

## Medida de la humedad en el hormigón

**J. HUNDT y J. BUSCHMANN**

***Matériaux et Constructions, nº 22, julio-agosto 1971, pág. 253***

Para medir el contenido de humedad del hormigón se conocen varios métodos, además del procedimiento gravimétrico, los cuales difieren unos de otros tanto en lo que se refiere a su exactitud como a su viabilidad. Dentro de un programa de investigaciones, los autores han tenido que resolver el problema de la realización de medidas de larga duración en elementos de hormigón de grandes dimensiones. Con el fin de obtener una visión de conjunto sobre las experiencias adquiridas por la aplicación de los diferentes métodos, se ha remitido un cuestionario a un cierto número de institutos y con el aval del RILEM. En el presente trabajo se hace un análisis de las contestaciones recibidas. Del estudio de estas respuestas y teniendo en cuenta la literatura sobre el tema, de la cual se da aquí una amplia referencia, se llega a la conclusión de que todavía no se dispone de un método universal para la medida del contenido de humedad.

Disposición ordenada de las respuestas a la encuesta del RILEM, del 24 de junio de 1970, respecto a "METODOS Y APARATOS PARA MEDIR EL CONTENIDO DE HUMEDAD"

N.º	Método de medida	Sensor de medidas	Material de ensayo	Clase de sensor y temperatura (utilizada)	Sensibilidad del sensor	Efectos de la interferencia	Observaciones
1	Conductividad eléctrica (humedad de equilibrio).	Sensor de humedad Mont. (se puede adquirir en el comercio). Sensor Soiltest MC 301A (se puede adquirir en el comercio).	Hormigón, mortero, suelos.	Gama completa de posibles contenidos de humedad.	Medidas cuantitativas, cuando existe el correspondiente calibrado.	No se facilitan datos.	Los sensores consisten en hojas paralelas de mallas de electrodos separadas por una delgada tela de fibras de vidrio; rápido establecimiento del equilibrio de humedad; utilización de tensión de corriente alterna; calibrado; gravimetría con idénticas muestras (en el sensor Soiltest una curva de calibrado es suministrada por el fabricante).
2	Conductividad eléctrica (humedad de equilibrio).	Sensores de bloques de yeso (se pueden adquirir en el comercio).	Pasta de cemento, mortero.	Equilibrio de humedad correspondiente a una humedad relativa del 50 al 100 % para una temperatura de habitación.	Depende del aparato.	Temperatura, reacción química con el agua.	Los sensores se calibran en baños de arena húmeda.
3	Conductividad eléctrica (equilibrio de humedad).	Sensor plástico de barrera iónica.	Hormigón ligero, hormigón de cemento portland.	Equilibrio de humedad correspondiente a una humedad relativa del 70 al 100 % para una temperatura de 4° a 57°C.	± 5 % de humedad relativa.	Naturaleza y condición de la membrana permeable selectiva.	
4	Conductividad eléctrica (directa).	Electrodos desnudos embebidos en el hormigón	Hormigón, mortero.	De 0 a 6 % del peso en seco del material de ensayo a 20°C de temperatura.	Solamente medida cualitativa.	Composición del hormigón, temperatura.	
5	Conductividad eléctrica (equilibrio de humedad).	Sensores de bloques de yeso.	Hormigón celular.	Contenidos de humedad bajo condiciones climáticas: 14 a 22 % del peso en seco.		Temperatura, reacción química con el agua.	Después de 3 meses dificultades para medir la estabilidad alcanzada; gasto de tiempo para el calibrado.
6	Conductividad eléctrica (equilibrio de humedad).	Sensores de mortero.	Hormigón.	De 0 a 6 % del peso en seco del material ensayado.		Acción de la temperatura.	Los sensores se envejecieron artificialmente; se utilizó corriente alterna con una frecuencia de 1.500 ciclos por segundo; calibrado; a continuación del secado de un sensor húmedo, determinación del peso y de la conductividad.
7	Conductividad eléctrica (equilibrio de humedad y humedad del aire)	Sensores cerámicos.	Hormigón, materiales de construcción	De 0 a 6 % del peso en seco del material ensayado y de 0 a 100 % de humedad relativa.	± 0,3 % de humedad relativa.	Temperatura.	El sensor consiste en dos electrodos de alambre de platino con una cámara de filtro cerámico; calibrado; gravimétrico con muestras idénticas y soluciones sobresaturadas de sales.
8	Conductividad eléctrica (humedad del aire).	Sensores detectores de humedad.	Hormigón ligero, hormigón de cemento portland.	De 5 a 97 % de humedad relativa a una temperatura de 4° a 71°C.	± 2 % de humedad relativa.	Temperatura.	La variación de la conductividad de una película Cl. Li o Cl. Br se mide con puente de corriente alterna; los sensores no deben entrar en contacto con el agua líquida; la estabilidad de calibrado se mantiene durante años; en medios húmedos la exactitud es mejor; calibrado de soluciones salinas sobresaturadas.
9	Conductividad eléctrica (humedad del aire).	Sensores detectores de humedad (iguales que los del N.º 8).	Materiales de construcción corrientes.	Sensores para gamas de medidas muy precisas (15 % de H.R.) entre un 2 y un 99 % de H.R. y amplia gama de sensibilidad para un 10 a un 98 % de H.R. para temperaturas entre 5° a 50°C.	± 1,5 % de H.R. y T = ± 2°C.	Temperatura.	Las mismas que del N.º 8, excepto calibrado en cámara de aire acondicionado (según una comunicación fidedigna del fabricante, las medidas de corta duración pueden hacerse a una temperatura de 85°C).
10	Conductividad eléctrica (humedad del aire).	Sensor Monfore (se puede adquirir en el comercio).	Hormigón, morteros, suelos.	0 a 100 % de H.R. a una temperatura por debajo de 50°C, más seguro por debajo de 32°C.	± 2 % de H.R.	Temperatura.	La variación de resistencia eléctrica de un alambre tirante sujeto a un cabo de muchos filamentos de poliéster que cambia de longitud con la humedad de equilibrio absorbida; a elevada temperatura se produce fluencia en el cabo de Dacrón; calibrado con soluciones sobresaturadas de sales.
11	Constante dieléctrica.	Sensor de alambre de línea, descubierto.	Hormigón, corriente, suelos.	Equilibrio de humedad correspondiente a una humedad relativa entre el 0 y el 100 %.		Temperatura, maduración del hormigón.	Literatura; análisis de terrenos por procedimientos electromagnéticos. Report 5, "Laboratory Measurements of electromagnetic Propagation Constants in the Microwave Spectral Region, 1.0-1.5 MHz", Publicación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, Waterways Experimental Station, Vicksburg, Miss. 39180 USA.
12	Constante dieléctrica.	Condensador, (el hormigón hace de dieléctrico).	Hormigón granular.	Del 16 al 5 % en volumen a temperaturas de 20° a 50°C.	± 0,2 picofaradios (amplitud total de medida 10 pF).	Maduración del hormigón (los otros todavía no han sido investigados).	Los sensores se calibran sumergiéndolos en diferentes soluciones de constante dieléctrica conocida para obtener las constantes del condensador; el contenido de agua de los materiales se obtiene de una curva estabilizada de calibrado.
13	Amortiguamiento de neutrones acelerados.	Sensor de neutrones de superficie plana.	Hormigón, suelos.	Humedad equilibrada correspondiente para 0 a 100 % de H.R.	± 1,5 % del contenido real de humedad.	Maduración del hormigón (el efecto de la temperatura es muy pequeño).	El agua enlazada químicamente es incluida en la medición; la estabilidad a largo plazo es buena cuando se utiliza un generador con una larga vida media; calibrado gravimétrico; literatura: USA EWES MP S-69-15. Evaluación de los métodos nucleares para la determinación de la densidad y el contenido de agua de los suelos in situ superficialmente, abril, 1969. U. S. Army Corps of Engineering, como anteriormente.
14	Conductividad térmica (método discontinuo).	Sensor de alambre calentado.	Hormigón granular.	Desde seco hasta con saturación de agua.	Sin datos.	Temperatura, falta de homogeneidad del material.	El sensor todavía en etapa experimental; muy susceptible a las interferencias a causa de las necesariamente bajas elevaciones de temperatura; calibrado con cilindros de hormigón secados hasta cierto contenido de humedad, sellados seguidamente, antes del calibrado con equilibrio de humedad.
15	Absorción de microondas	Transmisor y receptor con cornete guía de ondas.	Materiales de construcción	Gama total de posibles contenidos de humedad a temperatura ambiente.	Sin datos.	Estado de la superficie del material a ensayar, colocación geométrica, sales disueltas, otros.	Reflexión sobre superficies circundantes (también grandes granos del árido); formación de ondas estacionarias (dependiente de la distancia); calibrado gravimétrico.
16	Aumento de presión después de la reacción química.	Reacción del agua con el carburo cálcico.	Hormigón, morteros de cemento y de cal.	Del 1 al 7 % en peso.	± 2,5 a ± 10 % dependiendo de la clase de material.		Método destructivo; el material ha de ser fragmentado, calibrado: muestras de arena fina con contenido de agua conocido.