



El Dr. Pisidhi Karasudhi nació en el año de 1938 en Bangkok, Tailandia. Actualmente es profesor y director de la división de Ingeniería Estructural y Construcción del Instituto de Tecnología Asiática. Recibió su grado de bachillerato en Ingeniería Civil de la Universidad de Chulalongkorn en 1961, su título de maestría en Ingeniería Estructural de la Escuela de Graduados de Ingeniería, SEATO, en 1963, actualmente trabaja como el jefe del Instituto de Tecnología Asiática y como su director en Ingeniería Civil en la Universidad Noruega en 1968.

El profesor Karasudhi inició su carrera de profesor en Eire de 1969 en la AIT\*. Los cursos que ofrece y la supervisión de investigaciones cubren un amplio espectro desde cimentaciones en mecánica de suelos hasta construcción a bajo costo y materiales nuevos.

Sus afiliaciones profesionales incluyen la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) y el Sigma Xi. También presta sus servicios en el Comité Editorial de el Journal Internacional de Estructuras y en el Journal de

Fig. 11. - El efecto de calor y de humedad en la resistencia de hormón \* Instituto de Tecnología Asiática.

**ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACION Y REACTIVIDAD DEL CEMENTO DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ.**

Dr. Pisidhi Karasudhi\*, M.W.J.A. Silva y P. Nimityongskul.

**RESUMEN**

Este trabajo comienza con un estudio bibliográfico del estado actual de la investigación del cemento elaborado con ceniza de cáscara de arroz, y recomienda los temas para futuro trabajo de investigación. Posteriormente, la parte restante de este trabajo, trata de una investigación sobre los efectos de la temperatura de quemado y los métodos de enfriamiento para la reacción del cemento con ceniza de cáscara de arroz (CCA). La temperatura de quemado varía de 200°C hasta 1000°C. Un análisis de difracción de rayos X, se utiliza para determinar la reactividad, y la resistencia a la compresión de los morteros hechos de un proporcionamiento, se analizaron las combinaciones de varias relaciones entre el cemento portland normal y el cemento con ceniza de cáscara de arroz.

Del análisis de difracción de rayos X, se encontró que la transformación de la sílica en el cemento con ceniza de cáscara de arroz, de amorfa a cristalina, ocurre a una temperatura de quemado entre 800°C y 1000°C, y el cemento con ceniza de cáscara de arroz obtenido de un horno de hogar abierto, contiene sílica amorfa. Se sugiere que la temperatura óptima de quemado sea de 400°C para obtener la reacción satisfactoria del (CCA).

La reactividad también depende de los métodos de enfriamiento. El cemento de ceniza de cáscara de arroz se obtiene directamente del horno y se enfría bruscamente a 5°C, en comparación con el enfriado a temperatura ambiente, es más fácil triturar y dar una alta resistencia inicial a la compresión en los morteros de cemento portland normal con (CCA). Sin embargo, la resistencia a la compresión a lo 28 días de los morteros hechos con los dos tipos de cemento de ceniza de cáscara de arroz son prácticamente iguales.

En conclusión, este trabajo recomienda la fabricación de cemento de ceniza de cáscara de arroz en hornos de hogar abierto para áreas remotas en países en vías de desarrollo.

\* Instituto de Tecnología Asiático, P.O. Box 2754, Bangkok, Thailand

## INTRODUCCION

En años recientes, muchos países en desarrollo están intentando desarrollar nuevos materiales de construcción a partir de materia prima disponible localmente, como los son los desechos agrícolas e industriales. Los estudios de muestran que se pueden utilizar varios materiales de desecho, mediante tratamiento adecuado, para producir diferentes tipos de materiales de construcción. Su uso no resultaría solamente en economizar el costo de la construcción, sino también a un nivel más amplio, ayudar a mejorar la economía de los países en desarrollo. En los países productores de arroz, se está volviendo problemático deshacerse de la ceniza de la cáscara de arroz, y se ha introducido su utilización para producir materiales para construcción.

Hay dos objetivos principales en este estudio, el primero trata con la investigación bibliográfica del estado actual de uso de la ceniza de cáscara de arroz en la producción de materiales para construcción. El segundo objetivo es el de investigar experimentalmente los efectos de las temperaturas de quemado y métodos para enfriar, en lo que respecta a la reaccionabilidad de la ceniza de cáscara de arroz.

El programa de ensaye también incluyó una investigación de las propiedades físicas y químicas de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) y de la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland y ceniza de cáscara de arroz (CCA).

## INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

### General

Se están llevando a cabo muchas investigaciones, y es reconocido ampliamente el potencial de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) para producir un material cementante. Se están considerando los métodos de producción de CCA que no requieren máquinas o equipos sofisticados los más adecuados a implementar en los países productores de arroz. Sin embargo, se puede esperar que el uso de maquinaria en los procesos de producción asegurarán productos de alta calidad y uniformidad. Los investigadores en este campo han sugerido varios enfoques a la producción de material cementante a partir de la CCA. Estos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- 1).- Mezclando o intermolviendo CCA con cemento Portland o cal. En esta clasificación, la CCA se puede obtener como sigue:
  - a).- CCA obtenida mediante un quemado controlado.
  - b).- CCA obtenida mediante un quemado en campo abierto.
  - c).- Ceniza de calentadores.
- 2).- Quemando una mezcla de cáscara de arroz y arcilla o cal. Esta clasifi-

cación cubre los métodos que se pueden adoptar en las áreas rurales.-- Estos métodos se dan a continuación:

- a).- Quemando una mezcla de cáscara de arroz y arcilla para obtener una puzolana de cáscara de arroz y arcilla. Esta puzolana puede mezclarse con cal para formar un material cementante.
- b).- Quemando una mezcla de cal de desperdicio y cáscara de arroz.

El método para producir cementos hidráulicos a partir de estos enfoques se describirá en detalle, y se discutirán algunos resultados relevantes obtenidos de los experimentos.

### CCA Obtenida mediante un quemado controlado.

Se han llevado a cabo trabajos de investigación en muchas partes del mundo para desarrollar un material cementante a partir de CCA quemada controladamente. Un quemado controlado es el proceso de quemar la cáscara de arroz a una temperatura constante durante un tiempo específico. Una investigación bibliográfica (1, 2, 3, 4 y 5) indicó que el quemar la cáscara de arroz bajo condiciones diferentes cambiaba las características de la ceniza. La temperatura y tiempo de quemado se controlaron de tal manera que no se rompió la estructura celular de la cáscara, y el sílice producido así estaba en estado amorfo, el cual se consideró reactivo.

### Método de producción

La cáscara de arroz fue quemada en un incinerador bajo condiciones controladas. La temperatura del proceso de quemado varió desde 400°C hasta 600°C. La CCA obtenida así puede mezclarse con cal y/o cemento Portland para producir un material cementante a través de:

- i).- Intermoliendo CCA con cal y/o cemento Portland en cantidades adecuadas en un molino de bolas. El método y tiempo de molido varió dependiendo de la fineza requerida.
- ii).- Mezclando, CCA bien molida, con cal y/o cemento Portland en cantidades adecuadas.

### CCA Obtenida mediante un quemado en campo-abierto

El quemado a campo-abierto es el método común y relativamente fácil de deshacerse de las cáscaras de arroz en los países productores. Ni la temperatura ni el tiempo de quemado están controlados en el quemado a campo-abierto. Es un proceso auto-combustible. Se han llevado a cabo investigaciones para usar CCA quemada en campo abierto en lugar de CCA con quemado controlado para produ-

cir cemento de ceniza de cáscara de arroz.

#### Método de producción

La OCA obtenida mediante un quemado en campo abierto puede usarse para producir un material cementante como se describe a continuación:

- i).- Moliendo ceniza con cal y/o cemento Portland en cantidades adecuadas en un molino de bolas.
- ii).- Mezclando ceniza molida con cal y/o cemento Portland en cantidades adecuadas en una mezcladora.

#### Uso de la Ceniza de Calentadores

La cáscara de arroz se utiliza como combustible en los calentadores (boilers) de algunas plantas procesadoras de arroz. Al residuo se le llama ceniza de calentador, la cual actualmente se está desechando como material de desperdicio. Se han realizado investigaciones en Kanpur, India para producir un material cementante a base de cal usando ceniza de calentador. La tecnología consistió en moler ceniza con cal hidratada y aditivo (cemento Portland) a razón de 60:30:10 en peso. La mezcla fue molida en un molino de bolas cerca de 7 horas. Se encontró que la superficie específica era de alrededor de 1 m<sup>2</sup>/gr. Este cemento está fabricado bajo el nombre comercial de "ASHMOH".

Una planta piloto basada en esta tecnología está en producción de prueba. Cuando se ensayó este producto dio resistencias a la compresión de 90 kg/cm<sup>2</sup> (1280 psi), 125 kg/cm<sup>2</sup> (1780 psi) y 150 kg/cm<sup>2</sup> (2130 psi) a los 3, 7 y 28 días respectivamente. Se recomendó este producto para usarse en ladrillos, bloques, mosaicos y otros trabajos de mampostería.

#### Puzolana de Cáscara de Arroz y Arcilla.

Se puede obtener un material puzolánico usando cáscara de arroz y arcilla. Se han llevado a cabo investigaciones para producir un material cementante mezclando puzolana de cáscara de arroz y arcilla con cal en cantidades adecuadas. Este método se podría implementar como una industria a pequeña escala en regiones productoras de arroz.

#### Método de producción.

a).- Materiales.- Se hizo una mezcla de cáscara de arroz y arcilla usando cantidades iguales, en peso, de los ingredientes. Se humedeció la mezcla con agua y se formaron pellets. Se secaron bajo el sol y encendieron en un soporte abierto. Dado que los pellets son auto-combustibles, no se requirió combustible adicional, sólo el suficiente para encenderlos.

b).- Molido.- Se puede moler el producto quemado hasta obtener un polvo muy fino. Esto se logra con un molino de bolas para lograr la fineza requerida. Investigaciones sobre esto han sido realizadas por Daas y Rai (7) y Datta y Daas (8). La conclusión general fue de que se podía utilizar la puzolana-cal como un cemento para mampostería. Sin embargo, se continúan realizando investigaciones.

#### MATERIAL CEMENTANTE A PARTIR DE CAL DE DESECHO Y CASCARA DE ARROZ

Se puede desarrollar un nuevo material cementante, a partir de cal de desecho y cáscara de arroz, que resulta adecuado particularmente para la vivienda rural a bajo costo. En el proceso se puede usar la cal de desecho arrojada por las industrias azucarera, papelera y curtidora. El proceso de producción de estos materiales es relativamente sencillo.

#### Métodos de producción

a).- Materiales.- La cáscara de arroz y la cal se secaron mezclados en una proporción 2:1 en volumen o en cantidades iguales en peso. La cáscara de arroz que se utiliza en este proceso debe estar triturada y la caliza debe estar seca y en forma de polvo. Después de mezclarse adecuadamente, se agregó agua a la mezcla seca en tal cantidad que se pudieran formar manualmente bolas con la mezcla. Estas bolas se dejaron al aire para secarse antes de ser quemadas.

b).- Quemado.- Las bolas secas fueron quemadas sobre un soporte abierto. En este proceso no se requirió de combustible adicional dado que la cáscara de arroz es un material autocombustible.

c).- Molido.- El material quemado obtenido estaba en forma de polvo suave que posteriormente fue molida preferentemente en un molino de bolas para lograr la fineza suficiente.

Se necesita más investigación para determinar el uso de este material como un cemento para mampostería. El progreso de esta producción se verá restringido ya que ambas materias primas no se encuentran disponibles juntas en muchas áreas. Se debe realizar un análisis de costos para justificar la economía de este cementante antes de producirlo a escala comercial.

#### PROSPECTOS FUTUROS EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ.

La necesidad de alternativas con respecto al cemento Portland normal (CPN).

Debido al auge en la construcción, las industrias cementeras en muchos países se ven imposibilitadas de alcanzar la cada vez mayor demanda de cemento. Los diferentes proyectos que son implementados para el desarrollo de un país, no deben verse afectados por escasez de materiales de construcción. Si se propor-