

Merlin

Conductividad y Resistividad



- Conductividad Eléctrica Total en el concreto
- Resistividad Eléctrica Total en el concreto



Merlin

Propósito

El **Merlin** es uno de los más nuevos desarrollos de Germann Instruments. Este mide la **conductividad eléctrica total**, o su inverso, la **resistividad eléctrica total**, de cilindros saturados con dimensiones de 100 por 200 o núcleos de concreto. La prueba es fácil de realizar y los resultados se obtienen en dos segundos. La conductividad de un elemento saturado provee información acerca de la resistencia del concreto a la penetración de iones por medio de difusión.

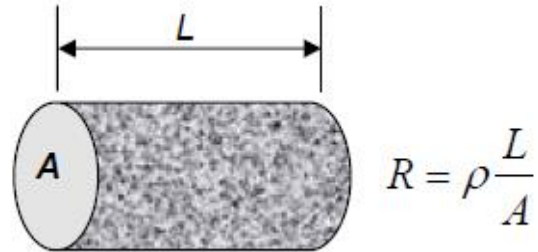


El **Merlin** puede ser usado para los siguientes propósitos:

- Investigación y desarrollo para identificar la influencia de nuevos materiales en la conductividad eléctrica del concreto.
- Optimización de mezclas y materiales cementantes suplementarios para incrementar la vida de servicio del concreto.
- Control de calidad in-situ y garantía de calidad.
- Evaluación de concreto en el lugar.

Principio

La resistencia eléctrica **R** de un conductor de longitud **L** y una sección transversal uniforme con un área **A** se muestra a la derecha. La cantidad ρ es la **resistividad eléctrica** y es una propiedad de los materiales, con unidades de resistencia multiplicadas por longitud, ohm·m. Si la resistencia eléctrica **R** de una muestra es medida, la resistividad puede ser calculada a partir de la relación $\rho = R \cdot A / L$. El inverso de la resistividad eléctrica es la **conductividad eléctrica**, σ . El inverso de ohm es una unidad llamada **siemens** (S). Por lo tanto, la conductividad eléctrica tiene unidades de S / m. Para el concreto, es conveniente expresar la conductividad en la milisiemens por metro o mS / m.



Al evaluar la capacidad de una mezcla de concreto para resistir la penetración de un determinado tipo de ion, una de las propiedades clave es la difusividad, que define la facilidad con la que determinado tipo de ion migrará a través del concreto saturado en presencia de un gradiente de concentración. Para un material poroso saturado, como el concreto endurecido, el coeficiente de difusión de un tipo de ion puede estar relacionado con la conductividad eléctrica por medio de la ecuación de Nernst-Einstein de la siguiente manera (Snyder et al. 2000; NOKKEN y Hooton 2006):

$$\frac{\sigma}{\sigma_p} = \frac{D}{D_w}$$

Donde σ = conductividad eléctrica total de los materiales porosos saturados.

σ_p = conductividad en el fluido de los poros.

D = coeficiente de difusión total de los iones a través de un material poroso.

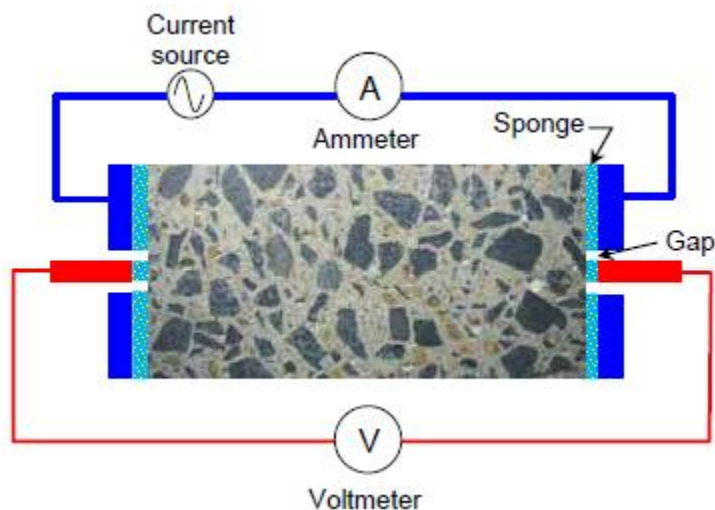
D_w = coeficiente de difusión de un ion específico a través de el agua.

Si la conductividad del líquido en los poros se supone que es similar entre los diferentes concretos, la mayor conductividad eléctrica medida se relaciona directamente con la difusión masiva coeficiente (Berke y Hicks 1992). La medición del coeficiente de difusión total de un tipo particular de iones a través del concreto es un proceso que lleva tiempo, mientras que la conductividad eléctrica puede ser medida en cuestión de segundos.

La conductividad eléctrica de la pasta saturada del cemento está relacionada con la porosidad de la pasta (volumen de poros y cómo están conectados). La porosidad de la pasta es a su vez esta relacionada con el grado de hidratación, los tipos de materiales cementantes y la relación agua-cementante de los materiales. Si las mediciones eléctricas se realizan en un grado fijo de hidratación para un sistema dado de los materiales cementantes, la conductividad medida está relacionada con la w / cm .

Método de operación

El siguiente es un esquema del método de medición incorporado en el **Merlin**. El método de medición de cuatro puntos que se utiliza ofrece una medida exacta de la resistencia, reduciendo al mínimo los efectos de las esponjas conductoras y la presión aplicada a los electrodos. La muestra debe estar en una condición saturada de agua para obtener una medida significativa.



Una fuente de corriente alterna se utiliza para aplicar corriente a través del cilindro o núcleo saturado. Se utiliza un voltímetro para medir la caída de voltaje a través de la muestra, y un amperímetro mide la corriente. De la medición de la corriente I y el voltaje V , la conductividad a granel se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{I L}{V A} \quad (2)$$

donde, L es la longitud de la probeta y A es el área de muestra de corte transversal. La resistividad total es la inversa de la conductividad a granel, es decir, $\rho = 1 / \sigma$.

Se proporciona un cilindro de verificación de 100 por 200 mm para comprobar que el sistema **Merlin** está funcionando correctamente. El cilindro incluye un interruptor pulsador que puede ser utilizado para seleccionar una de las varias resistencias de precisión desde 10 Ω a 1 M Ω . Por ejemplo, si la resistencia de 1000 Ω está seleccionada y el sistema está funcionando correctamente, la lectura de la conductividad del cilindro de verificación debería ser 25,46 mS / m y la resistividad debe ser 39,27 $\Omega \cdot m$.



Aplicación

De la base teórica del Merlin, se puede observar que la medición del total de conductividad eléctrica de una muestra de concreto saturada proporciona una indicación de las propiedades de difusividad del concreto. Si la prueba se realiza a un nivel constante de hidratación para una determinada combinación de los materiales cementantes, la variación del total de conductividad eléctrica medida puede ser utilizada como un indicador de la variación de w / cm utilizando una correlación preestablecida. Si el total de conductividad eléctrica de una mezcla de concreto aprobada para un proyecto se conoce, el valor puede ser usado para control de calidad y garantía de calidad. Así, el **Merlin** se puede considerar como un **sustituto de ensayo** para verificar la w / cm de un muestra.

La conductividad total medida con el **Merlin** se relaciona directamente con la carga que pasa a través de una muestra medida por la ASTM C1202 con el sistema **PROOVE'it**, siempre que la corriente se mantenga constante durante las 6 horas de duración del ensayo. Esto no suele ser el caso de concretos de alta conductividad eléctrica debido al calentamiento de la muestra, lo que aumenta la conductividad del fluido de poro y la corriente. Si suponemos que la corriente es constante durante la prueba **PROOVE'it**, podemos convertir los límites de

coulombs de la norma ASTM 1202 de diferentes categorías de “permeabilidad de iones cloruro” a límites de conductividad total usando la siguiente relación:

$$\sigma = \frac{QL}{VtA} \quad (3)$$

donde Q = carga pasada en la prueba **PROOVE'it**.
 V = voltaje aplicado en la prueba **PROOVE'it** (60 V).
 L = longitud del espécimen **PROOVE'it**.
 A = área del espécimen **PROOVE'it**.
 t = tiempo de la prueba **PROOVE'it** (6 horas).

Los límites de la resistividad total también pueden calcularse al tomar el inverso de la ecuación anterior.

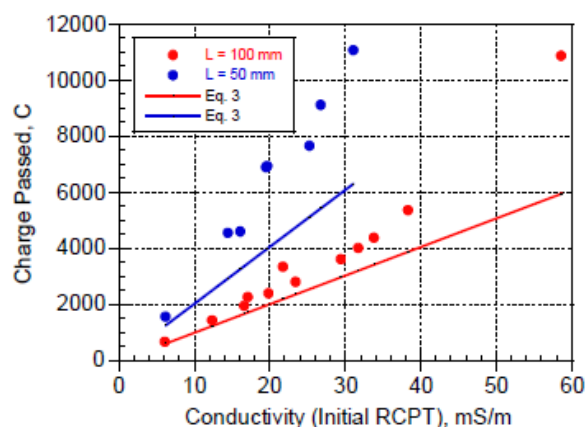
Para un espécimen de 51 mm de longitud y un diámetro de 102 mm (las dimensiones nominales especificadas en ASTM C1202), la conversión de carga pasada con ASTM C1202 a la conductividad total (Ec. 3) y los valores de resistividad total es la siguiente.

PROOVE'it . Carga Pasada, Coulombs†	Merlin . Conductividad Total, mS/m	Merlin . Resistividad total, $\Omega \cdot m$
50	0.24	4136
100*	0.48	2068
1,000*	4.83	206.8
2,000*	9.67	103.4
4,000*	19.34	51.71
10,000	48.35	20.68

† Se supone que la corriente es constante durante las 6 h de prueba, que no suele ser cierto para concreto de alta conductividad.

* Valores límite en la norma ASTM C1202 utilizada para definir las diferentes categorías de "penetración de iones de cloruro"

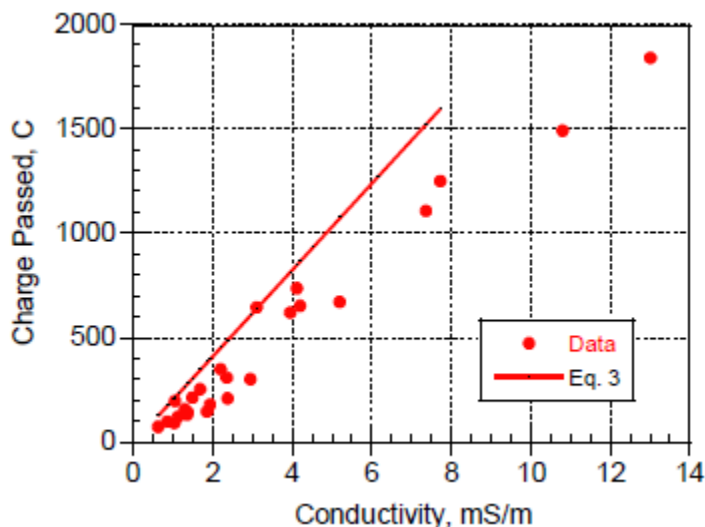
Datos de Prueba



Snyder y otros (2000) midieron la carga que pasa a través de probetas cilíndricas de 100 mm de diámetro de acuerdo con la norma ASTM C1202 y utilizó la corriente inicial durante la prueba para calcular la conductividad total de acuerdo a la ecuación 2. Esta conductividad total calculada se basa en el mismo principio utilizado por el **Merlin**. Los cilindros tenían longitudes de 50 y 100 mm. El gráfico de la izquierda muestra la carga pasada contra la conductividad total. Las líneas continuas representan las relaciones teóricas entre la carga que pasa y la conductividad total dada por la ecuación 3. Es visto que hay aproximadamente una relación lineal entre la carga y la conductividad total. Las cargas pasadas, sin embargo, son mayores que lo predicho por la ecuación. 3. Esto puede

explicarse, en parte, por el calentamiento de los especímenes. Los concretos utilizados por Snyder (2000) tenían conductividad relativamente alta. Como se ha explicado anteriormente, las muestras con alta conductividad se calientan durante el ensayo ASTM C1202. Como aumenta la temperatura, la conductividad del fluido de poro aumenta y la corriente aumenta. Esto conduce a la inestabilidad y mayor carga pasada en comparación con una muestra que se mantiene a una temperatura constante.

Berke y Roberts (1989) también midieron la carga pasada (AASHTO T-277, que es similar a la norma ASTM C1202) y resistividad del espécimen basado en un método de polarización. En este caso los concretos utilizados



tenían conductividades relativamente pequeñas. La gráfica de la izquierda muestra los valores de Coulombs reportados por Berke y Roberts (1989) contra el inverso de los valores de resistividad (conductividad) y la predicción basada en la ecuación 3. También hay una aproximada relación lineal entre la conductividad y la carga pasada. En este caso, sin embargo, los datos caen por debajo de la predicción basada en la ecuación 3. Esta diferencia se debe probablemente al método utilizado para medir la resistividad. En resumen, estos estudios confirman la fuerte relación esperada entre la conductividad total y la carga pasada utilizando C1202 de la ASTM.

Acondicionamiento del Espécimen e Interpretación de la Prueba

Una prueba de conductividad eléctrica proporcionará una indicación de la difusividad del concreto sólo si el espécimen está saturado. Por lo tanto, es esencial que los cilindros se mantengan bajo el agua desde el momento de colado hasta el momento de la prueba. Hay moldes de acero reutilizables están para proporcionar muestras de dimensiones consistentes y para facilitar el almacenamiento bajo el agua. A excepción de los extremos, el cilindro debe estar en una condición de saturado superficialmente seco al momento de la prueba. Tapas especiales están disponibles para mantener húmedas las caras del cilindro mientras que la superficie se deja secar. Debido a la alta sensibilidad del método de medición, el cilindro debe ser apoyado en un soporte aislante durante la medición. La conductividad de la solución de los poros afecta a la conductividad total del cemento. Por lo tanto las comparaciones no se deben de hacer entre concretos con conductividades de solución de poro muy diferentes. Por ejemplo, el uso de **nitrito de calcio** como inhibidor de corrosión aumenta la conductividad del fluido de poro, y la conductividad total del hormigón será mayor que para otro concreto sin nitrito de calcio, pero con difusividades similares. Por otro lado, el concreto con materiales cementantes suplementarios puede tener una conductividad en el fluido de los poros reducida, lo que reducirá la conductividad total medida, mientras que la difusividad efectiva no puede ser reducida (Liu y Beaudoin, 2000).

Otros equipos para la revisión de integridad del concreto:

RAT

- Mide los iones Sodio y Potasio que puedan causar las reacciones Alkali-Silice en el concreto



RCT y RCTW

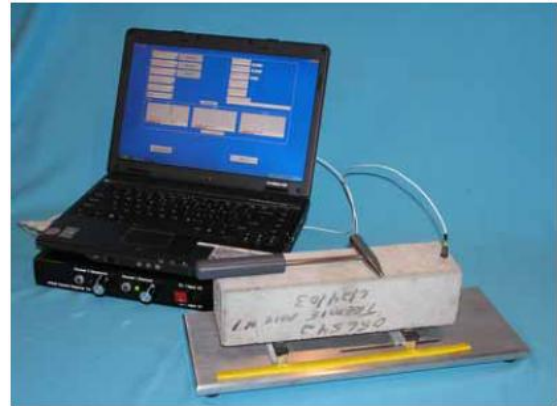
- Mide los iones Cloruro que puedan causar el inicio del proceso de corrosión en el refuerzo del concreto



DK-5000

Determina propiedades Elásticas Dinámicas

- **Modulo de Young Elástico Dinámico, E :**
 - De la frecuencia Longitudinal
 - De la frecuencia Transversal
- **Modulo de Rigidez Dinámico, G :**
 - De la frecuencia Torsional
- **Coefficiente de Poisson, ν**

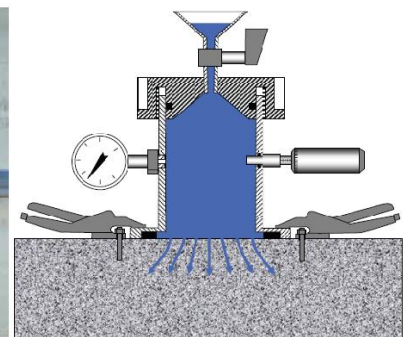


Auto-Shrink

- **Contracción Autógena en Pastas de Cemento**
- **Ayuda a prevenir posibles microagrietamientos en el concreto**

GTW

- **Permeabilidad de la capa superficial del concreto**
- **Permeabilidad de Paneles**



ANTARES

GI