

más valor al dictamen del Sr. Gascón y Marín, cuya competencia reconocida se veía reforzada con la notoria imparcialidad del que no se ve solicitado en su juicio por ningún interés inmediato, aunque éste pueda ser tan noble como el del incondicional amparo de un servicio que se tiene el deber de defender.

Que hay una sentencia del Tribunal Supremo favorable al dominio privado de las aguas públicas. Esa sentencia y otras mil que pudiera haber sólo sentarían jurisprudencia cuando de ellas se destacara doctrina constante y desligada de las circunstancias particulares del caso concreto. En todo caso, la jurisprudencia cesa ante la interpretación auténtica, que es la dada por el legislador.

Termina el Sr. Lillo afirmando que si la nueva legislación se consideraba preferible para seguir las huellas de la moderna política hidráulica de todos los paí-

ses áridos (que, dicho sea de paso, no es más que la tradición constante de la legislación española en la materia), ha debido preceder la expropiación de los derechos de los propietarios.

Tales derechos ya hemos visto que no existían indiscutibles por la ley. Cuando por actos legítimos de dominio debidamente consolidados haya surgido alguno verdaderamente respetable, abierto tiene siempre, para su defensa, el camino de los tribunales.

Esto en lo que respecta a los propietarios particulares; porque en cuanto al Estado, ¿qué expropiación cabe, ni qué censura, por esa renuncia de supuestos derechos privativos, en aras de un mayor desarrollo y fomento de la riqueza general, por una ordenación y administración más claras y unificadas de los recursos hidráulicos del país?

## Revista de Revistas

### Averías del hormigón armado en los puertos de América del Norte

En el número correspondiente a enero último, *The Dock and Harbour Authority* publica un artículo, redactado por Mr. George Nicholson, ingeniero director del puerto de Los Angeles, tratando de la deterioración del hormigón armado en el agua del mar, y por ser muy interesante y de actualidad, creemos de gran utilidad contribuir a la divulgación de lo más esencial del mismo.

Para la construcción de los muelles, los ingenieros americanos dan preferencia al sistema de gruesos pilotes de hormigón armado, los cuales soportan el pavimento, donde también en ciertas partes emplean dicha fábrica.

Sólo desde poco tiempo ha, conocen en América del Norte la importancia de la descomposición del hormigón en el agua del mar, por haber sido esta fábrica poco empleada allí. En los puertos donde ha sido adoptada, en reducida escala, la edad de tales estructuras es insuficiente para suministrar bastante información sobre la materia; además, en cierto número de ellos, los muelles han sido ubicados en ríos, sin estar sometidos los hormigones a la acción del agua del mar.

Hay casos, sin embargo, en los que ha sido empleado el hormigón, desde hace algunos años, en agua del mar en los puertos de América del Norte, especialmente en las costas del Pacífico. En Los Angeles se ha estado usando el hormigón armado desde hace unos catorce años. En los principales puertos del Atlántico, ya estén situados en aguas dulces o saladas, los ingenieros, muy sabiamente, han empleado pilotes de madera, los cuales no se deterioran en agua dulce cuando se cortan al nivel del agua.

Importantes averías han ocurrido en los puertos del Pacífico, donde se han construido estructuras de hormigón. La disgregación comenzó, evidentemente, poco tiempo después de haber sido colocado en obra; y aunque fué aparentemente lento el progreso durante los primeros años, cuando llegó a la edad de siete a ocho años la descomposición tuvo un avance más rápido.

Se ha comprobado que la deterioración ocurre principalmente en la zona de la carrera de marea, y también en cierta altura por encima de la pleamar.

En Seattle, la Dirección del puerto municipal no ha empleado el hormigón en la construcción de los muel-

les, sino pilotes de madera, en consideración a la relativa baratura de este material en el Nordeste del Pacífico. En cambio, algunas empresas particulares y el Estado han empleado hormigón armado y sin armar en la ejecución de muelles en aguas del mar. Sólo esta última fábrica, teniendo algunas treinta años de edad, se halla en favorables condiciones, mientras que el hormigón armado, con diez y siete años de edad, muestra varios grados de disgregación.

En San Francisco, considerable deterioración ha sido vista en los pilotes de hormigón armado y en las partes inferiores de las estructuras del pavimento.

En Los Angeles, los pilotes de hormigón armado, revestidos de pintura, han mostrado graves deterioros, e igualmente los construidos, también armados, con adiciones de sustancias para que la fábrica resultara lo más compacta posible. En unos han transcurrido once años desde su colocación en obra, y en otros, catorce. Las averías fueron perceptibles a la edad, aproximadamente, de ocho años, pero han progresado mucho más rápidamente en los años siguientes.

Muchos ingenieros, desconocedores del asunto—dice Mr. Nicholson—, creen que, bien ejecutado un hormigón, es permanente en el agua del mar; sin embargo, estos recientes descubrimientos de graves descomposiciones en hormigones fabricados científicamente prueban que dicha creencia es ilusoria.

Afirma Mr. Nicholson que las causas principales del fracaso del hormigón armado en las obras marítimas son dos: *la acción química del agua y la oxidación de la armadura.*

*Acción química.*—El elemento más activo y disgregante del agua del mar es el sulfato de magnesia, el cual se combina con la cal libre del cemento portland, producida después del fraguado y en una cantidad que oscila entre el 15 y 30 por 100 del peso del cemento. Esta acción química deja un depósito de cristales de sulfato cálcico, que adquiere próximamente 1.40 veces el volumen ocupado por la cal libre, provocando la expansión y descomposición del hormigón. Además, añade, si hay un ligero movimiento de agua en el cuerpo de la fábrica después de la desaparición de la cal libre, el silicato cálcico anhídrido, que es el producto más rápidamente formado en el fraguado, se deshace; y este proceso, una vez comenzado, continúa hasta que se convierte la fábrica en una disgregada masa de arena y otros componentes.

*Oxidación de la armadura.*—No sólo se destruye el hormigón armado por los efectos atribuidos a la ac-

ción anterior; también es destruido por aherrumbrarse la armadura de acero. Este es lentamente provisto de oxígeno por la circulación del agua, la cual, penetrando en el interior de la fábrica sumergida, asciende por capilaridad hasta la zona expuesta al aire, donde el agua se evapora constantemente. Esta acción es continua, y termina, finalmente, con la formación del orín y la expansión del acero, causando grietas en el hormigón, las que a su vez aceleran su destrucción. Las partes de la obra situadas fuera del agua son afectadas de un modo semejante, aunque en grado menor, por la sal del agua de los rociones. Hay otros factores que pueden auxiliar en esta clase de destrucción, siendo la electrolisis el principal.

La Dirección facultativa del puerto de Los Angeles, después de un detenido estudio y de practicar numerosos ensayos, se ha decidido por adoptar un nuevo modelo de pilote, confeccionado con un hormigón rico en cemento, e inyectado, además, bajo presión y a baja temperatura, de asfalto, de forma que penetre este material hasta una profundidad de unos cuatro centímetros en el interior del hormigón.

En el XI Congreso de Navegación, celebrado en 1908, se adoptó el siguiente acuerdo: "Si, por una parte, se puede considerar el empleo del hormigón armado como racional y conveniente en los trabajos marítimos que no están expuestos a la acción directa del agua del mar, no puede admitirse que sea así para las partes de tales trabajos que tienen una importancia esencial en cuanto a la conservación y resistencia de la obra y que se hallan expuestas a la acción directa del agua del mar, siendo un hecho que ésta ejerce una acción perjudicial sobre el cemento. Este es el motivo por el cual el empleo del hormigón armado en la construcción debe únicamente ser considerado como un medio de ejecución de esas obras, y por el cual debe despreciarse completamente la consideración del hormigón armado cuando se proyectan los detalles de construcción y se establecen los cálculos para darse cuenta de la resistencia y duración de tales obras de hormigón armado."

A la razón fundamental del anterior acuerdo, tan sabiamente tomado, debe añadirse la del ataque del agua del mar a la armadura del hormigón.

No bastará, pues, para evitar la destrucción del hormigón armado en una obra marítima el añadir puzolana al cemento, porque siempre se infiltrará el agua del mar y aherrumbrará la armadura.

Además, si se añade la puzolana necesaria para extinguir toda la cal libre, disminuye muchísimo, según experiencias que hemos realizado, la resistencia a la flexión del hormigón armado, perdiendo por ello su cualidad más preciada.

Todo induce, por tanto, a declarar proscrito el hormigón armado de las partes esenciales de una obra marítima.

Eugenio SUÁREZ GALVÁN  
Ingeniero director del Puerto de Cádiz

### Observaciones sobre una enfermedad de los hormigones de cemento fundido.

Los ingenieros E. Freyssinet y A. Coyne publican en el *Génie Civil* de 12 de marzo de 1927 un artículo sobre averías en hormigones hechos con cemento fundido, que tiene interés para nuestros lectores, y del cual copiamos las conclusiones siguientes:

1.ª En primer término conviene agregar a los ensayos corrientes de recepción de cemento fundido en el laboratorio, y en ocasiones en las obras, un ensayo tér-

mico. Con este objeto se registrarán las variaciones de temperatura durante el fraguado en condiciones a definir de temperatura inicial, de cantidad de agua de amasado, de masa y de conservación del calor desprendido.

Se llega así rápidamente a conocer las velocidades de calentamiento límites que corresponden a diferentes temperaturas iniciales, más allá de las cuales los cementos deben considerarse como particularmente peligrosos desde el punto de vista de fraguado anormal. Estos cementos deben ser objeto de cuidadosa vigilancia o ser eliminados.

2.ª Los ensayos de recepción sobre hormigones deben hacerse en condiciones de temperatura por lo menos tan desfavorables como los que puedan presentarse en la ejecución, particularmente en el interior de los macizos.

3.ª Debe evitarse el amasado con agua del mar.

4.ª Hay que evitar en absoluto el empleo del cemento fundido cuando los moldes, el agua, la piedra, la arena y el mismo cemento están muy calientes.

5.ª Es preciso combatir la desecación y el calentamiento durante el fraguado, amasar con mucha agua, mantener el hormigón muy húmedo (el fraguado del cemento fundido exige teóricamente un peso de agua igual al peso de la alúmina, o sea, por lo menos, 40 por 100 del peso del cemento).

6.ª Si han de hacerse grandes macizos reservarse los medios de evitar o, por lo menos, dirigir el calentamiento. La sustitución del hormigón ordinario por hormigón ciclópeo según se hace en el puerto de Plougastel es muy ventajoso desde este punto de vista, porque se rebaja la temperatura de los macizos y se facilita su ejecución por capas.

### Cimientos sobre pilotes de hormigón armado comprimido neumáticamente.

La hincada de pilotes por medio de máquinas da lugar a grandes vibraciones, que pueden resultar muy peligrosas para las construcciones próximas al lugar de la hincada. Los pilotes hechos por el procedimiento de rellenar con hormigón un tubo de acero previamente hincado pueden resultar poco resistentes por consecuencia de las soluciones de continuidad que se produzcan al retirar el tubo.

Se han hecho ya algunas aplicaciones, con satisfactorio resultado, de un nuevo procedimiento, consistente en hacer primero la perforación e introducir seguidamente un tubo de acero compuesto de elementos unidos por rosca; colocado el tubo, se introducen en él las barras de las armaduras del pilote y se tapa el tubo en su parte superior con una culata; por medio de aire comprimido se expulsa el agua del interior del tubo, y después entra el hormigón, a presión elevada, formando un ensanche en la base del tubo, con ramificaciones en todos sentidos. Cuando el tubo no admite más hormigón, la presión del aire actúa sobre el cierre y hace elevarse el tubo sin sacudidas; a medida que el tubo se eleva el hormigón se extiende, formando ensanches, que favorecen mucho la resistencia del pilote.

El manómetro colocado en la parte superior del tubo indica la presión de aire que actúa sobre el hormigón y, por consiguiente, sobre el terreno, resultando, por tanto, fácil de determinar la carga que es capaz de soportar el pilote.

Resulta del examen de pilotes desenterrados, que el diámetro de la base es doble del diámetro del tubo y que el diámetro medio del pilote aumenta en un 40 por 100. Sin embargo, no conviene tener en cuenta, para aumento del diámetro, más de un 20 por 100 y tomar de 0,3 a 0,7 kg/cm<sup>2</sup> para rozamiento del hormigón con el terreno.