

en transportar el carbón desde los depósitos al sitio en que se encuentran las máquinas.

En las carreteras sería, según presumo, igualmente práctico el transportar el carbón valiéndose de la misma máquina.

También se construyen vagones con objeto de llevar el agua necesaria para el alimento de la caldera, pero esto en las calles de Madrid no tiene verdadera aplicación.

En las provincias pueden ser útiles por las dificultades que á veces existen para obtenerla, y por no ser á propósito muchas aguas para aquel fin.

A la extracción del polvo y del barro también se le concede en las calles importancia. Tal vez aquí se atiende más á lo molesto y sucio que es á peatones y coches que á su verdadera utilidad, pero en rigor se presta de este modo mayor duración á los afirmados, porque se les quita los detritus que tanto perjudican á los pavimentos.

La extracción de estos residuos alcanza mayor importancia en los afirmados de poca latitud, puesto que en ellos insisten los vehículos en una faja bastante estrecha, y si existe polvo ó barro se forma una falsa rodada que con la tendencia que tienen los animales á seguir las huellas de los que les precedieron, concluye por ser una verdadera rodada. En los afirmados que se encuentran en estas condiciones, se ve que en los puntos en que azota bastante el viento, aquellos se hallan en mejor estado de conservación, lo cual indica que la misma naturaleza nos señala lo que se debe hacer.

No he de insistir más sobre este particular; sin embargo, como sé que algunos Ingenieros se preocupan con esta cuestión, me parece pertinente, no sólo decir los precios que tienen las escobas en Madrid, sino también la manera de construirlas.

La escoba se hace con las ramas de un arbusto espinoso que se cria en la orilla de los rios y se conoce con el nombre de *tamujo*. En Madrid se vende en haces, y de cada haz se podrán sacar próximamente 8 escobas. Estas ramas se meten en agua y allí se las tiene por espacio de dos días, hasta que estén bien blandas y se puedan trabajar con facilidad. Se quitan á continuación los troncos mayores y las ramitas que son impropias para formar la escoba, procurando que todas las que se conserven sean iguales, se limpia la parte que ha de servir para el atado y no queda más operación que unir las entre sí ó á un palo con una lía delgada.

Todo esto lo hacen aquí algunos camineros prácticos en su construcción, y puede calcularse que tratándose de un jornalero trabajador durarán dos meses.

Su precio comprándolas es de 0,27 pesetas, y próximamente costarán lo mismo haciéndolas.

Para el recebo se dispone en Madrid de arena llamada de *miga*, que contiene sílice y algo de arena, y no da malos resultados. Procede de los desmontes que se ejecutan en el mismo ensanche, pero es seguro que si no se tuviera con tanta facilidad se procuraría traer un recebo que llenara este vacío en condiciones aceptables.

Esta facilidad para adquirir buen recebo no en todas partes existe, y dada su importancia, y que después de todo es un material como otro cualquiera de los que se han de emplear en la construcción y conservación de un afirmado, creo que sería cosa de pensar si sería conveniente el tenerlo depositado al pie de obra, como se hace con la piedra partida, imitando en esto lo que según mis noticias se lleva á cabo ó cuando menos se ha llevado en alguna provincia.

De nada serviría que todos los elementos de que se dispone en esta capital fueran buenos, si el personal encargado de emplearlos no estuviera á la altura de su misión. Afortunadamente no es así, pues el ensanche cuenta con camineros inteligentes, que no sólo intervienen en la conservación de sus trozos respectivos, sino que también lo hace muchas veces en la construcción.

Bachean preparando la caja como es preciso, estándoles prohibido el arrojar la piedra sobre los baches sin más preparación. A este sistema, y en general al de hacer que el tránsito llegue á

consolidar el firme lo llama Debaue en el prólogo de su obra *«viejo y bárbaro»*.

La vigilancia para que permanezcan en sus puestos atentos á su obligación es grande, porque los observan sus Jefes superiores y á diario los Sobrestantes y Cabos.

Su número será aproximadamente 200, asignándoseles superficies variables, lo cual es sumamente racional, puesto que no es el mismo el trabajo que proporciona, ni es el mismo el cuidado que exige una vía muy frecuentada que otra que no lo sea tanto; pero á pesar de su gran número y de su buena distribución, no puede evitarse que en algunas ocasiones sea necesario destinar brigadas de trabajadores eventuales que les ayudan á limpiar los trozos. Se deduce de ésto que en las calles se emplea un método que podremos llamar *mixto*.

No sé lo que se pensaría en el caso de que no se pudiera disponer de peones auxiliares; pero desde luego me inclino á creer que lo más conveniente sería reunir los peones camineros en determinadas épocas del año para que limpiaran las calles que lo necesitaran, volviendo, concluido este trabajo, á sus puestos respectivos.

Este sistema encuentro que, entre otras ventajas, tendría la de que los obreros se vigilaran los unos á los otros, y la de que mutuamente se enseñarían; aquí la frecuencia con que los camineros se hallan trabajando juntos hace que aprendan pronto su fácil cometido; pero creo que siempre que no se apliquen estos procedimientos y en que por la manera de reclutarse el personal carezca de la instrucción adecuada, sería muy conveniente el que permanecieran como auxiliares al lado de camineros inteligentes y prácticos el tiempo que se considerara necesario para que aprendieran su obligación.

El construir y conservar los afirmados Mac-Adam del modo que se hallan en el ensanche de Madrid, exige gastos á no dudarlo, pero son gastos que evitan otros mayores, y es necesario que los Gobiernos, las Diputaciones y los Ayuntamientos comprendan, que si en alguna ocasión lo barato es caro, esta es una de ellas.

El día en que arraiguen en el espíritu del país estas ideas, el progreso rápido de los afirmados me parece que será un hecho.

MARIANO DE CASTRO GUERRERO.

REVISTA EXTRANJERA

Variaciones de volumen de los morteros de portland, á consecuencia del fraguado y del estado higrométrico.

La siguiente nota es un extracto de la de Mr. Considère, leída en la sesión de 18 de Septiembre último en la Academia de Ciencias de París.

De 1886 á 1889—dice Mr. Considère,—las variaciones de volumen de los morteros han sido objeto de experimentos hechos con la mayor precisión en la Escuela de «Ponts et Chaussées» durante tres años consecutivos. Por otra parte, en el tratado que acaban de publicar en Alemania F. W. Busing y C. Schuman, han dado á conocer los resultados de las investigaciones de Meier y Shuman sobre esta materia. Pero no se han estudiado, que yo sepa, los efectos que producen estas variaciones de volumen en las mamposterías armadas, donde se encuentran contrariadas por las piezas metálicas, y donde desarrollan fuerzas interiores.

Para estudiar esta cuestión, á la cual dan gran interés los progresos de las construcciones de mampostería armada, he hecho simultáneamente, con los mismos morteros, prismas armados y prismas sin armadura, cuyas variaciones de longitud han sido observadas por medio de tornillos micrométricos que apreciaban centésimas de milímetro. Unos se han conservado en agua, otros se han tenido al aire libre.

Prismas conservados en agua.—Se fabricaron cuatro prismas que tenían todos una sección de 60 × 25 mm. y una longitud de 600 mm. Dos de estos prismas eran de cemento puro; los otros dos estaban hechos con mortero compuesto de 600 kg. de cemento por metro cúbico de

arena silicea. A un prisma de cada clase se le había provisto de armadura formada por un hierro redondo de 10mm,20 de diámetro colocado en el eje del prisma; los otros dos prismas se construyeron sin armadura.

Los prismas se alargaron según una ley muy regular, con una velocidad que iba decreciendo de día en día.

Estas observaciones, que se continuarán haciendo, no han durado más que siete semanas; pero completándolas con las que se hicieron en la Escuela de Puentes y Calzadas, y en Alemania, se puede decir que, por término medio el alargamiento del mortero de cemento puro, sin armadura, conservado en agua dulce, llega á 0mm,5 en menos de un mes, 1 mm. en menos de un año, y parece que tiende á ser de 1mm,5 á 2mm, valor que alcanza al cabo de dos ó tres años. Las dilataciones de los morteros de 600 kg., aparecen ser próximamente tres veces menores que las del cemento puro.

Cuanto á los prismas armados, se puede observar que sus armaduras eran verdaderos dinamómetros cuyos alargamientos daban la medida de las fuerzas que tendían á alargarlos.

«Así—dice el autor,—para el prisma núm. 62, de sesenta y tres días de edad, siendo el alargamiento medio de la armadura de 0mm,22 por metro, y el coeficiente de elasticidad del metal 20×10^9 , la tensión media de la armadura era de 4kg,4 por mm. cuadrado, es decir, de 361 kg. para la sección total de la armadura, que era de 82 mm. cuadrados. Este esfuerzo de 361 kg. necesario para imponer á la armadura el alargamiento observado, no podía ser producido más que por el empuje del cemento adherente al metal que tendía á dilatarse. El cemento producía, pues, un empuje total de 361 kg., y como su sección era 14,2 cm. cuadrados, su presión por centímetro cuadrado era, por término medio, de $\frac{361}{14,2} = 25\text{kg},4$.

«Este cálculo, basado en el valor medio del alargamiento de la armadura, no puede dar más que valores medios de la tensión de ésta y de la presión del mortero. Es, pues, evidente que el alargamiento y los esfuerzos, que forzosamente son nulos en las extremidades del prisma, alcanzaban en el punto medio valores muy superiores á los medios más arriba calculados. Consideraciones demasiado largas para ser estampadas aquí, conducen á pensar que los máximos excedían á los valores medios por lo menos en un 25 por 100 y llegaban á ser de 5kg,5 para la tensión del hierro, y 32 kg para la presión del cemento.»

Indaga después el autor cómo se conduciría el prisma armado número 62, en el estado en que se encontraba á los sesenta días de fraguado, si formase parte de una construcción sometida á esfuerzos de tracción.

«Se ha visto que, cuando este prisma no estaba sometido á ninguna fuerza exterior, el cemento experimentaba una presión interior próxima á 32 kg. por centímetro cuadrado. Para que el cemento, cuyo coeficiente de elasticidad era de 2×10^9 , se libertara de este esfuerzo interior, sería preciso que hubiera podido alargarse $\frac{32}{2 \times 10^9}$ ó sea 0mm, 16 por metro, y, por consecuencia, que el hierro, solidario con él, alcanzara un suplemento de tensión de $0,16 \times 20 \times 10^9$, ó sea de 3kg,2 por milímetro cuadrado. La tensión del hierro alcanzaría, pues, la elevada cifra de $5,5 + 3,2 = 8\text{kg},7$ por milímetro cuadrado en el momento en que el cemento, llegado al estado perfecto de equilibrio, no aguantase ni tensión, ni presión. El prisma 62 armado con un hierro de 82 mm. de sección, puede, por lo tanto, soportar una tracción total de $8\text{kg},7 \times 82\text{mm.} = 713\text{kg.}$ antes de que el cemento llegue á experimentar la menor tensión.»

Se ve por este ejemplo que las armaduras metálicas aguantan, sumergidas en las fábricas, unas tensiones mayores que lo que se suponía no teniendo en cuenta la dilatación del cemento. Se hallarían diferencias mayores todavía si, en lugar del cemento de sesenta y tres días de fraguado, se considerase cemento de dos ó tres años, en el cual el alargamiento llega á ser casi el doble.

«Un cálculo idéntico, hecho para el prisma armado núm. 64 que, en lugar de cemento puro contenía mortero de 600 kg por m.³ de arena, demuestra que á los sesenta y tres días del fraguado la armadura de hierro soportaba una tensión media de 1 kg,2 por milímetro cuadrado y de 98 kg. para la sección total de 82 milímetros cuadrados, y que el mortero sufría una presión media de 7 kg. por centímetro cuadrado, é indudablemente, una presión máxima de 9 kg. en la parte media del prisma.»

Los experimentos que se acaban de reseñar son los únicos en que se han medido diariamente los alargamientos; pero se han observado también con intervalos mayores, prismas con sección cuadrada de

46 mm. de lado y armados con cuatro alambres de 4mm,4 de diámetro. La relación de las secciones de metal y de mortero era en ellos de $\frac{1}{34,8}$, mientras que en la serie precedente era de $\frac{1}{17,2}$. Como debía esperarse, el alargamiento de las armaduras ha aumentado cuando su sección relativa ha disminuido.

Parece deducirse que la dilatación, que pone las armaduras en tensión previa, sólo puede producir ventajas, y que da al cemento puro superioridad sobre los morteros más ó menos ricos para las fábricas armadas y sumergidas, porque su dilatación es mucho mayor que la de los hormigones y morteros. Pero debe admitirse esto con reservas como demuestran los nuevos experimentos que acaban de hacerse en el Laboratorio de la Escuela de Puentes y Calzadas á petición de Mr. Considère, y de los cuales dará cuenta á la Academia en otra memoria.

Prismas al aire libre.—En lugar de dilatarse como en el agua, los cementos y morteros se contraen al aire, pero siguiendo una ley menos regular.

«Durante las seis ó diez horas primeras, los que he construido con cemento han experimentado acortamientos considerables que han llegado á ser de 0mm,60; después se ha contenido la retracción durante tres días y hasta ha sido reemplazada por una dilatación muy ligera, y finalmente ha continuado con velocidad decreciente y mucho menor que durante las primeras horas del fraguado. El tiempo que ha durado la paralización de la contracción, ha coincidido con el periodo durante el cual el prisma se secaba y la temperatura del mortero, primeramente inferior á la atmosférica, por la evaporación del agua, se iba aproximando á la del ambiente. La dilatación debida á las variaciones de temperatura ha podido desempeñar entonces un papel predominante y encubrir la contracción producida por el fraguado del cemento.»

En suma, si se completan los resultados de los ensayos de M. Considère con los experimentos de la Escuela de Puentes y Calzadas y los de Meier y Schuman, se puede decir que el cemento puro y sin armar que se conserva al aire libre experimenta en pocas horas una contracción de unos 0mm,5 por metro, que llega á ser de 1 mm. de quince días á un mes, y que á los dos ó tres años llega al máximo de 1mm,5 á 2 mm.

Las cifras correspondientes á uno de los prismas prueban que los cementos armados se contraen según una ley continua y regular y que difieren, por consecuencia, en este punto, de los cementos sin armadura.

De las cifras obtenidas parece resultar que la tensión interior desarrollada, en un prisma de mortero, por la acción de armaduras metálicas de sección suficiente, está, en cada fase del fraguado, próxima á la resistencia á la rotura por tracción que posee, á la misma edad, un mortero idéntico probado sin armaduras. Esto explica que el acortamiento de los prismas aumente regularmente, como antes se ha dicho.

Este hecho podía haber sido previsto, porque la disminución que la solidaridad con la armadura impone á la contracción que el mortero ó el cemento tienden á tomar, es, desde que empieza el fraguado, muy superior al alargamiento elástico. El cemento ó mortero armados, conservados al aire libre, durante el fraguado están estirados más allá de su límite de elasticidad, y, por consecuencia, deben tener una tensión igual á su resistencia máxima á la misma edad, puesto que esta resistencia permanece sensiblemente constante más allá del límite de elasticidad, como ya demostró el autor en una comunicación presentada á la misma Academia en 12 de Diciembre de 1898.

Se observa que la contracción del hierro, y, por lo tanto, la tensión del cemento que la ha producido, no han progresado notablemente sino durante veintiocho días. La parada de esta progresión ha coincidido con la aparición de pequeñas grietas transversales en el prisma de cemento puro.

Este hecho debe relacionarse con el de las fisuras observadas muchas veces en macizos de mortero de cemento puro expuestos al aire seco, y á los cuales, armaduras interiores ó enlaces exteriores impiden contraerse libremente. Es este un defecto grave, que si no se puede corregir, hará que no se empleen fuera del agua el cemento puro y los morteros ricos en cemento en los casos en que la contracción no pueda hacerse libremente, y este caso, al parecer, jamás se realiza porque la contracción de las fábricas está contrariada por la invariabilidad del suelo de cimentación ó de las hiladas inferiores ya contraídas.

A simple vista no se ven las grietas en morteros que contengan á lo más 600 kg. de cemento por metro cúbico de arena, y que están expuestos al aire libre; pero no se puede afirmar que no se hayan producido en ellos fisuras capilares.