

684-51

El modo de actuar de los productos de inyección

Dr. H. STEINEGGER, Heidelberg

Betonwerk + Fertigteil-Technik, n.º 3, 1972, págs. 593-595

Los productos de inyección se emplean para la producción del mortero de inyección. Para mejor entender su modo de actuar y su aplicación es necesario conocer primeramente las misiones que se desean realice el mortero de inyección. A este respecto se dice literalmente en el nuevo proyecto de las "Directrices para la Inyección de Mortero de Cemento en Canales de Pretensado".

"El mortero de inyección tiene la misión de proteger las piezas de acero contra la corrosión mediante el recubrimiento de los aceros de pretensado y la colmatación de todos los huecos vacíos del canal. La unión necesaria entre los aceros de pretensar y la estructura debe quedar garantizada por la suficiente resistencia del mortero de inyección".

Para la solidez de las estructura sustentantes de hormigón pretensado —según el procedimiento de unión posterior— ésta como la protección contra la corrosión de los órganos de pretensado es de especial importancia.

El problema del proceso de inyección consiste especialmente en llenar de tal manera con mortero de inyección el tubo envolvente formado como encofrado perdido, que todos los aceros de pretensar queden envueltos y embebidos al mortero, y que, además de esto, no queden espacios huecos en el canal de pretensado.

El volumen máximo posible de los tubos envolventes favorece la unión de mortero de inyección para hormigón de estructura y absorbe las burbujas de aire que suben y las aleja del acero de pretensado. Además permite que se bañe lateralmente el haz de acero de pretensar.

Independientemente de los diferentes sistemas de pretensado hay que tener en cuenta la creación de secciones de paso lo más homogéneas posible.

Las exigencias que resultan de las tareas que deben cumplir el mortero de inyección han sido expuestas en las "Directrices Provisionales para la Inyección de Mortero de Cemento en Canales de Pretensado" (julio de 1957). El cumplimiento de estos requisitos, que se expondrán a continuación, solo es posible mediante el empleo de un producto de inyección.

Requisitos del mortero de inyección

- a) Buena fluidez hasta la conclusión de la inyección.
- b) Reducida segregación del mortero debida a la sedimentación y retracción.

La medida de segregación no debe superar el 2 %. Hay que tratar de conseguir una moderada expansión.

c) Resistencia mínima a la presión después de:

7 días, 200 kp/cm²;

28 días, 300 kp/cm².

d) El mortero de inyección debe ser resistente a las heladas.

Estos requisitos determinan forzosamente la composición del mortero de inyección. Normalmente éste contiene los siguientes componentes: cemento, productos de inyección y agua.

Considerado estrictamente el mortero de inyección es, en la práctica, una suspensión de cemento con aditivos: los productos de inyección.

El cemento influye de este modo en las siguientes propiedades del mortero de inyección: fluidez (necesidad de agua), medida de segregación, resistencias a la compresión y a las heladas.

Como el almacenamiento del cemento influye decisivamente sobre estas propiedades, las nuevas directrices disponen que el cemento no debe tener una edad mayor que 3 semanas y una temperatura mayor de 40°C.

Se deduce que es indispensable el empleo de un producto de inyección para la fabricación del mortero de inyección. Básicamente sólo se autorizan productos de inyección con un informe válido de comprobación.

En detalle los productos de inyección han de contribuir a lo siguiente:

- plastificación y ahorro de agua;
- reducción de la sedimentación del cemento;
- aumento del volumen mediante formación de microporos;
- retardo del fraguado;
- aumento de la adherencia;
- garantía de resistencia contra las heladas.

La acción dominante de un producto de inyección se basa en el aumento de volumen mediante la formación de microporos. El producto de inyección contiene un componente metálico, espumante, que se desintegra debido a la alcalinidad de la pasta del cemento y desarrolla hidrógeno.

No es posible conseguir con aireantes (sustancias LP) la estructura del mortero con distribución homogénea de los poros. No se puede esperar un relleno total y, por consiguiente, un envolvimiento seguro de los aceros de pretensar, pues con los aireantes no se produce una acción espumante y, por ende, una ligera expansión.

El desarrollo de gases, antes mencionado, depende en gran parte de la temperatura. Un descenso de temperatura de pocos grados produce ya un notable retardo en la formación de gases (fig. 1).

Los análisis realizados con morteros de diferentes valores de a/c, temperaturas de mortero fresco y de curado permiten conocer claramente esta influencia. Al aumentar la temperatura aumenta también la acción de hinchazón del producto de inyección y en consecuencia provoca una tendencia a la segregación que se va haciendo cada vez más reducida (fig. 2).

La dependencia de la medida de la segregación respecto del valor a/c se explica por el hecho de que con un valor bajo de a/c un limo de cemento resulta más rígido y más espeso. Por ello presenta un mejor enlace de agua y tiende menos a la segregación que un limo de cemento muy fluido con elevado valor de a/c. En este último caso las pesadas partículas de cemento no pueden mantenerse en suspensión, siendo ésta menos estable. De aquí resulta una rápida precipitación.

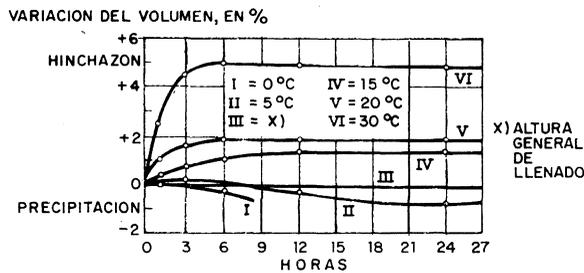


Fig. 1.—Evolución temporal de la variación del volumen, en %, en función de la temperatura de almacenamiento (según C. H. Benz, Mortero de Inyección para Canales Pretensados, 1965).

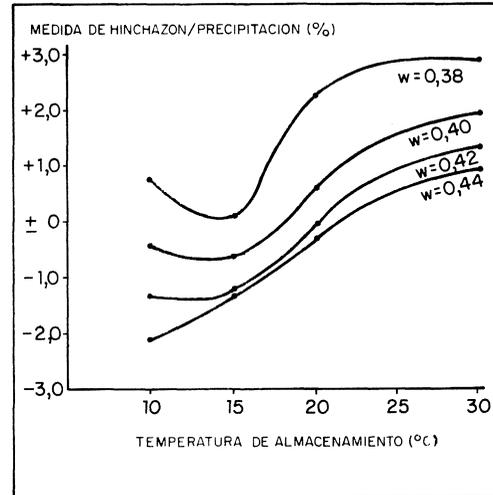


Fig. 2. Medida de hinchazón/reducción de los morteros al cabo de 24 horas con diferentes temperaturas de almacenamiento de mortero y valores de a/c.

La espumación del mortero de inyección no puede iniciarse demasiado pronto, ya que, de lo contrario, el gas deflagra sin resultado alguno antes de la inyección del mortero. Por otra parte tampoco puede empezar demasiado tarde, porque, de lo contrario, pueden presentarse aflojamientos de la estructura. El producto de inyección por esta razón produce al mismo tiempo un retraso del fraguado. Este retraso trae entre otras cosas como consecuencia que el mortero de inyección conserve su fluidez durante un tiempo suficientemente prolongado.

Los morteros de inyección que en la comprobación según las "Directrices Provisionales" presentan una medida de hinchazón de 1-2 %, son resistentes a las heladas en la prueba del dilatómetro según Röhnisch.

La comprobación de la medida de hinchazón o de segregación se efectúa en forma más conveniente con el puente de doble medida según Schmid.

Como ya se ha explicado, el producto de inyección contiene también una componente que garantiza una buena elaboración del mortero de inyección. Se trata de medios dispersores y humectantes de gran calidad, los cuales influyen en el mortero de inyección en forma muy plastificadora y reducen la exigencia o necesidad de agua. El ahorro de agua es de un 10 %.

De esta manera se garantiza una buena fluidez con una reducida exigencia de agua al mismo tiempo. La velocidad de paso no debería ser inferior a 1 m/min. En función de los sistemas aislados de pretensado, las velocidades de paso en la práctica oscilan entre 1 y 18 m/min. Gracias a la componente de licuefacción se mejora también al mismo tiempo la adherencia.

Hasta ahora era corriente añadir el producto de inyección en el lugar de obras. En este caso todos los elementos del mortero de inyección deben medirse según peso. El proceso de mezclado debe efectuarse en la sucesión agua + cemento + producto de inyección.

Según el nuevo proyecto de las “Directrices para la Inyección de Morteros de Cemento en Canales de Pretensados”, de noviembre de 1970, el proceso de mezclado debe estar terminado a más tardar al cabo de 4 min. Se sigue diciendo allí:

“El cemento debe rellenarse o envasarse lentamente; además se debe añadir el producto de inyección de manera que se garanticen una mezcla homogénea del mortero de inyección y la eficacia del producto de inyección. El mortero de inyección debe moverse a continuación mecánicamente de manera que se eviten la disgregación y la formación de grumos”.

La bomba empleada debe garantizar una fluencia homogénea del mortero de inyección. La presión de la bomba y la velocidad de fluencia deben ajustarse a las necesidades de los elementos de pesar.

Un postulado muy fundamental dice: “la inyección no puede concluirse antes de que en el otro extremo del canal de pretensado haya fluido suficiente cantidad de mortero de inyección, cuyo tiempo de inmersión no sea inferior a los 30 segundos”.

Aun cuando de esta manera se hayan definido suficientemente en las correspondientes “Directrices” los fines del mortero de inyección y los requisitos que de ello resultan, en la realización práctica de trabajos con mortero de inyección existen ciertas dificultades. En resumen éstas son: selección del cemento, adecuación de E. H. al cemento, envejecimiento del cemento, mezcla homogénea de cemento y E. H. in situ.

Leonhardt formulaba esto en un comentario a las “Directrices Provisionales”: “la industria de la construcción considera naturalmente costosa la necesidad de amplias comprobaciones de idoneidad para la selección de cementos adecuados, de manera que sería deseable que la industria del cemento suministrara por sí misma cementos correspondientes a los requisitos especiales indicados”.

En virtud de la gestión de las Oficinas de Inspección de la Construcción y de la Industria de la Construcción se ha desarrollado un mortero de inyección que se suministra como mortero ya listo. Para este mortero prefabricado se emplea un cemento —PZ 450 F—, acreditado en la práctica desde hace años y adecuado para la inyección de canales de pretensar.

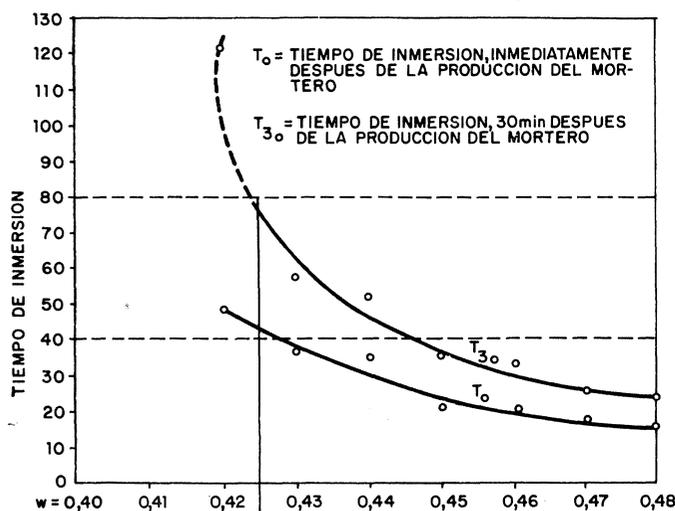


Fig. 3.—Tiempo de inmersión del mortero fabricado en función del valor de a/c.

El cemento y los aditivos se han elegido como resultado de profundos ensayos entre sí de manera que se garantiza una buena fluidez para la inyección de estrechos órganos de tensar. El proceso de mezclado in situ queda simplificado, pues a este mortero fabricado sólo se debe añadir agua. De esta manera quedan eliminadas las dosificaciones erróneas del

producto de inyección. Se evita la influencia del envejecimiento del cemento por el hecho de que el mortero ya fabricado se suministra en sacos recubiertos de plástico, que permiten el empleo de este producto acabado hasta después de medio año de almacenamiento. El mortero acabado tiene los tiempos de inmersión indicados en la figura 3 así como los cuadros 1 y 2, en función del valor a/c.

C U A D R O 1
Variación del volumen del mortero prefabricado

| Valor (a/c) | Temperatura (°C) | | | | Medida de hinchazón o precipitación |
|---------------------|--|------|---------|---------|---|
| | Volumen | Agua | Cemento | Mortero | |
| 0,43 | 21 | 18 | 20 | 22 | + 1,5, + 1,5, + 1,8, + 1,8, + 1,5, + 1,5 i.M. + 1,6 |
| 0,36 ./. 0,44 | Valores teóricos según las «directrices provisionales» | | | | máx — 2 % |
| | — | — | — | — | |

C U A D R O 2
Resistencia a la presión del mortero prefabricado

| Valor (a/c) | Resistencia a compresión (kp/cm ²) | | Densidad aparente n. 28 días |
|---------------------|--|------------|---------------------------------|
| | n. 7 días | n. 28 días | |
| 0,43 | i.M. 247 | 349 | 1,89 kg/dm ³ |
| 0,36 ./. 0,44 | Valores teóricos según las «directrices provisionales» | | |
| | > 200 | > 300 | — |

La intensa acción espumante del producto de inyección ajustada perfectamente al cemento produce un mortero de inyección muy homogéneo. Gracias a esto se puede cumplir también el requisito, según el cual la consistencia del mortero de inyección al final del canal de pretensado ha de corresponder a la del lado de inyección. La homogeneidad del mortero de inyección es tanto más importante cuanto que en el canal de pretensado, debido a la configuración del tubo envolvente favorable a la corriente y al haz de alambres de pretensar, se pueden presentar fenómenos de desprendimiento, apisonado y desfluidificación, que traen como consecuencia una segregación del mortero de inyección.

Además se garantiza un valor suficiente de tumefacción dentro del amplio campo de temperatura. Con una temperatura de 20°C el aumento de volumen se halla en + 1 — 2, por ciento en volumen.