

automóviles en las curvas de escaso radio de las carreteras.

Finalmente, he de decir que en Barcelona estos *firmes lechados* se recubren con alquitrán, con lo que se obtienen pavimentos que, por su aspecto y su resistencia, son comparables a los asfálticos, y en este caso se obtiene una gran economía en el alquitranado, porque ni se ha de limpiar la superficie para dejar la piedra limpia a la vista, operación muy costosa, ni el firme embebe el alquitrán, con lo que bastan dos ligeras capas para dejar la superficie totalmente cubierta y tersa, en lugar de tres capas que exigen los firmes ordinarios.

Cuando el transcurso del tiempo me permita obtener datos prácticos sobre la duración, en cada caso, de este pavimento, procedimiento más apropiado de conservación y gastos que ésta produzca, me complaceré en dar cuenta de ello a los lectores de esta REVISTA.

* * *

Y, antes de terminar, séame permitido tener la honra de dirigirme a los Excmos. Sres. Ministros de

Fomento y de Trabajo, para llamar su atención respecto a la facilidad con que, tal vez por falta de informes técnicos, se otorgan patentes de invención de pavimentos que carecen en absoluto de toda novedad y son, a lo sumo, recopilación de procedimientos diversamente ensayados. Esto perturba enormemente el desarrollo de buenos sistemas de pavimentación en carreteras y en poblaciones, con evidente lesión de los intereses generales y particulares.

Y como esto, desgraciadamente, ocurre, si bien me ha movido a publicar este artículo principalmente el deseo de promover un ensayo más general de este sistema de pavimento para que se alcance su perfección, y el que tal vez podría tener inmediata aplicación a una parte del Circuito Nacional de Turismo o de Firmes Especiales, ha determinado en mí una mayor prisa en dar a conocer su ejecución y sus resultados el temor de que alguien se apropiara el derecho de patentar este procedimiento, que, al fin y al cabo, no es más antiguo que otros que han dado lugar a privativas que me abstengo de calificar.

José CABESTANY
Ingeniero de Caminos,
director general de los Servicios Técnicos
Municipales de Barcelona

Inyecciones de mortero en el dique Norte del Musel (Gijón)

Acudo al llamamiento que en uno de los últimos números de la REVISTA hace mi querido jefe el señor Ribera, y voy a dar noticia de unas inyecciones de mortero que se están ejecutando en el puerto del Musel, y cuya descripción creo que es interesante.

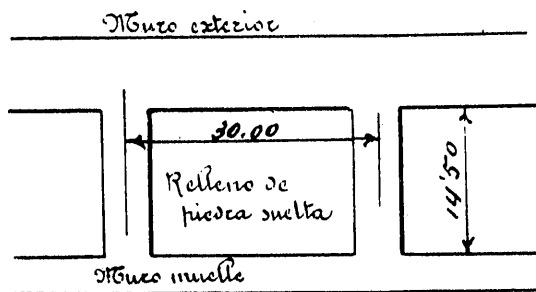
No se trata de un volumen pequeño de mortero, ni de rellenar con él las grietas de una mampostería, o los huecos que pueda haber en el interior de un macizo, sino de un volumen de hormigón que se acerca a 60 000 m³, y de unas inyecciones que se emplean como un procedimiento normal de construcción, que consiste en que, en vez de llenar un macizo con hormigón en masa, se le puede llenar primero con piedra partida y aglomerar luego esta piedra con las inyecciones de mortero.

El dique de abrigo del puerto del Musel es un muro de paramentos verticales, y, dentro de ese modelo de diques, pertenece al tipo de Kilrush, o sea: dos muros paralelos longitudinales formados por un cimiento de sacos y un cuerpo de bloques de hormigón y de mampostería; otros muros transversales de la misma sección y que distan 30 m uno de otro, y un relleno de piedra suelta.

Ya no es la primera vez que ha dado mal resultado ese tipo de muro: díganlo los puertos de Wick y

de St. Helier. En el Musel el resultado tampoco ha sido bueno.

Aquí ha sido por una avería de origen químico; en otros puertos ha sido por la fuerza de las olas. Sea la causa la que sea, en cuanto que se abre un boquete, aunque sea pequeño, en uno de los muros, por él sale el material del relleno, y quedan los muros solos formando un esqueleto sin la resistencia suficiente para aguantar los embates del mar.



Planta

Croquis del dique Norte del puerto del Musel



Sección

Para evitar esto, se está vertiendo por el lado de fuera del dique una escollera que llega hasta la bajamar, y se está sustituyendo el relleno de piedra suelta por hormigón. Esta sustitución se hace en los 7 m superiores, es decir, desde un poco más abajo del nivel de la mayor bajamar, hasta la rasante del muelle.

Para llevar a cabo esta sustitución no nos pareció

acertado el quitar el material suelto y echar el hormigón en su lugar. En primer término, porque sería imprudente, sobre todo en invierno, hacer ese vaciado dejando 30 m lineales de muro sin la resistencia que le da el relleno. Además, porque en el muelle están instaladas las vías y hubiera sido necesario suspender el movimiento de trenes. Por último, por lo lento y costoso de tal operación.

Pensamos entonces en aglomerar el material suelto sin moverlo de su sitio, convirtiéndolo en hormigón por medio de inyecciones de mortero. Así se está haciendo, y la obra se halla en marcha normal.

Lo que se hace es lo siguiente: Con una perforadora movida por aire comprimido se abre un agujero vertical a través del relleno, con una barrena cuya boca tiene dos pulgadas y media de diámetro. Se saca la barrena y se mete en el agujero un tubo de hierro cuyo diámetro es de 2 pulgadas. Para hacer esta operación hubo que vencer muchas dificultades: como las paredes del agujero están formadas por material suelto, es natural que se desmoronen al meter el tubo, y una sola piedrecilla desprendida basta para cerrar el camino que el tubo ha de seguir. Después de varias tentativas se resolvió la dificultad haciendo uso de la perforadora para meter el tubo, para lo cual se atornilla a éste una pieza de análoga forma a la de las culatas de las barrenas, sobre la cual actúa el martillo. De este modo el tubo entra sin dificultad.

Una vez que ha llegado al fondo, y después de un lavado con agua a presión para quitar los obstáculos que pueda haber en el extremo inferior del tubo, empieza la inyección. El tubo se une por medio de un flexible con el inyector. Está éste formado por un recipiente en donde se echa la arena, el cemento y el agua, que dentro de él se mezclan por la acción de una corriente fuerte de aire. Es decir, que el mismo inyector hace el papel de amasadora. En cuanto la mezcla está hecha, se la inyecta con una presión de 7 kg por cm^2 , lo que produce un hormigón muy compacto.

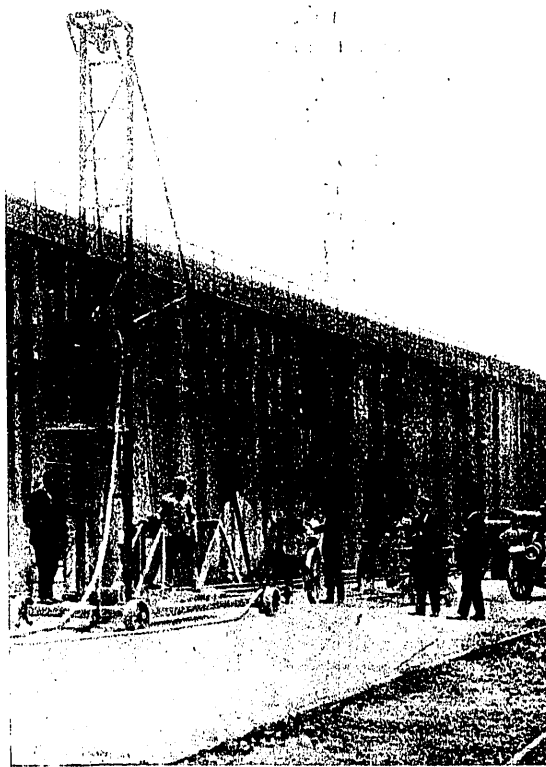
Cuando ya no se puede inyectar más, se saca un poco el tubo, subiéndolo unos 50 ó 60 cm, y entonces continúa la inyección. Así se sigue hasta que la boca inferior del tubo llega a unos 80 cm del suelo.

Con cada perforación se consolida una zona de 2 a 3 m de diámetro. Se debe hacer primero una fila de inyecciones a 2 m de distancia una de otra. Otra fila después, separada 2 m de la anterior, se hace de modo que queden los agujeros al tresbolillo. Y así se sigue hasta completar el ancho del muro.

Si después que una zona está consolidada se intenta hacer una inyección en el medio de las que ya se hicieron, se ve que no se puede inyectar nada, o sólo un volumen muy pequeño de mortero, desmóstrándose así que los huecos están rellenos y que el mortero ha fraguado.

En hacer cada agujero se tardan de cinco a diez minutos. El meter el tubo es faena en la que suele tardarse de diez a quince minutos. La mezcla de los ingredientes del mortero se hace en un minuto. La inyección de mortero se hace con regularidad, sin que se suela presentar ningún obstáculo. Se pueden echar hasta sesenta cargas de 200 litros al día, o sea unos 12 000 litros, que consolidarán unos 36 m^3 de relleno, convirtiéndolo en hormigón. En la marcha normal de la operación se emplean seis hombres, resultando un promedio de 6 m^3 por obrero.

El aire para la perforadora y para el inyector se comprime en un compresor fijo movido por un motor eléctrico de 55 CV. A lo largo del muro se ha colocado una tubería de hierro de 3 pulgadas, en la que cada 15 m se ha instalado una toma de aire.



Inyector de mortero y andamio que se emplea para perforar y para hacer la inyección

Hemos construido un andamio, dispuesto de modo que cada agujero se pueda hacer de una sola vez, sin necesidad de emplear barrenas de diferentes longitudes; por medio de un torno movido a mano, se coloca al obrero que maneja la perforadora a la altura que se quiere, y se le deja bajar poco a poco con la velocidad conveniente para que esté siempre en una postura cómoda, que es con la que su trabajo da el mayor rendimiento.

Decíamos antes que estas inyecciones de mortero pueden tomarse como un procedimiento normal de construcción.

Así pensamos emplearlas para hacer parte del relleno de los grandes cajones de hormigón armado que se han de emplear en la prolongación del dique del Norte. Estos cajones tienen un volumen aparente de 3 400 m^3 , y para ponerlos en obra, y después de haberlos llevado flotando hasta su sitio, hay que sumergirlos, dejando entrar el agua en su interior. Después hay que rellenarlos de hormigón en masa, que tiene que echarse en el agua.

Para evitar esto, proyectamos echar un lastre fijo de piedra partida en la cantidad suficiente para que el cajón quede fondeado en todas las alturas de la marea, y después de haber achicado el agua que sirvió para echarlo a pique.

Sobre la capa de piedra partida se echará el hormigón hasta llenar el monolito; cuando haya pasado un mes, y el hormigón esté ya duro, se le

perforará y se inyectará el mortero para aglomerar la piedra partida que hay en la parte inferior del cajón.

Creo que habrá muchos casos, análogos a éste, en los que el hormigón hecho por medio de inyecciones de mortero será un buen procedimiento para la ejecución de una obra.

Respecto a las dosificaciones de mortero empleadas en las inyecciones, añadiré algunos datos.

Al principio, y mientras el personal se adiestraba, hicimos la mezcla con partes iguales de portland y arena medidas en volumen.

Después, y con objeto de acelerar el fraguado, la

dosificación en volumen fué de 1 de portland, $\frac{1}{2}$ de Zumaya y 1,5 de arena; pero se pierde mucho tiempo en la frecuente limpieza del eyector, por efecto del fraguado del Zumaya, para impedir la obturación de los tubos.

Por esta razón sustituyo hoy el Zumaya por puzolana alemana de Andernack.

Cuando disponga de mejor arena, cuya fabricación estoy preparando, aumentaré de 1,5 a 2 la proporción del volumen de arena, y también pienso sustituir la mezcla de portland y puzolana por un buen cemento puzolánico, una vez bien comprobadas sus condiciones.

Eduardo DE CASTRO

Director de las obras del puerto del Musel.

El nuevo puente de Torre-Montalvo

En el último número de esta REVISTA, al recordar a grandes trazos la historia del puente de Torre-Montalvo, decíamos que en sus inmediaciones se estaba construyendo un nuevo puente, por el cual había de hacerse en muy breve plazo la circulación de trenes de la línea Castejón a Bilbao.

La obra se inauguró el 30 de abril último, día en que comenzó a prestar servicio.

Está situado el nuevo puente en el kilómetro 105,850 de la línea citada, aguas arriba del antiguo,

el central a la parte común de dichos arcos principales y que hacen el efecto de ser las pilas del puente.

La obra ha sido construida con anchura suficiente para instalar en su día la doble vía, aunque en la actualidad existe vía única, habiéndose dado, por esta razón, una anchura de 7 m a las bóvedas y colocado las aceras en voladizo formado por unos forjados de hormigón armado, que se empotran en ménsulas del mismo material.

La cimentación de las pilas, estribos y muros de acompañamiento se hizo por agotamiento directo, llegando hasta una profundidad media de 4 m a que se encontraba el firme, constituido en terreno mioceno por una marga arcillosa bastante compacta, que alterna por capas con una arenisca blanda, que se descompone fácilmente por los agentes atmosféricos, y de cuyo material estaban constituidos las pilas y estribos del puente viejo.

Estas capas vienen a tener un espesor medio de unos 2 m, y su corte se ve en la trinchera de salida del puente.

El acarreo del río presentó un espesor de 3 a 4 m, continuándose la excavación hasta empotrar el ci-

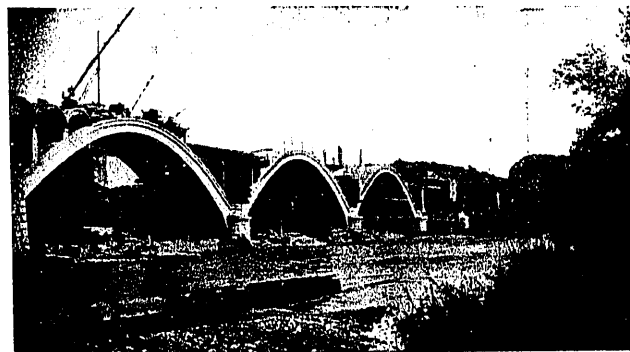


Cimentación de una pila

con una separación entre ejes de 10 m por el estribo del lado Castejón y 12 por el del lado Miranda; así que sus alineaciones forman un pequeño ángulo con el vértice hacia el lado Castejón.

El nuevo puente consta de cinco arcos parabólicos con rebajamiento de $\frac{1}{4}$, de 30 m de luz libre entre paramentos que descargan directamente sobre los cimientos, haciéndose el enlace por unos arcos circulares, con objeto de dar más suavidad a la curva de intradós en su parte baja.

Los tímpanos se han aligerado transversalmente por medio de siete arcos semicirculares de 2,50 m de luz cada uno, que se apoyan por intermedio de pilas tras sobre los arcos principales, correspondiendo



Vista del puente durante su construcción

miento 50 cm en el terreno natural, por lo cual algunos de los cimientos se apoyan directamente sobre la capa de arenisca y otros sobre las margas, debido al buzamiento que presentan dichas capas.

Los cimientos, como todo el resto del puente, son de hormigón, y fueron hechos en la siguiente forma: