

dad el ensaye puede estandarizarse a esta temperatura. Para mantener la misma madurez de los especímenes desde grandes alturas hasta el nivel del mar, los especímenes deberán curarse de 91 a 99°C dependiendo de la altura del lugar, pero la duración del tiempo de calentamiento deberá incrementarse de 3 Hrs. 40 Min. a 3 Hrs. 45 Min. Están en estudio trabajos al -- respecto por los investigadores Malhotra y Zaldners para definir alturas -- sobre el nivel del mar, temperaturas y tiempo de calentamiento, que den la misma madurez.

Malhotra y Zaldners han realizado también pruebas de resistencia acelerada utilizando agregados ligeros consistentes en arcillas expandidas -- producidas por el método de hornos Rotatorios. La ecuación de regresión entre el curado acelerado y el estandar a 28 días fué:

$$Y = \frac{14.2 X}{0.001 X + 0.32} \text{ Kg./Cm.}^2$$

En estas pruebas, el ciclo total fué de 28 ¹/₂ Hrs. pero el período inicial de curado húmedo fué reducido a 23 Hrs., mientras que el período de espera, desde el momento en que se retiran los especímenes del agua caliente hasta el ensaye fué aumentado a 2 Hrs.

Los resultados de pruebas de resistencia acelerada son grandemente -- afectados, si se utilizan grandes cantidades de retardantes o cuando por errores al hacer el concreto varía la cantidad de retardante.

TRABAJOS EN MEXICO.-

Los Srs. Alejandro Graf y Sergio Zúñiga Ingenieros de la U.N.A.M., -- realizaron un estudio en el año 1969 sobre ensayos acelerados en el control de calidad en concreto. Su trabajo fue publicado en el No. 40 de la revista I.M.C.Y.C., han encontrado como conclusión la siguiente ecuación de regresión.

$$Y = \frac{X - 35.2}{0.0023 X} \text{ Kg./Cm.}^2$$

Con un coeficiente de correlación igual a 0.97 y una precisión de -- + 20%.

El procedimiento que se utilizó fué el modificado de ebullición con

humedad anteriores, deberán cubrirse los moldes con costales mojados húmedos, durante 24 horas.

3.- Después de 24 horas, deberán retirarse los cilindros del cuarto de curado y colocarse, junto con sus moldes y tapas, en agua en ebullición a 100°C (212°F).

4.- Después de 3 ¹/₂ horas se retirarán los cilindros del agua en ebullición, se quitarán los moldes, y se permitirá que los especímenes se enfríen a la temperatura ambiente durante 45 Min.

5.- Deberán pesarse los cilindros de ensaye, cabezales y ensayarse a la compresión 15 min. más tarde.

El tiempo total entre el moldeado y el ensaye de los cilindros deberá ser de 28 ¹/₂ Hrs.

Este método reúne los requisitos para considerarse como eficiente, no requiere de equipo costoso, basta un recipiente donde poner a hervir los especímenes con su molde.

La importancia del tiempo límite de 30 minutos entre el moldeado y los moldes de los especímenes de prueba, es con el fin de estandarizar el procedimiento de moldeado y evitar la pérdida de humedad del concreto prácticamente cuando el tiempo es caliente.

Sin embargo, existen algunas objeciones a este método que son las siguientes: Es necesario trabajar tiempo extra, para ensayar un espécimen que se haga durante la tarde en jornadas normales de 8 Hrs., aunque este problema se presenta también en los otros dos métodos en estudio por el Comité C-2 de A.S.T.M.

Otra objeción al método hecha por el Sr. Abdun-Nur es que la temperatura de ebullición varía con la altura sobre el nivel del mar, pudiendo llegar a variaciones de 2 a 9°C, esto sucede por ejemplo en la Cd. México donde se han realizado estudios manteniendo una temperatura en el tanque de curado de 91°C, esta temperatura es ligeramente más baja que la temperatura de hervido del agua a la altura de la Cd. de México, en esta ciudad

algunos variantes dadas las características propias de operación del Laboratorio central, que dá servicio a 7 plantas de concreto premezclado en la ciudad de México.

Los variantes fueron los siguientes:

- 1.- No se pudieron controlar las condiciones de temperatura y humedad a que estuvieron sometidos los cilindros durante las primeras 24 Hrs., aunque si se tuvieron precauciones y recomendaciones especiales para su cuidado.
- 2.- La inmersión de los cilindros en el agua en ebullición no fué exactamente a las 24 Hrs. sino en un período comprendido entre las 22 y 25 Hrs., debido a las grandes distancias por recorrer para recoger los cilindros.
- 3.- La temperatura del agua fué de 91°C, ligeramente abajo de la temperatura de ebullición en la Cd. de México.
- 4.- El período de tiempo para enfriado y recapeo fué de 30 a 45 minutos, en tanto que en el procedimiento original es de 45 minutos.

Se emplearon dos marcas de cemento portland tipo III y se usó un aditivo reductor de agua, para concretos en los que se deseaba una resistencia estandar de más de 210 Kg./Cm.² el revenimiento varió entre 8 y 15 cms. y el tamaño normal del agregado de 2 a 4 cms. Cada prueba consistió en el ensaye de dos cilindros.

La correlación determinada, puede mejorarse como lo indican los autores, si se logra una organización muy rigurosa en el transporte de los cilindros, reduciendo la variación de 3 Hrs. para el momento en que entraron al tanque de agua caliente los especímenes. Esta recomendación se concluye de los resultados de los coeficientes de variación reportados, en donde aparecen más altos los de los especímenes acelerados, siendo que los resultados reportados de los trabajos de varias organizaciones del Canadá son en sentido contrario. Esto es, los coeficientes de variación en los ensayos de cilindros curados en forma acelerada, son en general menores que los de compresión de cilindros curados en condiciones estandar 28 días,

El Ing. Sánchez Trejo, ha estado trabajando con diversos procedimientos de curado acelerado, en la ciudad de México. Con el procedimiento -- modificado de ebullición, ha determinado la ecuación de regresión.

$$Y = 7.52 X^{0.758}$$

Con un coeficiente de correlación igual a 0.976 y una precisión de $\pm 10\%$ que es muy bueno. El rango de la resistencia estandar a 28 días, fué de 60 a 200 Kg./Cm.². Para resistencias mayores de 200 Kg./Cm.², se aparta ampliamente esta ecuación de los valores experimentales.

En la Facultad de Ingeniería Civil de la U.A.N.L. hemos estado trabajando con curados acelerados desde 1968, a raíz de las conferencias que presentara en nuestra Facultad del Sr. V. Mohan Malhotra sobre este Tema.

Los resultados de los ensayos se pueden apreciar en la Table No. 6.

Se ha trabajado con cementos provenientes de 3 fábricas, dos de --- ellas Portland I y el otro Portland de Alto Horno, con agregados de caliza triturada con tamaño máximo de 1" y de 1 1/2" v en un caso con inclusor de aire, se utilizaron en un principio tanques de 200 litros de capacidad cortados a la mitad en los que se podrían colocar 3 cilindros cada uno -- hirbiendo los cilindros, actualmente disponemos de un tanque con capacidad para 24 cilindros con control automático de la temperatura.

Se hicieron cinco series de ensayos, una para cada marca de cemento, otra para una marca de cemento con aditivo inclusor de aire y la otra modificando el tiempo total del ciclo a 24 hrs, todos hechos en laboratorio.

La razón del caso 5, de hacer el ciclo completo en 24 Hrs. se aduce a la inconveniencia de trabajar tiempo extra cuando el muestreo del concreto se hace por la tarde. Se cambió el tiempo de curado previo al hervido para enfriamiento y recapeo a 2 Hrs. La desminución en resistencia con relación al curado húmedo inicial de 24 Hrs. según estudios de V. M. Malhotra es del orden del 2 %. Considerando que el fraguado final de los cementos varía entre 6 y 8 Hrs., y que la especificación de A.S.T.M. nos dice que los especímenes pueden retirarse de los moldes, de las 16 a las

algunas variantes dadas las características propias de operación del laboratorio central, que se servicio a 7 plantas de concreto premezclado en la ciudad de México.

Las variantes fueron las siguientes:

- 1.- No se pudieron controlar las condiciones de temperatura y humedad a que estuvieron sometidos los cilindros durante las pruebas las 24 Hrs., aunque si se tuvieron precauciones y recomendaciones especiales para su cuidado.
 - 2.- La inmersión de los cilindros en el agua en ebullición no fué exactamente a las 24 Hrs. sino en un periodo comprendido entre las 22 y 25 Hrs., debido a las grandes distancias por recorrer para recoger los cilindros.
 - 3.- La temperatura del agua fué de 91°C, ligeramente abajo de la temperatura de ebullición en la Cd. de México.
 - 4.- El periodo de tiempo para enfriado y recapeo fué de 30 a 45 minutos, en tanto que en el procedimiento original es de 45 minutos.
- Se emplearon los moldes de cemento portland tipo III y se usó un tipo reductor de agua, para concretos en los que se desee una resistencia estandar de más de 210 Kg./Cm.², el revenimiento varió entre 8 y 12 cms. y el tamaño normal del agregado de 2 a 4 cms. Cada prueba consistió en el ensayo de dos cilindros.
- La correlación determinada, puede mejorarse como lo indican los autores, si se logra una organización muy rigurosa en el transporte de los cilindros, reduciendo la variación de 3 Hrs. para el momento en que entran con al tanque de agua caliente los especímenes. Esta recomendación se concluye de los resultados de los coeficientes de variación reportados, en donde aparecen más altos los de los especímenes acelerados, siendo que los resultados reportados de los trabajos de varias organizaciones del Canadá son en sentido contrario. Esto es, los coeficientes de variación en los ensayos de cilindros curados en forma acelerada, son en general menores que los de compresión de cilindros curados en condiciones estandar

TABLA No. 6 RELACION ENTRE LAS RESISTENCIAS ACELERADA Y A LOS 28 DIAS
Trabajos Realizados en los Laboratorios de la Facultad de Ingenieria Civil, U.A.N.L.

CASO	PRUEBAS No.	METODO	T. MAX. AGR.	TIPO DE CEMENTO	ECUACION DE REGRESION	COEFICIENTE CORRELACION	RANGO DEL ENSAYE Kgs./ Cm.
1 LAB.	4	Modificado de ebullición -- 28 1/2 Hrs.	1 1/2"	Portland I Fab. (A)	Y= 177.2 + 1.35 X	0.981	177 a 306
2 LAB.	4	Modificado de ebullición -- 28 1/2 Hrs.	1 1/2"	Portland I Fab. (B)	Y= 144.4 + 3.03 X	0.999	185 a 288
3 LAB.	4	Modificado de ebullición -- 28 1/2 Hrs.	1 1/2"	Portland I Fab. (A) Aire Inclu.	Y= 27.1 + 2.08 X	0.999	121 a 258
4 LAB.	6	Modificado de ebullición -- 28 1/2 Hrs.	1" y 1 1/2"	Portland de alto horno Fab. (C)	Y= 13.5 + 2.77 X	0.990	121 a 300
5 LAB.	16	Modificado de ebullición -- 24 Hrs.	1" y 1 1/2"	Portland de alto horno Fab. (C)	Y= 84.3 + 1.62 X	0.918	147 a 291
6 CAMPO	24	Modificado de ebullición -- 28 1/2 Hrs.	1 1/2"	Portland I Fab. (A y B) Adit. Aceler.	Y= 129.2 + 1.4 X	0.896	198 a 313
7 CAMPO	14	Modificado de ebullición -- 29 1/2 Hrs.	1 1/2"	Portland I Fab. (A y B) Adit. Aceler.	Y= 129.4 + 1.2 X	0.874	202 a 315
8 CAMPO	81	Modificado de ebullición -- 28 1/2 Hrs.	1 1/2"	Portland I Fab. (A y B) Aire y Acel.	Y= 94.0 + 1.6 X	0.845	124 a 326

OBSERVACIONES:

- 1.- Cada prueba consistió en el ensaye en el Laboratorio de 3 cilindros, y en el campo de 2 (Casos 6,7 y 8).
- 2.- X= Resistencia a la compresión utilizando curado acelerado
Y= Resistencia a la compresión con curado estandar 28 días.
- 3.- Los agregados utilizados fueron de caliza triturada.