

DURABILIDAD DE LOS MICROHORMIGONES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DRAGADOS-PLASTBAU

César del Olmo Rodríguez, IETcc/CSIC
Enrique Márquez, Dragados y Construcciones, S. A.

193-15

1. INTRODUCCION

La durabilidad de los morteros y hormigones, en general, es un tema complejo en el que tienen implicación los propios componentes del material, el proceso de construcción, las propiedades físicas del mismo, las sollicitaciones mecánicas y condiciones ambientales a que va a estar sometido, así como el efecto de las armaduras embebidas en el material, caso de verse afectadas por una corrosión importante.

En particular, las propiedades físicas del microhormigón que mejor definen su durabilidad pueden ser resumidas en términos de resistencia, estabilidad y solidez, que cabe valorar a través de una serie de parámetros.

2. CARACTERISTICAS DETERMINADAS

En el estudio del microhormigón llevado a cabo en el IET para la concesión del D.I.T. al Sistema Constructivo D.P.B., las características globales del material antes mencionadas se han valorado de la siguiente forma.

La resistencia del microhormigón, en su aspecto más amplio, se ha valorado, en primer lugar, a través de la medida de las resistencias mecánicas a flexotracción y compresión; asimismo, teniendo en cuenta la importancia que en este caso tienen las características superficiales,

porque el microhormigón conforma los paramentos del referido Sistema Constructivo, se ha valorado también la cohesión del material, la resistencia al impacto de cuerpos duros y la resistencia al hielo.

La estabilidad dimensional, se ha evaluado a través de la medida de la retracción o contracción lineal de secado y del módulo de elasticidad. El primero de estos parámetros tiene, no obstante, en este caso un valor relativo porque las variaciones dimensionales del material, por esta causa, se ven restringidas por efecto de las armaduras embebidas en él.

Se ha prescindido de considerar en este apartado la estabilidad del cemento empleado para la fabricación del microhormigón, por tratarse de una característica ya valorada en los ensayos de recepción del conglomerante.

En tercer lugar, la solidez o compacidad, se ha valorado a través de la curva granulométrica de sus áridos, de la densidad y de su permeabilidad al agua, que indirectamente nos proporciona una medida práctica de la porosidad del material.

Por último, se ha tratado de conocer también el comportamiento futuro del material, para lo que se ha realizado un ensayo de envejecimiento acelerado por medio de ciclos de agua/hielo y de agua/calor.

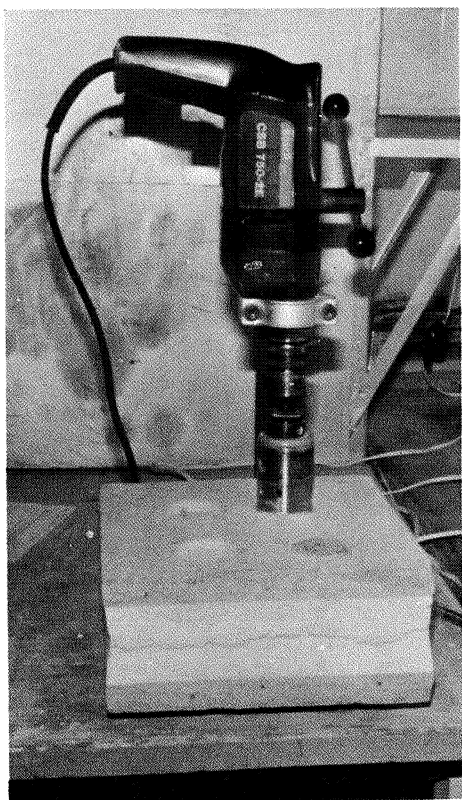
3. TECNICA EXPERIMENTAL

La técnica experimental aplicada para la determinación de los parámetros mencionados ha sido la siguiente.

Las resistencias mecánicas a flexotracción y compresión, se han determinado según el método definido en el vigente Pliego de recepción de cementos RC 75; la cohesión se ha medido a tra-

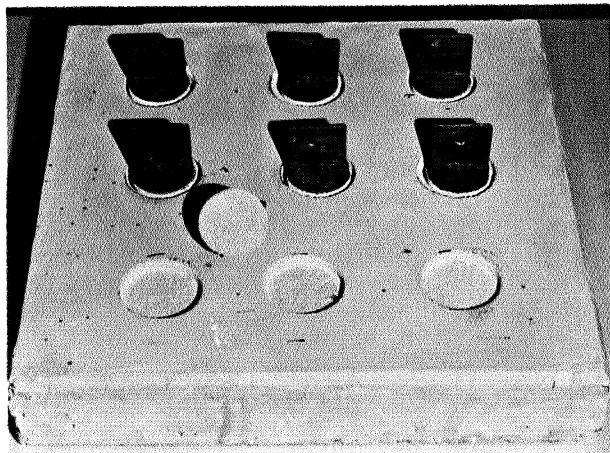
vés de un ensayo de adherencia superficial por tracción perpendicular; la resistencia al impacto de cuerpos duros, por el método de la bola de acero y la resistencia al hielo, sometiendo una muestra de panel de 40 x 40 centímetros a 25 ciclos de agua/hielo.

La retracción se ha medido por la variación dimensional de probetas prismáticas en unas condiciones de 20° C y 50% de H.R. y el módulo de elasticidad dinámico por la técnica electrodinámica utilizando un analizador de espectros para la medida de la frecuencia de resonancia.



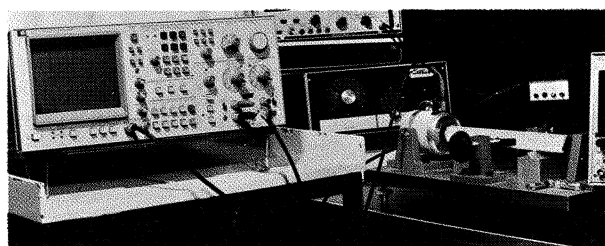
ENSAYO DE ADHERENCIA por tracción perpendicular.

Operación de corte en una placa de P.B. de las probetas para efectuar el ensayo de arrancamiento.



ENSAYO DE ADHERENCIA por tracción perpendicular.

Placa con una parte de las probetas ensayadas.

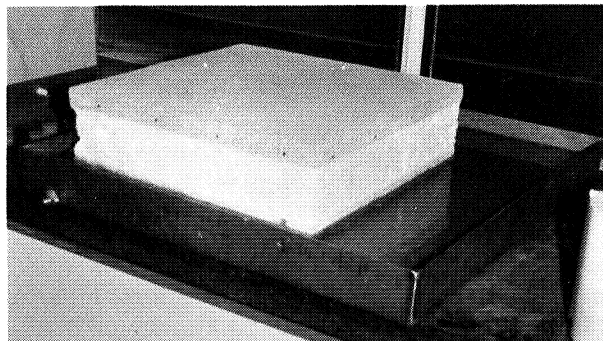


Medida del MODULO DE ELASTICIDAD dinámico.

La granulometría de los áridos se ha obtenido por pesada de los residuos sobre una serie de tamices de luz de malla decreciente; la densidad aparente por pesada de probetas de volumen conocido y la permeabilidad al agua por la medida del volumen de agua que pasa o es absorbida por una probeta de mortero sobre la que se aplica una columna de agua a distintas presiones.

Por último, el ensayo de envejecimiento acelerado se ha realizado según la pauta general establecida para los revestimientos; en particular, los ciclos a que se han sometido los paneles del Sistema Constructivo D.P.B., han sido:

- a) ciclos agua/hielo: 25 ciclos que han comprendido la exposición diaria en las siguientes condiciones, 8 h en cámara frigorífica a $-15 \pm 2^\circ \text{C}$ y 16 h en agua a $20 \pm 2^\circ \text{C}$, y



ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO. Ciclos de agua/hielo.

Placa de P.B. sumergida en agua.

- b) ciclos de agua/calor (choque térmico) que han consistido en 140 ciclos que comprenden la proyección superficial de 1 litro de agua/m²/min. durante 3 h y el calentamiento superficial posterior del revestimiento de microhormigón a una temperatura de 70° C durante 3 horas.

4. RESULTADOS

A continuación se reflejan los valores de las características más significativas determinadas en el microhormigón.

1. Resistencia

– Resistencias mecánicas (*)

- Flexotracción, a 28 días
kp/cm² 58 ± 5
- Compresión a 28 días,
kp/cm² 275 ± 15

– Cohesión

- Adherencia (por tracción perpendicular), kp/cm² 9,9 ± 3
- Resistencia al impacto de cuerpos duros 9,8 J la huella dejada por el impacto de 1 bola de acero sobre la superficie del microhormigón es apenas perceptible.

– Resistencia al hielo (**)

2. Estabilidad

- Retracción o contracción lineal de secado a 28 días, mm/m ... – 1,0
- Módulo de elasticidad dinámico, kp/cm² 242.500

3. Solidez o Compacidad

- Densidad aparente del material endurecido, kg/dm³ 2,11 ± 0,05
- Permeabilidad del agua:

Tipo de mortero	PERMEABILIDAD AL AGUA DE MORTEROS ml · m ⁻² · s ⁻¹				
	Probetas	Presión aplicada en kp/cm ²			
		0,05	0,50	1,00	1,50
PLAST-BAU	1	0,53	0,73	0,84	0,98
	2	0,56	0,70	0,84	1,05
	3	1,11	1,33	1,60	2,02
PATRON	1	0,21	0,42	0,52	0,73
	2	0,10	0,31	0,47	0,73
	3	0,10	0,21	0,31	0,52
	Valor medio de las 3 probetas	0,14	0,31	0,44	0,66

Nota: Las muestras de P.B. ensayadas corresponden a 3 conjuntos clasificados por el grado aparente de coqueas en el material, y el «mortero patrón», al ISO-RILEM con 2 cm de espesor.

4. Ensayo de envejecimiento acelerado

– Ciclos de agua/hielo

- Resistencia al impacto de cuerpos duros, 9,8 J la huella dejada por el impacto de 1 bola de acero sobre la superficie del microhormigón es apenas perceptible.

– Ciclos de calor/hielo

- Resistencia al impacto de cuerpos duros, 9,8 J la huella dejada por el impacto de 1 bola de acero sobre la superficie del microhormigón es apenas perceptible.

5. EVALUACION TECNICA DE LA DURABILIDAD DEL MICROHORMIGON

Teniendo en cuenta que el microhormigón del Sistema Constructivo D.P.B. desempeña un doble papel, como elemento resistente (en conjunción con las armaduras de refuerzo) y como revestimiento exterior de los paneles, para juzgar la calidad del material es necesario considerar los dos aspectos mencionados, que exigen características que, hasta cierto punto, pueden resultar contradictorias.

Del estudio realizado, se deduce que la resistencia global del microhormigón, tanto por lo que respecta a las resistencias mecánicas, cohesión, resistencia al impacto de cuerpos duros y resistencia al hielo, es satisfactoria para desempeñar ambas funciones.

(*) Probetas conservadas en condiciones normales de laboratorio (20 ± 2° C y 60 ± 5% de H.R.).

(**) Véase los resultados en el apartado 4. Ciclos agua/hielo.

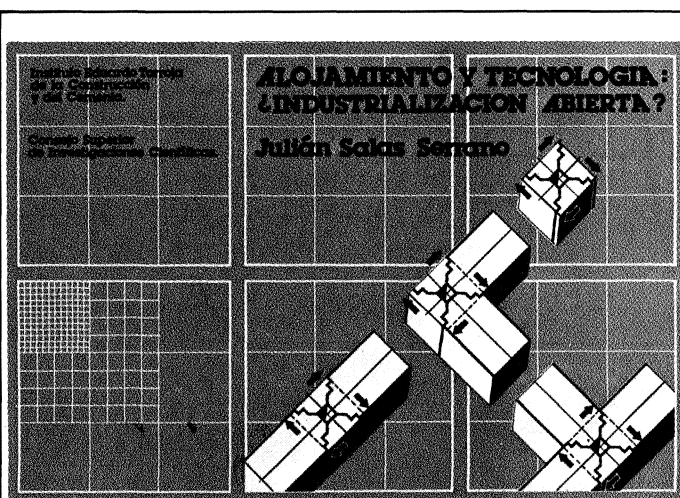
La retracción lineal de secado cabe ser calificada de media. Por su parte, las características elásticas del material, que corresponden a un mortero convencional, muestran las limitaciones del mismo para asimilar pequeños movimientos superficiales del paramento derivados de los cambios de temperatura a que normalmente se va a ver expuesto, lo que representa una cierta sensibilidad a la fisuración. Esta circunstancia se ha puesto de manifiesto experimentalmente en los ensayos de choque térmico; por cuya razón, es necesario adoptar precauciones cuando el Sistema Constructivo vaya a ser realizado en zonas de climatología extrema.

Respecto a la solidez, el material contiene una curva granulométrica de sus áridos idónea para conseguir una compacidad óptima; sin embargo,

las condiciones de puesta en obra del microhormigón (por proyección) proporcionan un contenido de agua algo alto, lo que origina una cierta porosidad en el material endurecido, característica que se ha puesto también de manifiesto en el ensayo de permeabilidad.

Los aspectos mencionados de sensibilidad a la fisuración y de porosidad algo alta, limitan la capacidad del microhormigón como barrera física de protección de las armaduras embebidas en el material; por esta razón, en climas húmedos, se hace necesario aplicar sobre el paramento un recubrimiento complementario de protección (pinturas, etc.), pudiéndose recurrir también para mejorar la compacidad al empleo de impermeabilizantes de masa, extremo que es necesario perfilar por medio de la correspondiente investigación.

* * *



ALOJAMIENTO Y TECNOLOGIA: ¿INDUSTRIALIZACION ABIERTA?

JULIAN SALAS, ING. IND. (I.E.T.c.c.)

Un volumen de 160 páginas, 109 figuras y 16 tablas. Tamaño 240 x 168 mm. Encuadernado en rústica. Precios: España, 1.200 ptas; extranjero, 17 \$ USA.

SUMARIO:

Prólogo Prof. G. Ciribini.

Introducción

Capítulo 1.—La industrialización en las proclamas y manifiestos de arquitectura.

Capítulo 2.—¿Réquiem por la construcción industrializada?

Capítulo 3.—Algunos conceptos básicos.

Capítulo 4.—¿Proyecto tradicional, construcción industrializada?

Capítulo 5.—Componentes.

Capítulo 6.—La coordinación dimensional hoy.

Capítulo 7.—Flexibilidad, intercambiabilidad y catálogos.

Capítulo 8.—Industrialización, normativa y calidad.

Capítulo 9.—Reflexiones finales.

publicación del

INSTITUTO EDUARDO TORROJA