mínimo de 3,50 metros á todo lo largo del muelle Sur y al cero de bajamar en el atracadero del muelle Norte, según lo previsto en el presupuesto reformado que se aprobó por Real orden de 7 de Junio de 1898.

Hasta 31 de Diciembre de 1902 se habían gastado 1.369.166,62 pesetas, y las 52.295,10 restantes hasta el total importe del presupuesto, debían destinarse á la conclusión de la obra. El calado medio natural hacia la boca era próximamente de 2 metros y había que aumentarlo hasta 3 $\frac{1}{2}$, y en la parte interior quedaba todavía por hacer un desmonte importante, hasta las rampas del Nordeste, para situar las rasantes del fondo en esta zona á la misma altura que en el resto de la dársena.

Con tal objeto se acumuló en dicha zona el trabajo de dos perforadoras, la marina y la instalada en el extremo del dique de abrigo de la dársena, y el de dos dragas Priestman, para dejar abierta la canal de entrada en su semiancho de 45 metros, ya que no era posible acabar definitivamente todo el desmonte con la cantidad que restaba del presupuesto.

Durante el año 1903 y primer trimestre del 1904 ó en un período de cinco trimestres incompletos, porque apenas se trabajó en Febrero y Marzo de 1904, se habían gastado 52.086,23 pesetas y extraído 782 metros cúbicos de arena y tierra y 1.447 de roca. Descontando el coste de la extracción de la arena y tierra al precio de 8,371 que indica la Memoria del presupuesto reformado, resulta el metro cúbico de roca volado y dragado á 33,24 pesetas, muy poco más del tipo 31,045 que sirvió para calcular el mismo presupuesto, en el cual se había supuesto un precio alto al metro cúbico de tierras sueltas, dragadas y transportadas á los terraplenes ó vertidas en el mar, porque, aparte otros motivos, era ya escasa la cantidad de estos materiales que había de extraerse, y en yacimientos dispersos y difíciles de atacar por las garras.

Pero los trabajos discontinuos hechos en esos últimos trimestres no pueden servir de norma para determinar los precios y el coste de esta obra. Agotado el presupuesto en dicho mes de Marzo, se dieron por terminadas las obras. Lo que queda por hacer se va ejecutando con cargo al presupuesto de dragados que formula la Junta anualmente, sin que sea obstáculo para ello el no haber abierto la canal de entrada en todo el ancho de 90 metros que tiene la boca.

Por esta circunstancia de estar casi terminada la obra, y para juzgar de su coste y dejar consignados los incidentes más salientes de su desarrollo, conviene hacer una reseña desde su principio hasta la conclusión.

Reseña general de las obras de la «Limpia» ó excavación de la dársena de Molnedo.—En el proyecto de encauzamiento de la costa Norte de esta bahía, redactado en el año 1878 por el Ingeniero don