

largo recorrido. Si quisiéramos copiar la solución de Dublín, sería preciso unir la estación de Isabel II con la del Progreso, o construir un ramal entre la del Banco de España y los andenes de Atocha. Ambas soluciones serían costosas, y no me atrevo a decir que difíciles, porque en el Metro actual hemos visto prácticamente que no existen dificultades para un Otamendi.

No tiene el Metropolitano de Madrid el mismo ancho de vía que los ferrocarriles radiales. Para el movimiento de viajeros, carece esto de importancia; y en cuanto al paso del material móvil, lo puede resolver Madrid con mayor perfección que Dublín, mejorando en la forma indicada el actual ferrocarril de contorno.

Algunos compañeros juzgan inaceptables las situaciones de las estaciones de viajeros de Atocha y Príncipe Pío, por estar en la zona más baja de Madrid. Esta objeción no tiene fuerza tratándose del transporte de viajeros, cuya modalidad es totalmente distinta del de mercancías. El transporte de la *unidad-viajero* es factor de la distancia más que del peso; y mientras no se desplacen el centro comercial de Madrid y sus grandes hoteles, será muy difícil que puedan encontrarse situaciones para estaciones de viajeros más céntricas que las actuales, no siendo subterráneas.

Claro está que la solución propuesta admite nuevas estaciones de viajeros; pero antes de construir una de éstas será preciso meditarlo bien, ante el peligro de incurrir en prodigalidades invirtiendo indebidamente la Deuda ferroviaria. Ahora, por ejemplo, está en estudio el ferrocarril de Madrid a Burgos; si, con sujeción a la Base primera del Nuevo Régimen ferroviario, se estructura este ferrocarril con el de Madrid a Hendaya (cosa nada improbable), y ambos ferrocarriles han de ser explotados por una misma entidad, es evidente que, de ser posible, deben tener

una estación común; y como la actual de Príncipe Pío tiene para el servicio de viajeros seis vías colocadas y otras cinco más en proyecto, parece más económico y conveniente para el Estado ampliar dicha estación que construir otra nueva.

No habrá pasado inadvertido a los lectores que en todos los planes indicados se deja al margen la zona Sur de Madrid. Esta tiene un interés preferentemente militar. Las instalaciones hechas por los regimientos de ferrocarriles pueden perfeccionarse, sin duda ninguna; y esa línea de ancho normal que une hoy a Cuatro Vientos con Leganés podría ampliarse sin gran presupuesto hasta Madrid, por un lado, y la Marañosa, por otro. Además, si el Gobierno juzgase conveniente que los transportes de tropas no pasaran por Madrid, y que todos los embarques de personal y material se efectuaran en Cuatro Vientos, haciendo de esta estación el centro militar de España, cabría una unión relativamente fácil con Pozuelo de Alarcón, por el Norte, y con Getafe y Pinto, por el Sur, quedando perfectamente enlazada la pequeña red militar con el resto de los ferrocarriles españoles.

He abusado demasiado de la paciencia de los lectores de la REVISTA, y deseo terminar. Como habrán visto, el problema de la circunvalación de Madrid es muy interesante. Antes de ahora se han tanteado varias soluciones, inéditas para la masa del público y tachadas de *fantasías* por algunos técnicos habiendo sido preciso, para que muchos ingenieros fijásemos nuestra atención en este problema, que un ministro de Fomento, absolutamente técnico, al margen de toda política y con una percepción y energía que ha sorprendido a cuantos no le conocíamos, nos señale desde la *Gaceta*, como número uno de los ferrocarriles que con carácter de urgencia debe construir el Estado, el *ferrocarril de circunvalación de Madrid*.

José de RODA
Ingeniero de Caminos

Consolidación de cimientos por inyecciones de mortero de cemento

En algunos puentes de la provincia de Madrid, y por iniciativa del ingeniero jefe de Obras públicas, D. Francisco Albacete, se han consolidado con éxito algunos cimientos de puentes, peligrosamente socavados por avenidas.

En el puente llamado *largo* (carretera de Madrid a Cádiz), sobre el río Jarama, se consolidaron once pilas, con una altura de agua de 1,50 m, el año 1921.

En 1923 se consolidaron asimismo dos pilas y dos estribos del puente de San Fernando, sobre el mismo río Jarama, en la carretera de Madrid a La Coruña. El nivel de agua hasta el fondo de la socavación era de 1,80 m.

En el pasado otoño se ha procedido a un trabajo análogo en un puente de la carretera de Chinchón a Ciempozuelos (kilómetro 15).

Todos estos puentes están cimentados por medio de pilotes de madera, sobre los que descansan las

pilas o estribos por intermedio de emparillados de madera con una solera general de hormigón.

Las avenidas torrenciales de nuestros ríos, al socavar estos cimientos, dejan frecuentemente al aire los

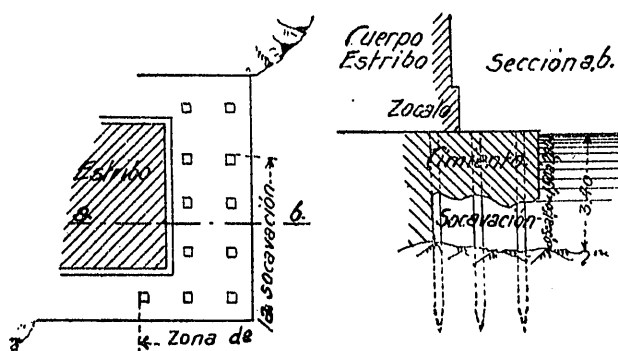


Fig. 1.ª

pilotes de madera, que se pudren con rapidez, por las alternativas de humedad y sequedad que entonces sufren, y ponen en peligro los apoyos y la obra.

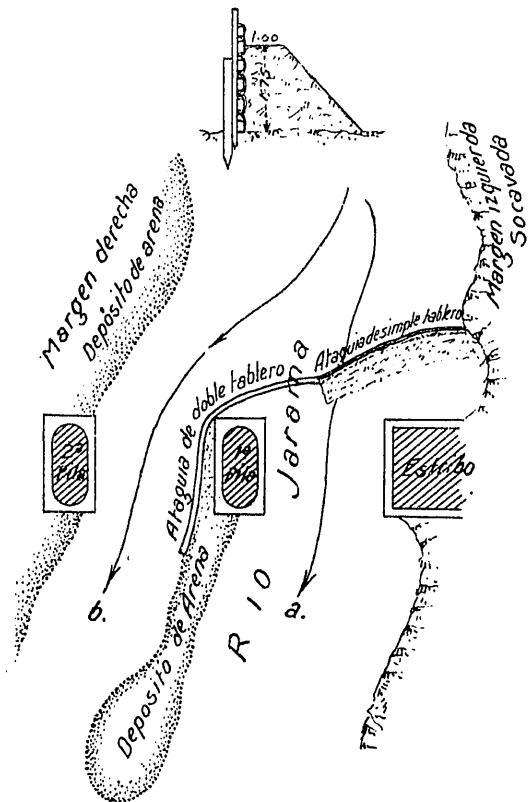


Fig. 2.ª

Como son muchos los cimientos que se encuentran en casos análogos, citaremos algunos detalles sobre la reparación últimamente citada, que me han sido atentamente facilitados por el ingeniero jefe, D. Francisco Albacete, y el ayudante de Obras públicas, D. Aurelio Arnal.

Reconocida la socavación del estribo, representada en la figura 1.ª, se principió por desviar la corriente del río, para que ésta no deslavara parte del cemento que había de inyectarse.

Se consiguió esta desviación por medio de una atagua, constituida por tableros simples y dobles, apoyándose sobre pilotes de madera y paredes de tierra (figura 2.ª).

Mientras tanto, se instaló la caseta que había de resguardar los aparatos de inyección del cemento, cuyo esquema se representa en la figura 3.ª

La maquinaria consistía en:

Un motor de gasolina de 20 CV.

Un compresor de aire, tipo Egutch, accionado por correa, de 3 900 litros por minuto y presiones normales de 7 a 9 atmósferas, con regulador automático de presión.

Un recipiente compensador de aire comprimido, con manómetro, purgador y válvula de seguridad.

Y una amasadora, especialmente construída para las inyecciones a presión.

Desviado el río, y mientras se montaba la maqui-

naria que acabamos de reseñar, se trató de reducir el volumen de las excavaciones, procurando introducir dentro del hueco cantos rodados.

Debido a la mucha profundidad del agua, a la forma tan irregular de las socavaciones y al pilotaje, tan espeso, que quedaba al descubierto, la operación era difícil, máxime cuando se trataba de compaginarla con la economía y, sobre todo, con la rapidez, pues la cuestión tiempo era un factor importante, dadas las características del río y la época en que se trabajaba. Se consiguió, sin embargo, reducir bastante el hueco producido por la socavación del estribo.

Antes de ultimarse el montaje de la maquinaria se empezó a formar el cajón, molde o encofrado que había de contener el hormigón sumergido, introduciendo alrededor del socavón, como indica la figura 4.ª

Este cajón estaba constituido por una serie de tableros de madera, terminados con azuches de hierro, para facilitar su linca en el fondo del río, y con longitudes variables entre 3,50 y 4,60 m, encepando sus cabezas.

Previamente a la operación de armado del cajón, procedióse a la colocación de tubos de hierro forjado de 2 pulgadas inglesas, terminados en su parte extrema en rosca, para unir a ellos la tubería flexible que desde la amasadora había de servir para la inyección de la lechada de cemento.

La colocación de estos tubos se hacía de tal forma que, teniendo en cuenta el sistema racional del relleno de la socavación con la lechada y la naturaleza de ésta, permitiera en todo momento asegurar la operación, aun en el caso de que en el transcurso de la misma pudiera inutilizarse algún tubo por taponamiento u otra causa cualquiera. Por estas razones se colocaron una serie de tubos, a, b, c, d, e, f y g, acodados, formando ángulos de 90 y 135°, y hasta algunos sin acodar y a distintas alturas, lo que es

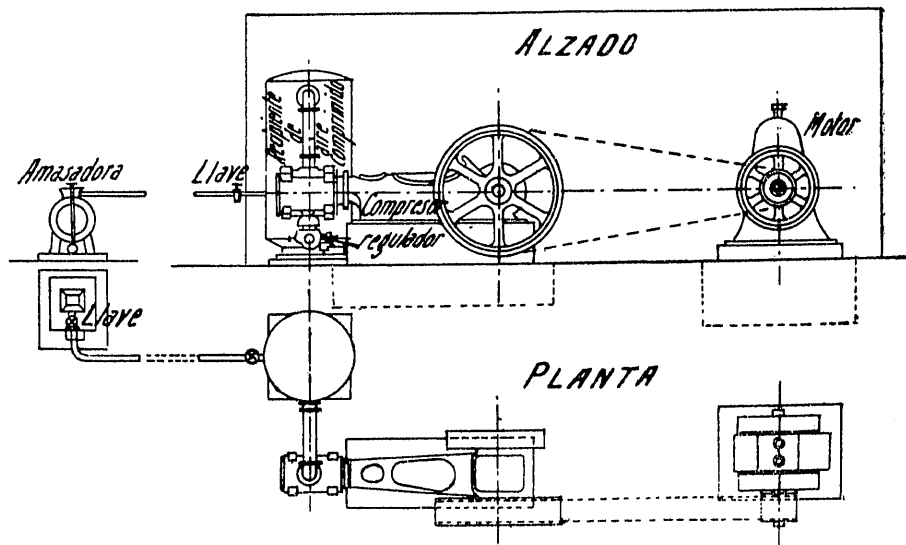


Fig. 3.ª Esquema de la maquinaria para inyectar el mortero.

muy importante para asegurar el relleno y apreciar su buena marcha.

El relleno del cajón con hormigón se hizo con rapidez. Lo macizado cubica más de 40 m³. Teniendo en cuenta que se trataba de ejecutar hormigón sumergido, se utilizaron procedimientos adecuados, para evitar su deslavado.

Una vez hecho el relleno del cajón con hormigón,

é introduciendo en el hueco interior toda la piedra posible, bien retacada, para reducir los huecos del socavón, se procedió, ante todo, a la prueba de los tubos, al mismo tiempo que se limpiaba el socavón que había de inyectarse.

Para ello se introdujo aire comprimido por los tubos, con 2 y 3 atmósferas de presión, produciendo

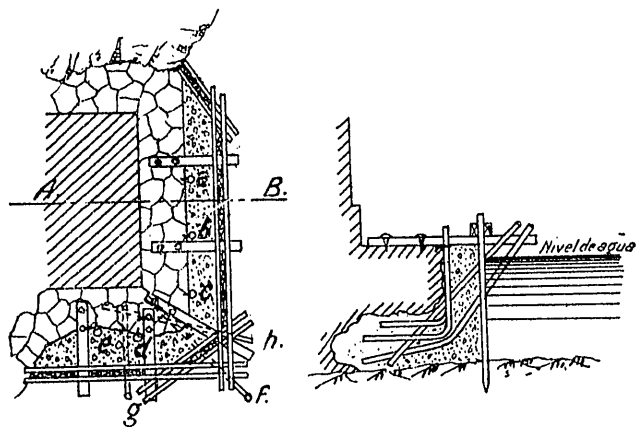


Fig. 4.ª. Disposición de los tubos para la inyección del mortero.

así el movimiento de los fangos, que eran expulsados por los tubos libres, prolongándose esta operación hasta que salió limpia el agua.

Ultimadas todas estas operaciones, se dió principio al más importante de los trabajos, o sea al relleno del hueco que quedaba, completamente limitado por el hormigón, en cuyo interior penetraban todos los tubos.

El tiempo de duración del trabajo de inyección de lechada fué de unas veintiséis horas, sin interrupción alguna, funcionando la maquinaria con normalidad y alternando los equipos de trabajo necesarios. Se inyectó, a presiones variables de 2 a 5 atmósferas, una mezcla de 100 kg de cemento por 80 litros de agua.

Para mayor garantía y seguridad de este relleno, se hicieron unos barrenos en la superficie libre del encachado, profundizando hasta clavar las barrenas en lo que sólo era lechada de cemento fraguada, comprobándose así que no quedaban huecos.

La cantidad de cemento que aproximadamente se inyectó en forma de lechada fueron unas 30 toneladas en el estribo y cerca de 20 en la pila. Los gastos para el recalce de ambos apoyos fué de 32 890 pesetas, comprendiendo el valor de los materiales, transporte, medios auxiliares, arreglo y montajes de máquinas y mano de obra.

Es seguro que han de generalizarse cada día más estas interesantes aplicaciones de la inyección de morteros de cemento, que en muchas ocasiones permiten consolidar fuertemente los terrenos de aluvión, como lo han conseguido en las obras del Metropoli-

tano de Madrid, por encima de muchas de sus bóvedas; pero creo, además, que, no sólo para consolidación de cimientos, sino que hasta para su nueva construcción, podrán aplicarse frecuentemente estas inyecciones de mortero en las cimentaciones de obras de fábrica en las gravas y arenas que constituyen la mayor parte de los lechos de nuestros ríos torrenciales, con ventajosa sustitución de los hornigones sumergidos.

Ya se han realizado en Francia algunas aplicaciones para transformar el suelo de un cimiento de arena en un monolito de mortero, inyectando cemento puro en polvo dentro de la arena sumergida, contenida por un recinto de pilotes y tablestacas de madera (1).

Pero creemos que podría ampliarse el procedimiento, aplicándolo a toda clase de aluviones de gravas, gravillas y arenas, sustituyendo entonces el cemento en polvo por lechadas de cemento, como se han inyectado aquí en las consolidaciones antes citadas.

Podría además reforzarse el recinto, sustituyendo la madera por tablestacas de hormigón armado, que serían una coraza y un refuerzo del relleno, hincando aquéllas hasta una profundidad superior a la que puedan alcanzar las mayores socavaciones.

En vez de dragar el interior de este recinto para volverlo a llenar con hormigón sumergido, procedimiento clásico que, a pesar de su coste, no asegura la homogeneidad y resistencia del cimiento, sería mucho más sencillo y más eficaz inyectar de cemento los aluviones contenidos en el recinto. Ya están allí las arenas y las gravas; sólo falta el cemento que las aglomere.

Todo consiste en distribuir dentro de aquella masa un número suficiente de tubos de hierro, cuyos extremos terminen a alturas distintas, para que el mortero inyectado se distribuya en toda la superficie y altura del cimiento.

Agradecería a mis compañeros comunicaran a la REVISTA los datos y ejemplos que sobre esta clase de aplicaciones pudieran proporcionar.

Es seguro que del estudio comparativo de los cimientos así consolidados pudiéramos deducir algunas reglas prácticas que contribuyan a ampliar su aplicación a los cimientos de nueva construcción y obtener así un nuevo procedimiento rápido y económico.

Téngase presente que cuanto contribuya a la baratura de cimientos permitirá aumentar el número de apoyos y reducir las luces de los tramos o arcos de puentes y acueductos, que es el factor que más influye en los presupuestos de estas obras de fábrica.

J. Eugenio RIBERA
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

(1) *Fondations par injection de ciment au moyen de l'air comprimé*, par M. Chamin. *Annales des Ponts et Chaussées*.—Primer semestre de 1895.