



morteros y hormigones de resinas

G. RODRIGUEZ, ingeniero

679-8

sinopsis

Se explica en este artículo la creciente utilización de las resinas y materiales plásticos (cloruro de polivinilo y otros) en la construcción, sustituyendo al aglomerante normal que es el cemento, o rellenando canaliculos de piezas de hormigón fraguado y endurecido, para mejorar su resistencia a la compresión y a la tracción unas 3 a 5 veces. Igualmente se dan algunas normas sobre sequedad de los áridos a emplear, rapidez de desencofrado, mayor adherencia, mejor manejabilidad, inconvenientes de precio, poca resistencia al fuego, etc. utilización en revestimientos de fachadas, solados industriales, tratamiento de grietas y fisuras por inyección de resinas, juntas, etc.

Utilización de los plásticos en edificación y obras públicas

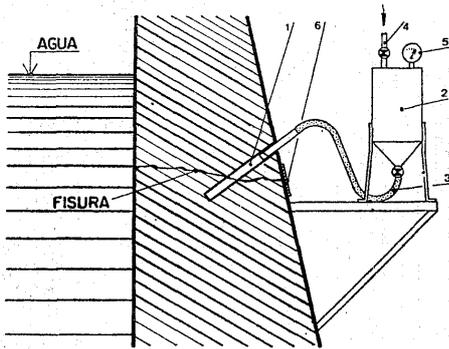
El hormigón hidráulico ha significado una verdadera revolución en el arte de construir.

Aunque la calidad del hormigón ha mejorado por diversas técnicas, sus componentes no han variado. Esto explica que aún siga presentando algunos inconvenientes: peso elevado, tiempo de endurecimiento demasiado largo, débil resistencia a la tracción.

Hacia 1849, con motivo de la construcción de un barco de cemento, LAMBOT tuvo la idea, por vez primera, de colocar armaduras de acero en las zonas traccionadas. Este artificio permitió remediar el defecto de la poca resistencia a tracción del hormigón y sirvió para demostrar la sencillez de utilización del hormigón armado. Sin embargo, en el cálculo de las estructuras de hormigón armado se considera que la zona de hormigón sometida a tracción no contribuye a la resistencia.

Los razonamientos de FREYSSINET condujeron al pretensado del hormigón mediante armaduras de acero especial. Así se transformó el hormigón armado, formado por dos materiales que trabajan de forma distinta, en otro material que trabaja a compresión.

La superioridad del hormigón pretensado se ha puesto de manifiesto en la ligereza de las estructuras y en la constante mejora de las características de éstas.



Dispositivo de inyección de resina en la presa de Gabidem (Valais).

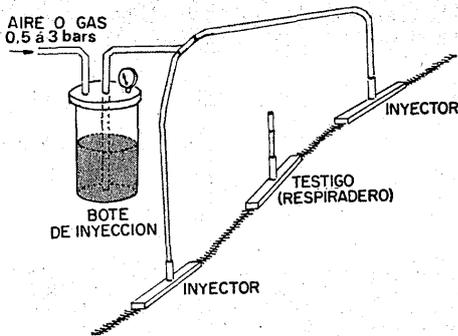
1. Perforación inclinada.—2. Recipiente con la mezcla.—3. Tubería flexible.—4. Entrada de aire a presión.—5. Manómetro para control de la presión.—6. Cierre de la fisura.

Sin embargo, la gran sencillez de formas y la facilidad de ejecución de los elementos estructurales de hormigón armado se han perdido, en cierto modo, con la compleja tecnología de los cables y de sus operaciones de tesado e inyección.

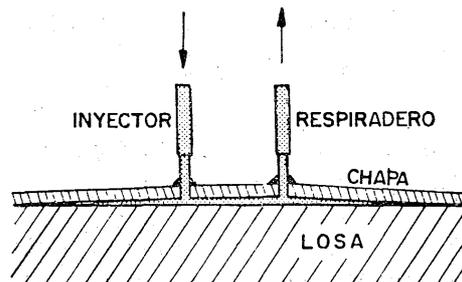
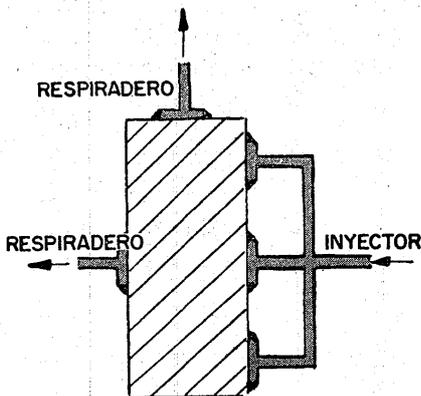
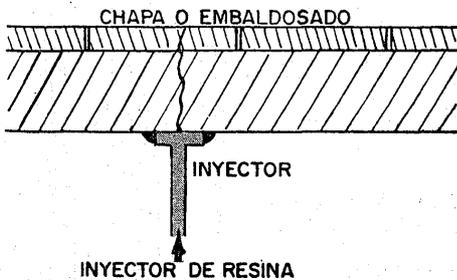
Al precio de una complejidad en aumento, la teoría y la práctica no han cesado de aportar mejoras en el hormigón armado y en el pretensado; pero nada ha cambiado en el hormigón, material básico.

La búsqueda de ligantes que ofrezcan una resistencia sensiblemente igual bajo todos los tipos de sollicitaciones se orienta hacia las resinas sintéticas, utilizadas en mezclas en las que, cada vez más, entran a formar parte componentes minerales.

De ahí la idea de realizar morteros y hormigones de resinas en los que el ligante es, únicamente, una resina poliéster o epoxi, algunas veces poliuretano, en lugar de la pasta de cemento y agua.

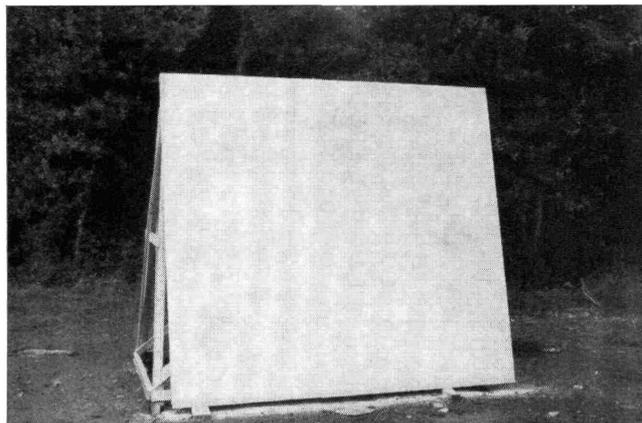
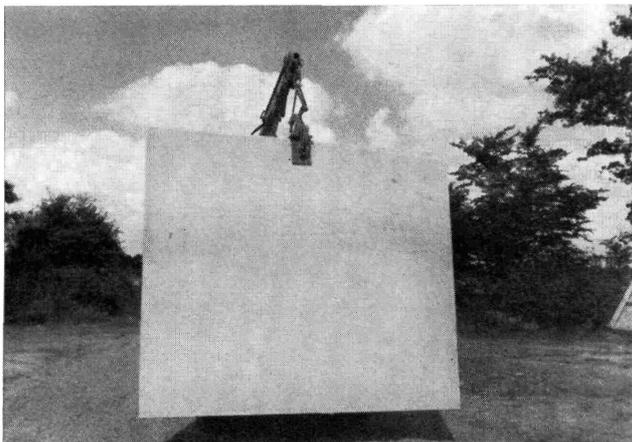


Dispositivo para inyectar por inyectores planos.





Berma revestida con mortero a base de emulsión Rhodocim (dispersiones sintéticas).



El hormigón de resina presenta resistencia a tracción y compresión muy altas; como valores medios pueden tomarse:

resistencia
a tracción 250 kp/cm²,

resistencia
a compresión 1.000 kp/cm²,

que son de 3 a 5 veces mayores que en el hormigón normal.

El hormigón de resina alcanza su resistencia máxima en el plazo de 24 horas.

Se pueden realizar diversas formulaciones, por ejemplo:

Ligante (resina poliéster) 9 %.

Aridos (arena, gravilla, filler silíceo) 91 %.

De los ensayos realizados con distintas resinas poliésteres se ha podido obtener una formulación más detallada:

Resina sintética	5,7 % (en peso).
Agente anti-retracción	1,3 %.
Estireno	2,0 %.
Catalizador (en peso de resina)	1,0 %.
Acelerante	0,1 %.
Arena 0-9 mm	37,6 % (en peso).
Arena 4-12,7 mm	37,6 % (en peso).
Fíller síliceo (< 0,1 mm)	15,8 % (en peso).

Para una amasada de 200 kg se necesitará:

Ligante	18 kg.
Fíller	31,6 kg.
Arena	75,2 kg.
Gravilla	75,2 kg.

Los áridos deben estar secos y, por tanto, es necesario almacenarlos al abrigo de la intemperie.

Después de varios años de observación los hormigones de resina, mantenidos a 22° C y 65 % de humedad relativa, presentan un módulo de elasticidad estable al mes, aproximadamente, de su fabricación.

Las variaciones dimensionales son prácticamente nulas después de la estabilización de la resina. El aumento de peso por absorción de agua es del 0,4 %; en estas condiciones, el módulo de elasticidad evoluciona de la misma forma que en el hormigón seco.

La densidad de un hormigón de resina es 2,20, pero puede variar con el tipo de árido utilizado.

El tiempo de fraguado está en función del sistema catalítico utilizado y de la temperatura de aplicación. En general, puede procederse al desencofrado unas 3 horas después del hormigonado.

El único inconveniente del hormigón de resina es la diferencia de precio con el hormigón hidráulico. Teniendo en cuenta que un elemento estructural de hormigón de resina es de dimensiones inferiores al mismo elemento construido con hormigón normal, la relación de precios para los dos productos es, actualmente, de 3 a 4.

Una resina sintética puede presentarse al usuario en forma de líquido de consistencia viscosa, endurecida o seca con ciertas condiciones, pero las resinas de polímeros se presentan, generalmente, en forma de dispersión, es decir, una suspensión de partículas sólidas en agua.

Tales dispersiones toman la apariencia de leche blanca con reflejos rosados o azules, dependiendo de la dimensión de las partículas sólidas.

Con emulsiones de la clase de los acetatos de polivinilo se obtiene una resina residual de muy alto peso molecular y gran poder de cohesión, mientras que el sistema tenso-activo asegura una perfecta estabilidad en presencia de ligantes hidráulicos.

Con la familia de los butadieno-estireno el peso molecular es elevado; la bien definida relación de monómeros permite reunir las mejores propiedades, mientras que los agentes tenso-activos fluidifican el mortero de forma muy sensible, sin arrastre excesivo de aire.

Las dispersiones plásticas empleadas como aditivos en los morteros aumentan la adherencia y las características mecánicas, principalmente la resistencia, ejerciendo, al mismo tiempo, una acción fluidificante en los morteros.

A título de ejemplo, con un mortero sin emulsión, la adherencia media es de 4 kg/cm². Si el mortero contiene un 15 % de emulsión, respecto al peso de cemento, la adherencia se eleva a 23 kg/cm² a los 28 días. A los 6 meses estos resultados se mantienen.

Estas propiedades de adherencia constituyen la clave del aumento de empleo de morteros a base de dispersiones plásticas y, fundamentalmente, en: revestimientos de hormigones de superficie muy lisa, pegado de chapas, morteros para conseguir empotramientos, reparaciones, etcétera.

Además ejercen una acción fluidificante mejorando la manejabilidad del mortero, sin aumento de la cantidad de agua de amasado, y permiten una reducción de ésta sin disminuir la manejabilidad.

Por otra parte, las dispersiones plásticas mejoran mucho la resistencia a flexo-tracción de los morteros: con un 15 % de emulsión, respecto al peso de cemento, la resistencia a flexo-tracción aumenta más del 50 %; también aumenta el alargamiento de rotura, lo que contribuye a reducir el riesgo de fisuración.

La resistencia al desgaste aumenta de manera notable: con un 12 % de emulsión, respecto al peso de cemento, dicha resistencia se multiplica por diez.

Revestimientos de fachadas y pavimentos

Para proteger al hormigón de la acción de los agentes atmosféricos puede recubrirse con dos o tres capas de una resina acrílica estudiada para resistir un proceso de envejecimiento acelerado durante varios años.

El revestimiento presenta un acabado mate, y su color puede elegirse. Es aplicable a las entibaciones para resistir subpresiones de hasta 3-4 kp/cm². Contribuye a la colmatación de los huecos y fisuras, y es resistente a la abrasión.

El revestimiento de fachadas llamado «emaol» se fabrica con resinas sintéticas de poliuretano.

Se aplica como una fina película impermeable, y color estable, a superficies muy expuestas al mal tiempo, la corrosión, la abrasión, etc.

Su dureza superficial es comparable a la de los esmaltes al fuego; su flexibilidad le permite resistir una microfisuración.

A las 21 horas, como mínimo, del hormigonado, incluso si el hormigón es muy alcalino o lleva gran cantidad de agua, se aplica una subcapa de anclaje (resina epoxi en fase disolvente o una resina de poliuretano); a continuación se aplican sobre ella una o dos capas de revestimiento.

Para asegurar la estanquidad de las juntas de dilatación, retracción, o entre elementos prefabricados, se utilizan mástiques flexibles que no endurecen con el tiempo.

Los revestimientos de pavimentos industriales a base de morteros de resinas constituyen una novedad y, por sus buenas condiciones, pueden reemplazar a los solados tradicionales.

La conservación de los pavimentos industriales, expuestos al ataque de los productos corrosivos y a un desgaste muy intenso, es un problema que no debe olvidarse.

Cuando las deformaciones y roturas llegan a ser importantes pueden interrumpir los procesos de las fábricas; un suelo deslizante y en mal estado puede ser origen de accidentes. Por todo ello se impone la utilización de revestimientos que sean al mismo tiempo antideslizantes y más resistentes a los distintos factores que producen la rotura.

En estos casos, o sea en suelos de fábricas, garajes, etc., están muy indicadas las resinas epoxi. Estos revestimientos pueden colocarse sobre soporte metálico o de hormigón, nuevo o antiguo, con espesor, rugosidad y color determinados.

Pero es necesario preparar antes las superficies con un tratamiento por chorro de arena o cepillado.



Torre de viviendas en Grenoble. Revestimiento con mortero de Rhodocim-emulsión.

Los morteros de resinas autopulidos se utilizan, en general, en capas de poco espesor (1 a 3 mm); se colocan con gran facilidad, a razón de unos 30 m²/hora. Se alisan ellos mismos, pero como contienen 25 a 40 % de resina y endurecedor, su precio puede parecer elevado.

Los morteros de resinas aplicados con la llana, en capas de 3 a 7 mm de espesor, contienen de 10 a 17 % de ligante.

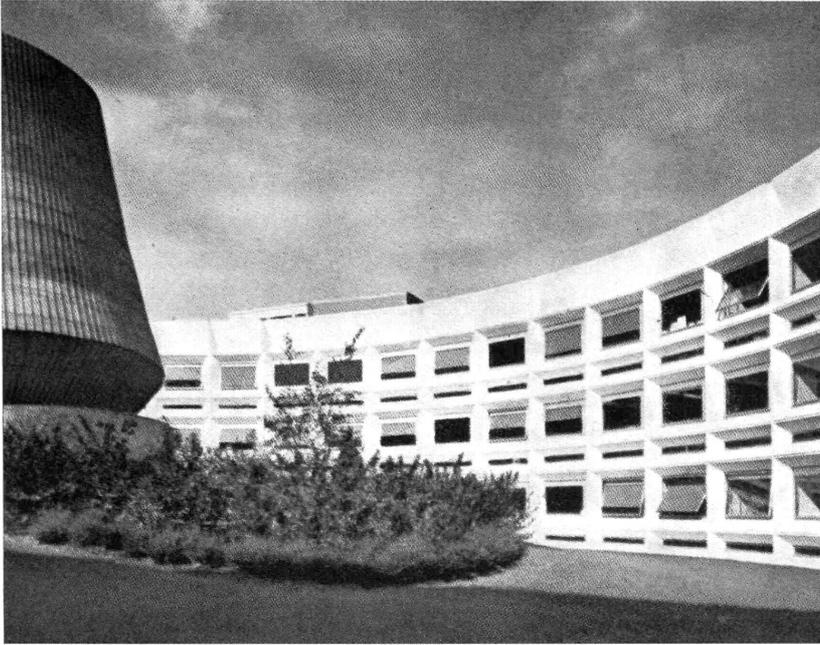
Una tercera solución la ofrecen los revestimientos proyectados; necesitan una maquinaria costosa, pero permiten rendimientos superiores a los 70 m²/hora, en capas de 1,5 a 2 mm de espesor.

Mientras que un hormigón no alcanza su resistencia hasta los 28 días, un revestimiento de suelo a base de resina epoxi puede llegar a ella a los 7 días, en condiciones normales de endurecimiento.

Los revestimientos pueden ser coloreados. Han sido utilizados, con éxito, en calzadas de puentes de carretera, en capas de 10 a 18 cm de espesor.



Edificios en Villers sur Marne. 55.000 m² de fachada revestida con esmalte; 15.000 m. l. de juntas de poliuretano.



Ejemplo de utilización de esmalte de fachada con juntas de poliuretano.

En la prefabricación las resinas sintéticas ofrecen la posibilidad de producir paneles prefabricados de débil espesor, decorativos o no, elementos modulares autorresistentes o no, moldes, etc.

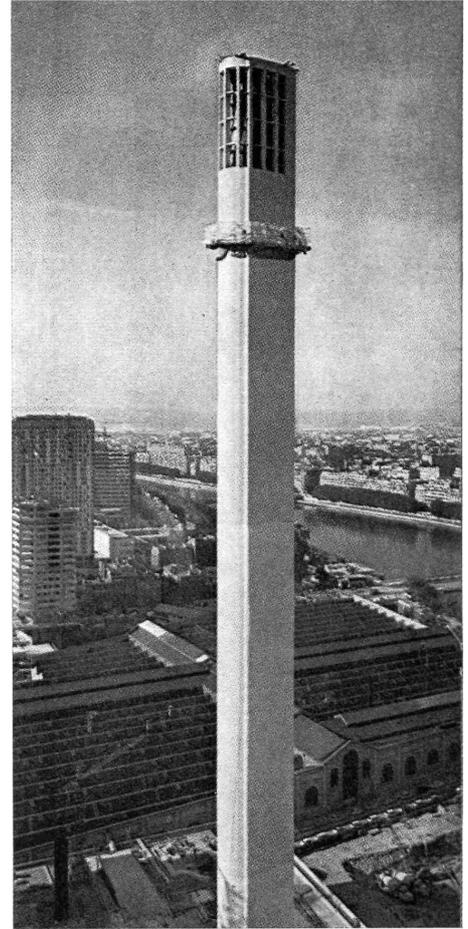
Con respecto a la prefabricación, es notable la precisión de los moldes, el acabado de las superficies, la rapidez de puesta en obra, que ofrecen estas resinas.

Tratamiento de las fisuras del hormigón con inyección de resinas

Las fisuras pueden ser provocadas por:

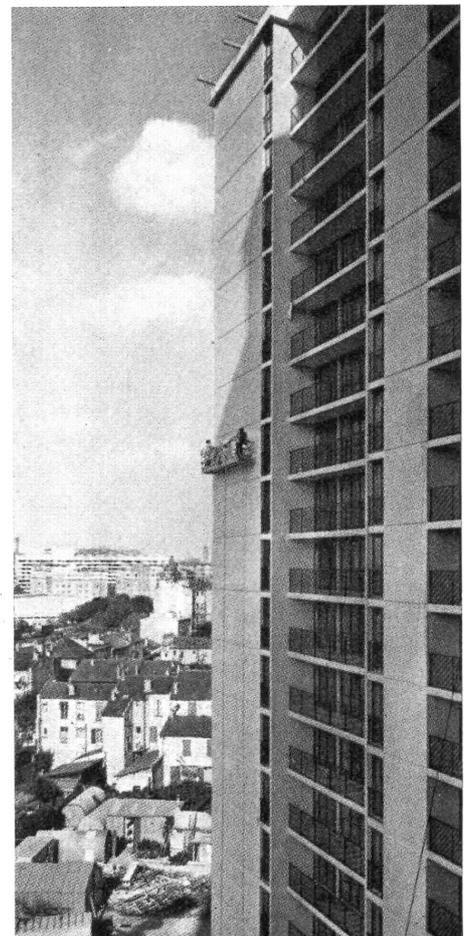
- la retracción de los hormigones y morteros hidráulicos;
- los movimientos de las cimentaciones;
- los choques violentos y los sismos;
- las juntas de hormigonado hechas sin cuidado;
- las reacciones químicas que entrañen un inflamiento de la masa, con su correspondiente dislocación.

En la medida en que es deseable restituir a la estructura fisurada su monolitismo inicial es preciso inyectar las fisuras con una resina epoxi sin disolvente, que se adhiera fuertemente al hormigón.



Chimenea revestida con esmalte de fachada de resina de poliuretano (3.200 m²). Grenelle - París.

Grupo HLM en Malakoff, cerca de París. Esmalte de fachada con resina de poliuretano.



La inyección se realiza por taladros oblicuos que recortan el plano de la fisura o junta. El procedimiento se utilizó, con éxito, en la presa de GEBIDEM (130 m de altura), en Suiza, y en la de LA CHEFFIA, en Argelia.

En GEBIDEM, la inyección se realizó a embalse lleno, utilizando una presión superior en 1 ó 2 bars a la presión del agua (100 m de columna de agua, al pie del paramento de aguas arriba). Se puede utilizar también la técnica de los inyectoros planos (SINMAST-SIKA).

Este procedimiento consiste en colocar a caballo sobre la fisura inyectoros de forma alargada —medios tubos, chapas plegadas— de manera que se abarque la mayor longitud posible de fisura.

Los inyectoros llevan un pico para la introducción de la resina o producto de inyección, y están, provisionalmente, cerrados con pasta de resina, mortero de fraguado rápido o yeso.

La resina se inyecta desde uno o varios botes, a los que se da presión por medio de bombas manuales o botellas de gas. La distancia entre inyectoros depende de la anchura de las fisuras y del espesor de los elementos que se inyectan. Puede tomarse como ejemplo 1 a 3 inyectoros por metro lineal.

En las figuras pueden verse varias disposiciones.

Cuando se trate de restituir el monolitismo de una estructura fisurada se utiliza una resina apoxi sin disolvente, y sin retracción de fraguado.

Para inyectar fisuras de 3 a 5 mm se emplean lechadas de resina mezcladas con arena fina silíceas.

Estas mezclas, aunque relativamente viscosas (500 a 1.000 cps), están muy «bañadas» y ascienden por capilaridad, llenando las zonas porosas, las micro-fisuras, las zonas en las que las armaduras y el hormigón no están bien adheridos, etc.

La presión de inyección es baja (0,2 a 3 bars).

Los ensayos efectuados demuestran que las fisuras inyectadas devuelven el monolitismo al elemento o estructura.

Las probetas ensayadas, sometidas a flexión o tracción, se rompen, generalmente, por lugar distinto al plano de la fisura.

Utilización de las resinas para realizar encoladuras

La unión de elementos planos o formas simples por encolado es casi siempre más económica y, en todos los casos, más resistentes que por cualquier otro procedimiento.

En el túnel del Mont-Blanc, de la autopista franco-italiana, las losas prefabricadas de la calzada se unieron por este método.

La mayor parte de las formulaciones utilizadas en uniones por encolado están hechas a base de resinas epoxi.

En Holanda, al comenzar el invierno de 1971-72, se construyeron una decena de faros-balizas, de 40 a 50 m de altura, con elementos prefabricados unidos por armaduras de pretensado, y juntas pegadas con resinas.

Esta técnica fue aplicada también en varios puentes en Holanda:

— Puente de Hardenberg	300 m de longitud.
— Puente de Kleinpolderplein, en Rotterdam	1.300 m.
— Puente de Zwolsehoek, en Kapem	700 m.
— Puente de Empel, en Bois-le-Duc	600 m.
— Puente de Deventer	1.000 m.
— Puente de Tiel	800 m.

En la RATP (Metropolitano de París) las catenarias se unieron a la bóveda con un mortero de resina.

Los tableros prensados se obtienen utilizando resinas. Las colas sintéticas que se utilizan en la industria de la madera se fabrican a base de resinas resorcina-formaldehído, urea-formaldehído, melamina-formaldehído, o fenol-formaldehído. En estado sólido o líquido, asociados a diferentes endurecedores, satisfacen las necesidades de dicha industria: tableros prensados y contrachapados, ebanistería, fabricación de ventanas, etc.

Al mismo tiempo estas colas sintéticas han encontrado nuevas aplicaciones en la construcción náutica y aeronáutica, la construcción con elementos prefabricados, los encofrados para el hormigón, la fabricación de esquís y de equipos deportivos, etc.

Los plásticos en la edificación. Peligro en caso de incendio

El término común «plástico» engloba una serie de materiales muy diversos que las personas poco informadas confunden entre sí.

Entre los polímeros sintéticos, que es el nombre científico, las materias plásticas y las fibras textiles artificiales son los materiales que ofrecen mayor número de aplicaciones en el campo de la edificación.

Si se prescinde de las pinturas, solamente cuatro aplicaciones consumen el 70 % del total de materias plásticas y fibras textiles utilizadas en edificación (tubos, revestimiento de suelos, cubiertas, aislamiento y decoración).

Los productos más utilizados son, por orden de importancia:

- el cloruro de polivinilo (PVC), que cubre el 70 % del consumo total;
- el poliestireno;
- el poliéster;
- el polietileno;
- el poliuretacrilato.

Es necesario añadir también las resinas de petróleo (resinas Escorez), fabricadas en Europa y EE.UU. a partir de derivados hidrocarburoados, como industria complementaria del refino del petróleo.

Algunas de estas nuevas resinas no saturadas son de alta calidad y de color claro. Tienen múltiples aplicaciones (preparación de elastómeros, adhesivos, productos de revestimiento, etc.).

El cloruro de polivinilo es empleado, en la actualidad, prácticamente unas diez veces más que el poliéster.

Los plásticos aportan a la construcción elementos de confort y decoración que les son propios: en revestimientos de suelos, falsos techos, muros, pinturas, barnices, etc.

Su uso se extiende en saneamiento y fontanería, en donde las características de los plásticos son muy valiosas para el que los coloca en obra, y para el ocupante que se beneficia de ellos.

La prefabricación ligera empieza a utilizar las ventajas de las materias plásticas: ligereza, aspecto decorativo, aislamiento térmico y acústico.

En casas unifamiliares se va a asistir a un importante desarrollo de las construcciones ligeras a base de metal, vidrio y plásticos, hasta llegar a la casa totalmente de plástico.

Los materiales plásticos han hecho, incluso, su aparición en la fabricación de radiadores de calefacción, y en ciertos muebles de interior.

Y esto sin hablar de las cubiertas de los Juegos Olímpicos de Munich, o de las cúpulas geodésicas del arquitecto americano Richard Buckminster Fuller.

La producción de plásticos se dobla cada 5 años. En 1950, 1 millón de toneladas; en 1967, 16 millones de toneladas, y en 1970, 25 millones de toneladas. A este ritmo, salvo imprevi-



Otro ejemplo de esmalte de fachada con resina de poliuretano.

tos, el consumo, al final de este siglo, será de 300 millones de toneladas/año.

Sin embargo, el plástico puede ocasionar catástrofes si se declara un incendio.

Ya se han dado varios tristes ejemplos: en Francia, 146 muertos en el incendio de una sala de fiestas decorada con plásticos.

Los poliuretanos, cloruro de polivinilo, poliésteres, etc., provocan, bajo la acción de intenso calor, humaredas muy espesas que impiden la aproximación de los bomberos.

Las espumas de poliuretano arden muy rápidamente liberando el mortal ácido cianhídrico; el cloruro de polivinilo libera, al quemarse, ácido clorhídrico, cuyos efectos pueden ser también fulminantes.

Aunque la inflamabilidad de los polímeros puede ser modificada más o menos por medio de aditivos, su combustibilidad tiene carácter permanente.

Los accidentes más temibles se producen en espacios cerrados: despachos, almacenes, talleres, salas de juntas, y también automóviles. En todos estos lugares se produce una rápida disminución del contenido de oxígeno, con concentración creciente de productos tóxicos liberados.

Además de la sala de fiestas de Saint Laurent du Pont, ya citada, se puede señalar el caso de los dos bomberos muertos en el incendio del edificio Time-Life, de París, por asfixia producida por el gas emanado en la combustión de falsos techos de plástico.

Se ha producido después de éste una amplia serie de accidentes, en los que la característica común ha sido la emanación de gases tóxicos.

Por este motivo se impone la necesidad de tomar precauciones especiales al elegir los materiales y la forma de colocarlos. No existe una reglamentación internacional al respecto, pero sí hay por el mundo más de 130 métodos para evaluar la resistencia al fuego de los plásticos.

El arquitecto debe tener en cuenta tres cuestiones principales:

- aptitud del material para provocar el incendio y propagarlo (es lo que se llama inflamabilidad);
- aptitud para mantener el fuego, produciendo calor;
- naturaleza y cantidad del gas producido en la descomposición o combustión.

Para aclarar ideas puede decirse que los poliésteres, poliuretanos y poliestirenos se inflaman fácilmente; las poliamidas, difícilmente, y algunas son, prácticamente, no inflamables, como los PVC rígidos, los fenólicos y los aminoplastos.

Los calores de combustión de los plásticos sitúan a éstos por encima o por debajo de la madera. Las resinas orgánicas arden, frecuentemente, con más rapidez y producen mucho calor en poco tiempo, lo que se traduce en calentamientos locales muy importantes.

Los poliestirenos tienen tendencia a producir gotas mientras se queman; dichas gotas se inflaman en presencia de llamas y se convierten en vehículos portadores del fuego. Por lo tanto deben prohibirse estos materiales en los techos y en decorados de muros.

Textiles sintéticos y elastómeros

Se trata de un campo que puede considerarse totalmente nuevo, con interesantes posibilidades en la resolución de problemas considerados hasta aquí como muy difíciles en obras públicas:

- anticontaminación;
- reparto de las cargas y armaduras;
- filtros y permeabilidad;
- lucha contra la erosión, etc.

Por su importancia, dejamos el capítulo de aplicaciones para otro artículo.

résumé

Mortiers et bétons de résines

G. Rodríguez, ingénieur

Dans cet article, l'auteur explique l'utilisation croissante des résines et des matériaux plastiques (chlorure de polyvinyle et autres) dans la construction, en remplacement du liant normal qui est le ciment, ou par le remplissage des canalicules des pièces en béton pris et durci, pour améliorer sa résistance à la compression et à la traction de 3 à 5 fois environ. Quelques normes sont également données sur la sécheresse des agrégats à employer, la rapidité de décoffrage, la plus grande adhérence, la meilleure ouvrabilité, les inconvénients du prix, le peu de résistance au feu, etc. Utilisation en revêtements de façades, revêtements de sols industriels, traitement des fissures par injection de résines, joints, etc.

summary

Resin mortars and concrete

G. Rodríguez, engineer

In this article, the growing use is explained of resins and plastics (PVC and others) in building, replacing the standard binder which is cement, or filling passages of pieces of set and hard concrete, to improve 3 to 5 fold their compressive and tensile strengths. Likewise, some rules are given on dryness of the aggregates to be used, speed in form removal, greater adherence, easier to handle, price problems, not very fire-proof, etc. Use in facing frontages, industrial flooring, treating cracks and fissures by injecting resins, joints, etc.

zusammenfassung

Mörtel und Harzbetonarten

G. Rodríguez, Ingenieur

In diesem Artikel wird die wachsende Verwendung von Harzen und Plastikmaterialien (Polivinylchlorid u.a.) im Bauwesen beschrieben, die das gebräuchliche Bindemittel, den Zement oder die Füllung von kleinen Kanälen mit erstarrten und harten Betonteilen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Druck und Zug um das bis — fünffache ersetzen. Es werden ebenfalls einige Richtlinien für die Trockenheit der zu erwendenden Zuschlagstoffe, die Schnelligkeit der Verschalung, grössere Adhärenz, bessere Handhabung, Kostenvorteile, geringere Feuerbeständigkeit, usw. für den Gebrauch bei der Verkleidung von Fassaden, Industrieböden, Behandlung von Rissen und Brüchen durch Einspritzung von Harzen, Fugen, etc. gegeben.