

Ensayos de firmes especiales para carreteras

La REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS considera de gran utilidad la divulgación de los resultados de los ensayos de afirmados especiales que se vienen practicando en varias provincias, y con este objeto se propone publicar extensas notas con los datos suministrados por los ingenieros que han efectuado los ensayos. Preferible hubiera sido, sin duda, que los mismos ingenieros redactasen estas notas; pero el abrumador trabajo que pesa sobre ellos no les deja el vagar necesario para hacerlo, y por ello solamente les rogaremos que revisen las notas antes de publicarlas, para tener la seguridad de que hemos interpretado fielmente su pensamiento.

No tenemos preferencia, por el momento, hacia ninguna clase de afirmados, pues creemos que las circunstancias locales de clima y tráfico influyen

en las que se llegó a espesores de 0,40 m. El exceso de espesor en los costados se hizo con hormigón de 150 kg de cemento por metro cúbico.

Las proporciones del hormigón de la losa han sido: 300 kg de cemento por 400 litros de agregado fino y 800 litros de agregado grueso, que corresponden a la dosificación en volumen de $1 \times 2 \times 4$.

Los agregados fino y grueso se extrajeron de las márgenes del Guadalquivir en forma de zahorra, es decir, mezclada la grava con la arena, que se separaron por medio de cribas. La grava obtenida contenía algunos elementos extraños, tales como conchas, trozos de ladrillo, arcilla endurecida y hasta trozos de madera, separándose únicamente los que se apercebían desde luego. No se hizo clasificación por tamaños de los agregados.

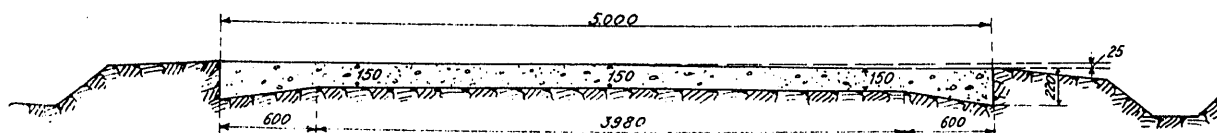


Fig. 1.ª

decisivamente en la elección, existiendo actualmente numerosos tipos de afirmados, susceptibles de proporcionar resultados satisfactorios si se aplican de modo adecuado.

Empezamos hoy por resumir los datos que nos proporcionan respecto a los ensayos de afirmado de hormigón hechos en la provincia de Sevilla. Se ha elegido una de las carreteras de mayor tráfico (Sevilla a la estación de Alcantarillas), tanto de carros como de automóviles y en las inmediaciones de la primera población, de modo que el afirmado se ha sometido a prueba muy dura.

Primer ensayo.—El primer ensayo se hizo en los kilómetros 2,275 al 3,200, con longitud de 925 m; este tramo tiene rasante casi horizontal.

La sección transversal está representada en la figura 1.ª. La parte hormigonada tiene 5 m de ancho y los paseos un metro cada uno. Los espesores proyectados fueron de 0,15 m en el centro y 0,20 me-

La ejecución del afirmado requirió desviar el tránsito, ensanchando un camino que existe paralelo al tramo hormigonado.

Arreglada la explanación, picando algo en el centro y recreciendo los costados con hormigón pobre, con objeto de que la sección transversal del cimiento fuese la correspondiente a la cara inferior del afirmado, se fueron colocando los moldes, constituidos con tabloncillos fijos al terreno, por medio de clavos, teniendo especial cuidado en nivelarlos para evitar las ondulaciones que se producen en esta clase de pavimentos si los moldes no están en su posición correcta. El hormigón se hizo mecánicamente, por medio de una pequeña hormigonera con motor de gasolina de 5 CV y capacidad de $1/6$ de metro cúbico que poseía la Jefatura.

El hormigón se colocó directamente desde la hormigonera y después de extendido se pasó una cercha (fig. 2.ª), que tenía su cara inferior en arco de

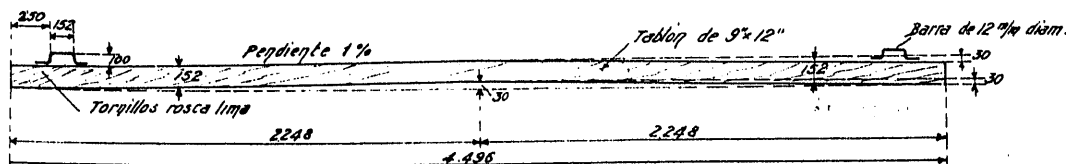


Fig. 2.ª

tros en los mordientes; pero como el firme existente en la carretera tenía mucho bombeo, era preciso o rebajarlo en el centro o recrecer en los costados, prefiriendo picar ligeramente en la parte central y recrecer los costados con hormigón pobre. Se llegó, pues, a dar en algunos puntos espesor de 0,19 m en el centro y mucho mayor del previsto en los costados, sobre todo en las uniones con las rampas de acceso,

círculo de 25 mm de flecha, o sea 1 por 100 del semiancho, dejando el hormigón enrasado a 1 cm próximamente por encima del encofrado, para que, después de efectuar la operación de apisonar, quedase a la altura exacta.

El apisonado se hizo con un pisón de forma especial (fig. 3.ª), que abarcaba todo el ancho del afirmado, constituido por una viga de madera que lleva

en su cara inferior una escuadra de hierro. Por medio de armazones metálicos en los extremos, puede manejarse fácilmente. Apisonado fuertemente el hormi-

meses, al abrirse las juntas se rellenaron con breá refinada. La distancia entre juntas fué, como máximo, 16 m.

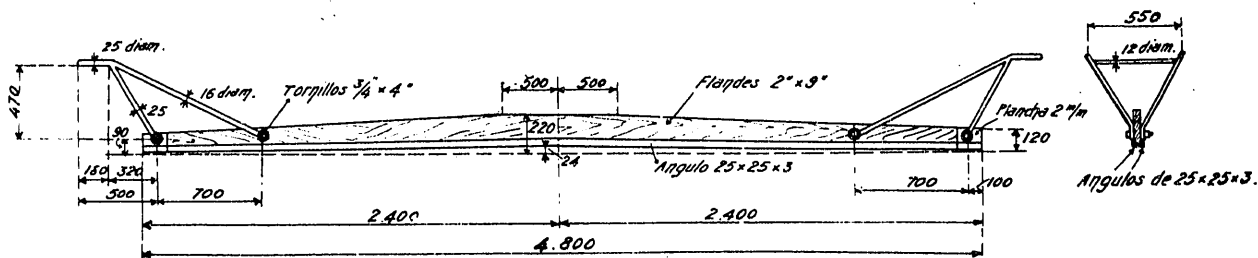


Fig. 3.ª

gón, se pasó una alisadora (fig. 4.ª), que manejaban dos obreros situados sobre puentecillos volantes (figura 5.ª).

Al empezar a fraguar el hormigón y cuando tenía la consistencia de que no quedase huella al tocar con

En las curvas se dió peralte variable, según el radio, pero nunca inferior a 10 cm. El pisón usado en las curvas tenía cara plana.

Después de correr los encofrados y cuando habían transcurrido diez días de la ejecución del hormigón.

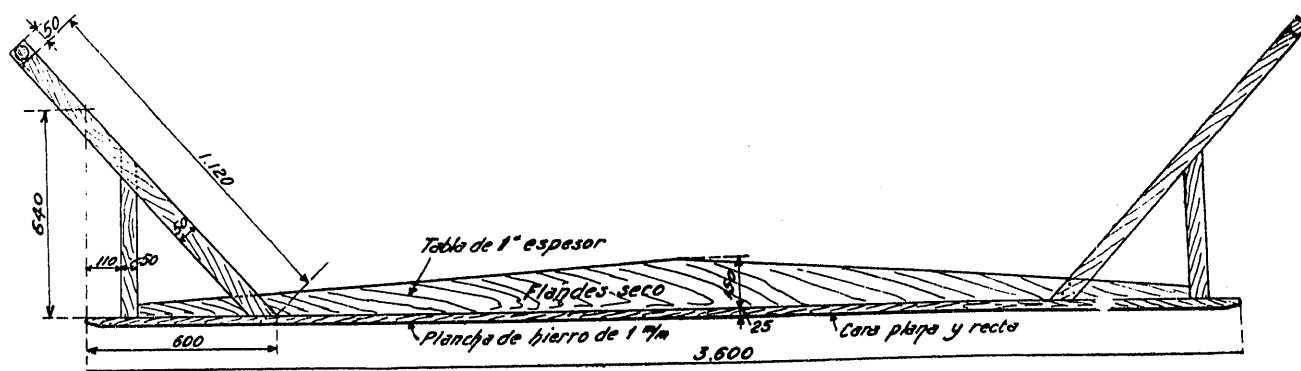


Fig. 4.ª

el dedo, se dispusieron ataguías de tierra para formar balsas (fig. 6.ª), teniendo el agua que se ponía en ellas unos dos centímetros de altura. El agua se mantuvo durante diez días.

En los días en que se tenían heladas, se cubrió con esterones o sacos usados la parte que, por no te-

se ejecutaban los paseos con tierra, cubriéndolos con una ligera capa de gravilla. El costo del primer ensayo se descompone en la forma siguiente:

	Pesetas
306 toneladas de cemento «Asland»	»
Transporte de 306 toneladas de cemento, de Barcelona al muelle de Sevilla, a 24,82 pesetas tonelada	7 595,83
Transporte desde el muelle de Sevilla a las obras, a 8 ptas. tonelada	2 448,00
1 250 m³ de zahorra sobre el muelle de Sevilla, a 5 ptas. el m³	6 250,00
1 250 m³ transportados a las obras en camiones, a 9 ptas. el m³	11 250,00
1 250 m³ descargados, a 0,75 ptas. el m³	937,50
1 250 m³ de cribado para separación de grava y arena, a 1,50 ptas. el m³	1 875,00
1 025 m³ de hormigón terminado, a 13,02 pesetas el m³	13 340,00
Medios auxiliares	20 000,00
Apartadero	7 400,00
Paseos y arbolado	3 437,50
TOTAL	74 533,83

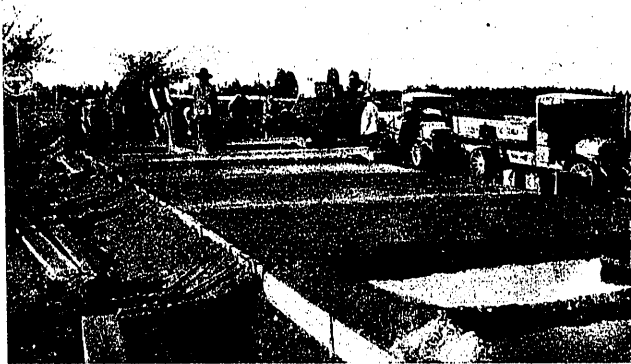


Fig. 5.ª

ner la consistencia necesaria, no se le podía echar el agua.

Al fin de cada tarea, es decir, antes del almuerzo y al terminar por la tarde, se dispusieron juntas, colocando tiras de palastro de 1 mm de grueso y 120 milímetros de ancho, en sentido normal al eje de la carretera, embebidas con el hormigón. Pasados dos

La Compañía general de Asfaltos y Portland Asland cedió gratuitamente las 306 toneladas de cemento que se emplearon en el ensayo.

Para obtener el precio a que resultaría el metro lineal de hormigonado en condiciones ordinarias, sería preciso añadir el precio del cemento y deducir la partida referente a medios auxiliares, incluyendo solamente la depreciación de los mismos. Deducien-

do asimismo los gastos de paseos y arbolado quedaría:

	Pesetas
306 toneladas de cemento en Barcelona, a 70 pesetas tonelada	21 420,00
Transporte del cemento hasta la obra	10 043,83
Grava y arena al pie de obra	20 312,50
Mano de obra del hormigonado	13 340,00
Apartadero	7 400,00
Depreciación de los medios auxiliares, 10 por 100 de 20 000 ptas.	2 000,00
TOTAL	74 516,33

o sea por metro lineal $\frac{74\,516,33}{925} = 80,56$ pesetas y por m² $\frac{80,56}{5} = 16,11$ pesetas.

Si el tránsito se hubiera podido desviar por otra carretera, el costo de hormigonado por metro lineal hubiera sido 72,54 pesetas y por metro cuadrado 14,50 pesetas.

Resultado del primer ensayo.—Principiado a fines de octubre de 1922, en un período de lluvias torren-



Fig. 6.°

ciales, se abrió al tránsito en diciembre del mismo año, de modo que muy pronto hará tres años que se ejecutó.

Al año próximamente se presentaron pequeñas grietas transversales en algunos tramos, que no tienen importancia y no han continuado. En la última parte, principalmente, se produjo una grieta longitudinal que ha sufrido algún deterioro.

La causa principal de la producción de dicha grieta parece ser la contracción del cemento, mucho mayor en los costados que en el centro, por producirse la evaporación del agua con menor rapidez en el centro que en los costados. Grietas longitudinales muy importantes se producen cuando el subsuelo es arcilloso, pues éste llega a separarse completamente del hormigón al contraerse, como lo ha demostrado la experiencia en California.

Parece deducirse, pues, que no debe ejecutarse el hormigón en períodos de grandes lluvias cuando el clima es tan extremado como en Andalucía; pero no hay que olvidar que la existencia de elementos extraños en la piedra ha dado lugar a que el hormigón fuese menos resistente. También ha contribuido a restar resistencia al hormigón la ejecución de la obra en época de lluvias intensas, tanto por el lavado como por tener el hormigón exceso de agua.

La reparación de la grieta se ha hecho de tres maneras distintas: repicando los bordes y rellenándola con hormigón de la misma dosificación que el del resto del pavimento; repicando en la misma forma y rellenando con hormigón de cemento fundido, y, por último, repicando los bordes, limpiando cuidadosamente y haciendo el relleno con Shelfalt, piedra menuda y arena. El tercer procedimiento ha dado resultado excelente.

Por lo demás, el pavimento se conserva hasta ahora en muy buen estado, con un desgaste pequesísimo, y el único bache que se ha formado debe atribuirse, desde luego, a las impurezas contenidas en la piedra, pues se han extraído de él en considerable cantidad. La reparación del bache se ha hecho con Shelfalt, piedra menuda y arena, con éxito completo.

Segundo ensayo.—Se hizo en los km 4,840 al 5,326 de la misma carretera, es decir, en longitud de 486 m. La rasante en un trozo es de 4 por 100.

Se pretendió en este segundo ensayo averiguar la influencia de la supresión de las juntas de contracción y, al mismo tiempo, si sería conveniente la reducción de espesores en la losa de hormigón.

Se redujo, pues, el espesor en el centro a 10 cm y no se dispusieron juntas de contracción, haciendo el pavimento de modo continuo.

La dosificación del hormigón y las calidades de grava y arena fueron idénticas a las del primer ensayo.

Resultado del segundo ensayo.—Principiado a mediados de enero de 1923, se abrió al tránsito a mediados de febrero del mismo año. El tiempo durante la ejecución fué frío y seco.

Durante un año próximamente los defectos del pavimento fueron relativamente poco importantes; pero pasado ese plazo, se observaron numerosas grietas transversales y pequeños baches. No existen grietas longitudinales.

Aparte de los defectos atribuibles a las sustancias extrañas contenidas en la grava y arena, parece que el espesor de la losa de hormigón es deficiente para soportar el pesado tráfico que circula por esta carretera. Las grietas transversales pueden atribuirse también a la falta de juntas de contracción, siendo de sentir que en este ensayo no se dispusiera algún tramo con mayor espesor de hormigón para apreciar claramente la influencia de ambas causas.

Tercer ensayo.—Con las enseñanzas de los dos primeros ensayos, ejecutados casi simultáneamente, por administración, se redactó un proyecto para ejecución del tercer ensayo, por contrata, que se adjudicó a D. Andrés Gotor en pesetas 150 333.

Los espesores construídos han sido de 15 cm en el centro y 22 cm en los mordientes, como mínimo.

Las proporciones se han mantenido idénticas a las de los primeros ensayos, esto es, 300 kg de cemento por 400 litros de arena y 800 litros de grava; pero los áridos se han clasificado y limpiado cuidadosamente.

Las juntas de contracción se colocaron a distancias fijas de 10 m, empleando cartón en vez de chapa de hierro en el intermedio.

La cura de agua se hizo por balsas durante diez días y se regó durante algunos más.

Resultado del tercer ensayo.—Principiado a fin de julio de 1924, se dió al tránsito en 1.º de septiembre del mismo año.

No se han presentado hasta ahora grietas ni ba-

ches y el pavimento presenta excelente aspecto, siendo el desgaste pequeñísimo y uniforme.

En este ensayo se ha observado que las juntas de contracción se abrieron mucho más pronto y en mayor anchura que las de los ensayos anteriores. El haberse ejecutado la obra en tiempo de fortísimos calores puede ser la causa predominante. La separación de las partes de la junta por medio de tiras de cartón ha dado mal resultado, pues se ha observado que el hormigón se desagrega en las inmediaciones del cartón. Debe, pues, rechazarse esta disposición.

Actualmente se ejecuta por contrata, como decimos, adjudicada a D. Andrés Gotor, un trozo de hormigonado para terminar de unir los de los dos primeros ensayos. La longitud es de 1 640 m y el presupuesto de contrata de 150 333 pesetas. Teniendo en cuenta las enseñanzas de la experiencia, se ha introducido la modificación de hacer la cura sin embalsar agua, sino extendiendo una capa de

tierra que se mantiene húmeda por riego durante diez días.

El ingeniero Sr. Ibarra considera que los hormigonados constituirán en carreteras el pavimento del porvenir, pero se requiere para ello una ejecución minuciosa y delicada, empleando material escogido de grava, arena y cemento; exigiendo tiempo adecuado para la construcción y empleando maquinaria, tanto para efectuar las mezclas como para el tendido, apisonado y alisado final.

Los ensayos han proporcionado utilísimas enseñanzas para todos, y una vez que se hayan practicado ensayos con hormigones algo más ricos y de alquitranado superficial y de aceleración del fraguado, podremos juzgar con exactitud del verdadero valor de esta clase de afirmados y su campo de aplicación.

Es también de la mayor importancia conocer con la mayor exactitud posible los gastos de conservación que se vayan originando.

Manuel AGUILAR
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

La Exposición Internacional del Arte decorativo e industrial, de París

Vengo de visitar esta Exposición y me apresuro a transmitir a mis compañeros las impresiones personales que me ha sugerido.

Como viejo constructor, y por mis notorias tendencias a las novedades progresivas, debo sentir y formular una opinión.

Quizá me recusen los arquitectos, por invadir un campo que algunos pretenden cerrar a cuantos no hemos sido amamantados en clásicas y artísticas disciplinas.

Pero se ha extendido tanto la cultura y el gusto, que también los ingenieros tenemos nuestro corazoncito artístico y derecho, por tanto, a significar nuestra repulsa a las tendencias extravagantes de la Arquitectura como nuestra conformidad, cuando vemos bien orientada la inevitable evolución constructiva, de la que me ocupé personalmente en cuantas ocasiones se me han presentado (1).

Allá van, pues, mis desaliñadas impresiones.

No son un dictamen. Son la resultante de lo que he visto y sentido ante aquellos edificios.

Las figuras que acompaño sólo dan una idea muy atenuada, ya que les falta el ambiente y, sobre todo, la policromía de pinturas, vidrieras y cerámicas y la iluminación eléctrica y jardinería que, con singular y feliz coordinación, colaboran intensamente al efecto decorativo.

Bien sé yo que se achacará a pobreza artística el que los arquitectos actuales recurran a todos estos artificios, que no necesitaron los griegos para producir sus hermosos monumentos.

Pero es que hoy somos más exigentes en todos los órdenes, y así como preferimos el *sleeping* a la litera y una suntuosa ópera a las melodías pastoriles de arcaicas flautas, así necesitamos luz abundante, flores y céspedes, colores y ropajes, para completar la sensación que debe producirnos un edificio destinado, no a filosóficos o religiosos pensamientos, sino al goce de vivir cómoda y, si puede ser, alegremente.

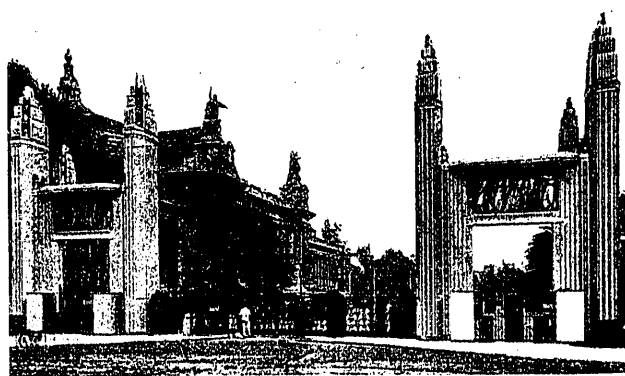


Fig. 1.ª Puerta de honor.

Son bellísimos los templos griegos y son también esplendorosas muchas de nuestras catedrales y mezquitas, pero resultan frías y casi siempre oscuras.

Dicen que su contemplación recoge y eleva el espíritu. Es posible; pero no lo recrea a los que no sentimos tendencias sacerdotales ni místicas evocaciones de ultratumba.

Aquellos majestuosos monumentos quieren elevarse al cielo y hacen pensar en la muerte. Hoy la Arquitectura debe, por el contrario, expresar sensación de vida y satisfacer terrenales comodidades.

(1) Véanse mi artículo sobre la Exposición de Londres del pasado año, publicado por esta REVISTA en su número 2414, y mi conferencia sobre «Evoluciones constructivas», en el folleto repartido con la REVISTA de 1.º de marzo último.