EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE DURABILIDAD EN MEZCLAS DE MORTERO CON MUCILAGO DE MARALFALFA

L.GONZÁLEZ, H. CHÁVEZ, F. CRUZ, J. CHÁVEZ, D. GARCÍA

Laboratorio de Materiales ing. Luis Silva Ruelas, Facultad de Ingeniería Civil,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

RESUMEN

En esta investigación se determinan los criterios de durabilidad con respecto de pruebas no destructivas en las que se hizo una experimentación con un material totalmente innovador como lo es la maralfalfa, este material es de muy fácil producción y aprovechamiento. Se empleó en mezclas de mortero produciendo especímenes para determinar sus características mecánicas realizando pruebas de naturaleza no destructiva tales como: resistividad eléctrica y velocidad de pulso ultrasónico comparando los resultados con los criterios de la red DURAR. Se observa un retraso en los tiempos de fraguado de aproximadamente 3 horas con respecto al testigo.

Palabras clave: Durabilidad, aditivo orgánico, Mucilago de maralfalfa, fluidificación.

ABSTRACT

In this investigation the durability criteria are determined with respect to non-destructive tests in which an experimentation was made with a totally innovative material such as maralfalfa, this material is very easy to produce and use. It was used in mortar mixtures producing specimens to determine their mechanical characteristics by performing tests of a non-destructive nature such as: electrical resistivity and ultrasonic pulse velocity comparing the results with the criteria of the DURAR network. There is a delay in the setting times of approximately 3 hours with respect to the control.

Keywords: Durability, organic additive, Maralfalfa mucilage, fluidification.

RESUMO

Nesta investigação os critérios de durabilidade são determinados com respeito a testes não destrutivos nos quais uma experimentação foi feita com um material totalmente inovador como maralfalfa, este material é muito fácil de produzir e usar. Foi utilizado em misturas de argamassas produzindo espécimes para determinar suas características mecânicas, realizando ensaios de natureza não destrutiva, tais como: resistividade elétrica e velocidade de pulso ultrassônico, comparando os resultados com os critérios da rede DURAR. Há um atraso nos tempos de configuração de aproximadamente 3 horas em relação ao controle.

Palavras-chave: Durabilidade, aditivo orgânico, mucilagem de Maralfalfa, fluidificação

1. INTRODUCCIÓN

El cemento es uno de los materiales más usados en cuanto a la construcción se refiere ya sea en elementos estructurales como es el caso del concreto, así como un material o medio para adherir otro tipo de elementos como es el caso de los morteros. Esto se debe que al combinarse con otros materiales ya sea el agua y agregados es como se le da este tipo de usos y dependiendo de qué tan grandes y densos pueden llegar a ser estos elementos son mucho más resistentes, pero esta densidad puede llegar a modificarse debido a las reacciones que pueda tener el cemento en el momento en el que el agua se combina con este. Lo que sucede es que al combinarse produce una reacción del tipo exotérmica en donde quizá se produzcan una serie de vacíos en la estructura interna de estas mezclas debido al vapor del agua que se genera en parte a esta condición. Esto puede ser la causa de que en ciertas ocasiones estos vacíos pueden ser tan importantes ya que por ellos es por donde puede que se genere la corrosión de las armaduras o estructuras metálicas que con el tiempo se van deteriorando causando primeramente un aumento de volumen entre la varilla y adquiriendo una coloración café o marrón para que después esta se vaya degradando al mismo tiempo de que se desprendan ciertas partes de dicha estructura que es una especie de polvo lo que provoca una menor sección transversal y en el peor de los casos esta sección llegara a colapsarse. Lo que es provocado gracias a agentes externos como el agua de mar que al entrar en contacto con los poros es como una vía directa para que ocurra una reacción con el hierro que se encuentra en dicha estructura metálica. Esta condición de que una estructura sufra de la corrosión de su elemento metálico es un indicativo de que su durabilidad es reducida considerablemente. Para indicar que tanto es propenso a la corrosión un elemento es por medio de pruebas experimentales en donde existen de naturaleza no destructiva como en donde se tiene que destruir un elemento o parte de un elemento para que se le hacen ciertas pruebas y por medio de algunos criterios se puede determinar qué tan propensos son a que la estructura se dañe debido a este fenómeno. Dichas pruebas son la resistividad eléctrica y la velocidad de pulso ultrasónico las cuales son pruebas que nos dan parámetros de que tan propensos son para la corrosión. La resistividad eléctrica es una prueba que consiste en pasar a través de los especímenes de concreto o mortero una corriente eléctrica que por su mecanismo de lo que se trata es de saber que tanta resistencia a la electricidad tiene las mezclas ya que si una mezcla que tiene muy poca resistencia quiere decir que es muy conductiva de la electricidad y esto es uno de las principales causas de que las estructuras duren menos puesto a que los agentes pasan de una manera más directa o que las reacciones ocurran de una manera más rápida y la oxidación del hierro ocurre más rápido. En cuanto a la velocidad de pulso ultrasónico es otro parámetro en el que consiste que los elementos son sometidos o se les hace pasar una onda ultrasónica y determinar el tiempo en el que esta onda transcurre de un punto a otro para el cual se obtiene lo que es la velocidad y entre mayor es la velocidad más durable es debido a que tiene menos vacíos que pueda tener internamente y por lo tanto esto hace que la velocidad sea menor.

2. PROCEDIMIENTO

La maralfalfa (figura 1) es una planta que puede tener grandes producciones y es utilizada para el forraje debido a su alto nivel de producción y a su alto contenido de nutrientes que son buenos para este fin. Es una planta que tiene un ciclo vegetativo relativamente chico y que su estructura le permite volver a crecer una vez que esta se haya cortado. Esta condición en específico la convierte en un material con muchas cualidades de producción.

Figura 1. Plantas de Maralfalfa

La maralfalfa es un material de origen orgánico que en su estructura química posee hidratos de carbono de los cuales pueden ser extraídos y al combinarse con el cemento actúan como un fluidificante y aumentan el tiempo de fraguado de las mezclas. En el momento de que se fluidifica una mezcla produce una reducción del agua empleada para lo que hace más trabajable las mezclas de concreto y mortero, esto es una ventaja ya que se puede llegar al revenimiento deseado con una menor cantidad de agua. Otro de los aspectos en las que dichas pruebas aumentan considerablemente su densidad ya que entre mayor cantidad de agua es más probable que se generen vacíos en la estructura interna de dicha mezcla para lo que reduce además la resistencia de las mezclas. Uno de los beneficios de agregarle un compuesto como los hidratos de carbono estos actúan a modo de que la mezcla no entre en contacto tan directamente el agua con el cemento reduciendo así la reacción a causa de que no están en contacto directo el agua y el cemento por lo que su evaporación no es tan severa que si solo se le agrega el agua por lo que además de que un elemento es muy denso también puede que dure más.

La forma (figura 2) de preparación del mucilago se hizo de la siguiente forma: se pesaron alrededor de 250 gramos de material en estado seco colocándolo en un recipiente de tal modo que su forma sea lo más reducida posible. Se secaron primeramente debido a que este material es más manejable cuando está seco y además de que con que este más seco contiene mayor concentración de hidratos de carbono. Se agregaron dos litros de agua que es la cantidad ideal de agua ya que con esta agua es como se cubría de agua totalmente la planta y así se extraía mejor lo que era el extracto contenido en la planta. Se le colocó una tapa en el recipiente y se puso en una fuente de calor que para este caso se dejó que alcanzara el punto de ebullición dejándose en esta condición por 10 minutos, quitándole del fuego y dejar a temperatura ambiente durante 5 minutos por lo que de por resultado un líquido que tiene un leve aroma a dulce con una coloración café.

Figura 2. Elaboración del Mucilago

Con este material lo que se realizó fue varios especímenes de mortero, mismo mortero que fue diseñado bajo los criterios de la fluidez de la mezcla para lo cual se propuso una relación de agua cemento bajo que tanto se da la suma de los diámetros de la mezcla en la mesa de fluidez. Para los materiales del mortero se usó arena de origen volcánico del banco joyitas que está ubicado al occidente de la ciudad de Morelia, México. Y el cemento empleado fue un CPC-30R-RS. Se hizo este diseño para mezcla control que es un mortero convencional y una mezcla con el mucilago para lo que en el caso de la mezcla control se determinó que la relación de agua cemento fue de .75 mientras que para la mezcla que contiene el mucilago se obtuvo una relación de .70 lo que indica que efectivamente actúa a manera de mucilago. Para el caso de la experimentación se hicieron los especímenes con una relación de 0.7 con el motivo de comparación y así identificar las cualidades que el mucilago o en este caso la composición de la planta le hace o tiene efecto sobre la mezcla de cemento ya que es un modo de comparación de que tiene la mezcla para ver si no se pierden las propiedades del cemento sobre la mezcla. Se realizaron especímenes de forma cúbica de 5 centímetros de lado, prismas de 4 x 4 x 16 centímetros y cilindros de 5 x 10 centímetros (figura 3 y figura 4). Para el caso de los especímenes se les hicieron dos marcas en donde a las mezclas de control se le puso la etiqueta de testigo (test) mientras a las mezclas que contienen el mucilago fueron nombradas como extracto de maralfalfa (EM).

Figura 3. Elaboración de cilindros y cubos.

Figura 4. Elaboración de Prismas

Una vez que se realizaron las mezclas se colocaron en un recipiente lleno de agua con el motivo de que alcanzaran su máxima resistencia con el respectivo curado que para cuestiones prácticas en varios recipientes de 19 litros se colocaron estos especímenes donde además se le agregó agua hasta que quedaran cubiertos totalmente. Se extrajeron los especímenes de los recipientes del agua usando la cantidad de 5 cubos, 3 prismas y 3 cilindros para cada edad.

Obtención de los datos.

Para el caso de la resistividad eléctrica se marcaron lo que fueron todos los especímenes con un número dependiendo de la forma de estos especímenes se marcaban en el caso de los cubos del 1 al 5 respectivamente y los demás elementos se marcaban comenzando con el número 1. A cada elemento se le tomaron las dimensiones reales de dichos elementos para que se arroje un resultado más exacto de la obtención de las pruebas. Para el caso de la prueba de la resistividad eléctrica se obtuvieron el valor de la dimensión o dimensiones de la sección transversal utilizando un vernier para este caso, sin embargo para el caso de los elementos en forma cilíndrica y prismática se obtuvieron los datos de su parte longitudinal con un flexómetro de tal modo que la lectura se realizara ya que con el vernier era imposible que estas medidas se llegaran a tomar puesto que el vernier no tiene la capacidad o rango para la obtención de este dato. Para la prueba de la resistividad eléctrica se toma como condición que los elementos se encuentren saturados de agua ya que este elemento es el mero conductor de la electricidad. Si el elemento se encuentra en estado seco la resistividad eléctrica se elevará y otro motivo por el cual se deben de encontrar el elemento en completa humedad es porque cuando este húmedo el elemento es cuando además está en su condición más desfavorable en cuanto a las condiciones de uso. Se colocan 2 esponjas (puede ser una franela de algodón) en los extremos que son las secciones transversales de los especímenes en donde ambas esponjas también se humedecieron con el fin de que el elemento se encontrara en total contacto con el resistómetro que adicionalmente se le colocó un peso muerto sobre estos elementos para que el contacto fuera más certero y la prueba resultara más confiable. Se toma la lectura con el aparato que corresponde a una resistencia eléctrica. La resistividad se calcula con la siguiente fórmula (1):

$$R.E. = \frac{\rho \cdot A}{l} \quad (1)$$

Dónde: R.E. corresponde a la resistividad eléctrica en $k\Omega \cdot cm$; ρ corresponde a la resistencia eléctrica en $k\Omega$; A es el área de la sección transversal en cm^2 ; l es la longitud de a la que se conectaron los pines del resistómetro que en este caso son dos placas de cobre.

En cuanto la obtención de la velocidad de pulso ultrasónico la única medición que se le toma es la de la longitud que en cuanto a los especímenes es la distancia en la que se encuentran los transductores que para esta prueba es el único dato en el que se puede obtener puesto a que al momento de usar el aparato de velocidad de pulso ultrasónico se le pone este dato en el programa que este en automático nos arroja el valor de la velocidad de pulso ultrasónico de los cuales en el aparato siempre arrojará un

valor para el cual en algunos casos este valor estará totalmente fijo mientras que en otros casos este valor será muy variable por lo que para esta prueba se tomó en consideración de que si un valor se repetía 4 veces seguidas este es el valor de la velocidad de pulso ultrasónico en donde el dato o las unidades de este eran en metros sobre segundo.

3. RESULTADOS

En cuanto las pruebas de la resistividad eléctrica son pruebas en las que se obtuvieron los siguientes resultados:

Para el caso de los cubos los resultados (figura 5) nos indica que en la resistividad eléctrica en las primeras edades se tiene un comportamiento similar por lo que en la edad de 14 días no presenta un resultado destacado, sin embargo a partir de los 21 días se determinó que para esta edad ya hay una diferencia aparente en cuanto los datos obtenidos y es hasta los 45 días en que se obtuvo una diferencia a favor de la mezcla con el extracto de maralfalfa (E.M.) que con la mezcla testigo y a la edad de 70 días la mezcla testigo supero a la mezcla con el extracto de maralfalfa (E.M.).

Figura 5. Resultados de la resistividad eléctrica en cubos

En el caso de los prismas (figura 6) se nota que tiene la misma tendencia en cuanto la tendencia de los resultados de las pruebas solo que en este caso es un poco mayor los valores de la resistividad en la mezcla testigo sin embargo a la edad de los 45 días es mayor la resistividad de la mezcla con el extracto de maralfalfa (E.M.).

Figura 6. Resultados de la Resistividad Eléctrica en prismas.

En el caso de los cilindros (figura 7) la tendencia es similar solo que a la edad de los 21 hasta los 45 días es mayor la resistividad en los especímenes que contienen el Extracto de Maralfalfa y a la edad de los 70 días es la mezcla testigo que es mayor:

Figura 7. Resultados de la resistividad eléctrica en cilindros.

En cuanto a los resultados de la prueba de la velocidad de pulso ultrasónico la secuencia de datos obtenidos fue la siguiente:

En cuanto los resultados en cubos (Figura 8) se puede mostrar que en ambos casos se encuentran casi al paralelo en cuanto a que tanto en la mezcla control (testigo) como en la mezcla con el mucilago (E.M.) pero en edades más avanzadas se va aumentando la velocidad en las mezclas con el extracto o mucilago.

Figura 8. Resultados de la Velocidad de Pulso Ultrasónico (VPU) en cubos.

En cuanto la velocidad de pulso ultrasónico en prismas (figura 9) hay mucha oscilación entre los resultados obtenidos, pero en las edades tardías es donde mayor se ve que la mezcla que contiene el extracto tiene una mayor velocidad de pulso.

Figura 9. Resultados de la Velocidad de Pulso Ultrasónico (VPU) en prismas

En este caso la velocidad de pulso en los elementos (figura 10) a partir de la edad de los 21 días en cuanto las mezclas que contienen el mucilago se ve un incremento en la obtención de la velocidad por lo que en este caso es un material que aumenta esta condición.

Figura 10. Resultados de la Velocidad de Pulso Ultrasónico en Cilindros.

4. CONCLUSIONES

Para el caso de la resistividad eléctrica es una prueba en la que se encuentran valores aproximadamente iguales a los testigos, con una tendencia ascendente con una tendencia ascendente respecto a la edad y se espera que este valor sea lo suficiente para que cumpla con los parámetros ya que en algunos casos se encuentran con un potencial riesgo de la corrosión, esto de acuerdo a la clasificación de la red DURAR que para valores menores a 10 $k\Omega \cdot cm$ es con alto riesgo a la corrosión, para esta prueba se espera que en edades posteriores la mezcla que contiene el mucilago nos mejore los resultados. En cuanto a la velocidad de pulso ultrasónico la prueba nos arroja que en todos los casos las muestras se encuentran en condición de bueno hasta durable destacando un poco las mezclas que contenían el extracto. Los valores obtenidos de velocidad de pulso, valores de 3001 a 4000, son buenos, y mayores a esta cantidad se consideran materiales durables.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Laboratorio de Materiales ing. Luis Silva Ruelas de la Facultad de Ingeniería Civil, UMSNH. Por haberme prestado sus equipos de medición, así como a este gran equipo de laboratoristas

por indicarme y ayudarme al realizar las pruebas. Agradezco también al Sr. Víctor Hugo Trujillo Luna Por haberme proporcionado el material con el cual se hizo esta experimentación.

6. REFERENCIAS

- Askeland, D. R., & Wright, W. J. (2017). *Ciencia e ingeniería de los materiales*. Séptima edición. Cengage Learning.
- Brooks, J. J., Neville, A. M. (1999). *Tecnología del concreto*. Edición 1, Trillas.
- De la Fuente Moreno, E. (2012). *Medición de la biomasa forrajera y algunos valores nutricios de los tallos y hojas del pasto maralfalfa (PENNISETUM SP) en Chalco, Estado México*.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., Tanesi, J. (2004), *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE. UU., ISBN 0-89312-233-5.
- DURAR (2000), “*Manual de inspección, evaluación y diagnostico en estructuras de hormigón armado*”. Durabilidad de la armadura. Red temática XV.B. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED). Tercera edición, agosto de 2000. ISBN 980-296-541-3.