

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

617 - 37 NUEVAS TECNICAS PARA EL ESTUDIO DEL FRAGUADO DE LOS
AGLOMERANTES HIDRAULICOS.- II. LA FRECUENCIA DE LA CORRIENTE
UTILIZADA EN LA MEDIDA DE LA RESISTENCIA ELECTRICA DE PASTAS
DE CEMENTO.

Por: J. Calleja. Doctor en Ciencias.

Se trata de mostrar los resultados obtenidos en un corto estudio llevado a cabo para determinar como influye la frecuencia de la corriente utilizada en la medida de la resistencia eléctrica de una pasta de cemento durante su fraguado, cuando se pretende hallar por este medio el comienzo y el final de dicho proceso.

Según las experiencias efectuadas, queda de manifiesto que la frecuencia no influye en los valores encontrados para tales momentos, así como que es conveniente realizar las mediciones a frecuencias no inferiores a 1.000 ciclos.

En un trabajo anterior (*) se trataba de establecer un método para determinar el principio y fin del fraguado de un cemento, midiendo la resistencia eléctrica de la pasta acuosa

(*) J. Calleja "Ultimos Avances" nos. 25 y 26 págs. 17 y 16,
(1951)

sa a lo largo del tiempo. Como allí se indicaba, se empleó para ello un puente de medida Philips alimentado con corriente de 1.000 ciclos, obtenida mediante un oscilador que sólo era capaz de proporcionar dos tipos de corriente: de 50 y de 1.000 ciclos.

! Con posterioridad se pudo disponer de otro oscilador de baja frecuencia que suministraba frecuencias variables entre 20 y 20.000 ciclos y se pensó estudiar su influencia en las citadas determinaciones.

PARTE EXPERIMENTAL

Técnica Utilizada

La técnica con que se llevaron a cabo estas experiencias es la ya descrita en otro lugar (*) sin más modificaciones que la ya citada de emplear para la alimentación del puente de medida, corrientes de distinta frecuencia obtenidas mediante un oscilador Philips G. M. 2315.

En cada experiencia se aplicaban en el momento de la medida distintas frecuencias a los electrodos introducidos en la probeta, la cual, a su vez, se colocaba en el interior del dispositivo casi adiabático. Con los datos obtenidos se trazaban las curvas R-t durante el fraguado de una misma probeta, para las distintas frecuencias empleadas, desde 40 hasta 20.000 ciclos. De esta manera las experiencias de cada uno de los grupos señalados en la tabla son perfectamente comparables entre sí.

También como en casos anteriores, se estudió el curso de la temperatura durante el fraguado.

Resultados

Las distintas curvas R-t (cerca de cuarenta), obtenidas con un mismo cemento para las diferentes frecuencias, presentan la forma indicada en la figura 4, según la cual el principio del fraguado viene señalado por el primer mínimo, y el final por el segundo.

Como indica el gráfico, las curvas se sitúan unas por encima de otras a medida que la frecuencia es menor.

Los resultados se resumen en la tabla adjunta, en la que se señalan el principio y fin del fraguado, así como el valor de la resistencia correspondiente al segundo mínimo de cada curva R-t.

Las mediciones hechas con cada grupo de frecuencias señalado, lo fueron sobre una misma probeta, de manera que los resultados obtenidos son del todo comparables. No así los que se refieren a grupos distintos, ya que de unos a otros variaron algo las condiciones experimentales.

Los principios de fraguado señalados con asterisco, son un tanto inciertos por no poderse apreciar claramente en la correspondiente curva R-t.

De cada uno de los grupos de la tabla se deduce que

la frecuencia no influye en los valores hallados, tanto para el principio como para el final del fraguado.

Asimismo, que los valores encontrados para la resistencia son tanto menores cuanto mayor es la frecuencia. - Esto se cumple, no sólo para el mínimo R_m de las curvas, sino para todos los puntos de ellas, según se aprecia en la figura.

Los huecos en los valores de la tabla son debidos a que, a las frecuencias correspondientes, fué imposible trazar la curva R-t, por la gran dispersión en los resultados de las medidas. Como puede verse, esto sucede para las frecuencias más bajas entre las estudiadas. De aquí la conveniencia señalada en otro lugar (*) de trabajar a frecuencias no excesivamente bajas.

Entre 5.000 y 20.000 ciclos los valores de la resistencia encontrada apenas difieren, por lo que las curvas prácticamente se superponen. Como norma general, para el caso del cemento, no deben hacerse mediciones con frecuencias inferiores a 1.000 ciclos, al menos en nuestras condiciones de trabajo.

Las diferencias en los tiempos de fraguado entre los distintos grupos de experiencias señalados en la tabla, fueron debidas a las distintas condiciones de temperatura durante el fraguado en cada caso, como lo probaron las curvas T-t que paralelamente se estudiaron con tal objeto y que se considerarán con carácter general y todo detalle en otra ocasión, más adelante.

Discusión

La pasta de cemento contenida entre dos electrodos metálicos (de hierro en nuestro caso), tiene una resistencia eléctrica cuyas características ya fueron discutidas (*). Pero, al mismo tiempo, forma un condensador en el que los electrodos son las placas y la pasta un dieléctrico, no ideal, - sino real.

A los efectos de la medida, nos encontramos en presencia de una resistencia óhmica R_o conectada en paralelo con un condensador al que corresponde una resistencia capacitiva R_c . La resistencia total "aparente" que se mide será, por tanto,

$$R_a = \frac{R_o \cdot R_c}{R_o + R_c}$$

En corriente alterna de frecuencia variable, cuando $f \rightarrow \infty$, $R_c \rightarrow 0$ y, por consiguiente, $R_a \rightarrow 0$. Esto quiere decir que cuanto mayor sea la frecuencia menor será el valor de la resistencia medida en un momento dado, independientemente del hecho de que, como en nuestro caso, tanto R_o como R_c varien con el tiempo, al fraguar la pasta de cemento.

Esto es precisamente lo que indica la figura y lo que se deduce también de los valores de R_m en la tabla.

Por otra parte, si $f \rightarrow 0$, $R_c \rightarrow \infty$ y, en tal caso, en el sistema constituido por el condensador y la resistencia óhmica en paralelo sólo pasará corriente por esta última, con lo que, a efectos de medida, la resistencia aparente R_a halla-

da será igual a la resistencia óhmica R_0 que es en realidad la que interesa medir. Esto ocurriría exactamente si se hiciera la medición en corriente continua ($f = 0$). De lo dicho se deduce que la influencia de R_0 , que en todo caso es un inconveniente, es tanto menor cuanto menor sea la frecuencia y que los resultados obtenidos serán más próximos a los valores reales de la resistencia óhmica empleando en las medidas corriente de frecuencia baja. Pero esto tiene una cierta limitación que viene impuesta por razones técnicas inherentes a los aparatos empleados en las medidas ya que, a muy bajas frecuencias, se perjudican, tanto la precisión como la sensibilidad de las mismas. Deberá existir, por tanto, un límite mínimo de frecuencias por debajo del cual no convenga trabajar.

Los resultados de nuestras experiencias y para las condiciones experimentales en que estas han sido llevadas a cabo, ponen de manifiesto que no es conveniente emplear frecuencias inferiores a 1.000 ciclos.

CONCLUSIONES

El estudio precedente conduce a las siguientes conclusiones:

- 1.- Los valores de las resistencias "aparentes" (óhmicas + capacitivas) de pastas de cemento contenidas entre dos electrodos metálicos, son tanto menores cuanto mayor es la frecuencia de la corriente utilizada en las medidas.
- 2.- Estos valores se aproximan tanto más al valor real de la resistencia óhmica cuanto menor es dicha frecuencia.

3.- A pesar de ello y por razones técnicas inherentes al puente empleado, no deben utilizarse para las medidas, corrientes de frecuencia inferior a 1.000 ciclos.

Hacemos constar nuestro agradecimiento al Sr. García de Arteaga por la parte tomada en el desarrollo experimental de este trabajo.

* * *

T A B L A

Nº de la experiencia	Frecuencias empleadas	Principio de fraguado		Fin de fraguado		Valores de R_m
		horas	minutos	horas	minutos	
1	40 ciclos	-	-	-	-	-
	400 "	1	20	5	30	11,50
	4000 "	1	25	5	25	10,75
	20000 "	1	25	5	25	10,50
2	50 "	-	-	-	-	-
	500 "	-	-	5	50	12,00
	5000 "	1	30	5	50	11,75
	13500 "	1	30	5	50	11,75
3	60 "	-	-	-	-	-
	600 "	1	45	6	30	12,50
	6000 "	1	30	6	30	11,75
	12500 "	1	30	6	30	11,75
4	70 "	-	-	6	40	12,50
	700 "	* 1	40	6	40	10,50
	7000 "	1	45	6	45	9,75
	17500 "	1	45	6	40	9,75
5	80 "	-	-	6	35	11,50
	800 "	* 2	00	6	35	9,75
	8000 "	1	40	6	30	9,50
	10500 "	1	45	6	30	9,50
6	90 "	-	-	-	-	-
	900 "	2	00	6	25	10,50
	9000 "	1	35	6	25	9,50
	11500 "	1	40	6	25	9,50

T A B L A (Continuación)

Nº de la experiencia;	Frecuencias empleadas.	Principio de fraguado		Fin de fraguado		Valores de R_m
		horas	minutos	horas	minutos	
7	100 ciclos	-	-	6	55	12,25
	1000 "	* 1	35	6	55	10,00
	10000 "	1	45	6	55	9,50
8	100 "	-	-	-	-	-
	1000 "	2	30	7	20	10,10
	10000 "	2	20	7	20	9,60
9	300 "	1	15	5	25	11,25
	1500 "	1	15	5	25	10,00
	3000 "	1	15	5	25	10,20
	15000 "	1	15	5	25	9,90
10	11000 "	1	30	5	10	7,80
	13000 "	1	30	5	10	7,80
	16000 "	1	30	5	10	7,80
	18000 "	1	30	5	10	7,80
11	12000 "	1	20	5	10	10,00
	14000 "	1	20	5	10	10,00
	17000 "	1	20	5	10	10,00
	19000 "	1	20	5	10	10,00

