

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE IONES CLORURO EN HORMIGONES ELABORADOS CON AGREGADOS RECICLADOS DE DEMOLICION DE HORMIGON

M.J. Fernández Sturla ⁽ⁱ⁾, O. Sformo ⁽ⁱ⁾, G.A. Benítez ⁽ⁱ⁾, P. Carreño ⁽ⁱⁱ⁾, R. Verna ⁽ⁱⁱ⁾
⁽ⁱ⁾INTI-Construcciones, ⁽ⁱⁱ⁾Materiales San Fernando S.A
msturla@inti.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El hormigón armado es un material compuesto conformado por una matriz de hormigón de cemento pórtland y refuerzos de barras de acero.

La resistencia a la penetración del ión cloruro en el hormigón es uno de los parámetros críticos a tener en cuenta en el estudio de la durabilidad de las estructuras de hormigón armado sometidas a condiciones de exposición moderadas a severas. Esta información es de utilidad cuando se evalúa, entre otros, el uso de nuevos materiales.

OBJETIVO

Estudiar la factibilidad de incorporación de agregados reciclados provenientes de la trituración de la demolición de pavimento como reemplazo del agregado grueso en la elaboración de mezclas de hormigón, evaluando la resistencia a la penetración del ión cloruro en probetas de hormigón elaboradas con distintos porcentajes de reemplazo mediante métodos acelerados basados en la aplicación de un campo eléctrico y la profundidad de penetración del ión cloruro mediante la utilización de nitrato de plata.

DESCRIPCIÓN

Para el estudio comparativo de mezclas de hormigón con incorporación de agregados triturados de hormigón endurecido, se prepararon en laboratorio cinco mezclas (pastones) de hormigón con reemplazos del 0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 % de agregado reciclado respecto del agregado grueso natural.

Por cada pastón se moldearon probetas cilíndricas de dimensiones aproximadas 100 mm de diámetro y 200 mm de altura, para la realización de los ensayos destinados a la evaluación comparativa del desempeño de las mezclas. Las probetas fueron sometidas a un proceso de curado húmedo por inmersión en piletas con agua saturada con hidróxido de calcio, a la temperatura de (23 ± 2) °C. El período de curado se extendió desde el desmolde de las muestras –a la edad de (20 ± 4) h- hasta la edad de ensayo.

El método para estudiar la resistencia a la penetración de iones cloruro consiste en monitorear la cantidad de corriente que pasa a

través de la probeta de hormigón, mediante la aplicación de una diferencia de potencial de 60 V, durante 6 h, generando un flujo no estacionario de iones cloruro. De esta forma los cloruros son forzados a migrar desde la celda catódica (NaCl 3%) hacia la celda anódica (NaOH 0,3 N).



Figura 1: Equipo de medición de penetración de cloruros.

La carga total que pasa a través de la probeta está relacionada con la resistencia del hormigón a la penetración de iones cloruro. La aplicación de las condiciones experimentales de la Norma ASTM C1202-12 permite clasificar al hormigón de acuerdo con el siguiente cuadro:

Carga (Q) [Coulombs]	Penetrabilidad ión cloruro
> 4000	Alta
2000 – 4000	Moderada
1000 – 2000	Baja
100 – 1000	Muy Baja
< 100	Despreciable

Luego de concluido el ensayo de resistencia a la penetración, las probetas son divididas axialmente y la superficie rociada con solución de AgNO_3 0,1N, pudiéndose observar luego de algunos minutos una franja blanca que indica la profundidad de penetración, X_d . El ancho de la franja se mide a 10 mm de distancia de cada uno de los bordes laterales de la probeta y en el centro de la misma.



Figura 2: Medición de la profundidad de penetración.

Con los valores de profundidad de penetración medidos se calculó la velocidad de penetración,

y el coeficiente de migración (estado no estacionario).

RESULTADOS

Determinación de cloruros en el agregado reciclado

Para establecer si el material reciclado aportó cantidades significativas de cloruros que pudieran interferir en el ensayo de penetración, se determinó la cantidad de cloruros en el mismo mediante el método establecido por la norma ASTM C114-13 y se pudo ver que el aporte no era significativo.

Tabla 1: Contenido de cloruro en el material reciclado.

Determinación	Unidad	Triturado H ^o E ^o
Cloruros (Cl ⁻)	g/100g	0,01

Determinación de la resistencia a la penetración de ión cloruro

Para la determinación de la resistencia a la penetración de ión cloruro se utilizaron discos de 100 mm de diámetro y 50 mm de altura que fueron cortados de la parte superior de las probetas de hormigón. El ensayo fue realizado a los 56 días de curado.

El siguiente gráfico muestra los resultados obtenidos para la penetración del ión cloruro en función del porcentaje de reemplazo.

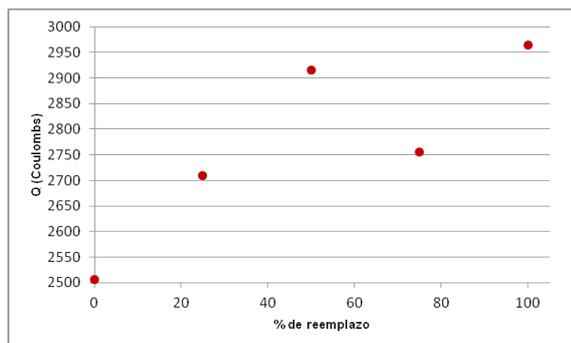


Figura 3: Penetración del ión cloruro.

Determinación de la profundidad de penetración del ión cloruro

Según lo establecido por la Norma NT BUILD 492 1999-11 se midió la profundidad de penetración obteniéndose los siguientes valores:

Tabla 2: Profundidad de penetración.

% Agregado reciclado	X _d (promedio) [mm]
0	12,23
25	14,60
50	16,73
75	17,17
100	13,27

Luego se calculó el coeficiente de migración y la velocidad de penetración, cuyos valores se muestran en los siguientes gráficos:

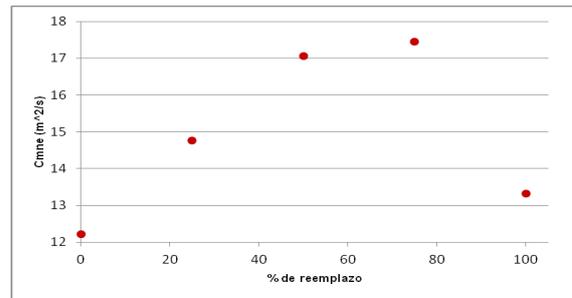


Figura 4: Coeficiente de migración (estado no estacionario).

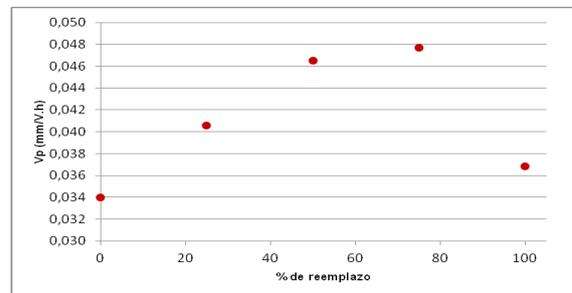


Figura 5: Velocidad de penetración.

CONCLUSIONES

Se puede ver que a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo de agregado grueso por el agregado reciclado aumenta la penetración del ión cloruro en el hormigón, lo cual se evidencia por un aumento en la carga eléctrica medida. Para el caso de 75 % de reemplazo, se obtuvo un resultado fuera de control de la intensidad de corriente obtenida en el ensayo. Para todos los porcentajes de reemplazo la penetrabilidad del ión cloruro se mantuvo dentro del rango de moderada.

Por otro lado, tanto el coeficiente de migración como la velocidad de penetración aumentaron al aumentar el porcentaje de reemplazo. Para el reemplazo del 100 % se obtuvo una disminución de ambos parámetros por lo que se los consideró valores anómalos.

La presencia de agregados en el punto de medición puede dificultar la medida de la profundidad de penetración.

BIBLIOGRAFÍA

Norma ASTM C1202-12 "Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration".

Norma NT BUILD 492 1999-11 "Chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments".

Norma IRAM 1534 "Hormigón. Preparación y curado de probetas en laboratorio para ensayos de compresión y de tracción por compresión diametral".

Norma ASTM C114-13 "Standard test method for chemical analysis of hydraulic cement".