

## Hormigones autonivelantes H.A.N.

Antonio García Valcarce. Ingeniero de Montes

En la Revista Annales du Batiment et des Travaux Publics, nº1. Enero 1997, se publica un interesante estudio sobre Hormigones Autonivelantes (H.A.N.), realizado por "Unidad de investigación" del Instituto de Ciencias Aplicadas de Lyon, formada por Jean Ambroise, Director.- Jean Pera, Profesor de Universidad y Sebastián Rols, Ingeniero.

### ESTADO ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA DE LOS H.A.N

A nivel industrial, esta tecnología de los H.A.N, comienza a desarrollarse en el Japón el año 1992. Hasta el año 1997, la producción y puesta en obra, de estos hormigones en el Japón, ha sido del orden de 150.000 m<sup>3</sup> (tabla de la figura 1).

En el Japón este tipo de hormigón se ha utilizado en:

- Pilas de puentes colgantes.
- Macizos de anclaje de puentes colgantes.
- Edificios de gran altura - 296 metros.

La resistencia a compresión conseguida, ha variado de 36 a 45 MPa a los 28 días.

El costo de estos hormigones es aproximadamente el doble de un C-25 ó H250.

El sobrecosto se debe principalmente a la excesiva cantidad de aditivos que se necesitan: 8 a 13 kg/m<sup>3</sup>. Aproximadamente del 2,7 al 3,3% del peso del cemento.

En Europa se está en fase de investigación para aplicaciones concretas, a las que una producción industrial del H.A.N, pueda dar una respuesta técnica y económica óptima.

El objetivo de estas investigaciones, además del técnico, es conseguir:

- Precio de venta del H.A.N. competitivo. No superior a un 20% de los hormigones normales.
- Para el caso de capas autonivelantes un precio inferior a un 30% al de las capas de anhidrita.

En las experiencias llevadas a cabo por el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon, I.N.S.A. han utilizado las siguientes cantidades de materiales (tabla de la figura 2):

- Cemento: CEM 1-52,5 y en algunos casos CEM II/A 42,5R ó BL 11/42,5 R.
- Cenizas volantes: Cenizas silico-aluminosas con un índice de reactividad de 0,85 a 28 días y superior a 1 a 90 días.
- Filler calizo: Diámetro medio, aproximadamente 10 µm con un 90% de partículas inferiores a 40 µm.

- Arena: Silico-calcárea, derio; granulometría variable: 0 a 2,5 mm ó 0 a 4mm.

- Grava: En general silico-calcárea 5-15 mm en algunos hormigones de 5/25mm.

- Superplastificante: Tipo melanina, bajo forma líquida con un 30% de extracto seco.

- Agente de viscosidad: Variable según tipo de hormigones:

- 5 tipos - Polisacáridos.
- 1 tipo - Producto Rhone-Ponlenc R.P.960 S.L.
- 1 tipo - Goma Welan.

Se construyeron soleras trapezoidales de 12,6 m<sup>2</sup> de superficie y 12 cm de espesor: 1,512 m<sup>3</sup> de hormigón.

La puesta en obra se hizo por bombeo a distancias que llegan a 50 m. La duración del vertido era de 5 minutos, a los que se añadían 5 minutos más para el extendido con regleta.

### Planeidad

Se consigue una desviación de 1 mm con regla de 4 metros.

Necesario realizar el curado después del hormigonado.

Otras conclusiones:

- Para relaciones agua-cemento que varían de 0,39 a 1,22 para relaciones agua: finos comprendidas entre 0,39 y 0,66, los hormigones autonivelantes no presentan segregación ni exudación: esta es inferior al 1% al cabo de una hora.

- Si no se emplea agente de viscosidad, se precisan aproximadamente 600 kg/m<sup>3</sup> de finos (cemento-cenizas o filler calizo).

- Cuando se introduce un agente de viscosidad puede reducirse la dosificación de finos a 400 kg/m<sup>3</sup> ó 350 kg/m<sup>3</sup>, si se utiliza el producto RP 960 SL.

- La presencia de fibras metálicas no perjudica la autonivelación.

- La resistencia media a compresión, a los 28 días varía, en los ensayos realizados, de 27,3 MPa a 47,6 MPa.

- La resistencia característica variaba de 23,5 MPa a 43,8 MPa.

- La retracción plástica varía de  $0,195 \times 10^{-3}$  a  $0,23 \times 10^{-3}$

- La retracción hidráulica a 28 días varía de  $0,725 \times 10^{-3}$  a  $0,875 \times 10^{-3}$ .

**DOSIFICACIONES DE HORMIGONES AUTONIVELANTES JAPONESES**

Materiales kg/m <sup>3</sup>								
Cemento	Escoria triturada	Cenizas volantes	Filler calizo	Arena	Grava	Agua	Super plastificante	Agente viscoso
200	200	100	–	704	898	165	6,0	–
180	220	100	–	753	926	170	7,7	1,5
300	–	–	200	700	910	170	8,0	0,2

1. Dosificación utilizada en Japón

**DOSIFICACIÓN DE HORMIGONES AUTONIVELANTES DE I.N.S.A.**

Materiales en kg/m <sup>3</sup>									
Cemento	Cenizas volantes	Filler caliza	Arena	Grava	Agua	Super plastificante	Agente viscoso	Fibras	
								Sintéticas	Metálicas
320	–	230	920	550	240	5,80	–		–
320	–	230	740	740	230	5,80	–		–
240	160	–	935	765	210	4,50	5,5	–	–
250	100	–	945	775	220	4,50	11,0	–	–
350	–	200	1100	400	280	6,00	3,5		–
300	300	–	1400	–	265	4,50	–		–
300	300	–	1000	400	230	4,25	–		–
300	–	250	1500	–	270	5,25	–		–
300	300	–	1400	–	270	5,25	–	–	40
250	350	–	1400	–	300	6,00	0,2		–
300	200	–	1100	300	260	6,00	3,5	–	40
300	10	–	1100	500	240	6,00	3,5	–	40
260	–	110	1055	705	190	4,50	3,5	–	–

2. Dosificación utilizada por el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS HORMIGONES AUTONIVELANTES**

Se trata de un hormigón ultrafluidado, que se autonivela, con tolerancias, en planeidad, del orden de un milímetro, medido con regla de 4 metros.

- Puesta en obra y compactación exclusivamente por la acción de la gravedad, previo extendido basto con regla.
- No es necesario vibrarlo.
- Gran fluidez, lo que permite un desplazamiento fácil, incluso en piezas fuertemente armadas.
- Muy resistente a la segregación.
- La fluidez y no segregación son función de la dosificación y de los materiales empleados.
- Objetivo: Conseguir una suspensión fluida suficientemente densa para evitar el asiento de los áridos en general y evidentemente de los más gruesos; reducir, eliminar casi totalmente la exudación y obtener un hormigón homogéneo.
- La fluidez, se consigue con una fuerte dosificación de superplastificante.
- Un exceso de superplastificante origina segregación.
- El control de esta segregación, se realiza mediante la adición de un agente viscoso, o con una fuerte dosificación

de finos. También mediante la acción simultánea del agente viscoso y de la adición de finos.

- La disminución de la segregación puede generar una pérdida de fluidez.

**Objetivo**

Lograr una dosificación que optimice la eficacia del par fluidez-segregación.

La dosificación de los H.A.N., tiene las siguientes particularidades:

- Volumen de finos mayor que los hormigones ordinarios.
- Casi siempre, un agente de viscosidad.
- Los japoneses utilizan dosificaciones muy fuertes de superplastificante.

Finos utilizados:

- Cenizas volantes de central térmica.
- Escoria de alto-horno finamente triturada.
- Filler calizo.

Función de los finos:

- Disminuir la segregación. Aumentar la resistencia a la segregación.
- Disminuir el costo total del conglomerante.
- Reducir el calor de hidratación.

Agentes viscosos:

- Derivados celulósicos.
- Polisacáridos.

#### VENTAJAS TECNOLÓGICAS Y APLICACIONES POSIBLES

- Obtención de una planeidad suficiente para ejecutar directamente el revestimiento de suelos, sin ninguna preparación.

- Mejora de la calidad y homogeneidad del hormigón puesto en obra. Mejora de la calidad del hormigón utilizado en pilotes debido a su compactación por gravedad. Posibilidad de hormigonar elementos estructurales fuertemente formados, aumentando, además el rendimiento. En el caso de hormigones fibrosos autonivelantes, se eliminan los problemas de puesta en obra y aquellos que son consecuencia de la vibración.

- Obtención de mejores acabados en revestimientos.

- Ejecución de soleras industriales, pistas de aeropuertos, utilizando hormigón fibroso autonivelante, mejorando la homogeneidad y planeidad.

- Ejecución de capas con hormigón de arena o micro hormigón, tamaño máximo de árido, 4 mm ó 7 mm para nivelación de forjados, losas y soleras, como acabado definitivo o para revestimiento posterior con pavimentos flexibles

y delgados. Las tolerancias de planeidad pueden llegar a ser de 1 mm, medidas con regla de 4 metros de longitud.

#### RETRACCIÓN

Los hormigones autonivelantes tienen una retracción hidráulica media de  $0,8 \times 10^{-3}$ , que es aproximadamente el doble que la de un hormigón ordinario de análoga resistencia característica. En estos hormigones  $\sum_s = 0,435 \times 10^{-3}$  (valor medio). Esta retracción fuerte podría ser un obstáculo para la aplicación de estos hormigones, especialmente en la construcción de soleras industriales o capas sin juntas, o en su caso juntas de dilatación solamente en superficies superiores a  $45 \times 45 \text{ m}^2$ .

En la sección Courier des lecteurs de A.B.T.P. de Septiembre de 1997, es este un tema de discusión entre M.F. Larrard (L.C.P.C.: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées París) y J. Ambroise; J. Pera y S. Rols (INSA de Lyon).

J. Ambroise, J. Pera y S. Rols de INSA-Lyon, reconocen que efectivamente los valores de retracción de los H.A.N. son dos veces mayores que los de los hormigones ordinarios, pero comentan, que no se ha observado ninguna fisuración en los más de  $10.000 \text{ m}^3$  de hormigón puesto en obra desde 1992, siguiendo las formulaciones sugeridas por los autores.