

El relleno de los terraplenes se efectúa con una potente draga de succión, propiedad de la Empresa constructora, que toma la arena en las playas de la margen izquierda de la ría, y, una vez transportada, la deposita en la obra por impulsión.

Las demás partes de la obra, empalizadas de hormigón armado, lengüetas, etc., no ofrecen, en su construcción, particularidades interesantes.

En cuanto a plazo, las obras de la superestructura de los muelles van con lentitud, a causa de la mala calidad del subsuelo, que precisa mucho tiempo para los asientos de la escollera. Aun así, y a pesar de la innegable competencia técnica de la Casa italiana y de los cuidados que toman en la construcción, no han podido evitar un desplome del muro hacia dentro, bastante visible, en un trozo del muelle de — 8,50 de calado¹.

Por eso, y aunque el perfil elegido para el muro por la Casa italiana es económico y racional, dentro del tipo de muros macizos —siempre que el terreno sea bastante firme y homogéneo—, en nuestra modesta opinión hubiese sido preferible sustituir este sistema por el de grandes cajones de hormigón armado, con amplia base, tipo Huelva o Rotterdam²,

¹ Desgraciadamente, casos mucho peores que éste ya se han dado hace años en distintas ocasiones en varios muelles de Lisboa. Los accidentes más notables fueron el hundimiento del muro de la dársena de Alcántara en una longitud de 450 m. El muelle de la dársena de Santos, de — 8,50 m, se hundió durante la guerra en una longitud de 70 m (véase el libro de cimientos de D. Eugenio Ribera, que llega a unas conclusiones muy interesantes sobre este último accidente, con las que estamos por completo de acuerdo). También tratan ambos accidentes los señores Rouselet y Petit, ingenieros de la Casa Hersent, de París, en su obra *Stabilité des infrastructures et ouvrages d'art en maçonneries*. Otro accidente importante ocurrió en el muelle de la Aduana, construido por la Casa Hersent, una de las que más han trabajado en puertos en el mundo entero, que construyó la mayoría de las obras existentes en Lisboa.

² La descripción de los cajones de Rotterdam puede verse en un interesante artículo del ingeniero de Caminos Sr. Marín

o disimétricos, como los de Kobe, aunque ya no somos tan partidarios de este último tipo¹.

También, como consecuencia de esta mala calidad del fondo, que resultó peor de lo previsto, tienen necesidad de emplear en las fundaciones un volumen de escollera bastante mayor del que se había calculado².

Por lo demás, tanto en la cantera como en el taller de bloques y en la obra, se puede apreciar la alta técnica y la competencia de la firma italiana, juntamente con un utillaje moderno y adecuado para los trabajos que están ejecutando.

Para terminar, reiteramos nuestro agradecimiento al personal técnico de la Junta autónoma del puerto, así como al de la Empresa constructora, por las atenciones de que nos hicieron objeto, al tiempo que les desamos la feliz terminación de las obras.

Ingeniero de Caminos
César CONTI

Toyos, publicado en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de mayo de 1931.

Otros cajones que, a nuestro juicio, podrían adaptarse al caso son los del moderno e importante puerto de Surabaya, de la colonia holandesa de Java, descrito en la revista *The dock and Harbour authority* en agosto de 1930.

¹ La descripción de estos últimos cajones puede verse en la Memoria presentada por los ingenieros japoneses Sakamoto y Takanishi, en el Congreso de Navegación de El Cairo.

² El aumento previsto para atender las posibles penetraciones fué de un 10 por 100 sobre la cubicación, deducida de los transversales, según nos manifestó hace tres años, a raíz de la adjudicación, el director de la Casa constructora, Sr. Bastianelli, en ocasión de un viaje en el que tuvimos el honor de coincidir con él.

La Constructora Fierro, que también acudió al concurso, haciendo un papel muy lucido, calculó para esto el 20 por 100, según nos informó el Sr. Castro Cardús, competente ingeniero de Caminos de dicha Empresa. De otro concursante sabemos que calculó el 30 por 100. La Constructora Fierro propuso para el muro del muelle grandes cajones de hormigón armado, que fueron proyectados por nuestros compañeros Serra y Castro Cardús.

El ejemplo ofrecido¹

(Sobre el proyecto de cañerías)

Supongamos una arteria de distribución urbana de agua potable cuyo diámetro interior sea de 400 milímetros y cuya máxima presión hidráulica interior supuesta—incluso el máximo golpe de ariete que se calcula como posible—sea de 7 kg/cm², o, como es lo más usual decir, 7 atmósferas.

Voy a exponer las condiciones que yo creo más oportunas, y que me consta son suficientes para asegurar el buen resultado, o sea la estabilidad y buen servicio de esta cañería, suponiendo que sea ella de hormigón. Pero he de recordar primero lo que tengo reiteradamente observado, y alguna vez ya dicho, acerca del límite de elasticidad del hormigón en que

pienso como muy propio para el caso: el de portland corriente, pero dosificado y elaborado de tal modo que ofrezca la uniformidad mayor posible en la distribución de sus elementos dentro de la masa y carencia de huecos y de partículas de agua sobrante o de sustancias extrañas. Y perdone la repetición quien disfrute tan feliz retentiva que no la necesitara.

El hormigón a que me refiero es capaz, si sus componentes son de buena calidad, de resistir en pared de tubo, no muy gruesa relativamente al diámetro, cargas hidráulicas del orden de la indicada, y aun bastante mayores, sin que aquélla sea traspasada por el agua, y manifiesta no sufrir resentimiento o deformación íntima permanente por efecto del consiguiente esfuerzo de tensión mientras no se sobrepasa el 75 por 100, o quizá el 80 por 100, de la carga a la cual se produciría la rotura. Esta última propiedad es la que más importa tener ahora presente.

Por virtud de ella—concretémosla—se puede impunemente repetir o aplicar de modo permanente en una cañería construída con hormigón del que se tra-

¹ Nota de la Redacción. — Este artículo, continuación del publicado en nuestro número de 1.º de noviembre de 1933 con el título de «Sobre proyectos de cañerías», está en nuestro poder y aun compuesto para la impresión desde hace más de un mes, no habiéndolo insertado hasta ahora por razón de mayor apremio circundando de otros originales.

Lo hacemos constar para evitar cualquier juicio o suspicacia que injustamente pueda molestar al autor en su recientísimo destino al Servicio de Obras Hidráulicas.

ta una carga hidráulica que no exceda del 75 por 100 de la que rompería los caños o tubos de la misma.

En cambio, si con el esfuerzo pasamos del 80 por 100 de la carga de rotura, podemos estar ciertos de que a la segunda o tercera vez que intentemos repetir la misma prueba se producirá la rotura a una presión menor que la que hubiera sido necesaria para producirla en la primera prueba, y generalmente menor también que el mismo 80 por 100 de ésta alcanzado y sobrepasado una o más veces sin que la obra o tubo probados se hayan roto.

En estas enseñanzas de mis ensayos y experimentación me fundo para fijar en cada caso la calidad o resistencia que se ha de dar a los tubos. Si la presión hidráulica interior a que éstos romperían a sus 15 días de edad no es menor que los $\frac{4}{3}$ de la máxima efectiva probable del servicio a que se destinan, se puede asegurar que tienen y aun superan en algo la resistencia estrictamente necesaria; y si aquella es $\frac{5}{3}$ de dicha máxima probable, ofrecen un margen de seguridad muy suficiente y que el natural progreso de la resistencia del hormigón con el tiempo hará aún mayor.

Inversamente. Si una cañería construida, y cuya carga hidráulica interior calculada como máxima posible de servicio es p , se somete reiteradamente sin rotura a la de $\frac{5}{4} p$, demuestra que su límite de elasticidad está por encima de este esfuerzo de prueba, o sea holgadamente por encima de su máximo esfuerzo de servicio, y que su carga de rotura no es menor de $\frac{1}{0,80} \times \frac{5}{4} p = \frac{25}{16} p$, o sea que es mayor de *vez y media* p .

Y volviendo ya al ejemplo propuesto, y suponiendo que la cañería no tenga que sufrir otros esfuerzos de importancia a más de los de su servicio hidráulico—pues en caso de que hubiera de estar expuesta a ellos habrían de ser convenientemente definidos y se habrían de establecer en consecuencia correlativas condiciones y pruebas—, yo me limitaría a exigir para los materiales primarios que se han de emplear (agua, cemento, arena y grava) las condiciones precisas para que no se pueda temer alteración alguna degenerativa en el hormigón con el tiempo, y dejaría al constructor plena libertad respecto al espesor o grueso de pared de la cañería, dosificación y elaboración de la pasta, fabricación y cura de los tubos, disposición de los empalmes y modo de ejecutarlos, detalle de la instalación, cuidados especiales y orden de operaciones de la misma, etc., etc.

Facultaría, sí, al inspector técnico de la ejecución para exigir la prueba a rotura de un prudencial número de tubos antes que se haya de comenzar la instalación, en caso de que no se tengan suficientes motivos de confianza acerca de la seguridad del constructor para obtener las características indispensables de los mismos, a saber: la resistencia a una carga hidráulica interior no inferior a 12 atmósferas (atendido el valor de p en el ejemplo en que estamos), o sea, aproximadamente por exceso, los $\frac{5}{3}$ que he dicho del máximo esfuerzo posible de servicio, y la impermeabilidad práctica o efectiva hasta sobrepasadas las 7 atmósferas, o sea hasta por encima del mismo máximo de servicio.

Pero, sobre todo, prescribiría la prueba de la obra a la presión hidráulica interior de 9 atmósferas—que

es en este caso algo más de los $\frac{5}{4}$ del máximo p —, y la repetición de la misma *dos veces* al menos en el transcurso de *un año de garantía*, una de ellas en la época más calurosa y otra en la más fría del lugar de la obra, a más de la obligada prueba final o de recepción definitiva a la misma presión expresada, habiendo de resistir estas pruebas la cañería sin rotura ni filtración o resude ni tampoco fugas por los empalmes.

Y si estas condiciones resultan satisfactorias se puede estar seguro de que la obra seguirá en lo sucesivo prestando con perfecta estabilidad y perfectamente bien su servicio indefinidamente. Pero se habrán evitado los inconvenientes que ya expuse en el artículo anterior.

Tal es mi parecer, y en él creo no adolecer de ilusión, ya que ha sido formado después de un verdadero aprendizaje investigador y constructor, largo y costoso—en el cual no han faltado dolorosos yerros, que me hayan hecho estudiar redobladamente, y que en estas mismas columnas tengo confesados—, y confirmado como bueno en varias cañerías de efectivo servicio construidas desde hace años.

Cierto es—no dejaré de declararlo para terminar—que es lamentable no existan certificados de laboratorios que confirmen la interesantísima propiedad física a que me atengo al fijar los números y coeficientes para las pruebas; mas para que esos certificados se puedan librar en términos que los hagan plenamente eficaces, no basta romper o probar a resistencia un cierto número de tubos enviados al laboratorio, sin que en éste se sepa cómo han sido hechos ni, por tanto, se pueda expresar con precisión y garantía de certeza la especial naturaleza del material que los constituye, ni tampoco basta, para que a la ley que se declare se pueda atribuir la generalidad que la haga verdaderamente útil, que se ensayen sólo tubos—aunque sean muchos—invariablemente constituídos con materiales primarios invariables también o siempre de la misma naturaleza y procedencia, sino que, por el contrario, se deberá variar éstos y su dosificación relativa al fabricar los tubos para cada tanda de ensayo, y no reducirse a un muy corto número de tandas. No es, pues, una cosa tan llana y relativamente poco costosa como hacer el ensayo de un cemento o probar la resistencia de un par de docenas de piezas determinadas que se envían al laboratorio, el hacer el estudio a que nos referimos, al menos para que por encargo y a expensas de un particular pueda ser hecho; máxime si este particular ha hecho ya—aunque más tosca y menos fehacientemente y diluídos en muy largo tiempo—equiparables sacrificios en su privada esfera, como a mí me ocurre.

Pero entretanto que por iniciativa oficial o de algún rico amante de estas cosas se llegue a hacer la autorizada comprobación que es de desear, creo que bien puede bastar, para admitir y aprovechar la ley física dicha, la confirmación práctica de ella obtenida ya—como he indicado antes—en numerosos casos, cuyo conocimiento directo me ofrezco a facilitar a cualquier compañero que lo desee. Y no estará de más recordar a este propósito que se ha dicho y reconocido desde hace mucho tiempo que “la experiencia es juez supremo en materia de construcción.”