



# ALCONPAT/08

III Congreso Uruguayo y II Congreso Regional de  
GESTIÓN DE LA CALIDAD, PATOLOGÍA y RECUPERACIÓN de la CONSTRUCCIÓN  
3 al 5 de diciembre de 2008 / LATU / Auditorio y Hall / Montevideo - Uruguay

## **EFFECTO DEL AGUA EN EL CURADO DE UN MORTERO DE POLÍMERO A BASE DE RESINA POLIÉSTER**

*C. MANTERO<sup>1</sup>; D. MOSCA<sup>1</sup>; P. RAIMONDA<sup>1</sup>*

### **RESUMEN**

Los morteros a base de polímeros termo rígidos, con su composición totalmente homogénea gracias a su estudiada y selecta combinación de áridos y resinas, logran mantener unas características físicas y mecánicas excelentes a lo largo del tiempo (1).

Este material, también llamado hormigón o concreto de polímero, ofrece cualidades muy superiores frente a los materiales tradicionales y ha supuesto un avance decisivo dentro del sector (2).

La más grande desventaja que presenta para su utilización es que cuando los áridos empleados contienen humedad, ésta interfiere actuando como un agente disociante que impide la cohesión entre la matriz de resina y el agregado, resultando un material de menor resistencia.

En este trabajo se estudia la forma de eliminar este problema mediante el uso de agentes desecantes. Para ello se estudian las propiedades mecánicas de los morteros obtenidos en los cuales se corrige el problema de la humedad y se comparan frente a un mortero obtenido con arena seca.

Los resultados obtenidos muestran que el agregado de dichos agentes mejoran las propiedades mecánicas del mortero frente a morteros hechos con arena húmeda pero están por debajo de los valores obtenidos utilizando la arena seca. También se observa una acción bastante diferente entre los distintos agentes desecantes y una limitación en la cantidad de humedad que puede contener la arena para ser tratada con los mismos.

*Palabras Clave:* Mortero de polímero, humedad, polímero, agente desecante,

# EFECTO DEL AGUA EN EL CURADO DE UN MORTERO DE POLÍMERO A BASE DE RESINA POLIÉSTER

## INTRODUCCION

Los polímeros de concreto constituyen un material relativamente nuevo, compuesto por un sistema en el cual una resina orgánica actúa como aglomerante de un sistema inorgánico compuesto por grava o arena. Esto se produce mediante la mezcla de una resina termo rígida en estado líquido y el agregado inorgánico. Para lograr el posterior curado se agregan al sistema los iniciadores y/o aceleradores como agentes promotores de la reticulación. Por lo tanto, los polímeros de concreto consisten en una mezcla de agregados inorgánicos de granulometría predefinida, para lograr mejores propiedades, unidos por una resina en lugar de cemento y agua como se usa en un concreto normal.

El mortero a base de polímero es un material compuesto en que los distintos tipos de áridos son ligados mediante resinas dentro de las cuales las más usadas son las de poliéster, epoxi y metilmetacrilato (3). Entre sus características más destacadas que hacen de este mortero de polímero un material de alta calidad frente a uno tradicional tenemos, (4), (5), (6), (7), (8):

- Un reducido porcentaje de absorción de agua y por lo tanto una muy baja permeabilidad.
- Una muy buena durabilidad e inalterabilidad a las distintas condiciones climáticas.
- Una alta resistencia química.
- Una muy buena resistencia al choque y muy buena resistencia a la flexión.
- Un muy rápido tiempo de curado, pudiendo desmoldarse en algunos casos en menos de 1 hora y ser habilitado al tránsito antes de 24 horas, mientras que para el hormigón tradicional ese tiempo va de días o semanas.
- Un mínimo desgaste por abrasión.

La más grande desventaja que presenta para su utilización es cuando los áridos empleados contienen humedad, ya que ésta interfiere actuando como un agente disociante que impide la cohesión entre la matriz de resina y el árido. El resultado es que al no poder mojar la resina la superficie del árido no permite que se produzca la correcta adhesión entre la matriz y el refuerzo. Esto es debido a que las moléculas de agua forman una película envolvente sobre la partícula del árido impidiendo que se forme una unión directa con la matriz polimérica, evitando de esta forma la interacción de la resina con el árido a través de enlaces químicos secundarios durante la reticulación y por lo tanto las propiedades mecánicas que se obtienen son mucho menores.

El objetivo de este trabajo es estudiar la acción que tiene la incorporación, durante el mezclado con el agregado, de distintos tipos de agente desecantes para controlar el problema de la humedad. Para verificar el efecto de control de la humedad por el desecante se comparan como se ven afectadas las propiedades mecánicas a la compresión y la flexión del mortero obtenido. Como valores de las propiedades mecánicas de referencia se utiliza la misma composición de mezcla pero utilizando una arena previamente secada para eliminar la humedad en estufa de circulación forzada de aire.

Para la selección de tipo de resina a utilizar en nuestro caso se empleó una resina poliéster. La elección de este tipo de polímero se basó en las siguientes características que presenta el material:

- Buenas propiedades físicas
- Fácil manejo
- Solidificación sin desprendimiento de gases o subproductos líquidos
- Buena estabilidad dimensional
- Adicionando pequeñas cantidades de otros productos se pueden hacer muy resistentes a la llama, al calor, a la corrosión y estables frente a los agentes atmosféricos.
- Costo bajo comparado con otras resinas

La resina poliéster empleada para la realización del mortero de polímero bajo estudio fue del tipo 10203 preacelerada, diluida en estireno para su mejor manipulación. Como agente de curado se empleó peróxido de metil etil cetona.

Para lograr tiempos de reticulación relativamente cortos se utilizó como agente acelerante de la reacción de descomposición del peróxido de metil etil cetona una solución de octoato de cobalto diluido al 20 % en aguarrás.

El tipo de árido utilizado es una arena extraída del río Santa Lucía, Uruguay.

Para su utilización en la formulación del mortero, la arena fue tamizada y se desechó la parte que fue retenida por un tamiz de malla 355 milímetros.

## PARTE EXPERIMENTAL

Para la reticulación de la resina se usó una relación en peso del acelerante del 3.0 % y de catalizador del 0.3 % con respecto a la cantidad de resina utilizada.

La composición del mortero utilizada para la realización del estudio del comportamiento de los agentes desecantes fue una relación del 15 % de resina y un 85 % de árido (9).

La arena a ser utilizadas para la confección de las probetas de mortero fue acondicionada para eliminar la humedad mediante el secado de la misma durante 24 horas a 110 ° C en estufa de circulación forzada de aire.

La mezcla de áridos con las distintas proporciones de humedad a ensayar fue preparada a partir de la arena que había sido previamente secada, mediante el agregado de agua destilada. Seguidamente esta arena con el agua era mezclada en una batidora hasta lograr una completa homogenización (10), (11).

Para la eliminación del problema de la humedad de los áridos fueron escogidos como agentes desecantes para este trabajo el óxido de calcio (CaO), el sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>) y el cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>).

Previamente a su utilización estos agentes absorbentes de agua fueron puestos en estufa y desecados durante 24 horas a las temperaturas indicadas en la bibliografía (12) a los efectos de aprovechar su máxima capacidad de absorción.

Las primeras pruebas fueron realizadas sobre morteros de resina con arena seca, a los efectos de tener los valores de referencia de las propiedades mecánicas a ensayar.

Luego se procedió a ensayar formulaciones para observar el efecto del agua en las propiedades del mortero. Para ello se varió el contenido de humedad en las proporciones siguientes de 1%, 3 %, 5 % y 10%, sin el agregado en este caso de los agentes desecantes.

La siguiente etapa fue repetir la misma operativa de trabajo descrita en el párrafo anterior en el cual se corregía el problema del agua con el agregado del agente desecante en la arena húmeda.

La proporción agregada de desecante es función de la capacidad de absorción de cada uno (12) como es indicada en la tabla I.

Tabla I Poder de adsorción de los agentes desecantes

Desecante	Gramos de agua Adsorbidos por gramo de desecante
CaO	0.28
CuSO <sub>4</sub>	0.56
CaCl <sub>2</sub>	0.97

El procedimiento para la obtención del mortero en todos los casos, con y sin humedad así como con el agente desecante, consistió en mezclar la arena seca con la cantidad suficiente de agua para obtener la humedad deseada en una batidora eléctrica durante 10 minutos. Una vez obtenida la arena con la humedad respectiva se le agregó el agente desecante en la cantidad teórica necesaria para extraer toda la humedad existente en la arena, según se indica en la tabla II.

Tabla II Cantidad de agente desecante agregado por cada 100 gr. de arena húmeda.

Desecante	1%	3%	5%	10%
CaO	3.6	10.8	18.0	36.0
CuSO <sub>4</sub>	1.8	5.4	9.0	18.0
CaCl <sub>2</sub>	1.0	3.0	5.0	10.0

Se continuó con el mezclado eléctrico durante unos 5 minutos más aproximadamente hasta lograr una dispersión adecuada del desecante. El resultado de esto era almacenado en bolsas de polietileno herméticamente cerradas durante 24 horas para permitirle al agente desecante extraer toda la humedad posible del producto. Pasado este tiempo se procedía a la confección de las probetas de ensayo

Para la confección de las mismas se procedió de la siguiente manera en todos los casos indicados anteriormente: primero se realizaba la mezcla de la resina con el catalizador. Una vez finalizada la misma se procedía al agregado del árido, en cualquiera de las condiciones de ensayo descritas, hasta que se lograba una mezcla homogénea, aproximadamente unos 10 minutos. Luego se agregaba el agente de curado, se mezclaba durante 5 minutos para proceder luego a colocar el producto así elaborado en los respectivos moldes.

El mortero así obtenido en dos horas ya estaba endurecido pero se dejaba "curar" durante 24 horas para ser desmoldados y luego de transcurridos tres días se realizaban los ensayos. Los resultados obtenidos se resumen en las tablas III y IV.

Tabla III Resultados experimentales obtenidos en morteros con 1 % de humedad

Desecante	Compresión Kg/cm <sup>2</sup>	Flexión Kg/cm <sup>2</sup>
Sin	445	91
CaO		
CuSO <sub>4</sub>	618	142
CaCl <sub>2</sub>	30	0

Tabla IV Resultados experimentales obtenidos en morteros con 3 % de humedad

Desecante	Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Sin	-	-
CaO	381	103
CuSO <sub>4</sub>	455	99
CaCl <sub>2</sub>	42	10

Para la realización de los ensayos se empleo la norma UNIT 525:2001 que se corresponde a la EN 196-01:1994 en lo que hace a ensayos de cementos, Parte 1 determinación de resistencias mecánicas.

Los ensayos fueron realizados en una prensa marca Schaffhausen N° de serie 1040 existente en el Instituto.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De la parte experimental se observó que:

- Las probetas de referencia obtenidas con la arena seca eran posibles de ser desmoldadas a los 30 minutos de elaboradas.
- Para las probetas con arena seca el tiempo disponible de manipulación disponible era de unos 15 minutos aproximadamente, después del cual el material se hacía muy difícil de procesar. Para el caso de las probetas con humedad este tiempo podía llegar hasta los 45 minutos para poder ser trabajados.
- Las probetas con una humedad del 1% y sin agente desecante, endurecieron al cabo de 2 horas y eran posibles de desmoldar.
- Las probetas con una humedad del 3% y sin agente desecante, no endurecieron al cabo de las 2 horas pero si estaban endurecidas y prontas para desmoldar al cabo de 24 horas.
- Las probetas con una humedad del 5%, sin agregado de agentes desecantes, si bien fue posible desmoldarlas no tenían la consistencia adecuada, que si la lograban después de 72 horas, por lo cual fueron descartadas.
- Las probetas con una humedad del 10% y sin agregado de desecante no curaron produciéndose una decantación en el fondo del molde de parte del agua contenida.
- Las probetas con una humedad del 1% y con cualquiera de los agentes desecantes, endurecieron al cabo de 2 horas y eran posibles de desmoldar.
- De las probetas con una humedad del 3% y con el agregado del agente desecante, solo endureció al cabo de 2 horas la que contenía sulfato de cobre y era posible de desmoldar, las otras estuvieron prontas para desmoldar al cabo de 24 horas
- Como no se tenía valor de referencia con humedad del 5% no se realizaron pruebas de comparación con el uso de agentes desecantes en esa proporción.
- Las probetas con el desecante agregado de sulfato de cobre una vez que actuaba el agente desecante adquirían una coloración verdosa a causa de la presencia de la sal hidratada de cobre.

De los resultados se observa que:

- Solo en el caso de la utilización del sulfato de cobre como agente desecante se obtuvieron prácticamente los mismos valores de resistencia a la compresión que con la arena seca.
- Los valores de resistencia a la flexión en todos los casos dieron por debajo del valor de referencia, el que menos se apartó de este fue el material que utilizó sulfato de cobre.
- Con la utilización del óxido de calcio se logran mejorar los valores con respecto al material húmedo pero no se alcanza a corregir completamente el problema de la humedad.
- Las probetas que utilizaron cloruro de calcio como agente desecante no reflejaron en sus valores la mayor capacidad de secado de este agente debido a que reaccionaba mucho más rápido con la humedad ambiente que con el agua contenida en la arena a pesar de las precauciones tenidas.

## CONCLUSIÓN

Si bien esta formulación utilizada para este mortero de polímero no fue optimizada para obtener los mejores valores de las propiedades evaluadas, sí sirve para estudiar el efecto que tiene la humedad en el valor de las mismas y como se puede solucionar el problema mediante el agregado de agentes desecantes.

Solo con un tipo de agente desecante, el sulfato de cobre, se logra corregir el problema de la humedad y se obtienen valores similares a los obtenidos con arena seca.

Con los otros agentes se observan que mejoran en los valores de las propiedades mecánicas con respecto a los obtenidos con arena húmeda pero que no llegan a los valores que se obtienen de las muestras de referencia.

También se observa que con contenidos de humedad en el árido superiores al 5 % el efecto del agente desecante no es adecuado ya que empieza a tener incidencia en las propiedades la cantidad del mismo utilizado ya que la relación arena resina empleada en el mortero cambia.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Kreis, Reiner, Posibilidades de aplicación del hormigón de resina sintética, Revista de plásticos modernos, XXVIII, N249, p.379-382, 1977
- (2) Seymour, Raymond B. Avances en hormigón plástico, Revista de plásticos modernos, XXXIV, N327, p. 309-310, 1983.
- (3) Marohn, Klaus. Elementos de hormigón a base de resinas sintéticas para construcciones subterráneas, Revista de plásticos modernos, v XXVIII, N251, p. 691-695, 1977.
- (4) Mebarkia S., Vipulanandan C., Mechanical properties and water diffusion in polyester polymer concrete, Journal of Engineering Mechanics, v121, N 12, p. 1359-1365, 1995
- (5) Krauss, Paul D. El hormigón de polímero ayuda a mantener el movimiento del tráfico con mantenimiento mínimo. Revista de plásticos modernos, v40, N 396 p. 909-910, 1989.
- (6) Vipulanandan C. Paul Eliza, Performance of Epoxy and polyester concrete, ACI Material Journal, v 87, N 3, p. 241-251, 1990.
- (7) Ohama, Y., Demura, K., Komiyama M., Length Change of Polyester Resin Concrete, Plastic Mortars, Sealants and Caulking Compounds, v79, N 47 p. 67-78, 1979.
- (8) Feldman D. Polymeric Building Materials, USA, Elsevier Applied Science, 1989.
- (9) Proszek, J., Dal Molin, D.C., De Souza, C., Pauletti, C., Concreto polímero, In. XXIX Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, -Jubileo Prof. Ricaldoni, 2000, Punta del Este, Uruguay.
- (10) Kreis, Reiner. Máquinas y equipos para fabricar, transformar y trabajar hormigón a

base de resinas sintéticas, Revista de plásticos modernos, XXVIII, N252, p. 843-846, 1977.

- (11) Toensmeier, Patrick A., ¿Cuál es el futuro del moldeo de hormigón de polímero?, Revista de plásticos modernos, v40, N395, p. 750-752, 1989.
- (12) Hodgman, C., Weast, R., Selby, S. Handbook of Chemistry and Physics, USA, Chemical Rubber Publishing Co., 1957.