

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS ADITIVOS PLASTIFICANTES Y RETARDADORES DE FRAGUADO PARA MORTEROS Y HORMIGONES Y SU EMPLEO EN LA CONSTRUCCION

Por CARLOS SAFRANEZ

Doctor Ingeniero.

El propósito de este artículo es contribuir a la ampliación de los conocimientos de aditivos plastificantes y retardadores de fraguado, explicando sus propiedades y forma de actuar. Se presta especial atención a los retardadores de fraguado, ya que se trata de un material relativamente nuevo y para cuyo empleo hay que tomar ciertas precauciones. Se exponen sus efectos en el hormigón fresco, es decir, la dispersión de las partículas del cemento, el aumento de la fluidificación con la correspondiente reducción de la relación agua-cemento, la plastificación, el retardado de fraguado con el aumento del tiempo de trabajabilidad del hormigón. Según el resultado de los ensayos expuestos, se demuestra que el hormigón obtenido con la inclusión de estos aditivos resulta más homogéneo, más resistente y de mejor calidad.

1. Introducción.

Al extenderse en los últimos años el empleo de los aditivos químicos para morteros y hormigones, ha aumentado al mismo tiempo la variedad de sus tipos. En este informe nos limitaremos a tratar solamente de los plastificantes y retardadores de fraguado, exponiendo las características físico-químicas de su forma de actuar, su modo de empleo y los resultados que se obtienen en el hormigón fresco y fraguado. No nos vamos a extender a las características de aditivos igualmente importantes, tales como aireantes, hidrófugos, aceleradores de fraguado, etc.

Este informe está basado sobre todo en las amplias investigaciones realizadas recientemente por el eminente químico alemán Dr. G. H. Benz, agradeciéndole su gentileza al poner a nuestra disposición el resultado de sus estudios.

Según los recientes datos estadísticos, en Alemania, por ejemplo, fueron añadidos una u otra clase de aditivos en aprox. 60 por 100 de todos los hormigones colocados, lo que nos falcita una idea de la importancia que se atribuye a su empleo.

En la mayoría de los casos, al emplear un aditivo, se busca en primer lugar un efecto plastificante para hacer el hormigón más trabajable, con la posibilidad de reducir la cantidad de agua de amasado, y además, el efecto de dispersión, para conseguir el hormigón más homogéneo. Al reunir, precisamente los plastificantes, estos efectos, son ellos los que en mayor cantidad se emplean, y es importante que los demás aditivos tengan también un componente plastificante.

Los plastificantes tienen normalmente además, un ligero efecto retardador del fraguado, y por consiguiente, aumentan algo el tiempo disponible para la colocación del hormigón. Al aumentar este efecto retardador, se consigue un plastificante-retardador y, finalmente, un retardador con efecto plastificante.

Trataremos especialmente de los efectos mencionados, o sea, de la plastificación, de la fluidificación, de la dispersión y del efecto retardador de fraguado.

2. Hidratación, o el proceso de fraguado.

En la figura 1 está representado esquemáticamente el proceso de hidratación. Al ponerse en contacto el agua con el cemento, se forma primero una capa de gel,

el cual se transforma a continuación en cristales incrustados entre ellos mismos y con los áridos, convirtiendo la masa blanda en una piedra.

El agua penetra poco a poco dentro de la partícula del cemento, y la hidratación se efectúa tanto más rápidamente cuanto más fino es el grano, ya que de esta forma se aumenta su superficie de contacto. Pero como existen límites técnicos para la finura del grano, se busca la posibilidad de acelerar la humectación del cemento por medio de aditivos químicos especiales.

En la figura 2 está representado otro esquema de hidratación, indicando las partículas de cemento rodeadas de agua, y el agua sobrante.

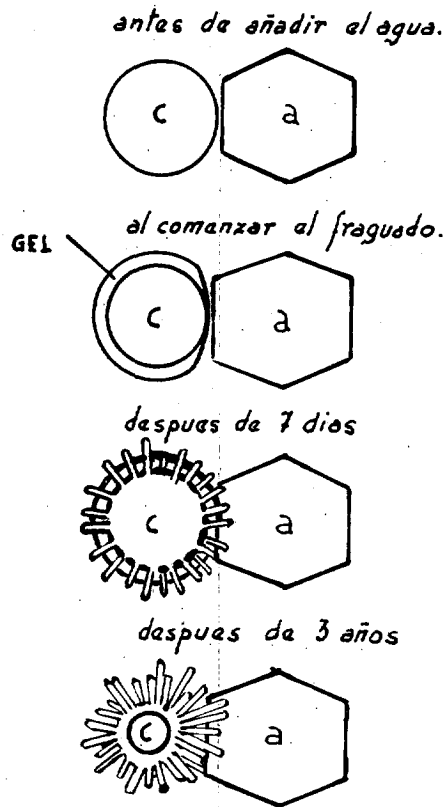


Fig. 1. — Esquema del proceso de fraguado: (c) cemento; (a) áridos.

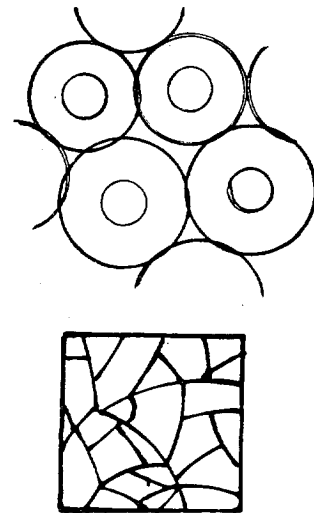


Fig. 2. — Formación de conductos capilares.

Como es sabido, para amasar el hormigón se emplea siempre una cantidad de agua mayor de la estrictamente necesaria para su fraguado, dependiendo esta cantidad de la forma de colocación, es decir, de la trabajabilidad necesaria del hormigón o mortero. Al evaporarse este agua sobrante, quedan en el hormigón conductos capilares reseñados en esta figura.

La disminución del agua necesaria, o sea, la reducción de la relación agua-cemento, se consigue solamente por adición de productos químicos especiales. Se obtiene por consiguiente la disminución de los conductos capilares y una notable mejora de las cualidades del hormigón, como el aumento de su resistencia a la compresión, a la abrasión, al ataque de los agentes agresivos, y también, una mayor impermeabilidad.

3. Modo de actuar de un plastificante.

En la figura 3 indicamos esquemáticamente lo que ocurre al añadir un plastificante al agua de amasado. La parte activa del plastificante la componen moléculas

las en forma de hilos finos que se encuentran en toda la superficie de contacto, o sea, en la del cemento, del hormigón, de los áridos y de las burbujas de aire.

Un extremo del hilo repele el agua y sobresale de la misma, mientras que el otro extremo la absorbe, y estando metido dentro del agua, la atrae hacia la superficie de los componentes de la mezcla. De esta forma, se aumenta de hecho la superficie humedecida, y disminuye, por consiguiente, la cantidad de agua necesaria.

Este fenómeno, conocido como la disminución de la tensión superficial del agua, se efectúa liberando cierta cantidad de energía de trabajo, lo que se demues-

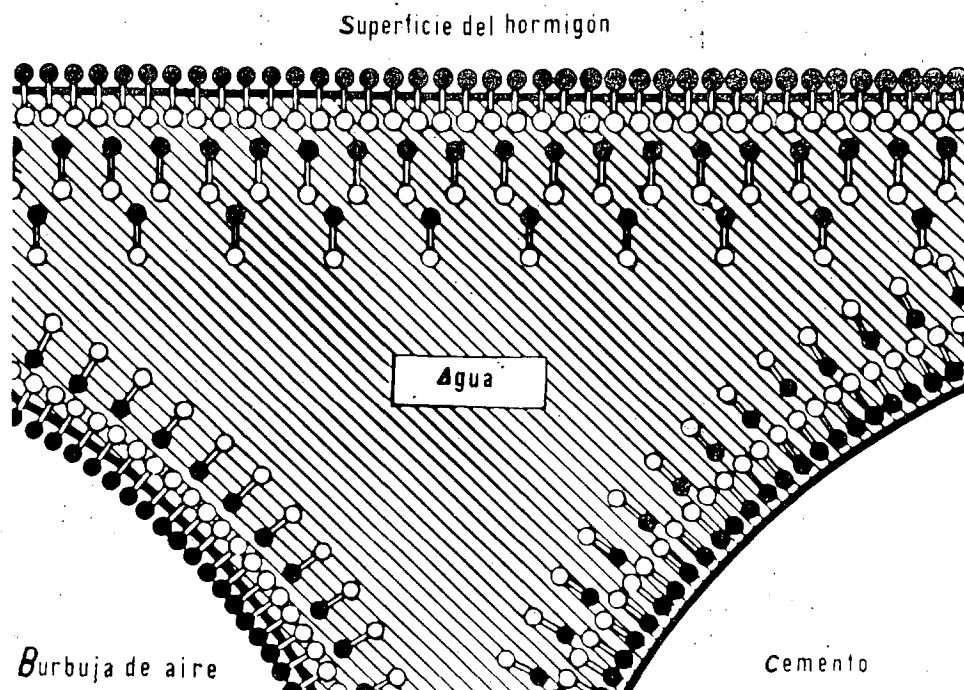


Fig. 3. — Modo de actuar de un plastificante.

tra fácilmente al añadir una gotita de plastificante al agua coloreada. Sin agitarla, ésta empieza a moverse, se forman remolinos, y el plastificante queda uniformemente repartido.

Este hecho tiene una gran importancia práctica, ya que el plastificante se añade en proporciones muy pequeñas, del 0,1 al 0,7 por 100 sobre el peso del cemento, y es naturalmente muy importante que su reparto uniforme se logre con un mínimo de agitación.

4. Poder de humectación.

El poder de humectación, o sea, la capacidad de humedecer, se determina en el laboratorio midiendo en dinas por cm. la tensión superficial del agua con o sin adición del plastificante. A mayor tensión superficial corresponde menor poder de humectación.

El mercurio, por ejemplo, tiene una tensión superficial muy alta, 472 dinas por centímetro.; su gota forma una esfera, es decir, un cuerpo con un mínimo de superficie. El alcohol, en cambio, la tiene muy baja, prácticamente 0, no forma gotas y se extiende completamente sobre un plano, su poder de humectación es muy elevado.

El agua se encuentra entre ambos materiales, con una tensión superficial de 73 dinas/cm., aproximadamente; su gota forma sobre un plano una media esfera re-

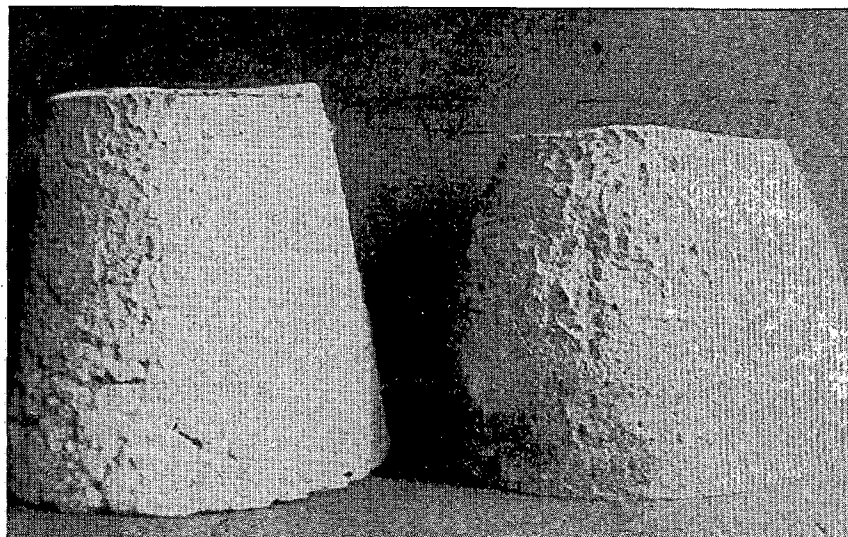


Fig. 4. — Ecurrimiento de hormigones con y sin el plastificante.

bajada. Al añadir un plastificante en cantidad normal, baja su tensión a 40-50 dinas por centímetro, adquiriendo por consiguiente un mayor poder de humectación. Aumentando la proporción del plastificante se consigue rebajar aún más la tensión superficial del agua.

En la obra es normalmente suficiente determinar solamente el poder relativo de humectación de un plastificante, comparando el escurrimiento de distintas clases de hormigones en una mesa de sacudidas.

En hormigones de las mismas características, un plastificante de mejor calidad produce un mayor escurrimiento, o sea, una mayor reducción de la tensión superficial del agua.

En la figura 4 están representados los conos de dos hormigones de idénticas características, con la única diferencia de la adición de un plastificante en el de la derecha. Observamos que este último es mucho más blando y mejor trabajable.

El efecto de un plastificante se manifiesta con mayor intensidad en hormigones ricos de cemento que en hormigones pobres, pero empleando un plastificante de buena calidad, se consigue siempre mejorar notablemente también la calidad de un hormigón muy pobre en cemento.

En unos ensayos realizados en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas empleando hormigones de solamente 150 Kg. de cemento por metro cúbico, pudimos observar que conservando la misma trabajabilidad, al añadir 0,5 por 100 de plastificante sobre el peso de cemento, la relación de agua-cemen-

to disminuyó un 8 por 100, aumentando no obstante el escurrimiento un 5,5 por 100, según lo comprobado en la mesa de sacudidas. La resistencia a la compresión aumentó a los siete días un 12 por 100, y a los veintiocho días, un 19 por 100.

En otros ensayos se determinó el efecto del mismo plastificante sobre el escurrimiento de morteros, valiéndose igualmente de la mesa de sacudidas. La composición de los morteros era la misma referente al cemento y la arena, con un 78 por 100 de arena en peso y un 22 por 100 de cemento, variando la relación agua-cemento y la proporción del plastificante sobre el peso del cemento.

En la tabla siguiente resumimos el resultado de estos ensayos:

Relación agua/cemento	SIN PLASTIFICANTE		CON PLASTIFICANTE		Aumento del escurrimiento
	Plastificante %	% de escurrimiento	Plastificante %	% de escurrimiento	
0,53	0	24	0,5	28	+ 4 = + 16,7 %
0,60	0	41	0,5	57	+ 16 = + 39 %
0,67	0	64	0,5	94	+ 47 = + 47 %
0,53	0	24	0,7	45	+ 21 = + 88 %
0,60	0	41	0,7	73	+ 32 = + 78 %

Como demuestra esta tabla, el efecto del plastificante empleado es sumamente intensivo en mezclas ricas en cemento. Al añadir un plastificante, se consigue la misma consistencia deseada del hormigón, pero empleando una menor cantidad de agua, del orden del 10 al 15 por 100. Al mismo tiempo y a pesar de esta reducción de la relación agua-cemento, resulta el hormigón más plástico, o sea, mejor trabajable.

Se recomienda no hacer los hormigones demasiado fluidos para evitar el peligro de su disgregación durante el transporte. El hormigón no debe fluir de la hormigonera, sino caer en trozos. Conviene que forme un cono ideal de 45°, figura 5.

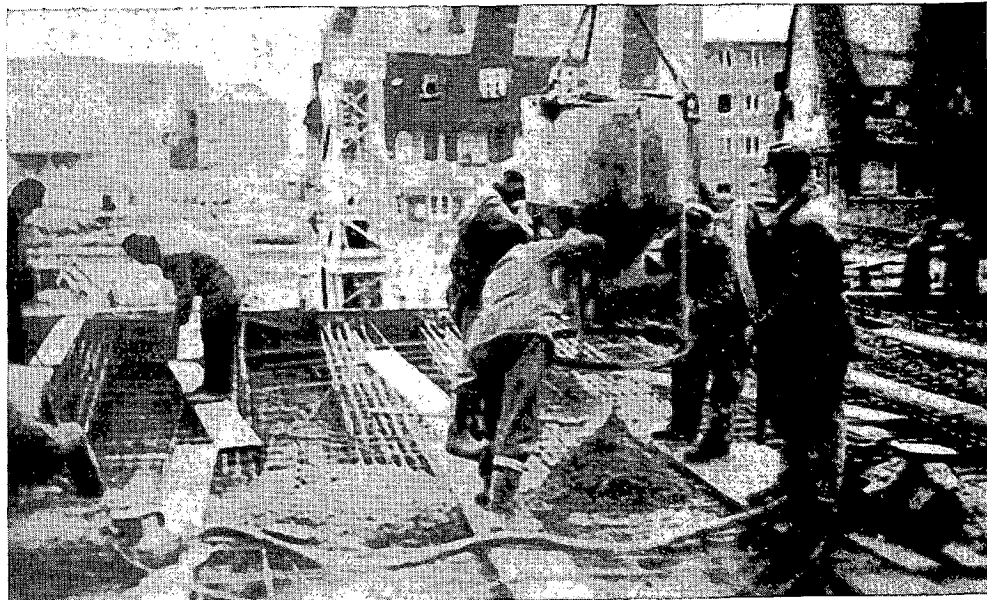


Fig. 5. — Cono de hormigón.

También el hormigón bombeado debe formar una masa compacta y romperse de vez en cuando, de acuerdo con la figura 6.

Dada la importancia del tiempo de vibrado para la calidad del hormigón, al

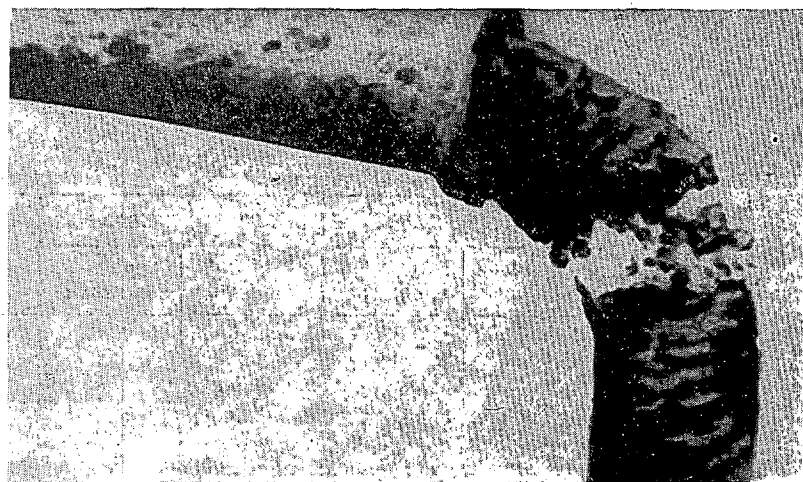


Fig. 6. — Hormigón bombeado.

mejorar su trabajabilidad la adición de plastificante, permite reducir, en algunos casos hasta la mitad, el tiempo normal de vibrado, con la economía correspondiente en energía y horas de trabajo.

5. Dispersión.

Otro efecto muy importante de un plastificante representa su poder de dispersión. Al absorber la superficie del cemento las moléculas que forman la parte activa del plastificante, se produce una carga electrostática. Las partículas del cemento quedan cargadas negativamente, y al repelerse mutuamente, se produce una dispersión y, por consiguiente, su reparto más uniforme dentro de la mezcla.

Al estar las partículas de cemento mejor repartidas, se aumenta también la facilidad de su humectación, resultando además el hormigón más homogéneo.

La demostración del efecto de dispersión nos la facilita la figura 7, que representa 2 fotografías de una papilla de cemento preparada con mucha agua.

Observamos en la fotografía de la izquierda una aglomeración del cemento en ciertos lugares, quedando grandes partes de la superficie sin cemento, lo que demuestra que su dispersión era deficiente.

A continuación, se añadió una gota de plastificante a la mezcla sin removerla; se notó al poco tiempo un cierto movimiento de las partículas del cemento con la tendencia de separarse y dispersarse, debido a la carga electrostática negativa que recibieron al absorber la parte activa del plastificante, según lo expuesto anteriormente. La superficie de la papilla adquirió un aspecto mucho más uniforme, tal como lo demuestra la fotografía de la derecha.

Las figuras 8 y 9 representan fotografías, hechas valiéndose de un microscopio (escala entre 5 y 8 mm.), de la superficie de dos morteros, una vez fraguados, de

Fig. 7. — Efecto de un plastificante
en una papilla de cemento.

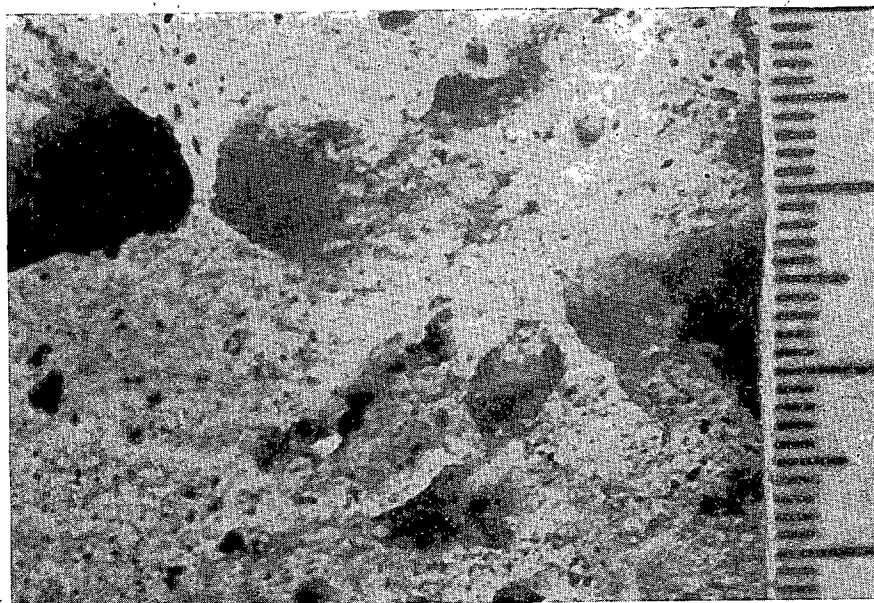
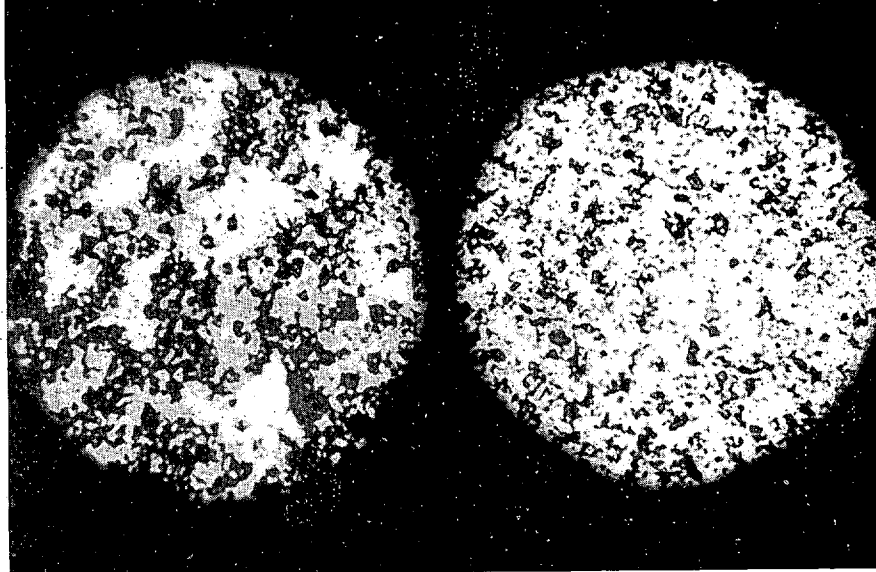
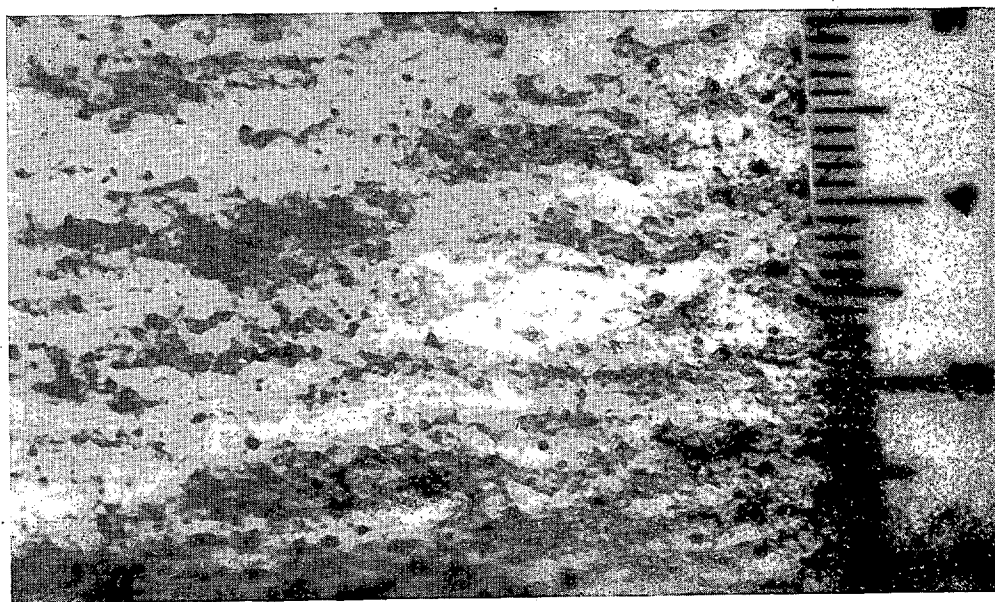


Fig. 8. — Mortero sin plastificante.

Fig. 9. — Mortero con
plastificante.



idéntica composición, con relación agua-cemento de 0,5 solamente, y habiendo añadido un plastificante al de la figura 9.

Observamos muchos huecos de tamaño relativamente grande en la figura 8; en cambio, en la figura 9 solamente notamos huecos capilares, formados al evaporarse el agua sobrante. La superficie de este mortero tiene un aspecto mucho más uniforme y homogéneo.

Una comparación entre hormigones de distinta calidad, nos la facilita la fotografía de su superficie de rotura, figura 10. El hormigón del segundo término tiene

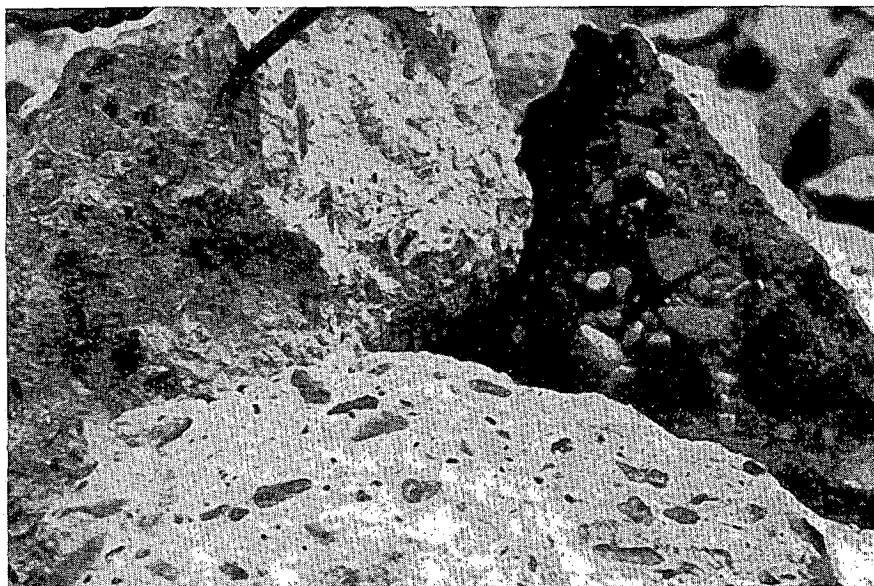


Fig. 10. — Superficie de rotura de dos clases de hormigones.

numerosas coqueras; la rotura se produjo fuera de la grava, casi sin afectar a la misma.

Por el contrario, el hormigón del primer plano tiene una estructura muy uniforme, no se observan huecos apreciables, la rotura se efectuó a través de la grava.

5. Resistencia del hormigón.

Nos hemos ocupado hasta ahora, en primer lugar, de los efectos de la adición de un plastificante sobre el proceso de fraguado y sobre las características del hormigón fresco.

La disminución de los poros, debida a la reducción del agua de amasado, la dispersión del cemento y su humectación más intensiva, mejoran también, naturalmente, las calidades del hormigón fraguado. En la figura 11 están marcadas las curvas de resistencia a la compresión y a la tracción de dos hormigones de idéntica composición, salvo la adición de un plastificante y la correspondiente reducción de su relación agua-cemento. Las curvas a trazos corresponden al hormigón sin aditivo.

Observamos en el hormigón con aditivo un aumento de resistencia entre el 10 y

el 20 por 100, lo que es debido, naturalmente, en primer lugar, a la reducción del agua de amasado.

Conservando la misma trabajabilidad, esta reducción es más pronunciada en los

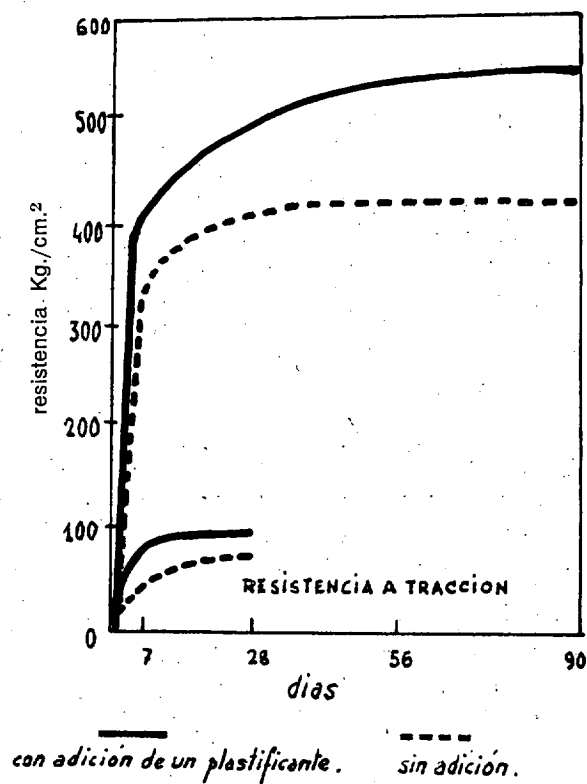


Fig. 11.— Resistencia de hormigones con o sin plastificante.

hormigones de consistencia fluida, y disminuye a medida que los hormigones se hacen más secos. El empleo del plastificante es sobre todo indicado en hormigones vibrados, de consistencia relativamente fluida.

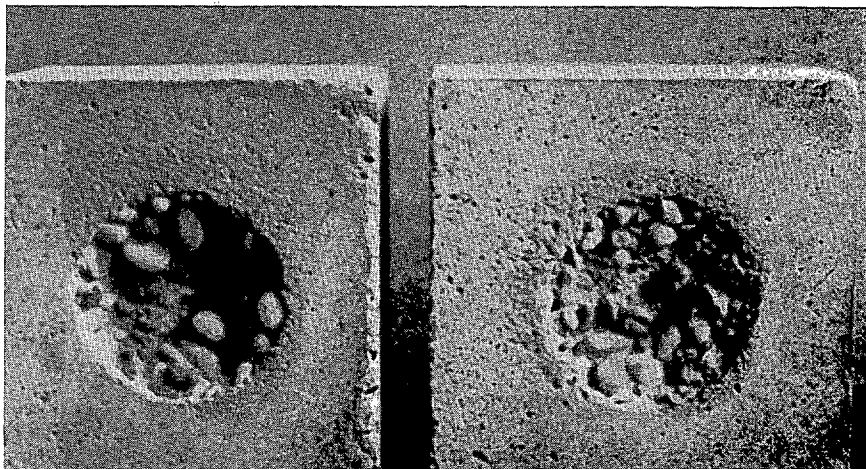


Fig. 12.— Ensayo de la resistencia a la abrasión.

Aparte del aumento de la resistencia y el resultar la estructura del hormigón más homogénea y con menor volumen de huecos, se consigue una mayor impermeabilidad, y también una más elevada resistencia a la abrasión.

Un procedimiento sencillo para demostrar esto último consiste en cubrir el hormigón con una plancha de hierro perforada, siendo el diámetro del hueco de unos 10 cm. y someterlo durante un tiempo determinado al desgaste por medio de un chorro de arena.

En la figura 12 vemos la fotografía de dos hormigones sometidos a esta prueba. Su composición es idéntica, solamente el de la derecha tiene 15 por 100 menos de agua debido a la adición de un plastificante. Se observa claramente que este último ha sufrido mucho menos desgaste que el hormigón sin plastificante. Naturalmente esta prueba nos facilita solamente valores relativos para comprobar la resistencia a la abrasión de distintas clases de hormigones.

7. Retardadores de fraguado.

Hemos tratado hasta ahora de los principales efectos del plastificante, como la fluidificación, la reducción del agua, la dispersión y plastificación. Pero aparte de esto, los plastificantes producen normalmente también un ligero aumento del tiempo de fraguado, y por consiguiente, un aumento del tiempo de trabajabilidad del hormigón. Donde interesa aumentar considerablemente este tiempo, hay que emplear aditivos especiales, los llamados retardadores de fraguado, que actúan también como plastificantes, pero cuyo efecto retardador es muy pronunciado.

Es importante tener presente que casi todos los productos químicos que se añaden al cemento actúan, sea como aceleradores, o sea como retardadores, y muchos de estos, como cloruro de calcio, cloruro de magnesio, sulfato sódico, etc., pueden tener ambos efectos, según la cantidad añadida. El cloruro de calcio, tan conocido como acelerador de fraguado, añadido en cantidades muy pequeñas, actúa, por el contrario, como retardador.

Los retardadores se añaden normalmente en proporciones muy pequeñas, del 0,2 al 0,6 por 100 sobre el peso del cemento y producen en estas dosificaciones el aumento del tiempo de trabajabilidad del hormigón deseado. Si en cambio, debido a un descuido o avería en la instalación del dosificador, el mismo retardador se añade en una proporción muy exagerada, puede ocurrir que en vez de retardar, se produzca una aceleración del fraguado, es decir, una inversión del efecto deseado.

8. Resistencia.

Para decidir sobre la conveniencia del empleo de un retardador, hay que aclarar primero, como es natural, si su adición puede producir una disminución de la resistencia del hormigón.

En principio se puede afirmar que, empleando en forma adecuada, la adición del retardador tiene una influencia favorable sobre la resistencia del hormigón. Esto resulta plausible, al tener presente que el proceso del fraguado, o sea, la hidratación del cemento, es tanto más perfecta cuanto más intensivo es su contacto con el agua.

Sabemos que a mayor finura del molido del cemento corresponde una mayor resistencia, siendo esta diferencia muy pronunciada, sobre todo, al principio del fra-

guado. Las resistencias finales, en cambio, se igualan bastante en muchos casos.

La partícula fina del cemento facilita la penetración del agua hasta su núcleo, y por consiguiente, el fraguado rápido perfecto. Sin embargo, en la partícula más gruesa resulta el proceso de hidratación más lento.

Algo análogo ocurre al emplear aditivos aceleradores o retardadores.

Al añadir un acelerante en cantidad exagerada observamos, según la figura 13, que a las seis horas el hormigón supera en un 600 por 100 la resistencia del hormigón sin aditivo; en cambio, su resistencia final es bastante más baja.

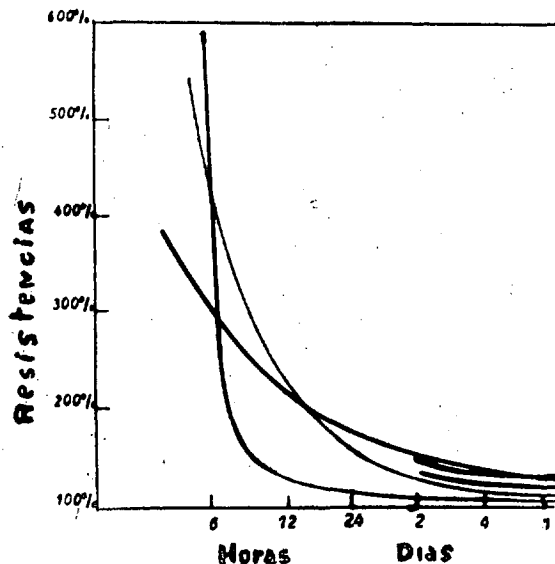


Fig. 13. — Resistencia del hormigón con acelerante.

Al reducir la cantidad de acelerante, el aumento de la resistencia inicial es menos pronunciado, siendo, por otro lado, la resistencia final más elevada.

La causa de este fenómeno es, que acelerando el fraguado, el núcleo de la partícula del cemento queda rápidamente envuelto en una capa dura, cristalina, que impide el paso del agua hacia el centro de la misma. Una parte, más o menos grande, del cemento queda sin fraguar, lo que significa, para el hormigón, de hecho, una rebaja de su riqueza en cemento.

Lo contrario ocurre al retardar el fraguado del cemento, lo que se consigue añadiendo un aditivo retardador.

Al retrasar en varias horas, y hasta en varios días, la transformación del gel de cemento, en capa cristalina (ver fig. 1), se facilita la reacción entre el cemento y el agua.

Esta puede penetrar hasta el centro de la partícula de cemento, efectuándose su fraguado completo. Se aprovecha al máximo toda la cantidad del cemento empleado y se obtiene, por consiguiente, la mayor resistencia posible.

En los ensayos realizados se ha demostrado que se pueden conseguir aumentos de resistencia hasta de un 30 por 100, sin aprovechar la posibilidad de la reducción de la relación agua-cemento.

9. Empleo de los retardadores de fraguado.

Habiendo demostrado la influencia favorable de la adición de retardadores sobre la resistencia del hormigón, vamos a citar algunos casos donde su empleo resulta indicado:

9.1. Al principio se usaba el retardador de fraguado, sobre todo, para salvar el tiempo de interrupción del hormigonado durante las horas de descanso, y al terminar la

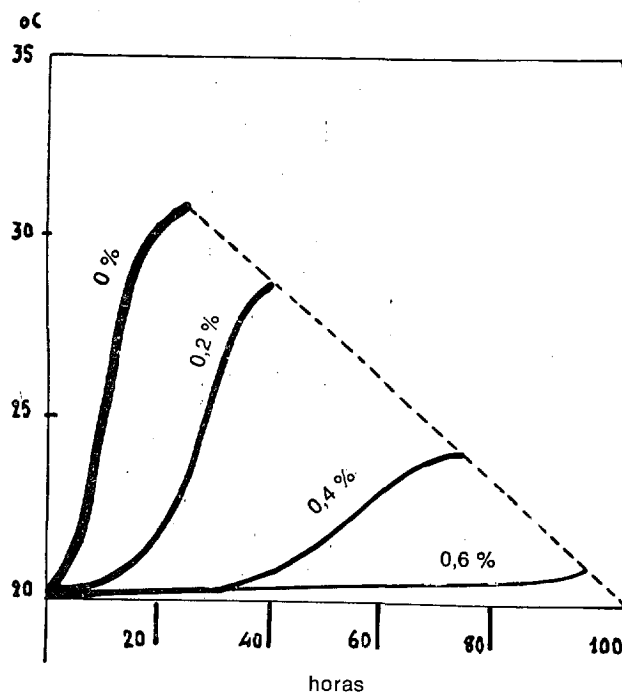


Fig. 14. — Curvas de temperaturas con distintas dosificaciones de un retardador.

jornada de trabajo. Al conservarse aún trabajable el hormigón ya colocado, y al reanudarse el hormigonado, permite empalmar bien, por medio del vibrado, el hormigón anterior con el nuevo, evitando de este modo las juntas de trabajo, siempre molestas y peligrosas.

Las primeras mezclas del hormigón nuevo se preparan, en este caso, sin adición de retardador.

9.2. Al hormigonar con elevada temperatura ambiente, existe el peligro de aceleración del fraguado, por lo que resulta aconsejable, en estos casos, el empleo de un retardador.

9.3. Se conoce el grave problema que representa la gran elevación de temperatura, al colocar grandes masas de hormigón. Al existir pocas posibilidades de transmisión de calor, la temperatura elevada puede conservarse durante semanas enteras y coincidiendo con temperaturas ambiente bajas, existe el peligro de desconchado en la superficie del hormigón y de su agrietamiento.

En muchos casos hay que recurrir a una refrigeración artificial para resolver este problema.

Otra solución nos ofrece la posibilidad de emplear un retardador de fraguado.

Hay que tener presente, naturalmente, que al retardar el fraguado, no se reduce la cantidad absoluta de calor que se produce durante el proceso del mismo, ya que ésta es una constante.

Lo que ocurre, es que la curva de la subida de temperatura resulta menos acentuada, por tanto más rebajada. La temperatura máxima alcanzada disminuye más o menos, de acuerdo con la cantidad del retardador añadida.

En la figura 14 están representadas las curvas de temperatura para hormigones de las mismas características, pero añadiendo un retardador en la cantidad del 0,2, 0,4 y 0,6 por 100, respectivamente, sobre el peso del cemento.

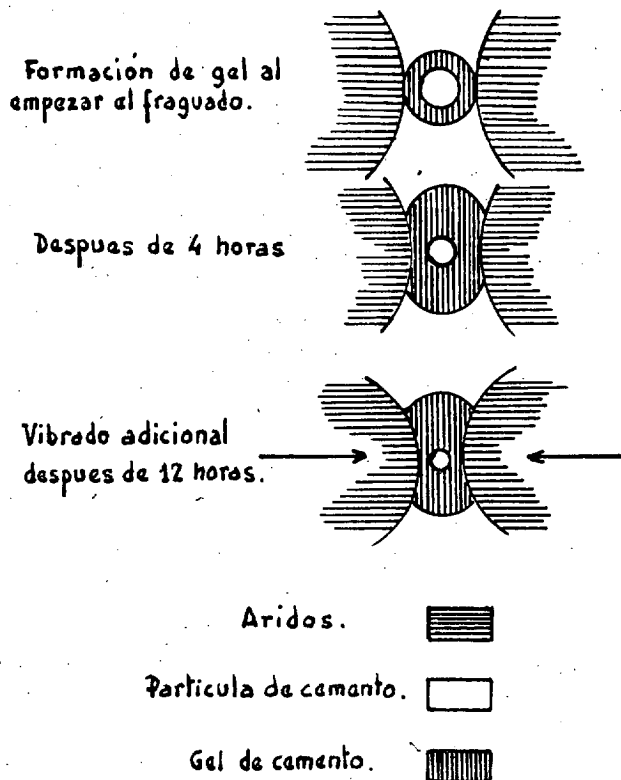


Fig. 15. — Efecto de un retardador al aplicar vibrado adicional.

Vemos que, efectivamente, la curva de temperatura del hormigón con el 0,6 por 100 del retardador se eleva apenas sobre la horizontal; el aumento de la temperatura que se produce, es solamente de unos pocos grados.

9.4. Observamos en los últimos años una creciente tendencia de fabricar el hormigón en una instalación central para su reparto a distintas obras. El empleo de un retardador aumenta notablemente las posibilidades de este procedimiento.

También se facilita la colocación del hormigón por medio de bombeo.

95. *Vibrado adicional*: La adición de un retardador de fraguado permite repetir el vibrado, resultando el hormigón más compacto y resistente, y disminuyendo su retracción del fraguado.

Reproducimos en la figura 15 un esquema del efecto de vibración adicional aplicado en distintas fases del proceso de fraguado, indicando la partícula de cemento con su capa de gel y los áridos que la rodean.

En la parte de arriba está representada la situación después de haber ejecutado el primer vibrado, inmediatamente después del vertido del hormigón. La hidratación acaba de empezar, la partícula de cemento es aún relativamente grande, y la capa de gel delgada.

Al transcurrir cuatro horas y haber progresado el proceso de hidratación, ha disminuido el volumen de la partícula de cemento y ha aumentado el espesor de la capa de gel. Al conservarse ésta aún blanda, y repitiendo el vibrado, los áridos pueden acercarse más.

Lo mismo ocurre, pero en mayor escala, si en vez de dejar pasar cuatro horas, se espera doce horas para repetir el vibrado, siempre y cuando la capa de gel per-

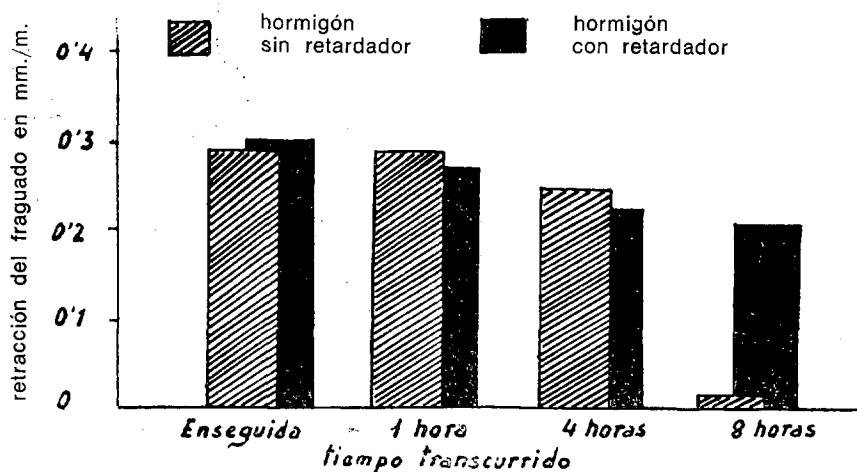


Fig. 16. — Relación entre el valor de la retracción del fraguado y el tiempo transcurrido antes de aplicar el vibrado.

manezca aún blanda, lo que quiere decir, el hormigón aún trabajable, debido a la adición de un retardador. Al acercarse más los áridos, el gel penetra en los huecos, resultando el hormigón más compacto, de estructura más homogénea, de mejor calidad.

Se conoce la relación que existe entre el valor de la retracción del fraguado y el tiempo transcurrido antes de aplicar el vibrado.

En la figura 16 está representada en mm./m. la retracción del fraguado de hormigones con y sin adición de retardadores, y cuyo vibrado fue ejecutado, bien en seguida después de su vertido, o después de haber transcurrido una, cuatro y ocho horas, respectivamente. En el último caso no está indicado el hormigón sin retardador, ya que estaría completamente endurecido y no permitiría el vibrado.

Se observa que al aplazar el tiempo de la aplicación del vibrado se disminuye notablemente el valor de la retracción del fraguado, lo que demuestra la influencia favorable del vibrado adicional, siendo este efecto más acentuado en el hormigón con retardador.

En la figura 17 representamos la relación existente entre la resistencia a la compresión de un hormigón con adición de un retardador y el valor de su retracción del fraguado.

Observamos que al repetir el vibrado después de dos o cuatro horas, respec-

tivamente, disminuye el valor de la retracción del fraguado, y aumenta la resistencia a la compresión.

Se aprovecha esta posibilidad, donde interesa conseguir hormigones de alta

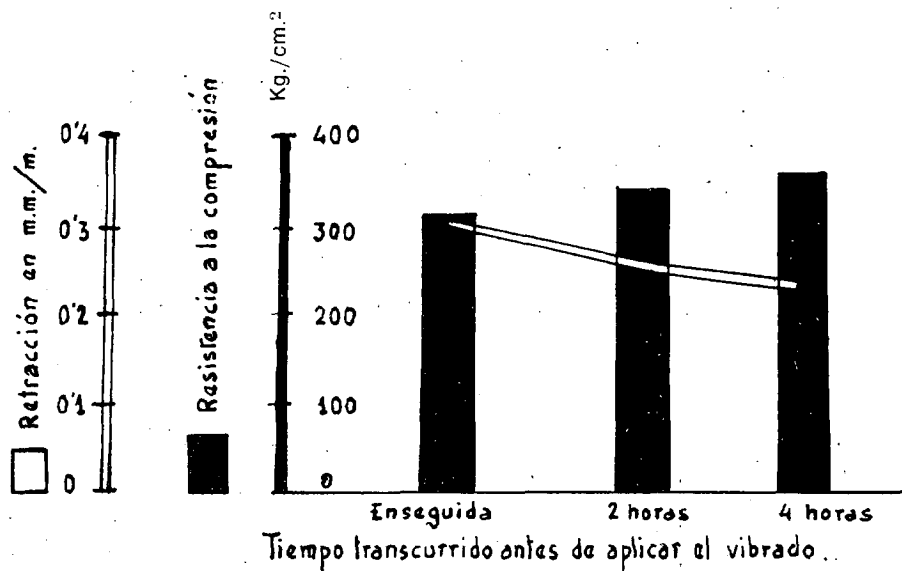


Fig. 17: — Relación entre la resistencia y el valor de la retracción del fraguado.

calidad; por ejemplo, para su aplicación en capas de rodadura de pavimentos de hormigón.

10. Modo de empleo de retardadores de fraguado.

Los retardadores de fraguado se añaden al agua de amasado, y es recomendable tener en cuenta que su efecto plastificante permite la reducción de la cantidad de la misma, mejorando por consiguiente la relación agua-cemento.

10.1. Dosificación.

La cantidad de retardador que se emplea oscila normalmente entre 0,3 y 0,6 por 100 respecto al peso de cemento.

Para determinar la proporción adecuada es muy importante tener bien presente una diferencia fundamental entre la actuación de los retardadores y de los plastificantes puros. Los últimos producen una reacción de carácter físico y una exageración de su dosificación no representa para el hormigón ningún efecto perjudicial de consideración.

En cambio, la reacción de retardadores tiene un carácter físico-químico, y su dosificación tiene una importancia primordial. Los hormigones, en general, reaccionan con mucha sensibilidad a la adición de retardadores, hasta tal extremo, que una dosificación muy exagerada del mismo puede producir un efecto contrario, es decir, en vez de retardar el fraguado, provocar la aceleración del mismo.

10.2. Ensayos.

Para fijar la dosificación adecuada son imprescindibles la realización de ensayos previos, ya que el tiempo de fraguado del hormigón es bastante más corto que el del cemento puro, y no es suficiente la determinación del comienzo y del fin del fraguado del cemento puro, por medio de la aguja de Vicat. Estos ensayos sirven solamente como una primera orientación, y sus resultados no nos proporcionan más que valores relativos sobre la eficacia de los distintos retardadores y sobre el comportamiento de distintas clases de cementos.

Los cementos férricos reaccionan normalmente mejor con los retardadores que



Fig. 18. — Ensayo para determinar la trabajabilidad del hormigón.

los cementos Portland, lo contrario, por cierto, de lo que ocurre con los aceleradores.

Los ensayos definitivos deben ajustarse, en lo posible, a las condiciones reales de la obra, tales como cantidad y clase de cemento, relación agua-cemento, tipos y dosificación de los áridos. Hay que tomar en cuenta también la temperatura ambiente, ya que ésta tiene mucha influencia sobre el proceso del fraguado y sobre la trabajabilidad del hormigón.

El calor que se produce durante el proceso de hidratación nos permite, midiendo la temperatura del hormigón, conocer los valores exactos del estado del fraguado.

Existen aparatos especiales que registran automáticamente, en forma continua, sobre una cinta, la curva de temperatura en varios puntos de la masa del hormigón, o de varias probetas.

Otro procedimiento, por cierto muy sencillo, pero eficaz y bien adaptado a las condiciones de las obras, consiste en determinar directamente la duración de la trabajabilidad de distintas clases de hormigones por medio de vibradores.

El hormigón se coloca en envases metálicos de plancha delgada, de unos 30 litros de capacidad, y se vibra introduciendo en la masa un vibrador vertical. En la figura 18 está representado este ensayo realizado con tres hormigones de idéntica composición, pero añadiendo en dos de ellos cierta cantidad de un retardador.

El de la derecha, contiene un hormigón normal; el del centro, una cantidad pequeña, y el de la izquierda, una cantidad mayor de retardador.

Después de dejar transcurrir cierto tiempo, estas probetas se sometieron a la acción de un vibrador. Se considera que el hormigón ya no es trabajable cuando al

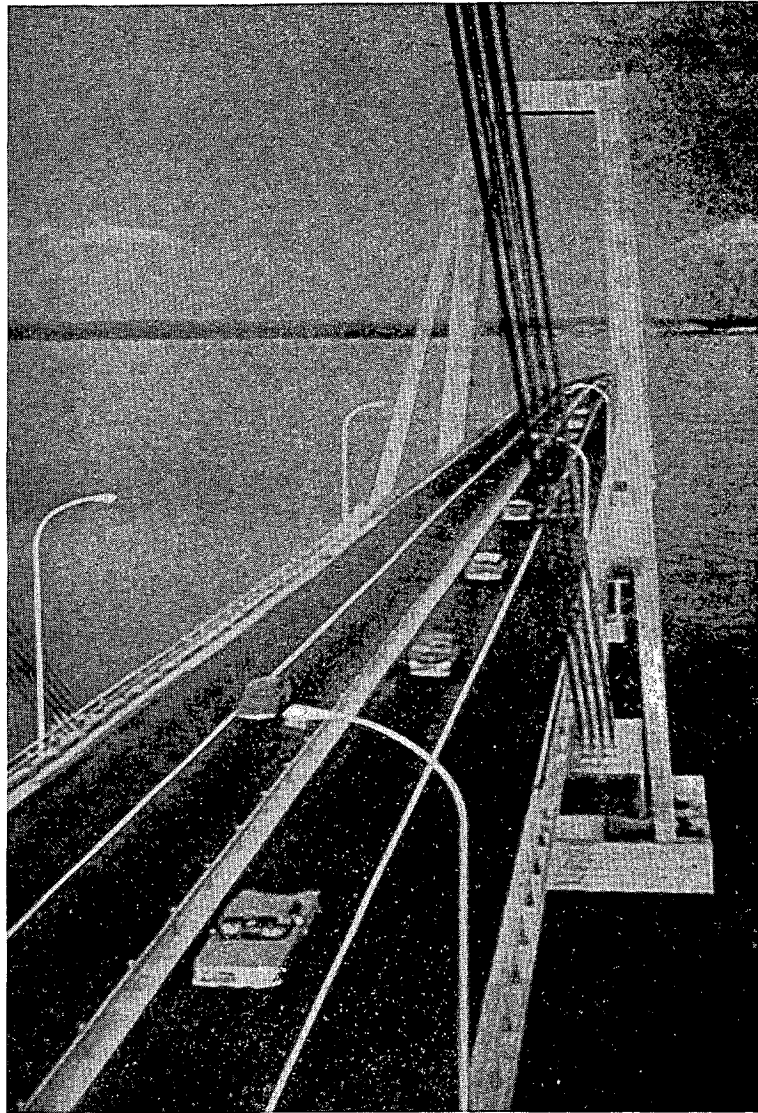


Fig. 19. — Puente de Maracaibo.

retirar el vibrador no se cierra el espacio que ocupaba, quedando un orificio. Esto último ocurre con la probeta de la derecha, mientras que la de la izquierda permanece aún completamente blanda. En la del centro, el orificio se ha cerrado, pero observamos que la superficie del hormigón es muy desigual. Esto indica que se encuentra casi al límite de su trabajabilidad.

Para esta clase de ensayos hay que tener presente que cada probeta no debe someterse más que a una sola operación de vibrado, por lo que es conveniente determinar previamente el tiempo aproximado del fin del fraguado. Esto se aprecia

fácilmente al ejercer con el dedo una presión sobre la pared del envase, que debe ser de plancha delgada, y observar si el hormigón sigue blando.

11. Ejemplo de empleo.

Como ejemplo de utilización en gran escala de un retardador de fraguado en una obra de mucha responsabilidad, citamos el puente de Maracaibo (Venezuela), figura 19, donde, debido a la temperatura ambiente elevada, era preciso aumentar el tiempo de trabajabilidad del hormigón. La cantidad de retardador empleado ascendió a unos 150 000 Kg.

12. Conclusión.

Hemos procurado exponer los efectos de fluidificación, plastificación y dispersión que se consiguen al añadir al hormigón un aditivo plastificante, y además, el aumento del tiempo de trabajabilidad al emplear un retardador de fraguado.

Hemos visto que estos aditivos mejoran notablemente las cualidades del hormigón fresco y fraguado, facilitando su colocación en obra, lo que hace comprensible que su empleo haya tomado tanto incremento en los últimos años.

Hemos tratado de aportar con este informe una contribución para extender los conocimientos de las características de los plastificantes y retardadores, y de las ventajas que ofrece su empleo en la construcción.

Nos hemos ocupado más detenidamente de los retardadores de fraguado, ya que se trata de un material relativamente nuevo, y para cuyo empleo hay que tomar ciertas precauciones, según lo expuesto.