



Studies of Some Methods of Avoiding Expansion and Pattern Cracking Associated with the Alkali Reaction, Symp. on Use of Poz. Mat. in Mortars and Conc., ASTM Special Tech. Pub. No. 99, 1949, pag. 153-177.

- Stanton, T. E., Studies of Use of Pozzolans for counteracting Excessive Expansion Resulting from Reaction Between Aggregates and Alkalies in Cement., Symp. on Use of Poz. Mat. in Mortars and Conc., ASTM Special Tech. Pub. No. 99, 1949, pag. 153-177.
- Actuariamente, el Dr. Zawde Berhane es director asociado de la Facultad de Tecnología de la Universidad Addis Abeba. Ha sido el jefe del Departamento de Ensayos de Materiales e Investigación de la Facultad de Tecnología desde 1966 hasta 1978. Ha publicado un gran número de trabajos sobre tecnología del concreto, especialmente en lo que se refiere a problemas del concreto en climas calientes. El Dr. Berhane es un miembro senior de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de Etiopía y también miembro del ICI.

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND QUE CONTIENE MATERIAL PUZOLANICO NATURAL.

DR. ZAWDE BERHANE

RESUMEN

Se llevó a cabo una investigación sobre las propiedades del concreto fresco y endurecido fabricado con un cemento Portland local. El material puzolánico fue una puzolana de Pomez natural (ceniza volcánica) de la falla del valle Etíope. Fueron estudiadas once mezclas diferentes de concreto teniendo relaciones agua-cemento que variaron de 0.35 hasta 0.85. Se hicieron trescientos treinta y dos cubos de concreto y se ensayaron a los 3, 7, 28, 180 y 360 días de edad.

Para el mismo revenimiento, la demanda de agua de las mezclas de concreto fresco preparadas con el cemento Portland puzolánico, fue mayor que las mezclas similares preparadas con solo cemento Portland. Mientras que la relación entre los valores del revenimiento y cantidad de agua para las mezclas preparadas con sólo cemento Portland es casi una línea recta, para las mezclas preparadas con cemento Portland-puzolánico no lo es. Se indican las causas posibles de los efectos adversos del material puzolánico natural en las mezclas de concreto fresco.

Para la misma relación agua-cemento, las mezclas de concreto hechas con cemento Portland-puzolánico, dieron ligeramente mayor resistencia a la compresión que aquellas mezclas preparadas únicamente con cemento Portland. Por otra parte, cuando el revenimiento se mantuvo igual para los proporcionamientos correspondientes, las mezclas preparadas con el cemento Portland-puzolánico resultaron menos resistentes a la compresión que aquellas preparadas con cemento Portland únicamente. El promedio de las deficiencias fue 20% a la edad de 7 días y solamente el 7% a los 360 días.

* Profesor asociado y decano asociado de la Facultad de Tecnología de la Universidad de Addis Abeba, (Campo del Sur de la Universidad), Addis Abeba, -- Etiopía.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYE Y SUS RESULTADOS

Los diferentes proporcionamientos de las mezclas de concreto fueron calculados usando los métodos aceptados de diseño de mezclas (1). Se prepararon mezclas de tanteo en el laboratorio. Las propiedades del concreto fresco fueron observadas y se determinaron aquellas que pudieran ser medidas. Se observó que las mezclas de concreto preparadas con el "Cemento Portland-Puzolana" de Addis Abeba, dieron un concreto fresco con medidas mucho más reducidas en valores de revenimiento comparadas con los resultados obtenidos de mezclas similares preparadas con cemento Portland ordinario.

Las mezclas de concreto fresco con relación es agua-cemento de 0.35 a 0.45 fueron tan duras y difíciles de moldear, que fue necesario poner una "sobrecarga" sobre los moldes durante el vibrado. Como resultado de las observaciones arriba mencionadas, se decidió realizar dos series de ensayos.

En la primera serie se hicieron mezclas diferentes con relación agua-cemento variando de 0.35 hasta 0.85 y con proporciones de mezcla similares a las usadas en una investigación anterior (2).

En estas series se encontró que fue imposible obtener resultados razonables usando solamente el cono de revenimiento para medir la consistencia del concreto fresco de las diferentes mezclas. Así pues, se usó el ensaye de Vebe además del ensaye del cono de revenimiento. Los resultados se muestran en la tabla III.

Tabla III.- Propiedades del concreto fresco - Series I

Relación agua-cemento en peso	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
Contenido de cemento Kg/m ³	485	450	400	385	345	315	310	285	265	250	247
Contenido de agua lts/m ³	170	180	180	193	190	189	202	200	200	200	210
Consistencia (revenimiento) en cm.	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.5	2.5	3.0	4.0	4.5	7.0
Consistencia (Vebe) en segundos	52	35	30	20	22	19	11	9	9	6	4
Consistencia (revenimiento) en cm (2)	1	4	6	9	10	12	13	14	15	15	19

Los resultados dados en la tabla III indican claramente que el cemento, "Cemento Portland-Puzolana", tiene un pronunciado efecto negativo en la trabajabilidad del concreto fresco de las diferentes mezclas, lo cual es muy importante desde el punto de vista práctico. En la práctica, el técnico que fabrica el concreto generalmente va añadiendo agua hasta que logra la trabajabilidad requerida del concreto fresco. La adición de más agua que la necesaria en el pro-

yecto de la mezcla incrementa la relación agua-cemento lo cual a su vez afecta adversamente la resistencia del concreto endurecido.

Como anteriormente se mencionó, con el objeto de observar los efectos adversos de tales adiciones de agua en las resistencias de las diferentes mezclas usadas en la serie I, se decidió efectuar otras series (serie II) de ensayos con diferente cantidad de agua. Los resultados se dan en la tabla IV. En la serie II la cantidad de agua se aumentó en cada mezcla hasta casi lograr el mismo revenimiento que se consiguió en una mezcla similar usada en una investigación anterior (2) preparada con cemento Portland ordinario. Por consiguiente, otros ingredientes (agregados) fueron ajustados. La cantidad adicional de agua requerida varió de mezcla a mezcla. La más alta fue del orden del 15% y la más baja 9%. El promedio fue 12%.

(2) Resultados de una reciente investigación con cemento Portland normal (Ver referencia No. 2).

N.B.: Todas las cantidades de la tabla III son el resultado del promedio de tres muestras.

Tabla IV.- Propiedades del concreto fresco - Serie II

Contenido de cemento kg/m ³	485	450	400	385	345	315	310	285	265	250	247
Contenido de agua litros/m ³	195	205	205	220	210	210	220	220	225	277	230
Consistencia (revenimiento) en cm	1 (0.40)	4 (0.46)	5 (0.51)	9 (0.57)	9 (0.61)	11 (0.67)	13 (0.71)	13 (0.77)	14 (0.85)	16 (0.91)	17 (0.93)
Consistencia (Vebe) en segundos	21	11	7	3	3	-	-	-	-	-	-
Incremento en el contenido de agua (%)	14.7	13.9	13.9	14.0	10.5	12.2	8.9	10.0	12.5	13.5	9.5
Consistencia (revenimiento) en cm (2)	1	4	6	9	10	12	13	14	15	15	19

N.B.: Todas las cantidades de la tabla IV son el promedio de los resultados de tres muestras.

(2) Las cantidades en paréntesis son relaciones agua-cemento en peso y sin incluir el agua de absorción.

Los especímenes para la resistencia a la compresión se prepararon de acuerdo a la designación ASTM C192-69. Se usaron moldes cúbicos de acero de 15 cm. A la edad de 3, 7, 28, 180 y 360 días los especímenes fueron ensayados aplicándoles la carga a una velocidad promedio de 8 kg/cm²/seg. Los especímenes de los 3, 7, 28 días fueron ensayados en condiciones de saturados superficialmente secos y otros en condiciones de secos al aire. El número de especímenes ensayados al mismo tiempo fue de 3 cubos por cada variable. Los resultados del ensaye a compresión de las series I, II y la de referencia No. 2 se muestran en las tablas Nos. V, VI y VII, respectivamente.

Tabla V.- Resultados de ensaye de resistencia a la compresión (kg/cm²) Serie I.

Rel. A/C (en peso)	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
Edad en días											
3	282	234	198	170	129	122	97	75	71	61	54
7	339	324	278	241	212	179	153	122	104	92	80
28	472	462	414	372	318	290	240	201	176	162	140
180	651	635	576	547	476	456	390	330	302	272	243
360	700	682	624	566	514	458	429	367	328	300	262

N.B.: Todas las cantidades en la tabla V son el promedio de 3 especímenes.

Tabla VI.- Resultados de ensaye de resistencia a la compresión (kg/cm²) Serie II.

Consistencia (revenimiento) en cm.	1	4	5	9	9	11	13	13	14	16	17
Edad en días											
3	246	195	147	118	100	83	75	59	50	45	37
7	334	267	214	177	150	124	113	87	69	61	54
28	481	396	343	287	244	211	194	154	123	122	92
180	649	582	507	450	400	357	329	288	231	217	190
360	695	609	550	489	426	392	356	306	259	243	210

N.B.: Todas las cantidades en la Tabla VI son el promedio de 3 especímenes.