

FML Concretec GmbH, 35745 Herborn, Alemania

Un procedimiento de mezclado en suspensión demuestra de forma impresionante la utilidad para la práctica en la planta de hormigón preparado

Después de que se llevasen a cabo minuciosos ensayos durante más de un año, con éxito a escala de laboratorio y en series de ensayos a pequeña escala en las plantas de hormigón preparado, el procedimiento del mezclado de FML Concretec ha demostrado ahora también su eficacia en ensayos a gran escala, con un dispositivo de mezclado en suspensión de 2500 l.

En PHI del 03-2008 se presentó por primera vez el procedimiento de mezclado de FML Concretec. Básicamente, se trata de que, primero, la suspensión de ligante se mezcla por separado y se mezcla con los áridos en el segundo paso. El procedimiento ofrece la posibilidad de producir, en un lapso muy corto de tiempo, un hormigón muy homogéneo a partir de ambos componentes materiales. Un mezclador forzado no es necesario para esto, sin embargo puede ser utilizado igual que antes. Lo especial de la tecnología FML es que, en primer lugar,

el agua fresca o reciclada necesaria para la suspensión de ligante es tratada de una manera especial, físicamente, justo antes de su utilización. Esta agua tratada se mezcla con el ligante en un mezclador coloidal MAT con una velocidad de rotación de hasta 1400 revoluciones/min, proceso en el que la configuración especial de las palas mezcladoras y del espacio de mezclado y, en su caso, también otras medidas, generan efectos de molido húmedo, y muelen, especialmente el cemento, parcialmente más fino. De este modo, se incrementa la superficie activa del cemento. El agua, gracias al tratamiento, se encuentra en situación de reaccionar de forma óptima con el cemento y los aditivos. La suspensión de ligante tratada de este modo es estable y se puede mezclar fácilmente con arena y los áridos para dar lugar a un hormigón homogéneo. A escala de laboratorio, así como en series de ensayos a pequeña

escala, se ha podido comprobar que el hormigón producido siguiendo el procedimiento de FML Concretec se puede trabajar mejor, muestra una gran resistencia inicial más elevada, así como una resistencia final también más elevada. En contraposición, mediante el procedimiento se permite, por ejemplo, emplear, con los mismos valores de objetivo para el hormigón, cementos más gruesos -¡más baratos! -, así como reducir la necesidad de agua. De este modo se puede producir hormigón con la calidad exigida con costes claramente optimizados en comparación con los procedimientos de mezclado tradicionales.

Ensayo a gran escala con un mezclador en suspensión de 2500 l

Los ensayos de laboratorio muestran resultados claros. También las series a pequeña escala con un mezclador en suspensión



A través de un conducto de derivación, el camión hormigonera se carga directamente con los áridos



En la configuración provisional del dispositivo en Geesthacht, el camión hormigonera viaja con los áridos hasta el "Castillo de contenedores". La configuración definitiva de la instalación prevé que el mezclador de FML Concretec esté situado justo al lado del mezclador de hormigón preparado, de modo que más tarde también la maniobra no tiene lugar en el solar de la planta.



Después de los áridos se echa la suspensión de cemento en el camión hormigonera

móvil de 1000 l mostraron resultados positivos comparables, pero, para acabar, faltaba aún un ensayo a gran escala que debía demostrar la transferibilidad a la práctica de los resultados obtenidos hasta ese momento. Después de que se presentó públicamente el procedimiento de mezclado de FML Concretec a mediados de 2008, hubo algunas conversaciones con potenciales socios industriales de todas las envergaduras, entre otros también con importantes productores de cementos activos en todo el mundo, que se mostraron muy impresionados por los resultados de los ensayos realizados en el centro técnico, y también de otros realizados por técnicos de hormigón de FML en sus propios laboratorios. Con la firma Holcim se alcanzó finalmente un acuerdo que pasaba por que se instalase, por separado, en una planta para hormigón preparado de Holcim

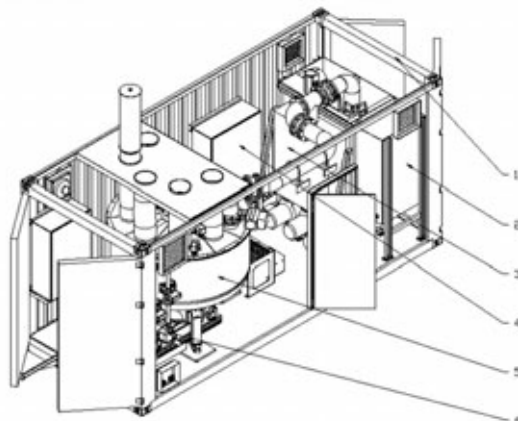
Beton + Zuschlagstoffe GmbH, un mezclador en suspensión de 2500l con tratamiento de agua y que se llevasen a cabo ensayos a gran escala. La planta de hormigón preparado de Holcim en Geesthacht, en el norte de Alemania, se brindó de forma destacada por su cercanía con el centro técnico FML en Adendorf. Para mantener, en un principio, reducido el gasto de instalación, se construyó, para simplificar, una subestructura a partir de dos contenedores puesto el uno sobre el otro, sobre la que se montó el contenedor del mezclador de FML, con lo que se garantiza la altura necesaria para echar la suspensión de ligante en el camión hormigonera. Igualmente sobre el castillo de contenedores se montaron dos silos móviles- uno para cemento y otro para ceniza volante. Por lo demás, sólo fue necesario sacar una toma de electricidad e instalar el agua corriente

para poder poner en funcionamiento la instalación de FML Concretec en el lugar. En una parte de la planta de hormigón preparado se ha montado un conducto de derivación para los áridos, de modo que éstos no deban ser conducidos a través del mezclador forzado, y en cambio puedan ser llevados por un camino directo al camión hormigonera. De este modo la planta de hormigón preparado puede, por una parte, producir hormigón preparado siguiendo el método convencional con el mezclador de plato disponible de Liebherr de 2m³ y, por la otra, los camiones hormigonera pueden ser cargadas con áridos ya pesados para ser, seguidamente, cargadas con la suspensión de ligante. Esta alternativa posibilita la producción de hormigón preparado siguiendo el procedimiento de FML Concretec sin el empleo de un mezclador forzado. Además del mezclador en suspen-

Esquema de la instalación

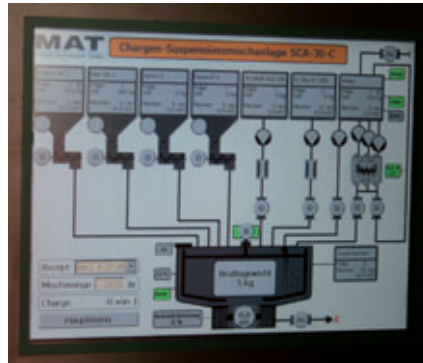
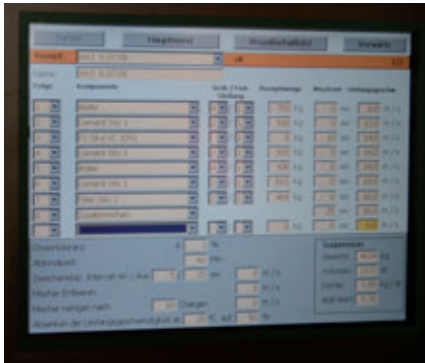
Container plant

1. Planta de contenedores
2. Contenedor
3. Tanque de agua
4. Tratamiento del agua
5. Control
6. Mezclador
7. Dosificación de los aditivos



La pieza central del procedimiento de mezclado de FML Concretec es el mezclador coloidal MAT.

Vista general del esquema de la instalación de un dispositivo FML Concretec



Vista de una fórmula y control de la instalación por medio del Touch-Pad Monitor

sión de 2500 l, también hay en el lugar una instalación para el tratamiento de agua a escala de laboratorio, un mezclador forzado de laboratorio y un mezclador coloidal de 20 l, con los que se llevan a cabo continuamente ensayos comparativos – con las mismas fórmulas.

El programa de ensayo

Ante todo, en el ensayo a gran escala debían ser analizados los siguientes aspectos:

- Compatibilidad y correlación de los resultados de laboratorio con los del ensayo a gran escala
- Comparación de los resultados del ensayo a gran escala del procedimiento de mezcla de FML Concretec con los del hormigón preparado producido de forma convencional con la misma fórmula, considerando la calidad y la posible reducción de costes

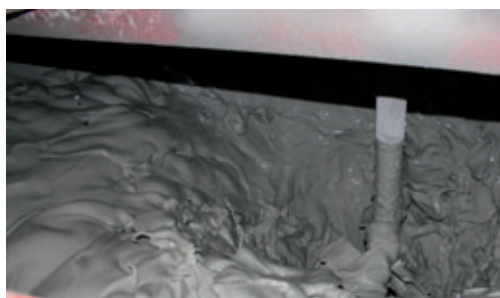
Cuando se produce hormigón siguiendo el procedimiento de FML Concretec, en primer lugar, el camión hormigonera va hasta debajo del conducto de derivación de la instalación de hormigón preparado y allí justamente se carga con los áridos ya pesados. Finalmente, el camión hormigonera pasa bajo la manguera de llenado del mezclador FML Concretec y allí se llena con la suspensión de ligante. Después de un tiempo para la homogeneización de sólo 2,5-3 minutos ya están mezclados 8 m³ de hormigón de forma inmejorable y dispo-

nibles. En total, se necesitan para la preparación de 8 m³, desde el posicionamiento del camión hormigonera bajo la carga de áridos hasta que deja el recinto, utilizando el procedimiento de FML Concretec – también con la consideración de la nueva maniobra debida a la solución provisional en este momento con las estructuras de contenedores – sólo 7-8 minutos, por regla general, claramente menos que el tiempo que se requeriría en la producción de hormigón siguiendo el procedimiento convencional. Con una instalación completa del dispositivo FML Concretec justo al lado del equipamiento para la carga de áridos, se pueden ahorrar, gracias a la reducción del tiempo de maniobra, otros 1-2 minutos, de modo que un camión hormigonera de 8 m³, en estas circunstancias, puede abandonar de nuevo el recinto ya tras 6-7 minutos, con hormigón completamente mezclado. Una reducción más de la duración total puede llegar a producirse si el vaciado de suspensión de ligante se efectúa ya durante la dosificación de áridos. Resumiendo se puede decir que el tiempo de permanencia de un camión hormigonera en el recinto de la instalación de hormigón preparado puede reducirse notablemente, para lo que resultan importantes, junto con el procedimiento de mezclado, también factores como el tamaño del mezclador existente y de la báscula de áridos de la instalación de hormigón preparado, etc. También para plantas en las que hasta ahora el hormigón se ha producido siguiendo el procedimiento de mezclado en seco, es ventajosa la tec-

nología FML Concretec, pues aquí no sólo se puede reducir notablemente el tiempo de mezclado, sino que, ante todo, se puede mejorar la calidad del hormigón y la homogeneidad de la mezcla de forma muy notable. Y todo esto sin las intensas emisiones de polvo inevitables en el procedimiento de mezclado en seco.

Transferibilidad de los resultados de laboratorio a los ensayos a gran escala

La diferente dimensión del mezclador, así como las distintas condiciones que se dan en un centro técnico en comparación con una “verdadera” planta de hormigón preparado deben ser consideradas de la forma correspondiente. Mientras que la relativamente pequeña cantidad de cemento, agua y aditivos durante los ensayos de laboratorio en el centro técnico se pesaron y vertieron, siempre manualmente, al dispositivo industrial está diseñado de forma que los procesos al completo se lleven a cabo controlados por ordenador. Eran importantes, ante todo, una dosificación exacta y supervisión de todos los componentes, y un registro de la duración de proceso de llenado y los tiempos de mezclado requeridos en el mezclador coloidal de 2500 l. De todas las mezclas se han determinado y documentado, en diferentes momentos, las características de hormigón fresco y del consistente, y esto tanto de los resultados del gran mezclador FML de 2500 l, como también de las mezclas realizadas en el lugar con las mismas fórmulas y con mezcladores y dispositivos de laboratorio. El



Mirada al mezclador coloidal a diferentes velocidades de rotación



Directamente al lado de la planta de hormigón preparado, se efectúan en el lugar ensayos con el mezclador de laboratorio para probar la escalabilidad de los resultados. La figura 7a muestra la medida de expansión de 675 mm justo después de la producción del hormigón, la figura 7b la medida de expansión de 555 mm después de 60 minutos, en los que el camión hormigonera ha mantenido el tambor de mezclado en movimiento lento, para simular un tiempo de viaje de una hora. En comparación: La mezcla de referencia de la planta de hormigón preparado, producido de manera convencional, alcanzó, con la misma fórmula exactamente justo después de la producción una medida de expansión de 520 mm.

objetivo de esta documentación debería ser la prueba que los ensayos de laboratorio poseen validez y que se da una transferibilidad de los ensayos a pequeña a los realizados a gran escala. Es decir, si esto se puede probar, se pueden llevar a cabo ensayos de laboratorio con materiales suministrados por parte del cliente al centro técnico y, en caso necesario, llevar a cabo, también, ensayos con los dispositivos de laboratorio de FML en las instalaciones de los clientes, para mostrar el potencial de optimización individual. En este contexto resulta también interesante la escalabilidad de los resultados del tratamiento intercalado del agua. En el laboratorio se habían tratado hasta entonces sólo pequeñas cantidades con un dispositivo más bien pequeño. En el ensayo a gran escala, por contra, había que tratar cantidades mucho mayores de forma eficaz, lo que suponía otro desafío que, sin embargo, fue resuelto por FML sin problema.

Comparación de los resultados del ensayo a gran escala del mezclador de FML Concretec con el hormigón preparado siguiendo la misma fórmula

Con este ensayo se demuestra el potencial de optimización que entraña el procedimiento de FML Concretec. Existe potencial de optimización en dos sentidos. Utilizando la misma fórmula hay optimización de cara a las características de hormigón fresco y del consistente; y utilizando una fórmula optimizada, la cual aprovecha por completo las ventajas del procedimiento, se producen hormigones equivalentes a un precio claramente más ventajoso que hasta ahora. El primer aspecto, la documentación de las características mejoradas de hormigón fresco y consistente utilizando la misma fórmula,

Tab. 1: Resultados de comparación para un C30/37, producido el 06/07/2009 en la planta de hormigón preparado de Holcim, en Geesthacht, Alemania

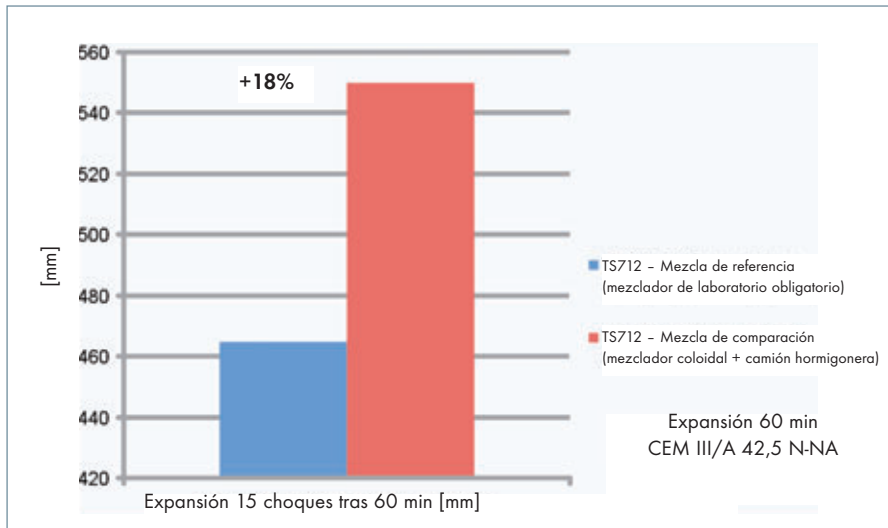
	Hormigón "0", producido de manera convencional en una planta de hormigón preparado	Hormigón FML, producido con el procedimiento de FML Concretec en la planta de hormigón preparado
Fórmula		
Agua [l/m ³]		159
Cemento [kg/m ³]		300
Ceniza volante [kg/m ³]		60
Superfluidificante PCE [l/m ³]		1,14
Arena 0/2 [kg/m ³] (húmedo/seco)		696
Grava 2/8 [kg/m ³]		296
Grava 8/16 [kg/m ³]		330
Grava 16/32 [kg/m ³]		513
agua/ligante [-] (suspensión/hormigón)	- / 0,50	0,42 / 0,50
Ensayo de hormigón fresco		
Densidad del hormigón fresco [kg/m ³] (suspensión / hormigón)	2,358	1,892 / 2,368
Contenido de poros de aire [%]	0,55	0,35
Temperatura [°C]	25,2	24,8
Medida de expansión justo después de la producción del hormigón [mm]	550	675
Medida de expansión después de 60 min [mm]	465	555
Ensayo del hormigón consistente		
Resistencia a la compresión después de 24h [N/mm ²]	14,4	18,0
Resistencia a la compresión después de 48h [N/mm ²]	21,2	27,0
Resistencia a la compresión después de 7d [N/mm ²]	32,0	37,7
Resistencia a la compresión después de 28d [N/mm ²]	46,7	52,0
Densidad después de 28d [kg/m ³]	2,359	2,374

se trató también en primer lugar. El segundo aspecto, la documentación del potencial individual de ahorro desde el punto de vista financiero mientras las cualidades del hormigón permanecen igual también en la producción a gran escala, seguirán en el próximo paso, después de que a escala de laboratorio ya hayan surgido numerosos ensayos de un elevado potencial de reducción de costes.

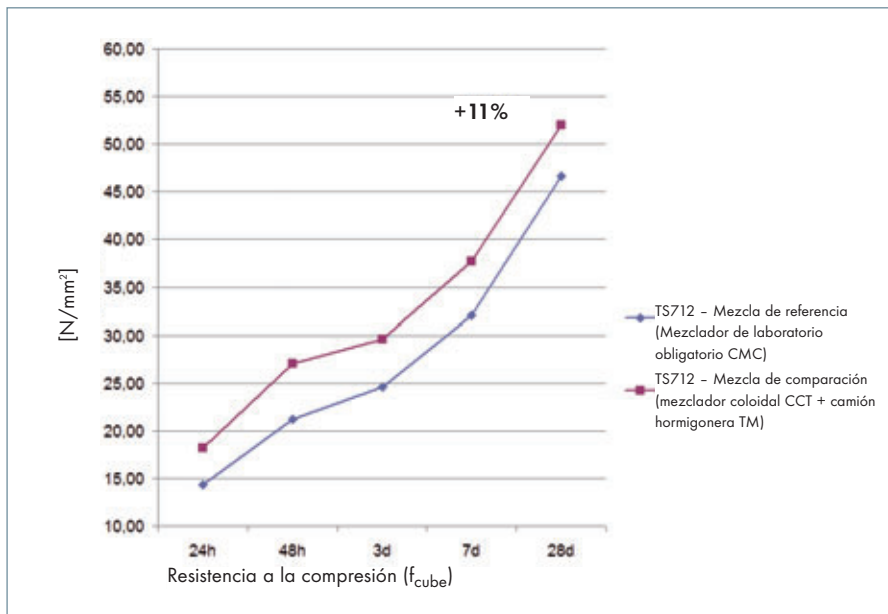
Fórmulas y evaluación de los resultados

Desde el principio de junio de 2009 se han realizado extensos ensayos con diferentes fórmulas. La tabla siguiente muestra resulta-

dos actuales de los ensayos del 06/07/2009 de la planta de hormigón preparado en Geesthacht, Alemania. Mediante los resultados de los ensayos según la Tabla 1 queda claro la influencia que tiene el procedimiento de FML Concretec tanto sobre la trabajabilidad como sobre la resistencia final del hormigón. Incluso una hora después de la producción, la medida de expansión de hormigón FML - utilizando materiales de partida absolutamente idénticos y la misma fórmula de hormigón - es significativamente más elevado que la medida de expansión del hormigón estándar justo después de su producción. A pesar de una consistencia más líquida (y con ella una



Influencia de las tecnologías FML sobre la consistencia del hormigón



Influencia de las tecnologías FML sobre la resistencia a la compresión del hormigón

mayor trabajabilidad), probada aquí mediante la mayor medida de expansión, se alcanzan sin embargo valores más altos para la resistencia a la compresión, y esto desde el principio. Después de un día (24h), la resistencia a la compresión es en torno a un 25% más alta que en la mezcla estándar. Esta tendencia continúa, pues después de 28 días aún se puede registrar una resistencia a la compresión incrementada en un 11%. También la densidad aparente del hormigón FML se ha elevado, lo cual puede deberse a un bajo contenido de poros de aire.

Resumen y perspectiva

Después de que los ensayos de laboratorio mostrasen resultados claramente positivos, ahora se puede probar, también a gran escala, la idoneidad y eficiencia del proce-

dimiento de FML Concretec. Depende de si el objetivo es hormigón de alta calidad, una mejora de las características del hormigón o una producción con un precio más asequible: lo deseado se puede llevar a cabo con el procedimiento de FML Concretec. Requisito para esto es que, además del know how operacional de FML, la tecnología especial de FML, a la que pertenecen, junto con el tratamiento físico del agua que se puede instalar según las condiciones ofrecidas por el cliente, también el mezclador en suspensión, incluido el controlador correspondiente. Para poder probar la eficacia y la idoneidad del procedimiento también en lo referente al hormigón más seco, así como los que se compactan a máquina, FML Concretec GmbH ha entablado contacto con IFF (Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau) en Weimar. Allí existe la posibilidad de utilizar los dispositi-

vos especiales de laboratorio del IFF, por ejemplo un pequeño aparato para fabricar tuberías, pero también moldes para elementos prefabricados, mesas vibratorias y una prensa para adoquines. Con estos dispositivos de ensayo se pueden simular un equipamiento de producción real, como ya lo ha probado varias veces el IFF. Con esto se demuestra entonces, que también tales mezclas de hormigón, que por lo común se usan en la producción de tuberías, marcos, pozos, placas alveolares y también de adoquines y bordillos se pueden optimizar de forma correspondiente. La tecnología de FML Concretec, con la combinación de tratamiento de agua ajustable, la técnica de mezclado coloidal, y la tecnología del procedimiento de mezcla se adecua no sólo a las grandes plantas de hormigón preparado y de elementos prefabricados, sino también, especialmente, para el uso en obras grandes.

Los productores de hormigón pueden instalar allí como complemento a las plantas de hormigón preparado una "estación de servicio de suspensión" que requiera solamente una pequeña superficie. Los áridos se pesan en la planta de hormigón preparado y, con una capacidad de transporte un 20-25% más alta, es suministrada a la obra por medio de camiones hormigonera. En el lugar se carga entonces la suspensión, y el hormigón está listo, siempre fresco, cuando se necesita. De este modo, se pueden evitar los problemas resultantes de las largas rutas de transporte y de los atascos, y pueden impedirse las mermas de la trabajabilidad y de la calidad. A la vez, pueden ahorrarse superfluidificantes y retardadores. Dado el caso, puede aumentarse también la capacidad de producción de la planta de hormigón preparado y, con eso, reducir la duración del hormigonado en la obra. La construcción modular de la instalación FML posibilita que las instalaciones para el tratamiento de agua también puedan instalarse de forma independiente. No obstante, los efectos de optimización en su grado máximo se pueden alcanzar sólo con la instalación combinada.

MÁS INFORMACIÓN

FML CONCRETEC
CONCRETE INNOVATIONS

FML Concretec GmbH
Walter-Rathenau-Straße 38
35745 Herborn, Alemania
T +49 2772 572333
F +49 2772 576658
info@fml-concretec.de
www.fml-concretec.de

