

695 - 6

las colas para el hormigón

(«Bâtir», n.º 127, febrero 1964, pág. 18)

La mala adherencia de un hormigón fresco sobre uno endurecido ha constituido uno de los puntos débiles de esta forma de construir.

En el caso de hacerse una pieza de hormigón armado es posible, en general, colocar los aceros en espera de asegurar una unión conveniente entre las dos partes a hormigonar con un cierto intervalo.

Por el contrario, en el caso de recibos no previstos en un principio, o en el de reparaciones de piezas rotas, desgastadas o fisuradas, las medidas a adoptar son más delicadas.

También se ha pensado en la utilización de colas de altas resistencias que actualmente se encuentran con gran profusión en el mercado.

Es bien sabido que muchas de estas colas ofrecían, después de endurecidas, resistencias a la tracción más elevadas que aquéllas, relativamente modestas, obtenidas en el hormigón clásico. Pero el problema más delicado de resolver era el obtener una buena adherencia de la cola sobre el hormigón endurecido húmedo o sobre un hormigón fresco.

Era igualmente indispensable comprobar la buena duración con el tiempo de las piezas encoladas y sometidas a envejecimiento y a la intemperie.

Para servir de guía a los usuarios, las Federaciones nacionales de empresarios de la Construcción y Obras Públicas han encargado al C. E. B. T. P. (Centre Experimental du Bâtiment et des Travaux Publics) estudiar un cierto número de estas colas y efectuar ensayos comparativos de eficacia.

La presente nota tiene por finalidad explicar sucintamente los ensayos efectuados y facilitar algunas conclusiones prácticas a la vista de los primeros resultados obtenidos.

colas estudiadas en el C. E. B. T. P.

1. colas comerciales

Las colas vendidas bajo etiquetas comerciales y ensayadas en el C. E. B. T. P. se han clasificado en cuatro familias diferentes en función de las indicaciones facilitadas por los fabricantes.

a) COLAS A BASE DE SILICATOS

Son líquidos que se añaden a un mortero preparado para efectuar el encolado. Los silicatos entran en reacción con los constituyentes del cemento, mejorando así la adherencia del mortero sobre el hormigón. Los tres productos estudiados han sido:

Gref Béton — Gref Béton B. — Rubéton

b) COLAS A BASE DE RESINAS TERMOPLASTICAS EN EMULSION

Son líquidos blancos lechosos que deben ser también considerados como aditivos de un mortero de pegar. Se presentan en forma de emulsión que, después de la rotura y de la evasión del agua en exceso, forman una película destinada a mejorar la adherencia. Se han sometido a ensayo los siguientes productos:

Afcolac. — Bétonfix. — P. C. I. — Rhodopas 6.000 — Sullo. — Ucépack.

c) COLAS A BASE DE RESINAS POLIESTER

Las resinas poliéster son productos nacidos de los recientes progresos de las industrias derivadas de la hulla. Son líquidos que en general llevan una carga de un polvo mineral inerte con el fin de aumentar el espesor de la película aplicada sobre las partes a unir. En el momento de ser utilizadas se añade a esta resina un catalizador destinado a provocar la reacción que da lugar al endurecimiento de la cola. Los productos estudiados son los siguientes:

Apoxyl Siegel. — Edilon. — Gyl 60. — Gyl 80. — Polyvit. — RT 847. — Sintolit. — Typhon L44.

d) COLAS A BASE DE RESINAS EPOXI

Las resinas epoxi son derivados de la química del petróleo. Para los encolados se presentan en forma líquida y en el momento de su empleo se mezclan con un endurecedor, con el cual entran en reacción para dar lugar a un producto sólido.

Estas resinas se venden frecuentemente con una carga de harina mineral inerte, destinada, como en el caso de las resinas poliéster, a aumentar el espesor de la película aplicada sobre la superficie a encolar. Cuando estas resinas no se venden cargadas en origen, frecuentemente se recomienda cargarlas en el momento de emplearlas.

A veces las colas epoxi también se modifican mediante la adición de un polímero líquido llamado Thiokol, que es un caucho sintético destinado a mejorar la flexibilidad de la película y hacerla menos frágil a los choques después del endurecimiento. El Thiokol debe igualmente facilitar la adherencia sobre el hormigón húmedo.

Por último, algunos fabricantes han previsto la posibilidad de añadir productos tixotrópicos a las resinas para coagularlas más rápidamente después de su aplicación, lo cual mejora las condiciones de encolado sobre las superficies verticales o inclinadas.

Las colas epoxi estudiadas han sido las siguientes:

— colas epoxi ensayadas en su misma forma comercial sin la adición de cargas suplementarias:

— Apogel. — Barrapox. — Epoxykol 811. — Epoxykol 812. — Epoxykol 813. — Pierlon BC 60. Rox T. P. — Tétralon PC 12.

— colas epoxi cargadas en el momento de ser empleadas:

Colma (45 % de resina + 55 % de filler cuarzoso suministrado por el fabricante).— Epoxykol 812 cargado (45 g de resinas + 100 de filler).

— colas epoxi modificadas con Thiokol:

PR 930.

2. fórmulas de colas a preparar «in situ»

Además de las colas que se venden listas para ser empleadas, también han sido sometidas a ensayos un cierto número de fórmulas de preparación a base de resinas epoxi.

Efectivamente es interesante comparar las cualidades de estos productos con las de las colas comerciales. Las preparaciones tienen la ventaja de tener una composición continua y rigurosamente constante, mientras que las modificaciones no señaladas de ciertos productos comerciales a veces vienen a perturbar los ensayos comparativos.

Los precios de venta de estas preparaciones son evidentemente menos elevados, pero es necesario disponer de un pequeño laboratorio para efectuar las dosificaciones precisas y necesarias para obtener una buena mezcla. El interés económico de esta operación tan sólo está justificado si se trata de preparar cantidades de cola muy elevadas.

En el anexo se facilitan algunas fórmulas que han dado resultados interesantes.

ensayos comparativos efectuados en el laboratorio

1. resistencia a la tracción

Para efectuar medidas comparativas con las diferentes colas, el ensayo más sencillo consiste en comprobar la resistencia a tracción que proporciona el encolado.

El ensayo de tracción pura es siempre difícil de realizar; este valor se deduce, generalmente, mediante un ensayo a flexión, sobre una probeta prismática, como el que corrientemente se hace para el control de los morteros y hormigones.

La técnica experimental empleada ha sido la siguiente:

Se parten en dos mitades, por ensayo a flexión, probetas de hormigón de $7 \times 7 \times 28$ cm, que tengan como mínimo una edad de 3 meses. El hormigón utilizado fue de calidad corriente con una dosificación de cemento de 350 kg/m^3 . Para ensayar cada una de las colas estudiadas se empleó una serie de 12 probetas que se rompieron del modo que se acaba de indicar y que se limpiaron cuidadosamente.

a) Se reconstruyeron tres probetas encolando cada una de sus dos partes después de haber sido cuidadosamente secado el hormigón. Se conservaron durante 7 días a 20°C y en un ambiente seco

(50 % de humedad relativa) antes de ser sometidas al ensayo de flexión. Este ensayo tiene por finalidad determinar las resistencias que pueden esperarse del encolado al realizarse en la obra bajo circunstancias muy favorables o adoptando precauciones especiales.

b) Tres probetas se han reconstruido mediante el encolado de las dos mitades previamente saturadas de agua y después ligeramente desecadas. Se conservaron durante siete días a una temperatura de 20° C en una atmósfera saturada de humedad. Este ensayo reproduce las condiciones más severas de humedad que pueden darse en obra; en todo caso, el encolado se pone al abrigo de la lluvia o de las infiltraciones de agua.

c) Otras tres probetas se han reconstruido moldeando la mitad con hormigón fresco sobre la otra mitad del prisma endurecido y seco, previamente embadurnado de cola por la sección de rotura. Estas probetas se han conservado durante 28 días en ambiente seco (50 % de humedad relativa) antes de ser nuevamente rotas a flexión. Este ensayo reproduce sensiblemente las condiciones de reanudación del hormigonado en obra sobre una pieza seca y protegida de la intemperie.

d) Finalmente, se han reconstruido tres probetas de la misma forma que se indica precedentemente, estando el hormigón endurecido previamente saturado de agua. Se conservaron durante 21 días en aire húmedo y después 7 días en agua. Este ensayo tuvo como finalidad comprobar la buena adherencia de una reanudación de hormigonado realizada sobre un hormigón húmedo.

2. tiempo de utilización y envejecimiento de las colas

La resistencia a la tracción no es el único criterio interesante para comparar las colas entre sí. Es asimismo necesario estudiar, por lo menos, los dos puntos siguientes:

a) TIEMPO LIMITE DURANTE EL CUAL LA COLA CUMPLE SU MISION UNA VEZ PUESTA EN SERVICIO

Este tiempo varía, según las colas, entre 3 minutos y 5 horas. El criterio empleado era la posibilidad de una aplicación correcta con la espátula o con el pincel por el técnico encargado de los ensayos. Esta medida se hace en condiciones de humedad y temperatura de laboratorio (de 20 a 22° C; 50 a 70 % de humedad).

b) ADHESIVIDAD CON EL TIEMPO DE LAS DIVERSAS COLAS

Ciento cincuenta prismas, encolados con los productos que han dado los resultados más interesantes, se han colocado en el otoño de 1962, en la terraza del C. E. B. T. P. para estar expuestas a la intemperie. Cada dos o tres meses se comprueba cualitativamente a mano que los encolados no se han desprendido. Ninguno de ellos, por el momento, ha sido destruido por envejecimiento y puede que no sea factible dar cifras de las posibles bajas de calidad de encolado nada más que al final del tiempo de exposición, cuya duración queda por determinar.

3. forma de realizarse el encolado

Para que los ensayos se puedan comparar entre sí es necesario obtener las mismas concentraciones y los mismos procedimientos para los productos de una misma familia. Por el contrario, de una familia a otra el procedimiento de aplicación puede variar de acuerdo con la naturaleza misma de la cola.

Las condiciones prácticas adoptadas han sido las siguientes:

a) COLAS AL SILICATO Y COLAS DE RESINAS TERMOPLASTICAS

Se ha visto anteriormente que se trataba de aditivos para los morteros. La mezcla empleada ha sido: una parte de arena fina (de Fontainebleau) y una parte de cemento, adicionándole a todo esto de 20 a 30 % de cola a la que se le añade igual volumen de agua. Todo ello, una vez homogeneizado, se aplica con espátula sobre las dos superficies a encolar.

b) COLAS DE RESINAS DE POLIESTERES Y DE EPOXI

Se trata de colas cuya reacción de endurecimiento se activa mezclándolas, en el momento de ser utilizadas, con un producto base y un catalizador o endurecedor.

En las resinas epoxi se hace la mezcla frecuentemente en cantidades iguales, lo cual puede realizarse fácilmente en obra.

En las colas de resinas poliéster, las proporciones varían según las marcas, oscilando desde una parte de catalizador por una de resina, hasta una parte de catalizador por cien partes de resina. Es bien sabido que en este último caso la precisión que cabe esperar en obra es que sea insuficiente.

Ni qué decir tiene que en todos los casos se han seguido en el laboratorio las proporciones indicadas por el fabricante. La aplicación de la mezcla se ha hecho con pincel cuando lo permitía la viscosidad y en otros casos se ha hecho con espátula.

4. sistema de notación

Los resultados obtenidos de los ensayos se han resumido en la tabla n.º 1.

Se ha estimado que los resultados eran:

<i>Muy buenos</i>	cuando la rotura se producía fuera de la sección encolada.
<i>Buenos</i>	cuando se producía la rotura en la sección encolada, siempre que la resistencia a la tracción, deducida del ensayo de flexión, sea superior a 40 kg/cm ² .
<i>Medianos</i>	cuando esta resistencia esté comprendida entre 25 y 40 kg/cm ² .
<i>Mediocres</i>	cuando esté comprendida entre 10 y 25 kg/cm ² .
<i>Muy débiles</i>	cuando sean inferiores a 10 kg/cm ² .

A título comparativo se puede señalar que:

- los hormigones endurecidos, después de más de tres meses, tienen, en general, resistencias a la tracción comprendidas entre 45 y 50 kg/cm²;
- los hormigones frescos tenían, después de endurecidos durante 28 días, resistencias de 30 a 40 kg/cm²;
- la adherencia de un hormigón fresco, moldeado sobre un hormigón endurecido sin interposición de una cola, daba lugar, en las mismas condiciones de ensayo, a una resistencia de 10 a 12 kg/cm²

resultados

En la tabla que se han reunido los resultados de los ensayos se puede ver que bajo el nombre de "colas para el hormigón" se han reunido productos susceptibles de proporcionar resultados muy diferentes.

Es muy importante, pues, que el contratista elija, entre las colas que le ofrezcan, con prudencia y discernimiento.

A propósito de esto, he aquí las conclusiones que se pueden formular:

1. colas a base de silicatos

Las colas a base de silicatos han tenido su momento de éxito, pero hoy día han sido sobrepasadas. Tienen la ventaja de ser baratas, pero presentan resistencias de encolado menos elevadas que las que se obtienen con las resinas. Deberán, pues, ser utilizadas en aquellas zonas donde las tensiones en el hormigón sean débiles.

2. colas termoplásticas y colas de resinas de poliésteres

En general dan mejores resultados para el encolado de hormigones secos. Son casi siempre, a excepción de algunos casos, muy sensibles a la humedad que puedan tener las caras a encolar. En consecuencia ofrecen poco interés para la mejora de las reanudaciones de trabajos de hormigonado o para el refuerzo de piezas para el moldeo del hormigón fresco.

El endurecimiento de las colas de poliéster es frecuentemente muy rápido, y deben emplearse, en estos casos, dentro de un plazo que varía de 5 a 30 minutos.

Por el contrario, en las colas termoplásticas, este plazo de utilización es del orden de 3 horas.

La adición de catalizadores que provocan el endurecimiento de la resina poliéster debe dosificarse minuciosamente; y cuando las cantidades a añadir sean muy pequeñas (del 1 al 10 %), entonces resulta difícil hacer bien la mezcla en obra.

3. colas a base de resinas epoxi

Las colas epoxi, de precio bastante elevado (20 a 50 francos el kg de las marcas comerciales), han dado, en general, buenos resultados. Los productos ensayados en el C. E. B. T. P. han proporcionado *resistencias de encolado superiores a la resistencia a la tracción del hormigón endurecido*, en:

- el 80 % de los casos, cuando las caras están secas;
- el 30 % de los casos, cuando las caras están húmedas.

La mitad de las colas epoxi estudiadas dieron igualmente buenos resultados en el encolado de un hormigón fresco sobre otro endurecido.

El poder de elección que se ofrece al usuario en este campo es bastante amplio. En general es preferible utilizar productos con cargas de harinas minerales, que dan lugar a películas más espesas, las cuales van mejor para hormigones con superficies rugosas e irregulares.

Las colas epoxi que contienen Thiokol (caucho sintético) son asimismo muy interesantes, pues este producto disminuye la fragilidad del encolado y frecuentemente mejora la resistencia al agua.

Cuando la cantidad de cola que se ha de precisar es grande, es conveniente que el usuario disponga de un pequeño laboratorio, incluso elementalmente instalado, que le permita rebajar el precio del producto, preparándose la cola uno mismo con la ayuda de una de las fórmulas que se dan en la tabla adjunta.

TABLA DE RESULTADOS

(TABLA N.º 1)

CATEGORIA A LA CUAL PERTENECE LA COLA ESTUDIADA	MARCA COMERCIAL (M. C.) O FORMULA	REFERENCIA	TIEMPO LIMITE DE UTILIZACION DE LA COLA	RESULTADOS OBTENIDOS AL ENCOLAR UN HORMIGON ENDURECIDO CON OTRO ENDURECIDO		RESULTADOS OBTENIDOS AL ENCOLAR UN HORMIGON FRESCO CON OTRO ENDURECIDO	
				Caras secas, conservación en aire seco	Caras húmedas, conservación en aire húmedo	Caras secas, conservadas veintiocho días al aire	Caras húmedas, conservadas veintiún días al aire y siete días en agua
Colas a base de silicatos	M. C.	S 1	30 min	mediocres	mediocres	mediocres	mediocres
	M. C.	S 2	40 min	muy débiles	mediocres	mediocres	mediocres
	M. C.	S 3	30 min	muy débiles	muy débiles	muy débiles	mediocres
Colas a base de resinas termoplásticas en emulsión (acetato de polivinilo o acrílico)	M. C.	T 1	3 hr	buenos	medianos	muy buenos	muy buenos
	M. C.	T 2	2 hr 30 min	buenos	medianos	buenos	medianos
	M. C.	T 3	4 hr	buenos	mediocres	muy buenos	medianos
	M. C.	T 4	4 hr	medianos	mediocres	mediocres	mediocres
	M. C.	T 5	3 hr	medianos	mediocres	mediocres	muy débiles
	M. C.	T 6	3 hr 30 min	mediocres	muy débiles	mediocres	muy débiles

Colas a base de poliésteres	M. C.	P 2	15 min	muy buenos	buenos	mediocres	mediocres
	M. C.	P 3	30 min	muy buenos	medianos	muy débiles	muy débiles
	M. C.	P 4	6 min	buenos	mediocres	muy débiles	muy débiles
	M. C.	P 5	1 hr 30 min	medianos	mediocres	medianos	mediocres
	M. C.	P 6	—	medianos	mediocres	muy débiles	muy débiles
	M. C.	P 7	10 min	medianos	mediocres	muy débiles	muy débiles
	fórmula	P 8	30 min	mediocres	mediocres	mediocres	muy débiles
	M. C.	P 9	2 hr	muy débiles	muy débiles	muy débiles	muy débiles
Colas a base de resinas epoxi sin adición de cargas suplementarias en el momento del empleo	M. C.	E 1	45 min	muy buenos	muy buenos	muy buenos	muy buenos
	M. C.	E 2	4 hr	muy buenos	buenos	muy buenos	muy buenos
	M. C.	E 3	1 hr 30 min	muy buenos	buenos	muy buenos	medianos
	M. C.	E 4	3 hr 30 min	muy buenos	buenos	muy buenos	mediocres
	M. C.	E 5	3 hr	muy buenos	buenos	muy buenos	mediocres
	M. C.	E 6	3 hr	muy buenos	medianos	muy buenos	medianos
	M. C.	E 7	1 hr 30 min	buenos	buenos	muy buenos	muy buenos
	fórmula	E 8	3 hr	muy buenos	mediocres	mediocres	mediocres
	fórmula	E 9	3 hr	buenos	buenos	muy débiles	mediocres
	fórmula	E 10	3 hr	mediocres	mediocres	mediocres	mediocres
	M. C.	E 11	3 hr 30 min	muy débiles	muy débiles	mediocres	mediocres
Colas epoxi con adición de cargas en el momento del empleo	M. C.	EC 1	1 hr	muy buenos	muy buenos	muy buenos	muy buenos
	M. C.	EC 2	3 hr	muy buenos	muy buenos	muy buenos	muy buenos
	fórmula	EC 3	3 hr	muy buenos	muy buenos	muy buenos	muy buenos
	fórmula	EC 4	3 hr	muy buenos	buenos	muy buenos	muy buenos
	fórmula	EC 5	30 min	muy buenos	buenos	muy débiles	muy débiles
Colas a base de resinas epoxi modificadas con Thiokol	fórmula	ET 1	3 hr	muy buenos	muy buenos	muy buenos	muy buenos
	fórmula	ET 2	30 min	muy buenos	muy buenos	muy buenos	muy buenos
	fórmula	ET 3	2 hr	muy buenos	medianos	muy buenos	muy buenos
	M. C.	EC 4	1 hr	muy buenos	mediocres	mediocres	mediocres

ANEXO

FORMULAS PARA LA PREPARACION DE LAS COLAS PARA HORMIGON

CATEGORIA	REFERENCIA	COMPOSICION DE LA RESINA (A)	COMPOSICION DEL ENDURECEDOR (B)	MEZCLA A EFECTUAR EN EL MOMENTO DEL EMPLEO
Epoxi	E 8	Epikote 815 92 Dioitilftalato + 8 <hr/> 100	Synolide 960 42 K 54 + 3 <hr/> 45	100 g (A) + 45 g (B) <hr/> 145 g
Epoxi	E 9	Epikote 828 80 Alcohol + 10 Aceite de pino + 10 <hr/> 100	Cem Cure 330 22,5 K 54 + 2,5 <hr/> 25,0	100 g (A) + 25 g (B) <hr/> 125 g
Epoxi cargada	EC 3	Epikote 815 92 Dioitilftalato + 8 <hr/> 100	Synolide 960 42 K 54 + 3 <hr/> 45	100 g (A) + 45 g (B) + 155 g filler síliceo + 60 g arena Fontainebleau <hr/> 360 g
Epoxi cargada	EC 4	Araldite GY 252 100	Araldite HY 951 6 Lancast A + 20 Tolueno + 10 <hr/> 36	100 g (A) + 36 g (B) + 85 g filler síliceo <hr/> 221 g
Epoxi cargada	EC 5	Epikote 828 80 Aceite de pino + 16 Fenol + 4 <hr/> 100	Aceite de pino 9,5 Dietileno + 10,5 Triamina <hr/> 20,0	100 g (A) + 20 g (B) + 70 g filler síliceo <hr/> 190 g

Epoxi Thiokol	ET 1	Epikote 828	100	Thiokol LP 3 DMP 10	45 + 10	+ 55 g (B) + 35 g filler silíceo + 260 g arena Fontainebleau
					55	450 g
Epoxi Thiokol	ET 2	Epikote 828 Tolueno	95 + 5 100	Thiokol LP 3 K 54	50 + 10	100 g (A) + 60 g (B) + 40 g filler silíceo
					60	200 g
Epoxi Thiokol	ET 3	Epikote 828	100	Thiokol LP 3 DMP 10	40 + 10	100 g (A) + 50 g (B) + 120 g filler calizo + 25 g filler silíceo
					50	295 g

LISTA DE LOS SUMINISTRADORES DE PRODUCTOS QUE INTERVIENEN EN LA COMPOSICION DE LAS COLAS QUE FIGURAN ANTERIORMENTE

Resinas Epikote	Compagnie française des produits chimiques Shell, 27, rue de Berri, Paris (8°).
Resinas Araldite	Sociétés des produits chimiques de l'Allier, 18 bis, rue d'Anjou, Paris (8°).
Lancast A	
Synolide 960	Sociétés des produits chimiques industriels, 43, rue Cristino- Garcia, Saint-Denis (Seine).
Cem Cure 330	Société française d'organo-synthèse, 159, avenue du Roule, Neuilly-sur-Seine (Seine).
Thiokol LP 3	Marcel Quarré et Cie, 26, place Saint-Georges, Paris (9°).
Dioitilftalato	Rhône-Poulenc, 22, avenue Montaigne, Paris (8°).
K 54	M. Neumand et Cie, 7, avenue Georges-V, Paris (8°).
DMP 10	Société commerciale Lambert et Rivière, 16, rue de Miromcsnil, Paris (8°).
Dietileno-triamina	Auby (Division Prochinor), 46, rue Jacques-Dulud, Neuilly-sur-Seine (Seine).