

la unión de aislador al soporte se hace con mortero de cemento, y la de aquél al cable sustentador con alambre de acero emplomado. Los aisladores para *feeders* son del mismo tipo que el de la línea, con soporte de gancho al aire libre y vertical para el túnel. Las retenciones de los *feeders* se hacen con alambre de cobre estañado.

Cada hilo de *trolley* va colgado del sustentador por medio de péndolas espaciadas 5 m, por lo que la separación entre dos consecutivas de un vano es de 2,50 m.

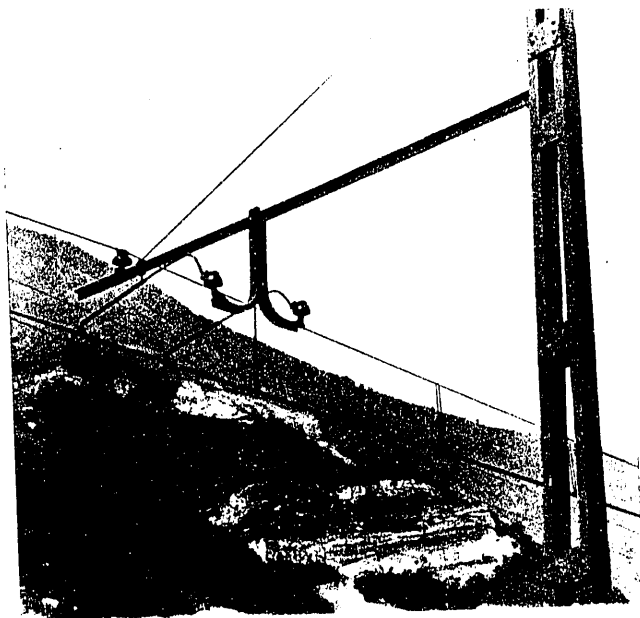
La péndola ordinaria (fig. 15) es de una gran ligereza, que permite sea fácilmente levantada al paso de los pantógrafos de las locomotoras, a la vez que opone una resistencia mínima a la acción del viento, y está constituida por un bucle de hierro galvanizado de 6,53 mm de diámetro, terminado en una grifa o mordaza de acero embutido que sujeta el hilo de *trolley*; la longitud de las péndolas varía mucho, oscilando entre 8" y 27" (20 cm y 70 cm).

Las dos péndolas inmediatas por cada lado a los soportes en túnel son de un tipo especial deslizante (fig. 15), lo que tiene por objeto, conservando la flexibilidad de la línea, evitar que puedan aquéllas tropezar con la bóveda al ser levantadas por los pantógrafos de las locomotoras.

Atirantados.—La línea de trabajo es poligonal en las curvas y, por tanto, en todos los ángulos se originan esfuerzos horizontales sobre los hilos de contacto que es preciso contrarrestar, ya que, aun cuando las péndolas fueran capaces de resistirlos, no es posible la construcción de una catenaria inclinada con doble hilo de contacto.

Para conseguir este objeto se emplean brazos de atirantado, constituidos por un tubo de hierro galvanizado, terminado en un extremo por una grifa, que sujeta el hilo de *trolley*, y por el otro en un ojo, por el que pasa un cable de hierro galvanizado de $\frac{1}{4}$ " de diámetro. En los postes al exterior de curva (figura 12), dicho cable se sujeta al poste por intermedio de un rosario de dos aisladores de nuez; el atirantado en postes al interior de curva es análogo al anterior, con la diferencia de que el rosario de

aisladores se sujeta a una pieza especial o brazo, unido al extremo de la barra de T de la ménsula, según se advierte en la adjunta fotografía.



Brazo de estabilización.

Por último, en túnel se atirantan a la vez el soporte y el hilo de trabajo, y la sujeción del cable de atirantados al hastial del túnel se hace por medio de un aislador de nuez y otro de campana, colgado de un perno de expansión de ojo introducido en la fábrica de aquél (fig. 13).

En las alineaciones rectas de alguna longitud se construye la línea en zig-zags suaves, con objeto de evitar acañaladuras en los pantógrafos de las locomotoras. En los vértices de aquéllos al aire libre, la estabilidad transversal de la línea se asegura por medio de brazos de estabilización, constituidos por dos hierros en C fijos a la ménsula del poste y provistos de aisladores, a los que se unen los brazos de atirantado de los hilos de *trolley*; en los túneles se emplea el atirantado ordinario.

Sobre el cemento fundido

Con gran competencia, y con alabanzas para mí, que no por ser inmerecidas agradezco menos, está escrito el artículo que, acerca de este nuevo cemento, publica el primer número de noviembre de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

El autor se dirige principalmente a mí, sin duda por haber sido yo uno de los pocos que en nuestro país escribieron lo que pensaron acerca de tan interesante asunto. Al contestar ahora, quiero dejarme a mí a un lado, que la opinión mía poca importancia tiene ante tantas otras que más valen, y ante la enseñanza de los hechos, que vale más que todas las opiniones.

Hacia el cemento fundido se ha dirigido la atención de todos los ingenieros que en el mundo se ocu-

pan de estos estudios. Hacia él han vuelto los ojos, llenos de esperanza, todos los constructores de obras en el mar. Los puertos que se han destruido por la descomposición química del cemento, y las frecuentes averías en obras importantes de todos los mares, han llevado tal temor al ánimo, que no hay nadie hoy que esté seguro de la inalterabilidad de los hormigones con los que hizo sus obras.

Ante este temor nadie estaba tranquilo, y todos afanosamente buscaron lo que pudiera remediar el mal. Siguiéron en Italia con sus antiguos morteros de cal y puzolana, en los que una experiencia milenaria les hace confiar; en Alemania, después de los estudios de Michaelis, se acudió a las mezclas de cemento y *trass*; en Francia se emplearon los cemen-

tos de *laitier*, que no son otra cosa sino cementos puzolánicos; en Bélgica también fueron en busca de los cementos de *laitier* y de las mezclas con *brass* renano; en varios puertos de Dinamarca se añadió al cemento tierra de diatomeas, y en los Estados Unidos de América, donde tan interesantes estudios teóricos se han llevado a cabo, y donde tan confiados estaban en la práctica con la opinión que antes dominaba en Inglaterra de que con un buen cemento y una buena ejecución no había nada que temer, trabajan ahora con afán en el estudio del problema, alientan la investigación, promueven discusiones y dedican a eminentes ingenieros a que busquen la solución más acertada.

En esos momentos de desorientación, de duda y de vehemente deseo de encontrar una solución, aparece el cemento fundido. No es extraño que hacia él fuéramos todos, deseando hallar remedio a nuestras preocupaciones y luz que iluminase nuestra ignorancia.

En mis manos cayeron, entre otros muchos, unos artículos de los Sres. Bied y Carin, inventor el uno del nuevo cemento e ingeniero el otro de la Sociedad que lo fabrica. No el cemento, sino esos artículos fueron los que comenté. No bebí, pues, en malas fuentes, ni pequé de ligero en el comentario. Si éste sirve para ver con más claridad el problema, no será inútil. Esta idea únicamente es la que me mueve para seguirlo adelante.

Siempre he dejado a un lado las ventajas debidas a la gran dureza y a la excepcional cohesión del cemento fundido, no por negarles importancia, sino por ser cosas que en cada caso tienen que dejarse a la decisión del ingeniero. Aumento en la resistencia, disminución consiguiente de volumen y mayor precio del cemento, son elementos que pueden fácilmente entrar en el cálculo, y acerca de los cuales no se puede establecer ninguna regla general.

Es cosa de poca importancia, además, en las obras marítimas. Son los pesos, y no los esfuerzos que pueden aguantar a la tracción o a la compresión, los que entran en juego en los cálculos de resistencia de la mayor parte de los elementos de un puerto. Aun en el hormigón armado usado en los pilotes y en los grandes bloques flotantes, queda en lugar secundario la cohesión del hormigón. Por un lado, porque se tiende hoy en esas obras a alejar las armaduras de la superficie, y esto limita la economía que pudiera conseguirse al reducir los espesores. Por otro lado, porque en esa clase de obras los aumentos de volumen tienen poquísima importancia entre una deducción de precios bien hecha: muchos casos podrían citarse en los que ese volumen puede doblarse, aumentando el costo en un 20 por 100. Y es que, cuanto al precio de esas obras, es el valor de los medios auxiliares y no el volumen de los macizos lo que tiene influencia.

Por eso es la estabilidad ante la acción destructora del agua del mar lo que más importa.

Para hacer el cemento fundido, al que mejor haríamos en llamar aluminoso, se ha llevado a cabo un cambio fundamental en la fabricación. Ya no son la caliza y la arcilla los componentes del cemento; a la fusión, a la que antes no se llegaba porque la cal, la sílice y la alúmina son difíciles de ablandar, se llega

ahora porque la bauxita actúa como fundente; y al derretirse la masa se forma el aluminato monocálcico, que es la base del nuevo producto.

Mientras los hechos, con su desesperante calma, nos enseñan la verdad, nos entretenemos en buscar teóricas explicaciones. Bien está eso, siempre que no queramos que los hechos se acomoden a ellas, sino ellas a la realidad.

Una de las razones que se han alegado en defensa del cemento aluminoso es su elevado índice de hidraulicidad.

No soy yo quien da a eso más o menos importancia. Si a un cemento cualquiera, sea el que sea, se le van añadiendo cantidades cada vez mayores de arena sílicea finamente pulverizada, y se hacen los análisis químicos de las mezclas así obtenidas, veremos cómo los índices de hidraulicidad van creciendo sin otro límite que nuestro deseo.

Michaelis, comentando las cualidades de un buen aglomerante marino de elevado índice, advierte que hay que tener sumo cuidado con el análisis que él da como modelo, porque con los mismos componentes y en las mismas proporciones se puede tener un cuerpo que no tenga ninguna propiedad hidráulica. Esto es evidente. Si tomamos un poco de cal común, y otros pocos de alúmina y de cuarzo, podremos formar mezclas que no tendrán nada de hidráulicas, pero que tendrán idéntica composición química que el mejor de los cementos.

Y si a un cemento, por último, que se descompone en el mar, le añadimos cuarzo en polvo fino, se seguirá descomponiendo, y tanto más deprisa cuanto más se le añada, y, sin embargo, el índice de hidraulicidad irá aumentando hasta llegar a la cifra que se nos antoje.

No es que Vicat se equivocara; es que hay que leerlo hasta el final.

En el hecho de no tener cal libre, se ha encontrado otra buena cualidad del nuevo cemento. Que un cemento en polvo tenga o no cal libre no quiere decir nada. Cementos que no la tienen se descomponen rápidamente, mientras que algunos de nuestros Zumayas, que están llenos de cal, no se alteran nunca. Si se analiza alguna de esas vulgares mezclas puzolánicas, como las que llevan siglos en los mares de Italia desafiando a la acción del agua marina, se verá que contiene cal en abundancia.

Si todo se alcanzara con que un cemento no la tuviera, la solución sería sencillísima: bastaría con hacerlo pasar a través de una atmósfera cargada de ácido carbónico para que desapareciera en el acto.

Que no se desprenda cal durante el fraguado, sería importantísimo en el Portland, donde hay un silicato tricálcico inestable en el agua que, al convertirse en monocálcico, deja libre a aquella base.

Pero si el silicato tricálcico no existe, a nada conducirá el seguir aplicando la teoría de Le Chatellier, que sólo a ese silicato se refiere.

Cuando el cemento aluminoso se echa en agua y se le añade una gota de fenoltaleína, da una viva coloración roja, que nos indica que allí hay un álcali libre. Ni, a mi ver, es eso una falta, ni el no tenerlo es una ventaja. Cuántas veces no aparece la cal hasta mucho tiempo después del fraguado y del endurecimiento; débiles combinaciones de sílice y de alúmi-

na con esa base, se descomponen al cabo de mucho tiempo, y entonces la dejan libre y en condiciones de hacer el daño.

Así como el índice de hidraulicidad podemos hacer que suba a nuestro gusto añadiéndole al cemento sílice o alúmina, aunque sean inertes, así también al cemento más malo podemos quitarle la cal con una corriente de ácido carbónico, dejándolo tan malo como era, o podemos hacer mezclas en las que no se desprenda esa base, y que sean deplorables cementos marinos.

Ni en el índice ni en la cal libre se encuentran razones que convengan. Sólo se encontrarán en las cualidades del aluminato monocálcico. Eso es lo único que hay que estudiar.

Bien dice el autor del artículo que estamos comentando que es preciso confesar que no conocemos muy bien el mecanismo del fraguado del cemento fundido.

Los aluminatos de cal son muy desconocidos aún. Mr. Bates cita una disminución de resistencia, no una destrucción. Pero, dado lo que es el fraguado del cemento desde el punto de vista físico, que es el que está al alcance de nuestros ojos por medio del microscopio, una disminución de resistencia es siempre debida a un principio de descomposición. Si no sigue adelante, mejor que mejor. Pero ni pudo empezar si era inalterable, ni debe quedar en la sombra el porqué empieza y el porqué acaba, ni podemos saber si terminó hasta que no termine el largo proceso del endurecimiento.

Acaba aquí mi comentario. Como antes decía, es un entretenimiento con el que nos hacemos la ilusión de que sabemos lo que en el cemento pasa.

El cemento aluminoso tiene buenisimas cualidades que están fuera de duda. Lo de la inalterabilidad en el mar nos lo dirán los hechos. Y ante ellos se inclinarán todas las teorías, porque, si no, inventaremos

una nueva que los explique. Mientras tanto, bueno es que busquemos razones y hagamos conjeturas.

De las que yo haga no se ha de sacar nada contra el cemento aluminoso, que ni he de meterme a dar ni a quitar patentes de bondad, ni nada he publicado nunca en favor ni en contra de ninguna marca determinada.

Sólo he querido decir, en lo que antes escribí y en lo que ahora digo, que las razones teóricas que se alegan en defensa del cemento fundido son débiles o equivocadas, y no pueden, por eso, llevar al ánimo el convencimiento de la bondad. Que el cemento puede ser bueno, pero que la defensa es mala. Ni siquiera se funda en lo que puede llevar consigo el que se haya llegado a la fusión de los componentes, puesto que se afirma que el que se fundan o no es un detalle sin importancia. Es decir, que todo se fía a las cualidades de uno de los aluminatos de cal.

Ni del índice de hidraulicidad, ni de la falta de cal libre, ni de las cualidades muy desconocidas aún del aluminato monocálcico, se puede sacar nada concluyente.

Y menos aún de algunas exageraciones, disculpables por la pasión que es natural poner en la defensa. El propio inventor, en el número de *L'Architecture* del 10 de julio del año pasado, después de citar los resultados numéricos de repetidos ensayos de rotura a la tracción y a la compresión, dice: «Mr. Bates confirma lo que nosotros hemos observado, y es que este cemento goza de la propiedad particular de tener resistencias más elevadas en mortero que en pasta pura, y más elevadas aún en el hormigón que en el mortero.»

¡Cuántas vueltas he dado queriendo encontrar satisfactoria explicación a esto!

Eduardo DE CASTRO
Ingeniero de C., C. y P.

Prácticas de conservación y reparación de carreteras por los alumnos de la Escuela de Ingenieros de Caminos

Por orden de la Dirección general de Obras públicas, de 4 de agosto de 1923, se dispuso que la conservación y reparación de 5,578 kilómetros de la carretera de Madrid a Portugal y 2,750 kilómetros de la carretera de Carabanchel a Aravaca, se lleve a cabo bajo la dirección técnica y a los efectos docentes, por el profesor de la asignatura de Caminos (primer curso) de la Escuela, y que para todos los efectos administrativos y económicos este servicio dependa de la Jefatura de Obras públicas de Madrid.

Estas carreteras tienen tráfico muy diferente. En la de Carabanchel a Aravaca, es de poca importancia, en gran parte de automóviles ligeros; en la de Madrid a Portugal el tráfico es muy intenso y pesado. En esta carretera existen numerosas edificaciones, hay un tranvía establecido, así como líneas regulares de ómnibus automóviles, pudiendo decirse que se presentan casi todos los problemas de conservación y policía de carreteras.

Con carácter de ensayo he adoptado para el presente año la organización siguiente: la promoción se

ha dividido en secciones de cinco alumnos, a cada una de las cuales se han asignado las tareas que a continuación se detallan:

Sección primera. Conservación de la carretera de Carabanchel a Aravaca.

Proyecto completo de alquitranado superficial.

Proyecto completo de macadam con silicato de sosa.

Sección segunda. Conservación del trozo comprendido entre los kilómetros 1,952 y 3 de la carretera de Madrid a Portugal.

Proyecto completo de adoquinado.

Sección tercera. Conservación del trozo comprendido entre los kilómetros 3 y 4 de la carretera de Madrid a Portugal.

Proyecto completo de reparación de explanación y firme.

Sección cuarta. Conservación del trozo comprendido entre los kilómetros 4 y 5 de la carretera de Madrid a Portugal.

Proyecto completo de afirmado de hormigón de cemento portland.