

4.- PROPIEDADES DE INYECCION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO PRECOLOCADO DE ALTA RESISTENCIA.
DISTRIBUCION DE LAS RESISTENCIAS.

A fin de investigar las propiedades de inyección del mortero con superplastificante, en el espacio entre los agregados gruesos, se ha utilizado un encofrado con las siguientes dimensiones como se indica en la figura 11: 120 cm de alto, 160 cm de ancho y 20 cm de espesor. Una vez colocados los agregados gruesos de 20 a 40 mm se inyectó el mortero. Se ha investigado sobre 20 dosificaciones diferentes y esta selección fue hecha en base a ensayos anteriores. En la tabla 1 figuran las 10 dosificaciones, sobre las cuales se efectuaron los ensayos de resistencia. En cuanto a la cantidad de polvo de aluminio, previendo la duración del proceso de inyección, se ha aumentado respecto al ensayo del capítulo de tal modo que la expansión del mortero que figura en la tabla 1 también presenta mayor valor. La altura de inyección ha sido de 3 m. y se ha inyectado a partir del fondo del encofrado con un tubo de 30 mm de diámetro. La velocidad de inyección se mantuvo en 6 ltg/min. (al convertir a velocidad de ascenso del mortero equivale a 2,5 m/hora). Como la cara frontal del encofrado estaba hecho de una lámina de acrílico, a través de ella se ha observado la superficie de ascenso del mortero.

NO.	SIMBOLO	M/C (M/C/F)	T/C/H (%)	TIEMPO CONE (seg)	EXPAN- SION (%)	ALOMA- NIENTO (%)	GRADIENTE DE FLUJO	EDAD 91 DIAS RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)					
								STANDARD SPECIMEN	ave	st dev	COEF. DE VARIACION DEL		
1	PO 1 47	47.0	30	17.0	5.67	1.62	0.45	394	381	477	310	11.5	30.3
2	PO 1 46	46.0	30	16.7	2.70	0.99	0.64	367	381	461	319	41.8	11.5
3	NI 14	14.0	0	54.0	1.94	0	0.23	557	587	651	521	19.0	6.6
4	NI 1 11	11.5	30	52.0		0	0.31	496	487	536	451	24.2	5.0
5	NI 1 40	40.0	30	29.0	7.25	0.58	0.32	447	444	499	399	27.2	6.1
6	MM 45	45.0	0	16.2	2.97	0.75	0.41		343	391	320	25.0	7.1
7	MM 47	47.0	0	15.0	5.05	0.66	0.40	421	440	521	326	53.3	12.1
8	NI-S-34	34.0	0	58.0	1.56	0	0.23		512	551	477	20.1	1.9
9	NI-S-14	34.0	0	55.0		0	0.25	491	499	528	467	26.6	5.1
10	NI-S-46	46.0	0	15.0	7.60	0.41	0.37	397	366	395	335	19.5	5.1

PO : PLASTIFICANTE ORDINARIO NI : SUPERPLASTIFICANTE
S : CEMENTO DE ESCORIA F : FLY ASH M : BLEEDING-REDUCING AGENT

Tabla 1.- Resultado del ensayo de inyección del concreto elaborado con agregado precolocado.

En la figura 12 se ha indicado uno de los resultados del ensayo. En el mortero con plastificante común, la superficie del mortero asciende manteniendo el gradiente de flujo inicial. En cambio, el mortero con superplastificante, en los 5-10 minutos del inicio de la inyección, presenta una suave pendiente y la superficie del mortero asciende manteniendo una horizontalidad aproximada. Además para su ascenso empuja el agua y no se observa el fenómeno del disturbio en la

superficie de contacto del mortero con el agua.

El valor del gradiente de flujo que se indica en la tabla 1 se ha obtenido cuando el mortero inyectado alcanza el 80% en relación de volumen y una vez que el gradiente de flujo se haya vuelto estable. Además, entre el tiempo de flujo del cono de fluidez y el gradiente de flujo existe muy poca correlación. Esto indica que con los valores medidos en el cono de fluidez no se pueden determinar a fondo las propiedades de inyección del concreto elaborado con agregado precolocado. Se hace necesario un dispositivo de medición que indique la influencia de la tensión de fluencia o de la viscosidad respecto a la velocidad real del mortero de inyección. Si se compara el mortero con superplastificante con respecto a uno con plastificante común, el uso del superplastificante aumenta el tiempo de flujo del cono de fluidez pero en cambio disminuye el gradiente de flujo. Esto se explicaría por el hecho de que el mortero con superplastificante se aproxima más al flujo de Newton (Newton body) por su pequeña tensión de fluencia. El aumento de la relación agua-cemento del mortero con superplastificante produce una notable segregación de los materiales. Por tal razón, en este ensayo se ha usado un agente reductor del sangrado (bleeding-reducing agent) como se indica en la tabla 1 (dosificaciones No. 6, 7 y 10) con sus resultados correspondientes. Así, en cuanto al gradiente de flujo no existe gran diferencia con el caso de utilizar el plastificante común.

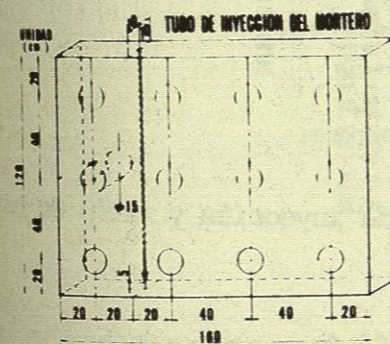


Fig. 11.- Posición de extracción de la muestra

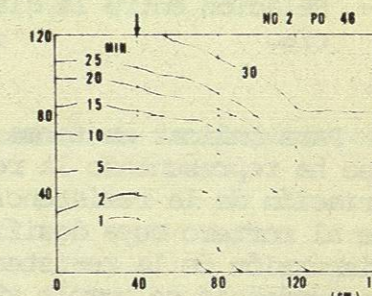
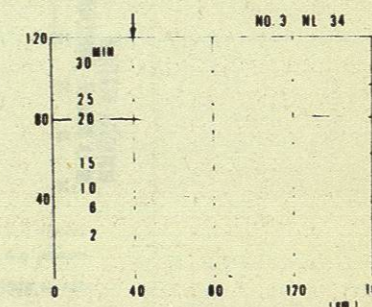


Fig. 12.- Uno de los resultados del ensayo de inyección

Una vez finalizada la inyección del modelo utilizado como espécimen, se llevó a cabo el proceso de curado al aire libre durante 28 días. Luego, como se indica en la figura 11, se ha extraído muestras de 15 cm de diámetro en dirección perpendicular a la inyección. Estas muestras constituyen los núcleos de cuadros de 40 x 40 cm. Una vez realizado el curado en agua de las muestras, hasta la edad de 91 días, se han efectuado ensayos de resistencia cuyos resultados son indicados en la tabla 1.

En la figura 13 se indica la proporción en que disminuye la resistencia del concreto respecto a la distancia de la boca de inyección. Para mayor facilidad, se ha indicado solamente la relación de disminución de la resistencia en la dirección horizontal y vertical pero se puede observar claramente que a medida que crece la distancia de flujo, la resistencia disminuye. Además, la disminución de la resistencia en un mortero con plastificante común (con mayor gradiente de flujo) es más notable que en el caso del mortero con superplastificante (con menor gradiente de flujo).

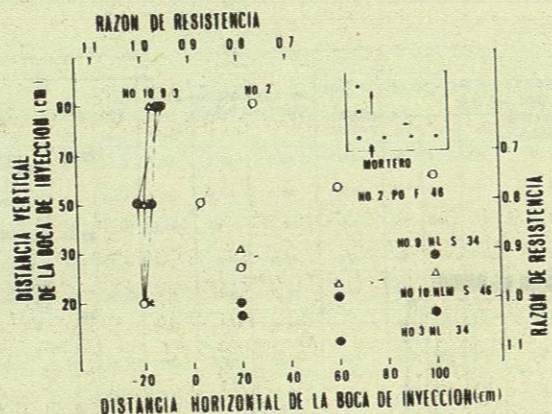


Fig. 13.- Relación entre la distancia a la boca de inyección y razón de resistencia.

Para indicar en forma cuantitativa los fenómenos antes dichos, en la figura 14 se ha representado la relación entre el gradiente de flujo y el coeficiente de variación de la resistencia a la compresión. Este gradiente de flujo corresponde al mortero cuya dosificación se indica en la tabla 1. Según esta figura, la dispersión de la resistencia es mayor cuanto mayor es el gradiente de flujo y esta tendencia se cumple aún en el caso de utilizar en el mortero el superplastificante y el agente reductor del sangrado (bleeding-reducing agent). Es decir, si el gradiente de flujo es pequeño en este tipo de mortero, también la dispersión de la resistencia se hace pequeña. Todo esto indica que la propiedad de distribución de la resistencia en el concreto elaborado con agregado precolocado se encuentra

estrechamente con el gradiente de flujo. La razón estaría dada por lo siguiente: Cuando el gradiente de flujo es grande, parte del mortero durante su traslado horizontal fluye hacia abajo siguiendo el gradiente de flujo y da lugar a la caída del mortero dentro del agua. Esto constituye en un arrastre de agua que aumenta la relación agua-cemento y al mismo tiempo la segregación de la pasta de cemento y el agregado fino. Como consecuencia la calidad del mortero disminuye. En el caso del mortero con superplastificante, por ser su gradiente de flujo pequeño, la disminución de la calidad debido al fenómeno antes dicho se hace menor. Y por ser pequeña la relación agua-cemento, aunque haya agua que tienda a aumentar dicha relación, es posible restringir al mínimo la disminución de la resistencia.

De todos modos, el resultado de la tabla 1 indica muy claramente que al utilizar el superplastificante en el concreto elaborado con agregado precolocado, es posible alcanzar los 500 Kg/cm² de resistencia. De este modo el método del concreto elaborado con agregado precolocado tendría su aplicación no sólo en el concreto masivo utilizado actualmente, sino también en concreto precolado, concreto pretensado y en numerosas obras terrestres.

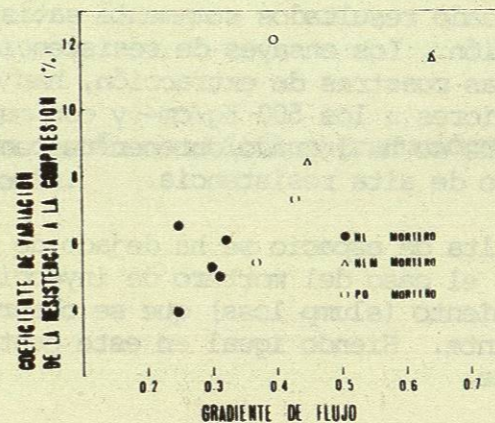


Fig. 14.- Relación entre el coeficiente de variación de la resistencia a la compresión y el gradiente de flujo.

5.- CONCLUSION.

El objeto de este trabajo ha sido investigar experimentalmente la obtención de la alta resistencia del concreto elaborado con agregado precolocado por medio del superplastificante. En lo referente a esta investigación se puede concluir:

- 1.- La propiedad de fluidez del mortero con superplastificante presenta marcada diferencia respecto al mortero utilizando actualmente. Esta característica consiste en que, aún con una relación de agua-cemento-pequeña se obtiene una pequeña tensión de fluencia y una viscosidad cinemática aproximadamente igual a un mortero ordinario.
- 2.- Hasta el momento, la medición del flujo del mortero de inyección para el concreto elaborado con agregado precolocado ha venido efectuándose por medio del cono de fluidez, más, la velocidad media de corte correspondiente a 20 segundos de tiempo de flujo es de 430 seg^{-1} , es decir, se está valuando la fluidez en torno a una gran velocidad de corte. Siendo que, en la práctica, en la construcción del concreto elaborado con agregado precolocado, la velocidad de corte que recibe el mortero con superplastificante en el cono de fluidez se está obteniendo un resultado erróneo.
- 3.- En el caso del empleo del superplastificante, también se necesita utilizar el polvo de aluminio. Pero la cantidad que se utiliza es menor, comparada con el mortero utilizado actualmente. Además, desde el punto de vista de la resistencia, la expansión más adecuada estaría dada entre 1 y 2%.
- 4.- Según los resultados de los ensayos con el modelo de gran tamaño, la reducción de la relación agua-cemento por la utilización del superplastificante ha dado resultados sumamente satisfactorios en las propiedades de inyección. Los ensayos de resistencia que se efectuaron una vez endurecidas las muestras de extracción, han dado como resultado resistencias superiores a los 500 Kg/cm^2 y con muy pequeña variación. Se puede decir que se ha logrado obtener un concreto elaborado con agregado precolocado de alta resistencia.
- 5.- Aunque por falta de espacio se ha dejado de incluir los correspondientes datos, en el caso del mortero de inyección no se observa la pérdida de revenimiento (slump loss) que se observa en el concreto con superplastificante. Siendo igual en este sentido con el mortero utilizado actualmente.

AGRADECIMIENTO.

Este trabajo ha sido el resultado de la investigación experimental efectuado durante varios años bajo la orientación del autor.

Especial reconocimiento a H. Moon, T. Kawai, H. Nagase quienes colaboraron en la investigación. A NISSO MASTER BUILDERS CO., LTD. y KAO SOAP CO., LTD. por su colaboración en la disposición de los materiales y en el ensayo del modelo de gran dimensión.

Al final, un agradecimiento especial por haber hecho la traducción al español del presente trabajo a la Ing. Yukiko F. Kishi de Paraguay, quien se encuentra al presente con una beca de investigación del gobierno japonés bajo la orientación del autor.

REFERENCIAS.

- 1.- Niimi, Y., Takegawa, K.
Construction Works with Prepacked Concretes. Sankaido, Tokyo, 1973.
- 2.- Akatsuka, Y., Seki, H.
Construction Methods with Underwater Concreting. Kajima Shuppankai, Tokyo, 1975.
- 3.- JSCE Concrete Standard.
Consistency Test of Grout Mortar for Prepacked Concrete (Método del "flow cone"). Japan Society of Civil Eng., Tokyo, 1977.
- 4.- Akatsuka, Y.
Basic Study on Quality Control of Prepacked Concrete for Harbour Construction Works. Concrete Library, No. 19, JASCE, Tokyo, 1968.

NOTA: Las bibliografías están con títulos traducidos al Inglés, pero son editados en japonés.