

tratamientos y revestimientos para el hormigón

treatments and coatings for concrete

(«Engineering», núm. 4.888, vol. 188, diciembre 1959, pág. 683.)

La protección del hormigón contra la abrasión o los ataques químicos puede lograrse por medio de alguno de los tratamientos que damos a continuación, los cuales, a su vez, aumentan el campo de aplicaciones de aquél.

Como material estructural el hormigón cubre, en general, como es fácil de comprender, todas las necesidades. Frente a los agentes químicos, su comportamiento deja bastante que desear. Durante el fraguado y endurecimiento del cemento se desprende bastante calor, y los complicados compuestos de calcio son, en parte, transformados en compuestos más simples de entre los cuales la cal libre se separa con facilidad, química o físicamente (la cal libre es arrastrada por el agua). Este proceso disminuye la resistencia a otros influjos químicos, no sólo a los ácidos y atmósfera de humos, sino también a los líquidos en masa cuando el hormigón se emplea para construir depósitos.

Hay dos direcciones por las que se puede atacar este problema: desde dentro y desde fuera. Si se tiene la convicción de que los hormigones de composición normal no ofrecen garantías de impermeabilidad y resistencia a los ataques químicos, existen, sin embargo, algunos aditivos apropiados cuyo empleo mejora las propiedades del hormigón. Entre estos remedios internos se incluyen los agentes humectantes, aireantes, impermeabilizantes, puzolanas y otros aditivos tales como los filleres inertes. Cuando se aborda el problema desde fuera, hay dos caminos para actuar: uno por alteración química de la superficie del hormigón, dirigida principalmente a estabilizar la cal libre, y otro por revestimiento de dicha superficie.

La siguiente información incluye los más recientes descubrimientos en protección del hormigón por tratamiento aplicado después de su fraguado.

Se aplican tratamientos superficiales para la protección contra la penetración del agua, los ataques químicos o la abrasión. En todos los procesos de revestimiento las propiedades resultantes son las propiedades del revestimiento, y se llega a la triste conclusión de que ninguno es perfecto.

Entre ellos, ¿cuál elegir? Los de uso más frecuente pueden reunirse como sigue:

- 1) Productos a base de silicatos.
- 2) Aceites secantes, tales como el aceite de linaza.
- 3) Distintos productos bituminosos o asfálticos.
- 4) Revestimientos a base de epóxidos y caucho.
- 5) Productos mixtos.

Los productos mixtos comprenden una amplia gama de materiales, que incluye los jabones metálicos tales como el estearato de aluminio, las ceras y otros compuestos orgánicos, de los cuales algunos reaccionan con el cemento y otros no.

Generalmente, el costo crece a medida que la protección resulta más perfecta. Un recubrimiento a base de silicatos es el más barato, pero procura una protección poco eficaz contra el desgaste y la penetración del agua. Al otro extremo de la escala, el nuevo "Viton", recubrimiento de caucho-nitrilo, y el neopreno estabilizado dan resistencias muy altas a la abrasión y protección completa contra los ataques químicos, tanto de productos inorgánicos como de orgánicos; pero son muy caros y exigen un trabajo muy especializado para su correcta aplicación.

Medios que aportan sílice

Los productos a base de silicato más empleados incluyen el silicato sódico, el fluosilicato de magnesia y los ésteres de siliconas. Su efectividad depende de la cantidad de gel de sílice que depositan en los poros del hormigón y, en cierta medida, de la reacción de esta sílice con la cal hidratada para formar silicato cálcico.

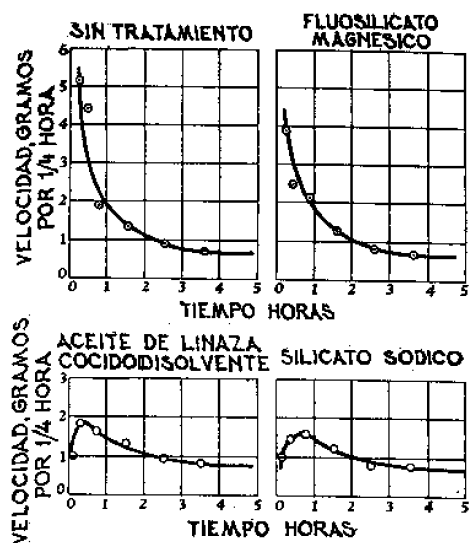


Fig. 1. Resistencia al desgaste de hormigón tratado

cálcico resistente a los ataques químicos. De este modo, se liberan ácidos silícicos en forma de gel que rellena los poros. Con estos procesos de "fuatado" no se consigue generalmente más que una penetración de medio milímetro. Para impermeabilizaciones ligeras, es útil esta obturación superficial de los poros; pero para obtener una resistencia más completa a los ácidos deberá recubrirse la superficie o separar completamente la cal del hormigón. Con este fin se ha desarrollado recientemente el proceso llamado "ocratado".

Ocratado

El procedimiento del "ocratado" fué desarrollado por la firma "Ocrietfabriek NV" en Baarn (Holanda), y está en el mercado desde 1956. La cal libre producida en el fraguado del hormigón reacciona con el tetracloruro de silicio gaseoso que se produce en un túnel herméticamente cerrado y forrado con plomo. El producto de esta reacción es el fluoruro cálcico; y por secado previo completo del hormigón con aire caliente, vapor o calefacción por rayos infrarrojos se evita la obturación por ácidos silícicos. Hasta el momento solamente pueden ser tratados por este procedimiento piezas fácilmente manejables dentro de una cámara de reacción. En Baarn, estas cámaras constan de tres túneles de 6 pies de diámetro por 40 de longitud; los canales se calientan y alimentan con tetrafluoruro de silicio producido por reacción de ácido sulfúrico con fluosilicato sódico y kieselguhr a 60-70° C. Un ciclo del tratamiento dura de 8 a 12 horas, de las cuales 4 a 6 se emplean en la reacción.

El producto del "ocratado" es un hormigón que presenta una resistencia química notablemente mejorable, y más fuerte y de mayor resistencia que los hormigones normales. En la figura 2 se exponen varias fotografías mostrando la resistencia a los distintos medios agresivos del hormigón "ocratado", entre los que se incluyen el sulfato amónico al 20 %, el ácido láctico, el agua de mar, los productos residuales de las fábricas de papel y el ácido sulfúrico al 20 %.

Entre los componentes que, por ahora, se han ocratado con fortuna, se encuentran los vertederos y pozos de agua, baldosas, pavimentos y tuberías. Es de esperar el posible tratamiento de tubos de hormigón centrifugado para evitar los necesarios recubrimientos bituminosos; con este fin, se están instalando plantas de tratamiento. El proceso se usa ya en Alemania y Dinamarca, y la Compañía mencionada tiene plantas en Francia y Africa del Sur.

Los incrementos en la resistencia de un hormigón tratado es del siguiente orden: las losas, de 30 x 30 x 7,5 cm preparadas con árido y cemento Portland vibrado, presentan una resistencia a flexión de 1.335 kg/cm² en comparación con 590 kg/cm² en losas sin tratamiento hechas con el mejor cemento ordinario holandés. De un modo similar en compresión, la resistencia resultó ser de 1.103 kg/cm² en lugar de 597 kg/cm² para el cemento ordinario.

Al aplicar una solución diluida de silicato sódico que penetra en la superficie del hormigón, se forma en los poros de éste una capa de material vítreo duro. Los tratamientos con silicato sódico se consideran eficaces para evitar que se produzca polvo sobre los pavimentos de hormigón. Estos tratamientos, aunque no impermeabilizan totalmente la superficie, reducen la permeabilidad y, como consecuencia, pueden emplear en la construcción de tanques de hormigón para almacenar aceites.

Puesto que el proceso es de auto-obturación, debe tenerse cuidado en asegurar una buena penetración. Los fabricantes recomiendan que la primer aplicación sea muy diluida para hacerse con un aumento progresivo en concentración, por ejemplo: la primera 1:4, la segunda 1:3 y, finalmente 1:2 (relación silicato-agua). En las cuatro partes de la figura 1 se compara la efectividad de estos tratamientos con los de fluosilicato de magnesio y el de aceite de linaza cocido. A pesar de que no es notablemente superior al de aceite de linaza, es más eficaz (en ensayos de laboratorio) que el de fluosilicato de magnesio y tiene la ventaja sobre ambos de que no es inflamable ni tóxico.

También se obtiene el mismo efecto tratando el hormigón con una solución acuosa de fluoruros, como el de magnesio, por ejemplo. Estos reaccionan con la cal libre para producir fluoruro

Para el tratamiento de unidades prefabricadas esta técnica ofrece un método barato mejorando notablemente las propiedades.

Tratamiento con siliconas

Silice, tetrafluoruro de silicio, y ahora, siliconas. Estos últimos materiales caen en la categoría de mezclas mencionadas al principio del artículo y presentan como compañeros los estearatos y las emulsiones a la cera. Las siliconas son buenos materiales hidrófobos para el tratamiento de elementos estructurales donde la presión de agua no es excesiva, y presentan un buen número de ventajas sobre los materiales ya establecidos. Debido a su más baja tensión superficial, fluyen más rápidamente a través de capilares finos; su penetración típica es de 1,5 a 8 mm, dependiendo de la porosidad de la obra. En principio las siliconas presentan superficies muy repelentes al agua, y ésta se limita a formar gotas y resbalar (fig. 3). De esta forma, el ángulo de contacto del agua sobre una superficie correctamente tratada con silicona puede ser hasta de 110 grados. Los ensayos de absorción sobre una obra expuesta, demuestran que el tratamiento por siliconas sigue siendo efectivo muchos años después de que parezca que no existe ya la repelencia de la superficie al agua. La obra tratada puede conservarse sin ser visible el revestimiento.

Se describen, a continuación, los ensayos realizados sobre dos siliconas hidrófobas para ilustrar su efectividad. Unas muestras de hormigón con agregado fino se sometieron a la inmersión en siliconas durante cinco segundos, conservándolas después en aire seco durante cuarenta y ocho horas. Luego los materiales tratados se sumergieron unos 8 mm en agua, realizándose finalmente el ensayo de absorción después de veinticuatro horas y pasados siete días. Los resultados de la tabla son la media de seis muestras:

Tiempo de exposición (horas)	ABSORCION DE AGUA (%)		
	Sin tratamiento	Tratada con 2 % de solución	Tratada con 5 % de solución
24	2,42	0,05	0,01
168	2,58	0,27	0,10

Revestimientos epóxido-alquitrán

Los recubrimientos bituminosos se aplican siempre a mano en hormigón, y se usan mucho para aumentar su resistencia química a la vez que se hace impermeable, especialmente a soluciones acuosas. El betún, sin embargo, es soluble en una serie de compuestos orgánicos y, como consecuencia, su uso con ellos es limitado; las mismas reglas rigen para el alquitrán. Uno de los recubrimientos más interesantes preparados en los últimos cinco años es el resultado de mezclar alquitrán de hulla con resinas epóxido, puesto que esta mezcla proporciona las propiedades más destacadas del alquitrán (tales como su resistencia al agua) y las de las resinas epóxido (tales como su resistencia a los disolventes y al ataque químico).

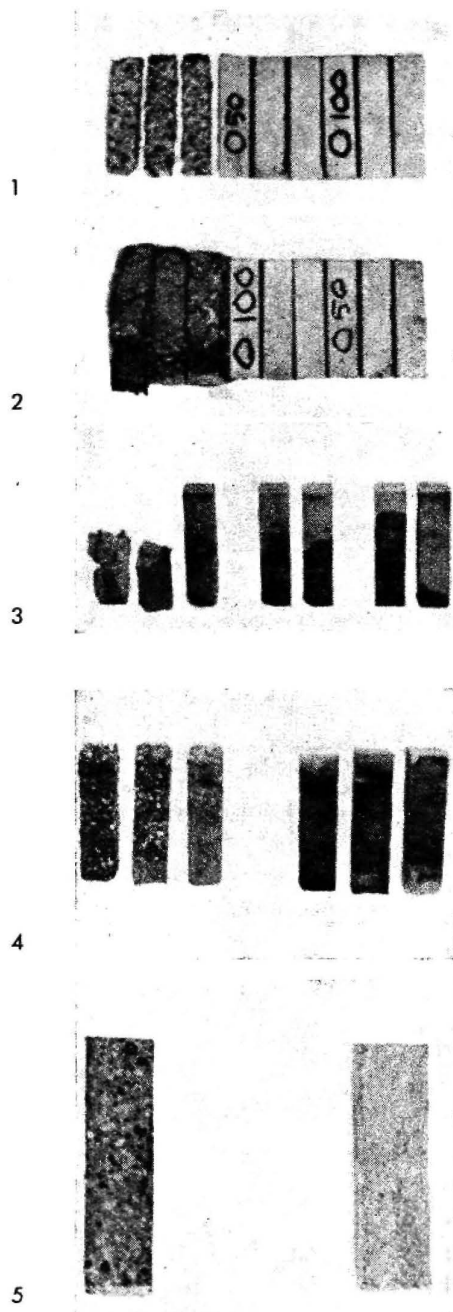


Fig. 2. Resistencia a la corrosión del hormigón ocratado.

De arriba a abajo vemos en las figuras (a la derecha de cada una de ellas) el hormigón ocratado:

1. 20 % $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ después de 4 semanas.
2. 7,5 % de ácido láctico después de 4 semanas.
3. Agua de mar.
4. Residuos de papeleras después de 43 semanas.
5. SO_4H_2 al 20 % después de 5 días.

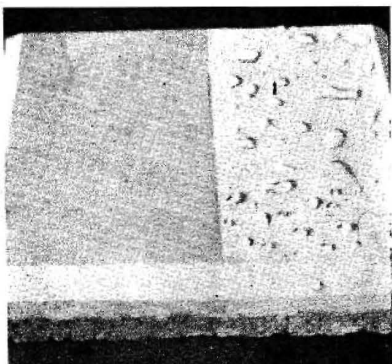


Fig. 3. Efecto del tratamiento por silicea en la repelencia al agua

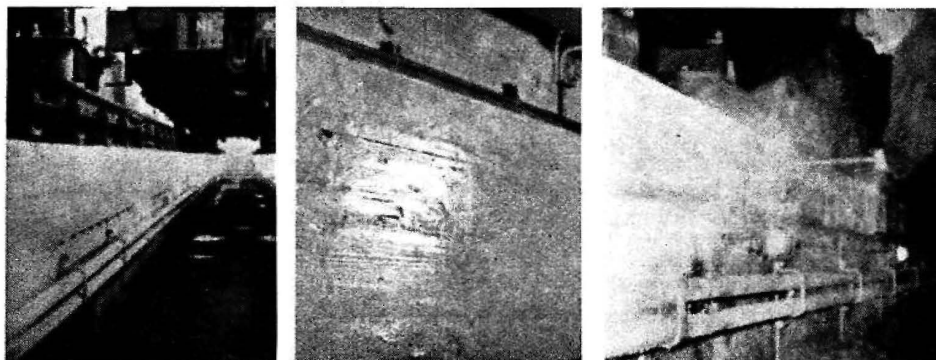


Fig. 4. Revestimiento de epóxido en las paredes de galerías de inspección que tienen aceites o detergentes

Además, presentan una adherencia excelente tanto a los metales como al hormigón.

Aunque un poco caras, las resinas epóxido en estado puro son muy atractivas para revestir hormigón; adhieren bien y no se afectan por la alcalinidad del hormigón, que es la causa de destrucción de muchos sistemas de pintura convencionales. Estas resinas como base de pintura pueden admitir un elevado contenido de sólido, de forma que pueden aplicarse a la superficie de un hormigón poroso para proporcionar una película lisa, fuerte y resistente a la abrasión. Son muy útiles para proteger el hormigón en atmósferas industriales ricas en anhídrido sulfuroso.

Shell Chemicals prepara una serie de resinas que llama Epikote. Esta Empresa dice que un sistema de curado por exposición a poliamidas se usa más por su excelente resistencia química, aunque es posible emplear un recubrimiento final de resina éster sobre la película previa preparada por curado con aminas. No se requiere ningún tratamiento para preparar la superficie, aunque debe estar limpia, seca, libre de polvo, aceite o grasa, etc.

Se han usado, con éxito, dos o tres sistemas de recubrimiento con una pintura con base resina epóxido curada en amina, para revestir hormigón en piscinas, paredes de cámaras frigoríficas, túneles de cloacas, etc. En la figura 4 se muestran las paredes de hormigón de los fosos de inspección en la Central Railway Workshop, de la Dutch National Railway de Amsterdam, recubiertos con pintura a base de esta resina. Este revestimiento se limpia muy bien con agua caliente y detergentes.

Caucho para trabajos severos

Es preciso, antes de hablar de los recubrimientos con caucho puro, señalar que se han empleado un gran número de protecciones preparadas por mezcla de resinas, tales como los epóxidos con caucho.

Pueden aplicarse directamente con rodillo, tienen buena adherencia y protegen al hormigón de chorreras de sales y aceite. Se obtiene una buena adherencia, separando el hormigón desprendido y el polvo y tratando la superficie con una solución de ácido clorhídrico al 10%. Una vez seca, se le da una capa de imprimación para conseguir después una buena adherencia.

El *neopreno* es un material de esta serie muy adecuado por su elasticidad, resistencia a la abrasión y gran resistencia a una amplia serie de productos químicos. Otro producto es el *Hypalon* (polietileno clorosulfonado), resistente a los rayos ultravioletas y de buen poder reflector de la luz solar si se prepara de color blanco. En los últimos tiempos se ha lanzado al mercado un producto llamado *Viton*, que es un elastómero fluorado, resistente a la temperatura (hasta 220°C), ácidos oxidantes y disolventes (aplicación en paredes de hormigón de filtros electrolíticos).