



El Sr. Scanlon está activo en las organizaciones técnicas -- tanto nacionales como internacionales. Actualmente es:

1. Jefe del Grupo en los Estados Unidos para el comité de Intercambio Científico en Concreto con polímeros de US-USSR.
2. Representante del Cuerpo de Ingenieros de ASTM para la Unión Internacional de Ensayes y Laboratorios de Investigación para Materiales y Estructuras (RILEM).
3. Presidente del Comité de ACI 211, Proporcionamiento de Mezclas de Concreto.
4. Miembro de Comité 306 de ACI, Concreto en Clima Frio.
5. Miembro del Comité 306 de ACI, Concreto en Clima Caliente, Agregado; y 115, Investigación.
6. Miembro del Comité C-9 ASTM, Concreto y Agregados para concreto, C-1, Cemento y responsable de cuatro sub-comités para 21 estándares de ASTM.
7. Miembro del Comité de Presas Grandes de los Estados Unidos.

* Jefe de la División de Tecnología del Concreto, Laboratorios de Estructuras, US Army Engineer Waterways Experiment Station, P.O. Box 631, Vicksburg, Mississippi 39180, U.S.A.

PROPORCIONAMIENTOS DE CONCRETO, QUE CONTIENEN PUZOLANA NATURAL, CENIZA VOLANTE Y ESCORIA, PARA USOS EN AGUA DE MAR.

MR. JOHN M. SCANLON*

RESUMEN

Muchos técnicos del concreto están preocupados por la resistencia del concreto que contiene puzolana natural, ceniza volante y escoria debido al deterioro causado por el agua de mar. El concreto que contenga estos materiales -- puede hacerse tan resistente y durable como el concreto que contenga sólo cemento Portland normal. Se analizan los procedimientos de proporcionamiento de concreto para asegurar calidad adecuada, durabilidad y facilidad de colado. Se enfatiza la relación agua/cemento (A/C) y como recalcular relaciones efectivas de A/C por volumen cuando se usa puzolana natural, ceniza volante ó escoria. Las densidades de los materiales involucrados ocasionan problemas al hacer el proporcionamiento, pero debido a la energía usada para producir cemento portland, necesitamos desarrollar otra tecnología para consumir menos energía al utilizar algunos materiales de desperdicio que consumen menos energía.

* Jefe, División de Tecnología del Concreto, Laboratorio de Estructuras, U.S. Army Engineer, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi 39180, U.S.A.

INTRODUCCION

Como Director actual del Comité 211 del Instituto Americano del Concreto, sobre Proporcionamientos de Mezclas de Concreto, me enorgullece la terminación y pronta publicación de la revisión del ACI 211.1-77, "Practica Recomendada para la Selección de Proporcionamientos para los Concretos Normal y Pesado"; ésta incluirá procedimientos para el proporcionamiento de los concretos conteniendo ceniza volante. Ha llegado el momento en que prácticamente todos los concretos deben incluir el uso de cementos con puzolanas naturales, C.V., y cemento de escoria; tenemos que utilizar estos aditivos para reducir la cantidad de cemento Portland que se utiliza en todo el mundo. No únicamente estamos utilizando un material de desperdicio que ordinariamente no se usaría, sino que también estamos reduciendo la cantidad necesaria del producto que requiere un alto consumo de energía para su elaboración. En los Estados Unidos, a pesar de que la decisión no ha sido finalizada en cuanto a esta revisión, todas las Agencias -- Federales tendrán que justificar el no usar estos aditivos antes de que se les autorize utilizar mezclas de concreto con cemento Portland puro en sus construcciones.

Muchos tecnólogos del concreto se rehusan a utilizar ingredientes adicionales en el concreto dando la excusa de que estos agregados adicionales pueden afectar la uniformidad del concreto o que éstos afectarán adversamente varias de las cualidades del concreto endurecido. Estas son excusas de personas que generalmente se oponen al cambio y prefieren apegarse a la tecnología antigua.

Uno de los principales pre-requisitos esenciales de un buen tecnólogo del concreto es poder estar y mantenerse al nivel del estado del arte e incorporar lo bueno y descartar lo inaceptable. Una de las otras excusas que utilizan algunos tecnólogos es que el concreto se utilizará en agua de mar, y deducen que estos aditivos afectarán adversamente al concreto expuesto al agua de mar.

Si no se desea otro ingrediente por problemas de uniformidad, deberíamos utilizar cementos mezclados que llenan el requisito del ASTM C 595; (6) estos cementos mezclados incluyen:

- a) Cemento Portland de Escoria de Alto Horno, Tipo IS y IS-A, con modificación de resistencia al sulfato Tipo IS (MS) o Tipo IS (MH) de calor moderado en la hidratación.
- b) Cemento Portland Puzolánico.
- c) Cemento de Escoria.
- d) Cemento Portland Puzolánico Modificado.

El proporcionamiento del concreto utilizando estos diferentes aditivos quizá requieran algunas consideraciones respecto a los efectos de éstos en el concreto, pero serían las mismas consideraciones que se tomarían en cuenta cuando se trata de determinar los efectos de diferentes tipos de agregados, agua y

cementos Portland sobre las propiedades del concreto para algunas condiciones en particular. Si conocemos el ambiente al cual en concreto endurecido estará expuesto, podemos proporcionar la mezcla con estos aditivos al igual que lo hacemos cuando proporcionamos una mezcla que contiene 100% de cemento Portland.

DEFINICIONES

En seguida el ASTM C 595 define algunos aditivos minerales de los cuales hablaremos en este trabajo:

a. "Puzolana - un material silíceo o silíceo y aluminoso, que en sí posee poco o nada de valor cementante, pero que en forma fina y con la presencia de humedad, reacciona químicamente con hidrato de calcio a temperaturas normales - para formar compuestos poseedores de propiedades cementantes".

Información adicional nos dice que "Puzolanas que pueden emplearse en la elaboración de cementos Portland puzolánicos y puzolánicos modificados incluyen materias naturales como algunos suelos diatomáceos, cuarzos opalinos y pizarras, piedras volcánicas, y ceniza volcánica o pumicitas. También se emplean materiales procesados por alcinación como los que nombramos y algunas de las arcillas más comunes, pizarras del tipo montmorillonita y caolinita, y dichos materiales artificiales como el sílice precipitado y algunas cenizas volantes".

b. "Cemento de Escoria - un cemento hidráulico consistiendo principalmente de una combinación uniforme de escoria de alto horno granulada y cal hidratada, en el cual el constituyente de escoria es por lo menos un 60% del peso del cemento de escoria".

El ASTM C 595 también proporciona en seguida las definiciones para los diferentes tipos de cementos mezclados que se mencionan en la Introducción:

a. "Cemento Portland de Escoria de Alto Horno - un cemento hidráulico consistiendo de una combinación íntima y uniforme de cemento Portland y escoria fina de alto-horno granulada, ambos elaborados intermoliendo la escoria de cemento Portland y escoria de alto horno granulada, donde el constituyente de escoria es entre un 25 y 65% del peso del cemento Portland de Escoria de Alto Horno".

b. "Cemento Portland Puzolánico - un cemento hidráulico consistiendo de una mezcla íntima y uniforme de cemento Portland o Portland de escoria de alto horno y puzolana fina, elaborado ya sea intermoliendo clinker de cemento Portland y puzolana, o mezclando (Nota 3) cemento Portland o Portland de escoria de alto horno con puzolana molida finamente o una combinación de intermoler y mezclar, donde el constituyente de puzolana es entre 15 y 40% del peso del cemento Portland Puzolánico".

c. "Cemento Portland Puzolánico Modificado - una mezcla íntima y uniforme de cemento Portland o Portland de escoria de alto horno y puzolana fina, elaborado ya sea intermoliendo clinker de cemento Portland y puzolana, o mezclado cemento Portland o Portland de escoria de alto horno y puzolana molida finamente, o una

combinación de intermoler y mezclar, donde el constituyente de puzolana es menos de un 15% en peso del cemento Portland Puzolánico Modificado".

PROPIEDADES DEL CONCRETO

Las propiedades del concreto dependen de la calidad de los ingredientes y de como se combinan y reaccionan uno con otro. Cuando el concreto va a ser expuesto al agua de mar, es deseable utilizar aire incluído y una relación agua/cemento baja para que el concreto tenga la mayor impermeabilidad. Si el concreto va a estar expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y mojado y secado, como puede ocurrir en una cuenca marítima, entonces hay necesidad absoluta del aire incluído. Un concreto que estará expuesto al agua de mar también deberá tener una granulometría que resulte en una densidad máxima. El uso de aditivos minerales normalmente aumentará la manejabilidad y densidad, mientras que reduce la relación agua/cemento, subsecuentemente resultará en mayor resistencia última. La adición de un aditivo mineral al concreto, ya sea como un componente separado o como un cemento combinado, afecta todas sus propiedades. Estos aditivos funcionan tanto como agregado fino, y como material cementante. Como agregado fino, ayudan a incrementar la manejabilidad, y como material cementante contribuyen a la resistencia máxima del concreto.

En Abril de 1965, la Estación Experimental de Ingeniería de Vías Navegables de la Armada de Estados Unidos publicó el Reporte 12 del Trabajo Misceláneo (1) No. 6-123, "Investigación sobre Materiales Reemplazantes del Cemento"; éste reporte estaba bajo la dirección del Sr. Bryant Mather y basado sobre ensayos efectuados bajo la supervisión del Sr. William O. Tynes. Ese reporte de los resultados de la investigación de los efectos de 16 materiales reemplazantes del cemento en cuanto al desarrollo de la resistencia a compresión, durante 10 años de curado húmedo, de los especímenes tomados de 193 diferentes proporcionamientos de concreto hechas con 5 diferentes cementos Portland, y dos relaciones de A/C, 0.5 para el concreto estructural y 0.8 para el concreto masivo. En total se reporta de 4634 ensayos de resistencia a la compresión. Los siguientes son los porcentajes óptimos tentativamente supuestos de los materiales reemplazantes escogidos para utilizarse en la Investigación del Sr. Mather.

Tipo Material	Supuesto Porcentaje Optimo Reemplazando al cemento -- Portland por volumen sólido
I Escoria de alto horno granulada	50
II Cementos Naturales	35
III Ceniza Volante	45
IV Vidrio Naturales (Volcánicos)	35
V Pizarras opalinas Calcinadas	30
VI Diatomita no calcinada	12

Todos los concretos comparables tenían generalmente las mismas relaciones de A/C por volumen, contenidos de aire, y revenimientos. Se reportaron los siguientes resultados de los ensayos a compresión de especímenes de 10 años para las revolturas conteniendo cemento Portland del Tipo II y un 6 + 0.5% de contenido de aire.

MEZCLA	Relación A/C	
	0.5	0.8
	psi (Mpa)	
100% Cemento Portland	7250 (50)	3380 (23.3)
30% Escoria de alto horno granulada	6730 (46.4)	3010 (20.7)
50% Escoria de alto horno granulada	6100 (42.0)	2990 (20.6)
35% Cementos naturales	6740 (46.4)	2990 (20.6)
50% Cementos naturales	5970 (41.1)	3020 (20.8)
30% Ceniza volante	6430 (44.3)	2780 (19.2)
45% Ceniza volante	6070 (41.8)	2750 (18.9)
25% Piedra ponreita	6230 (42.9)	3100 (21.4)
45% Piedra ponreita	5410 (37.3)	2590 (17.8)
30% Pizarras opalinas calcinadas	5610 (38.7)	2810 (19.4)
12% Diatomitas no calcinadas	6680 (46.0)	3090 (21.3)
16% Diatomitas no calcinadas	6790 (46.8)	3340 (23.0)

Los resultados deberán despreocupar a cualquiera acerca de la seguridad de estos materiales en proporcionar una resistencia a la compresión adecuada. En lo referente al proporcionamiento de la mezclas, hay algunas otras propiedades aparte de la resistencia, de las cuales deberíamos preocuparnos.

MANEJABILIDAD, REQUERIMIENTO DE AGUA Y SANGRADO

Considerando que el concreto fresco necesita ser mezclado, transportado, colado, compactado y acabado, deberíamos estar muy preocupados con las propiedades de la manejabilidad, requerimiento de agua y del sangrado. En la literatura técnica encontramos informes con ejemplos de reportes donde se mejora la manejabilidad cuando se usa ceniza volante en una mezcla. Las experiencias del autor en el bombeo de las mezclas de concreto áspero incluyeron soluciones tal como la de agregar un bulto (36.3 Kgs.) de ceniza volante por 0.76 mto. cúbico para incrementar las propiedades de bombeo del concreto. Aunque las puzolanas y ceniza volante generalmente aumentan la manejabilidad del concreto, muchos autores (5) han encontrado resultados mixtos. Por lo tanto, para colados de ensayo, es mejor iniciar con el contenido de agua basado en una mezcla de concreto conteniendo un 100% de cemento Portland.