

sultado una menor contracción y expansión (Tabla 3) explicando así la elevada resistencia al congelamiento y resistencia al resquebrajamiento.

REFERENCIAS.

1. Lamprecht, H. O., 1968, Opus Caementitium. Verlag H. Fliieger. Dusseldorf.
2. Malinowski, R et al, 1961, Durability of Roman Concrete for hydraulic structures at Caesarea and Tiberias. RILEM, Prag.
3. Vitruvius, M. P., Ten Books on Architecture. Dover Publ., New York.
4. Billner, K P, US Patent 2.046867, 1936.
5. Malinowski, R & Wenander, H, 1975, Factors determining characteristics and composition of vacuum-dewatered concrete. Journal of American Concrete Institute No. 3, 1975.
6. Barnbrook, G, 1974, Concrete ground floor construction for the man on site, Nr 1 and 2. Cement and Concrete Association, London.
7. Deacon, R. Colin, 1974, Concrete ground floors. Cement and Concrete Association, London.

CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO-INTERACCION ENTRE EL AGUA DE AMASADO, EL AREA SUPERFICIAL DEL ESQUELETO GRANULAR Y LA RELACION AGUA/CEMENTO.

M. Sabesinsky Felperin*

RESUMEN

En el presente trabajo, se investiga en Concretos frescos preparados con Esqueletos Granulares Compactos, los requerimientos de agua de amasado para obtener una determinada Consistencia, en función del área superficial de estos agregados granulares compuestos.

Se estima al Concreto de cemento Portland como a "un Cuerpo Compuesto de dos fases". Los agregados granulares, compuestos de partículas de diferentes tamaños y formas (Esqueleto Granular), constituyen la fase interna, discontinua o carga, en un medio fase externa o matriz, que puede llegar a ser continua (Pasta Conglomerante).

Los Concretos examinados fueron preparados con Esqueletos Granulares de Tamaños Máximos de 1,1 a 35.0 mm., calculados en base a Módulos Granulométricos obtenidos en estudios de compacidad para Cuerpos Compuestos de masa definida, con efecto pared. Las partículas componentes fueron obtenidas procesando agregados granulares de mayor empleo en la zona: Piedra Partida Granítica, Canto Rodado (Río Uruguay), Canto Rodado (Río Tercero) y Arena Silíceas (Río Paraná). Las Pastas Conglomerantes empleadas corresponden a relaciones agua/cemento de 0,35 a 0,70.

Se observa cómo la Consistencia del Concreto fresco, dentro del rango plástico, resulta ser proporcional a la relación entre el agua de amasado y el agua de mojado o retenida total por el Esqueleto Granular. Esta proporcionalidad es distinta para cada relación agua de amasado/cemento de la Pasta Conglomerante y superficie específica del cemento Portland componente.

El agua de mojado o retenida total resulta ser función de los Módulos Granulométricos de los agregados granulares componentes, de acuerdo a las expresiones encontradas como consecuencia de estudios sobre efectos de superficie y naturaleza mineralógica. Permite considerar la forma de las partículas granulares y se obtiene como suma de las aguas de mojado o retenida por cada uno de los agregados componentes del Esqueleto Granular.

* Profesor Titular (Investigador) - Jefe del Laboratorio de Tecnología de Materiales de Construcción y Hormigón (IMAE) - Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería (Universidad Nacional de Rosario-Argentina).

Para un mismo valor de la relación "agua de amasado/agua de mojado o retenida total", la Consistencia del Concreto Fresco resulta ser independiente del Tamaño Máximo Nominal del Esqueleto Granular y de la naturaleza mineralógica de los agregados naturales normales, gruesos y finos que lo componen.

Para una determinada Consistencia, si la pasta es de relación agua/cemento baja, hace falta mucha pasta en relación a una menor cantidad de la misma, pero de más alta relación agua/cemento.

OBJETO DEL PRESENTE TRABAJO:

Este trabajo es parte de un amplio Plan de Investigación tendiente a establecer relaciones de semejanza entre Concretos preparados con Esqueletos Granulares de distintos Tamaños Máximos (Micro, Normal y Macro-esqueleto), e investigar las propiedades mecánicas y físico-químicas a través del Micro-concreto, empleando técnicas e instrumental más adecuados a la búsqueda de determinados parámetros micro-estructurales.

En este trabajo se considera como interactúan entre sí, el agua de amasado, el área superficial del Esqueleto Granular y la relación agua/cemento de la Pasta Conglomerante.

INTRODUCCION.

En el presente trabajo se investiga en Concretos frescos y en función del área superficial de los Esqueletos Granulares componentes, los requerimientos de agua de amasado para obtener una determinada Consistencia de estos Cuerpos Compuestos.

El cemento Portland y el agua de amasado constituyen la Pasta que conglomeran las partículas que componen el agregado granular compuesto. En base a las investigaciones llevadas a cabo en trabajos previos (1), (2), (3), (4) y (5), se ha concluido que ambos deben ser considerados en forma conjunta, en lugar de estimar al primero como a un material granular más entre los componentes del hormigón a elaborar. La influencia de la pasta de cemento se hace sentir desde el momento en que sus componentes se incorporan al conjunto granular compuesto.

En consecuencia, considerando a la pasta de cemento por una parte y a los agregados gruesos y finos por la otra, se puede estimar al Concreto de cemento Portland como a "un Cuerpo Compuesto de dos fases", donde los agregados granulares compuestos de partículas de diferentes tamaños y formas (Esqueleto Granular), constituyen la fase interna, discontinua o carga, en un medio fase externa o matriz, que puede llegar a ser continua (Pasta Conglomerante).

En Concreto fresco, la Consistencia depende de la presencia de la pasta entre las partículas del agregado compuesto y de la película de recubrimiento de las mismas. En el Concreto endurecido, la porosidad total de la pasta completamente hidratada depende del contenido de cemento y de la cantidad de agua empleada durante el amasado. Para relaciones agua/cemento de 0,35 a 0,70, de acuerdo con Brunauer (6), esta porosidad varía respectivamente de 25% a 50% del volumen sólido total.

En trabajos previos que conforman el Plan de Investigación expuesto precedentemente, se ha investigado la composición de Esqueletos Granulares Compactos de mínima superficie específica los cuales para una determinada cantidad de cemento y Consistencia del Concreto fresco permiten reducir a un mínimo, la cantidad requerida de agua de amasado. En estos trabajos se ha determinado para cada agregado grueso componente y forma de sus partículas (angulosas o redondeadas), el "Mó-

dulo Granulométrico del Esqueleto Granular Compacto (Ma)". Este, resulta ser función lineal del logaritmo del correspondiente Tamaño Máximo Nominal ($D_{m\acute{a}x-mm}$), considerándose como tal, al lado de la abertura de malla de un tamiz supuesto que deja pasar el 95% del total del agregado granular analizado granulométricamente.

El Esqueleto Granular puede reproducirse, ya sea por la Ley de las Mezclas, partiendo de los Módulos Granulométricos de los agregados componentes respectivos o por composición de retenidos parciales.

En la composición de los Esqueletos Granulares Compactos se excluyen las partículas superfinas que pasan a través del tamiz No. 100 (0,149 mm), las que presentan marcada influencia sobre las propiedades reológicas del Concreto fresco y son consideradas como "adiciones minerales activas".

El agua retenida por efecto de superficie y naturaleza mineralógica o agua de mojado, complementa los valores que particularizan a un terminado agregado granular dado por su Módulo Granulométrico y su Tamaño Máximo Nominal ($D_{m\acute{a}x-mm}$), (2) (3) y (7).

En determinadas condiciones de humedad y temperatura, por efecto de superficie, a través de la cantidad de agua adsorbida es posible considerar la influencia de la forma de las partículas granulares y la naturaleza mineralógica de las mismas. El "agua adsorbida", a diferencia del "agua absorbida", queda adherida a la superficie de las partículas granulares en la forma de una capa tenue, como consecuencia de la capilaridad y tensión superficial. El "agua de absorción o agua de penetración", corresponde a un mecanismo diferente ya que depende fundamentalmente de la porosidad de las partículas granulares y necesita cierto tiempo para cumplir el proceso y llegar a la saturación, por inmersión en agua.

El agua de amasado resulta ser función de la superficie de las partículas granulares que componen el Cuerpo Compuesto de cemento Portland. Existen valores de acuerdo con Feret (8), que expresan el agua de amasado de un mortero, en función de las partículas gruesas, medianas y finas de la arena y del cemento componentes. Bolomey (9), estableció fórmulas empíricas para calcular la cantidad de agua necesaria para mojar un agregado, en relación al diámetro de los granos o de la malla de los tamices inferior y superior que lo comprenden, y de un coeficiente que depende del peso sólido de la roca origen del agregado, forma de las partículas, rugosidad de su superficie y grado de fluidez del Concreto. Una fórmula posterior de Bolomey (10), proporciona la cantidad total de agua de amasado del concreto, en relación al cemento Portland, al peso de los agregados gruesos y finos, a la Consistencia del Concreto fresco y al Módulo Granulométrico de estos agregados.

Interesa en consecuencia, determinar el "agua de mojado o retenida", por unidad de peso por los distintos agregados granulares considerados, en relación a su correspondiente Módulo Granulométrico y por extensión al Esqueleto Granular Compacto que estos agregados componen y relacionar esta agua total con el agua de amasado indispensable para obtener una determinada consistencia del Concreto fresco, para una prefijada relación agua/cemento de la Pasta Conglomerante.

La consistencia se refiere al carácter de la mezcla fresca, con respecto a su estado de fluidez. Una mezcla es plástica cuando su consistencia se encuentra entre las secas desmenuzables y las muy fluidas y es capaz de deformarse, sin ser

gregarse. La consistencia o grado de fluidez del concreto fresco constituye una parte importante de la trabajabilidad. Esta es una propiedad más compleja que la consistencia puesto que involucra no solamente a las propiedades de las mezclas, sino también a las condiciones de colocación para obtener el grado requerido de consolidación, conservando la homogeneidad del cuerpo compuesto fresco. Una mezcla fresca de determinada consistencia puede ser trabajable para un determinado elemento resistente a conformar y no para otro, aparentemente muy semejante.

Conforme a las conclusiones de trabajos ya desarrollados (11), (12), (13), (14), (15), (16) y (17), en el concreto fresco, la consistencia depende de la presencia de la pasta de cemento entre las partículas del agregado granular compuesto. Los esqueletos granulares compactos dan concretos cuya consistencia en estado fresco, resulta ser función del espesor de la película de pasta envolvente de las partículas que lo componen. Si el esqueleto granular no es compacto y tiene gran cantidad de vacíos, parte de la pasta se pierde por ocupar estos vacíos y queda menor cantidad de pasta disponible como envolvente de las partículas componentes.

De acuerdo a las consideraciones y conclusiones precedentes, en este trabajo, se investiga el mecanismo de interacción entre el agua de amasado y el área superficial del esqueleto granular estimada por el agua de mojado o retenida total, para pastas conglomerantes de distintas viscosidades expresadas por la relación entre sus componentes, agua y cemento.

TRABAJO EXPERIMENTAL.

Los diferentes esqueletos granulares empleados fueron compuestos con agregados de mayor empleo en la zona: Piedra Partida Granítica, Canto Rodado (Río Uruguay), Canto Rodado (Río Tercero) y Arena Silíceo (Río Paraná). Las pastas de cemento empleadas corresponden a relaciones agua/cemento de 0,35 a 0,70.

Se llevaron a cabo sucesivas determinaciones del agua de mojado o retenida por efecto de superficie y naturaleza mineralógica por las partículas granulares que componen los agregados ya mencionados. Para ello, previamente se procedió a descomponer granulométricamente cada agregado granular examinando separadamente sus parciales componentes, por empleo de los tamices: 50,8 mm - 38,1 mm - 25,4 mm - 19,1 mm - 12,7 mm - 9,52 mm - No. 4 (4,76 mm) - No. 8 (2,38 mm) - No. 16 (1,19 mm) - No. 30 (0,59 mm) - No. 50 (0,297 mm) y No. 100 (0,149 mm). Sobre estos retenidos parciales se llevaron a cabo las determinaciones de agua de mojado, en sucesivas series, promediando los valores obtenidos, previa selección aplicando el Criterio de Chauvenet.

En base a los valores medios del agua de mojado correspondiente a los sucesivos retenidos parciales se determinó el valor del agua retenida total en función del módulo granulométrico de cada familia de agregados particularizadas por su naturaleza mineralógica y forma de sus partículas (angulosas o redondeadas).

El agua de mojado o retenida total por cada esqueleto granular (AR_{n-cm^3}), se calcula como suma de las aguas de mojado o retenidas por cada uno de los agregados granulares componentes.