



Limpeza de superficies de concreto (2)

La eliminación de manchas por medio de procedimientos mecánicos se describió en detalle en la primera parte de esta publicación.¹ También se trataron los productos de limpieza ácidos y alcalinos. Esta segunda parte está consagrada a procedimientos menos ordinarios, basados frecuentemente en la utilización de solventes o productos químicos en soluciones acuosas.

La eliminación de manchas por medio de solventes o de soluciones acuosas es un asunto delicado; por ser el concreto poroso y absorbente, puede darse el caso de que los productos de limpieza líquidos hagan penetrar las manchas más profundamente en el concreto o que se extiendan más ampliamente en la superficie. Esta es la razón de que sean necesarias técnicas especiales, por ejemplo, la utilización de pastas.

Las pastas resultan de la mezcla de una materia fina inerte (absorbente) con los solventes o las soluciones. Cuando una pasta se aplica sobre una mancha, el solvente comienza por difundirse en el interior del concreto, disuelve una parte de la mancha, vuelve a la materia inerte y luego se evapora, dejando la mancha en la materia fina. Después del secado, se elimina la materia fina por medio de cepillado. Es posible que este tratamiento tenga que repetirse varias veces.

Los absorbentes que han pasado la prueba son la piedra pómez y las calcáreas pulverizadas, la tierra diatomita, el caolín, el talco, el gis, el cemento, etcétera. Las principales exigencias que deben satisfacer los absorbentes utilizados son las siguientes: ²

- Ser de granos finos, con el fin de que se absorba una cantidad máxima de líquido.
- Tener una distribución granulométrica que permita la obtención de pastas maleables.
- Ser químicamente inertes en presencia de productos químicos, es decir, que el carbonato de calcio (gis), la



Resumen:

Numerosas impurezas de las superficies de concreto pueden eliminarse por medio de un tratamiento con productos químicos apropiados.

Los productos químicos utilizados en la industria de la construcción

El Fondo Nacional Suizo de Seguros en Caso de Accidentes (CNA), en Lucerna, ha reaccionado ante la utilización creciente de productos químicos en la construcción publicando un folleto gratuito titulado *Los productos químicos utilizados en la industria de la construcción*.³ En su introducción se encuentra información general concerniente al uso de productos químicos, así como una apreciación de la situación jurídica (obligaciones de los patrones y los trabajadores). En otros capítulos, se trata acerca de diferentes grupos de productos químicos y su utilización, del peligro para la salud, así como de medidas de protección y primeros auxilios en caso de accidente.

Los graffiti

piedra calcárea molida, las cales hidratadas, y los cementos, por ejemplo, no deben utilizarse con los ácidos. En numerosos casos, los absorbentes son intercambiables.

Eliminación de manchas

Diferentes empresas se han especializado en la eliminación de manchas. Por otra parte, se encuentran en el mercado productos apropiados que, con frecuencia, no están específicamente concebidos para manchas determinadas. En ocasiones se utilizan mezclas y procedimientos especiales que se mencionan en diversas publicaciones.^{1, 2, 4 4-14} A continuación se presenta una selección de diferentes procedimientos de limpieza.

No todas estas recetas permiten obtener resultados inmediatos y, en todo caso, el éxito no puede ser garantizado del todo. Por eso, en lugares muy visibles, la limpieza debe estar precedida de pruebas realizadas exitosamente en zonas menos visibles. Por otra parte, hace falta tener en cuenta el hecho de que el empleo de productos químicos no está exento de peligros (véase el recuadro "Productos químicos utilizados en la industria de la construcción") y exige personal con la debida formación. Una lista de productos químicos mencionados en la presente publicación figura en el cuadro 1, con sus clases de toxicidad y contaminación de las aguas.

Eliminación de manchas determinadas

Asfalto y betún

Los diferentes tipos de asfalto someten las superficies de concreto a acciones más o menos fuertes. El asfalto fluido penetra de manera relativamente profunda en el concreto. Se proponen diversos métodos de limpieza.^{2, 3, 5} Se aconseja proceder como sigue:

- Preparar una pasta compuesta de un solvente orgánico, por ejemplo, tetracloruro de carbono, keroseno o tolueno, y tierras diatomitas o de talco;
- extenderla sobre las manchas;
- una vez seca, eliminarla por medio de cepillado;

Los *graffiti* –dibujos o palabras pintados o garrapateados en los muros –son un fenómeno de nuestra época. Con frecuencia no son más que garabatos, pero llega a darse el caso de que se pueda hablar de obras de arte.

Un muchacho con un atomizador puede elegir actualmente entre más de 300 pinturas que se aplican con atomizador, entre pigmentaciones diversas, así como también entre numerosos lápices-fielros. Y a la variedad de los productos químicos utilizados, se agrega el hecho de que la industria de colorantes fabrica productos cada vez mejores y más resistentes, lo que hace todavía más difícil la eliminación de estas "obras de arte".

La limpieza es, pues, difícil y costosa. Además de los productos químicos que se venden en el comercio, no queda, a decir verdad, más que los procedimientos por abrasión, tales como el sopleteado con arena o el chorro de agua bajo presión, que dejan rastros muy visibles sobre las superficies de concreto. Además, parece que las superficies recién limpiadas, de concreto u otras, llaman particularmente la atención de los *graffiteros*. La industria ha reaccionado a este estado de cosas creando diferentes sistemas de protección, que facilitan la eliminación de los *graffiti*.

Protección de obras

- repetir una o dos veces las dos operaciones precedentes;
- tratar la superficie con un polvo abrasivo y agua;
- enjuagar a fondo.

Por lo regular, no es posible proteger directamente las obras contra los *graffiti*. Por esta razón, se ha recurrido a procedimientos que impiden en gran medida que la pintura penetre en la pasta de cemento endurecida.⁷

Otro procedimiento —excluyendo el sopleteado con arena— consiste en aplicar sobre las manchas, varias veces durante una hora, una tela no pintada empapada de sulfóxido dimetílico, cepillar en seguida la superficie con jabón, con polvo abrasivo y agua, y finalmente enjuagar con agua.

- recubrimientos
- impregnaciones
- impregnaciones y recubrimientos combinados

El asfalto fundido no penetra. En ningún caso hace falta utilizar solventes para eliminarlo. El procedimiento es el siguiente:^{2, 4}

- Enfriar con hielo las gotas que hayan caído sobre la superficie;
- rascar;
- tratar la superficie con el polvo abrasivo y con agua;
- enjuagar a fondo con agua.

En seguida se presentan brevemente ejemplos de estos tres procedimientos

Recubrimientos

Las superficies que se quieren proteger se recubren, por ejemplo, con un barniz PURO extraduro, que resiste la intemperie y los rayos ultravioleta. En las superficies pretratadas de esta manera, se puede eliminar la pintura, así como las manchas y los restos de carteles, con una limpieza apropiada. Este procedimiento es utilizado sobre todo para las superficies que deben ser limpiadas con frecuencia (pasajes subterráneos). Puede darse el caso de que ciertos productos puedan presentar los inconvenientes siguientes:

El asfalto emulsionado no penetra más que levemente. Se puede eliminar como el asfalto fundido.

Las figuras 1 a 12 ilustran la eliminación de betún por medio de una pasta compuesta de tricloreto y de bentonita.⁵

Bebidas²

El procedimiento que se describe a continuación es conveniente para eliminar las manchas de café, té, limonada, vino y bebidas alcohólicas:

- Lavar la superficie con agua caliente jabonosa y enjuagar;
- cepillar con una solución de hipoclorito de sodio diluido (solución acuosa a 5 por ciento de hipoclorito de sodio/agua 1/6)* o con agua de Javel diluida (agua de Javel/agua 1/6;

- Si se debe eliminar el recubrimiento, sólo puede hacerse difícilmente.

- enjuagar con agua.

Otras posibilidades:

- Recubrir con un trapo empapado de una solución de glicerina en agua (1/4). Una solución compuesta de glicerina, de isopropanol y de agua (1/2/4) actúa más rápidamente.
- Para las manchas difíciles de eliminar, las pastas compuestas de tricloretileno/talco han demostrado su eficacia.

Bronce, cobre, latón^{2, 4, 6}

Cuando el agua que ha estado en contacto con el bronce, el cobre o el latón, corre o se queda en forma de gotas en una superficie de concreto, aparecen manchas verdes y a veces café o negras. Se propone, entre otros, el método de limpieza siguiente:

- Mezclar cloruro de amonio o de aluminio y un absorbente (tierra diatomita, bentonita, talco, etc.), en proporción de 1/4, mezclar con una solución acuosa a 26 por ciento de amoniaco (1/3) hasta la obtención de una pasta lisa;
- aplicar la pasta con un cepillo o con espátula, en un espesor de 3 a 6 mm; una vez seca la pasta, eliminarla con el polvo abrasivo y agua.

Por lo regular, es necesario repetir tres veces estas operaciones para que todas las manchas desaparezcan.

Chicle

Se congela el chicle con un espray refrigerante, después se raspa la materia que se vuelve pulverizable.² Otro método consiste en levantar lo más posible el chicle raspándolo, y aplicar en seguida una pasta compuesta de sulfuro de carbono o de cloroformo y un absorbente inerte. Después se quita todo esto con un cepillado.²

Lápices

- El aspecto de la superficie de los elementos de construcción puede eventualmente ser modificado.
- Reducción del poder de difusión del vapor del concreto.

Impregnaciones

Los productos de protección de débil viscosidad se aplican a la superficie por medio de rociado, varias veces. La materia es aspirada por capilaridad. Los compuestos organosilíceos engendran combinaciones fisicoquímicas con la pasta de cemento endurecida; la superficie del concreto se impermeabiliza. Se utilizan igualmente impregnaciones oleóforas (oleoresistentes).

Los productos de impregnación a base de polisacáridos permiten aplicar sobre el concreto películas muy finas, reversibles. Estas películas sirven de colchones separadores que impiden una relación directa entre la pintura y la superficie del concreto. Y como son solubles al agua, se pueden eliminar por lavado al mismo tiempo que la pintura. Inconvenientes posibles:

- Después de la eliminación de los graffiti, es necesario aplicar

El raspado con un vidrio celular ha mostrado su eficacia. Igualmente se puede proceder como sigue:⁵

- Mojar la superficie con una solución de nitrato de sodio en agua (1/4);
- Llevar la superficie de concreto a una temperatura de 200-250 °C, sirviéndose de una lámpara para soldar;
- lavar con agua.

Tinta

La mayor parte de las manchas de tinta se pueden eliminar de esta manera:²

- Disolver peroxidato de metaborato de sodio en agua caliente;
- preparar una pasta con un absorbente;
- aplicar la pasta;
- quitar la pasta seca cepillándola;
- repetir el tratamiento con la pasta si subsiste un color azul.

Otros procedimientos consisten en poner sobre las manchas pedazos de trapo empapados en una solución de amoníaco o en agua de Javel diluida en agua (5/1).²

Helados

Las manchas de helados generalmente pueden eliminarse por medio de una limpieza a vapor. Si las manchas de los colorantes alimenticios subsisten, es necesario utilizar pastas compuestas de cloroformo, tetracloruro de carbono, o de sulfato de carbono y un absorbente.²

Grasas²

Quitar lo mejor posible la grasa por medio de raspado. Con frecuencia se pueden eliminar enseguida las manchas restantes frotando con agua jabonosa, ortofosfato de sodio, o

una nueva película.

- El lavado no quita sino parcialmente la película en los poros, lo que puede crear sombras (retoques necesarios).
- Las películas no resisten la intemperie más que bajo ciertas condiciones.

Impregnación y recubrimiento

Se aplica una capa sacrificial sobre una impregnación. El procedimiento es el siguiente:

- Impregnación a base de compuestos organosilíceos;
- recubrimiento resistente a la intemperie, compuesto de cera mejorada por materia sintética.

La capa sacrificial puede ser eliminada al mismo tiempo que los *graffiti*, por medio de lavado con agua caliente con un limpiador o, después de haber extendido allí hojuelas de CO₂, por soplado del polvo así obtenido.

polvo abrasivo. Si eso no fuera suficiente, es aconsejable proceder como sigue:²

- Preparar una pasta espesa compuesta de cloroformo o tolueno y de un soporte inerte;
- cepillar la superficie cuando la pasta esté completamente seca;
- de ser necesario, repetir el tratamiento con la pasta;
- frotar con agua que contenga jabón, ortofosfato de sodio o polvo abrasivo;
- enjuagar con agua.

Aceites minerales

Las manchas frescas de aceite pueden eliminarse como sigue:²

- cubrirlas con papel absorbente (sin frotar);
- extender sobre las manchas un absorbente, por ejemplo, tierra diatomita o talco;
- quitar el absorbente después de aproximadamente un día, raspar las partes solidificadas;
- si todavía se encuentran visibles restos de aceite, frotar con una fuerte solución de jabón, después con agua;

Para manchas fuertes (aceite que haya penetrado profundamente en el concreto), puede ser necesario proseguir el tratamiento:²

- Aplicar una pasta espesa compuesta de hidróxido de sodio en agua (1/20) y gis en polvo;
- dejar secar completamente;
- quitar con cepillo;
- lavar con agua.

En lugar de las pastas antes mencionadas, también se puede

utilizar una pasta compuesta de tolueno y de un absorbente tal como bentonita, caolín o calcárea en polvo. Después de haberla cepillado, se lava la superficie primero con agua jabonosa y luego con agua pura.⁶

Aceites vegetales

Las manchas frescas de aceite vegetal se tratan como las de aceite mineral. En caso de manchas muy fuertes, también ha probado su eficacia una pasta con otra composición:²

- Mezclar ortofosfato de sodio, peroxidato de metaborato de sodio y polvo de talco (1/2/3);
- agregar una fuerte solución caliente de jabón, hasta obtener una pasta espesa;
- extender la pasta sobre las manchas en un espesor de aproximadamente 3 mm;
- quitar con cepillo;
- lavar con agua.

Pinturas, barnices²

Hacer absorber las salpicaduras de pintura fresca por medio de pedazos de tela o de papel absorbente. (No frotar, ya que eso hace penetrar la pintura en los poros del concreto.) Lavar en seguida la superficie de concreto con polvo abrasivo y con agua. Si quedan rastros de pintura, es necesario esperar algunos días y recurrir en seguida a un procedimiento para pinturas secas. Las pastas compuestas por un soporte inerte y un producto que elimina las manchas de pintura, a la venta en el comercio, han resultado buenas. Un procedimiento eficaz es el de frotar la superficie de concreto con una solución de 1.0 kg de hidróxido de sodio en 3.3 l de agua, o aplicar una pasta compuesta de esta solución y de un soporte inerte. Lavar en seguida con mucha agua. Otros procedimientos, en ².

Productos de descimbrado

En el mercado se encuentran numerosos productos que permiten eliminar los residuos de los productos de descimbrado. En numerosos casos, es suficiente frotar con

vidrio celular.⁶

Productos de curado²

Los productos de curado que habitualmente se utilizan desaparecen rápidamente por efecto de la abrasión o de la eliminación natural por la intemperie. Pero si esto dura demasiado tiempo, es necesario eliminar los residuos.

Para los productos de curado a base de silicato de sodio, a menudo es suficiente frotar vigorosamente con agua y polvo abrasivo.

Para los productos de curado a base de cera o de materia sintética, o a base de caucho clorado, se aconseja proceder como sigue:

- Preparar una pasta compuesta de acetona, de acetato de metilo, de metanol, de tolueno, de etanol, de cloruro de etileno (5/3/2/25/19/8) y de un soporte inerte;
- aplicar la pasta y dejarla actuar de 30 a 50 minutos;
- raspar la pasta, después frotar con agua adicionada de un detergente.

Se pueden igualmente utilizar pastas que contengan tetracloruro de carbono, cloroformo, cloruro de etileno, tricloroetileno, tolueno o exileno.

Productos impermeabilizantes²

- Eliminar tanto como sea posible por medio de raspado;
- preparar una pasta compuesta por un soporte inerte y etanol, y aplicarla;
- eliminar la materia opulverizable con un cepillo duro;
- lavar bien con agua caliente adicionada de ortofosfato de sodio o de un detergente poderoso (producto de lejía).

Herrumbre

Para pequeñas manchas de herrumbre superficiales, se

recomienda proceder de esta manera:⁴

- Preparar una solución de ácido oxálico en agua (1/9);
- aplicar la solución por medio de un cepillo;
- dejar que actúe de dos a tres horas;
- frotar la superficie con un cepillo duro o con una escoba, rociando con agua.

Para manchas de herrumbre más profundas:²

- Disolver 310 g de citrato de sodio en 1.9 l de agua tibia, agregar 3.5 kg de glicerina;
- preparar una pasta espesa con esta solución y tierra diatomita;
- aplicar la pasta sobre las manchas y dejar que actúe durante dos o tres días;
- quitar el polvo seco con cepillo;
- si quedan manchas, repetir el tratamiento con la pasta;
- lavar con agua.

En lugares bien aireados, se pueden igualmente eliminar manchas de herrumbre fuertes y profundas procediendo como sigue:²

- Disolver 620 g de citrato de sodio en 3.8 l de agua tibia;
- aplicar esta solución con el cepillo varias veces en una media hora, o extender sobre las manchas un pedazo de trapo empapado de esta solución;
- para las superficies horizontales,

-extender sobre las manchas tiosulfato de sodio en una capa delgada y rociar con agua;

-recubrir con una pasta compuesta de tierra diatomita o con talco y agua;

- para las superficies verticales,

-poner la pasta compuesta de tierra diatomita o de talco y agua sobre una llana y extender

los cristales de tiosulfato de sodio, rociando ligeramente con agua;

-aplicarla sobre las manchas de modo que el tiosulfato de sodio llegue sobre la superficie

del concreto;

- quitar el "emplasto" después de una hora;
- repetir el tratamiento si subsisten las manchas; si no, lavar con mucha agua;
- aplicar una vez más una solución de citrato de sodio (protección contra nuevas manchas).

Si las manchas café se vuelven negras después del tratamiento con tiosulfato, es necesario tratarlas con peróxido de hidrógeno, después, una vez más, con tiosulfato de sodio.

Sangre²

- Saturar la superficie con agua fría;
- extender el peróxido de sodio en capas delgadas sobre las manchas;
- pulverizar agua sobre la superficie o recubrirla con un trapo húmedo;
- después de algunos minutos, lavar con agua, luego frotar vigorosamente con un cepillo;
- eliminar los residuos alcalinos con un vinagre o con ácido acético diluido (ácido acético/agua = 1/19), y enjuagar bien con agua.

Se utiliza igualmente tiosulfato de sodio (no en lugares cerrados), ortofosfato de sodio, o una solución acuosa a 3 por ciento de peróxido de hidrógeno.

Manchas de frutas²

Se frota la superficie de concreto con una solución de polvo de lejía en agua caliente. Si después de la limpieza la superficie no está pareja porque ha sido atacada por el ácido de las frutas, se puede mejorar untando polvo de piedra pómez por medio de un bloque de madera.

Arcilla

Raspar la materia incrustada, y eliminar lo que resta frotando con agua caliente que contenga ortofosfato de sodio o un detergente poderoso.²

* El texto al que se refiere aquí el autor fue reproducido en el número 117 de *Construcción y Tecnología* (febrero de 1998). **(Esta nota va al pie de la página correspondiente, que es la 1, donde está la llamada con el asterisco)**

* Salvo indicaciones en contrario, las proporciones dadas para los productos químicos y solventes se relacionan a la masa. **(Esta nota va al pie de la página correspondiente, donde está la llamada con el asterisco)**

Bibliografía

1. Hermann K, Nettoyage de surfaces de béton (1)", *Bulletin du ciment* 65 [5] , 1977. pp.3-7.
2. Kuenning, W., *Removing stains from concrete*, The Aberdeen Group, Addison, ¿1986?
3. Jermini, C., *Les produits chimiques utilisés dans l'industrie du bâtiment*, 3a. ed., Departamento de Seguridad del Trabajo del Fondo Nacional Suizo de Seguros en Caso de Accidentes (CNA), Lucerna, 1995, 24 pp., referencia 44 013.f.
4. Hurd, M.K., "Cleaning concrete", *Concrete Construction* 37 [11] , 1992, pp. 791-797.
5. "Nettoyage du béton", *Bulletin du ciment* 47 [21] , 1979, pp. 1-8
6. Bisle, H., *Ausbessern von Betonoberflächen*, 2a. ed., Bauverlag, Wiesbaden, 1978, 229 pp.
7. Ramesohl, H., "Graffitischutzsysteme", *Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen* 1 [5] , 1995, pp.427-435.
8. Meyer, H., "Reinigung mineralischer Baustoffe", en *Bautenschutz und bausanierung in theorie und praxis*, revisado

por Bayplan, Munich, *circa* 1990.

9. Verhoef, L.G.W., (ed), *Soiling and cleaning of building façades*, Report of Technical Committee 62 SCF Rilem, Chapman and Hall, Londres, 1988, pp. 124-135.

10. Huberty, J.M., *Fassaden in der Witterung*, Beton-Verlag, Düsseldorf, 1983, pp. 57-65.

11. Honold, R., *Reinigung, Schutz und Konservierung von Aussenfassaden zur Werterhaltung und im Denkmalschutz*, Bauverlag, Wiesbaden, 1979, pp. 14-40.

12. Bisle. H., *Betonsanierungs-Systeme - praxiserprobt*, Bauverlag, Wiesbaden, 1988, 184 pp.

13. Werner, M., "Graffiti und Farbschmierereien ein Problem?", *Bautenschutz VBK* 1994 [2], 16-19.

14. Michel, W., "Algen-, Moos- und Pilzbefall", *Applica* 1996 [13-14], 42-43.

Este artículo fue publicado en *Bulletin du ciment* y se reproduce con la autorización de TBF



Estructuras prefabricadas de concreto

En muchos aspectos, las actividades productivas han tenido mundialmente cambios importantes, producto de las tendencias inevitables de la modernización; sin embargo, en la industria de la construcción en México aún se emplean procesos constructivos no muy diferentes a los utilizados desde hace medio siglo. Las estructuras prefabricadas de concreto, a pesar de ser un ejemplo prometedor de nuevos procesos constructivos, todavía no son muy frecuentes en nuestro país.

Ventajas y posibles limitaciones

En toda actividad productiva, el control de calidad y la duración del proceso son factores relevantes para obtener un producto aceptable. En el caso particular de la industria de la construcción de estructuras de concreto, los procesos constructivos que se emplean actualmente no difieren mucho de aquellos que comenzaron a utilizarse hace algunas décadas. Por ejemplo, casi la totalidad de estas edificaciones se cuelean en sitio, con métodos laboriosos de construcción de cimbra, de transporte, así como de colocación del concreto y del acero de refuerzo, lo que dificulta el control de calidad de este proceso constructivo y aumenta el tiempo de obtención del producto terminado. Estos dos factores, control de calidad y duración del proceso constructivo con los procedimientos usuales, merecen ser analizados para evaluar la conveniencia de la introducción de nuevos procesos de construcción en nuestro país. En particular, es de interés llevar a cabo esta evaluación para el caso de estructuras prefabricadas de concreto, por ser este material bastante conocido y empleado en México. Además, también hay que tener en cuenta que nuestro país no sólo es autosuficiente en la producción de cemento, sino que incluso lo exporta.

Los dos factores anteriormente mencionados –calidad y duración del proceso– son justamente dos aspectos favorables que se tienen en estructuras de concreto prefabricadas. En particular el último –la duración–, es un factor relevante en economías como la de México, que presentan altos costos del dinero, por lo que el ahorro –no sólo de días, sino también



Resumen:

Las principales ventajas, las posibles limitaciones y el futuro que las estructuras prefabricadas de concreto tienen en México son tema de este artículo, en el que se tratan también las razones por las cuales este nuevo tipo de proceso constructivo no se ha adoptado ampliamente en nuestro medio.

hasta de meses en algunos casos– que se puede obtener con estructuras prefabricadas, en comparación con las coladas en sitio, puede justificar ampliamente el empleo de las primeras en lugar de las segundas. Ejemplos que ilustran de manera clara lo anterior son algunos centros comerciales muy grandes establecidos recientemente en la ciudad de México, que fueron contruidos con estructuras prefabricadas de concreto, en un tiempo bastante menor que el que hubiera requerido una obra con estructuras coladas en sitio. En estos casos, el argumento principal del inversionista para elegir la estructura prefabricada en lugar de la tradicional, fue simplemente que cada día ganado a la apertura al público era un día de ingresos adicionales que obtendría.

En el aspecto del control de calidad, la construcción de estructuras prefabricadas de concreto también puede superar por mucho a la construcción de estructuras de concreto colado en sitio. Por ejemplo, detalles elaborados de colocación del acero de refuerzo en zonas de posibles articulaciones plásticas en marcos de concreto prefabricado, pueden ser cuidadosamente supervisados en las plantas que producen los elementos prefabricados. Por lo regular, también la colocación del acero de refuerzo, para cualquier tipo y zona de elemento prefabricado estructural, puede ser realizada de acuerdo con los requerimientos necesarios. Ejemplo de esta última situación son los elementos prefabricados para sistemas de piso. Cuando la construcción de sistemas de piso se hace con colados en sitio y se emplean mallas de refuerzo para el lecho superior de la losa, es común que esta malla no quede en la posición requerida, y por tanto, que estas partes de la losa no puedan resistir esfuerzos de tensión que deberían ser tomados por la malla mencionada.

Entre los principales factores que se oponen al empleo de estructuras prefabricadas destaca el temor a la innovación, por parte de inversionistas, arquitectos e ingenieros, por desconocimiento de los nuevos procesos constructivos. En particular, en el caso de zonas con moderada o alta actividad sísmica, existe el temor de que las estructuras prefabricadas de concreto puedan tener un comportamiento menos favorable ante los sismos que en el caso de estructuras de concreto coladas en sitio. En realidad, este temor no debiera existir, si se considera que, como se comenta más adelante, es posible construir estructuras prefabricadas de concreto con un comportamiento sísmico semejante al de estructuras coladas

en sitio.

Entre las acciones que pueden ayudar a resolver el problema anteriormente mencionado está, por ejemplo, el promover la divulgación de las principales características de las estructuras prefabricadas. En México, este aspecto se viene resolviendo en parte con la elaboración de un Manual de Estructuras Prefabricadas de Concreto, actividad patrocinada por la Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación (ANIPPAC) y desarrollada por expertos mexicanos en el tema, tanto profesionales que han desarrollado o emplean este tipo de estructuras, como investigadores interesados en el tema. Este manual tiene ya un avance importante y se espera terminarlo en 1999. Algo que también ayudaría a resolver la problemática descrita es el fomento de la enseñanza sobre construcción y diseño de estructuras prefabricadas de concreto, incluyendo estos temas en la currícula de las diversas facultades y escuelas de ingeniería civil de nuestro país, así como en cursos de educación continua. Este aspecto merece ser considerado como actividad de urgente realización.

Otro aspecto que merece ser analizado, como posible ventaja o limitación del proceso constructivo que estamos considerando, es el relacionado con la mano de obra. Existe el argumento de que ésta en nuestro medio no es cara, en comparación con la de países desarrollados, y por tanto, al emplear estructuras prefabricadas de concreto, que requieren menos mano de obra, se podría estar desaprovechando este factor. Aun cuando esta cuestión debería ser analizada por especialistas en economía y costos, resultaría contraproducente emplear, por ejemplo, el argumento anterior para afirmar que en nuestro país no deberían fabricarse vehículos con los procedimientos modernos que actualmente se emplean.

Otro factor que merece ser tomado en cuenta en el análisis del empleo de mano de obra, es el hecho de que al construirse estructuras prefabricadas de concreto, con menos tiempo de ejecución, podrían ahorrarse cantidades importantes de dinero, que a su vez podrían ser posteriormente invertidas en la construcción de nuevas estructuras, que ocuparían por tanto la mano de obra respectiva, y generarían empleos en diversas actividades relacionadas con la industria de la construcción. Este es un reto que la ingeniería mexicana debe enfrentar

como parte de los cambios importantes en la economía actual.

El autor reconoce que los cambios no necesariamente deben ser bruscos, y en este sentido sugiere que, al menos actualmente, la mayor parte de los sistemas de piso en México deberían ser prefabricados. Existen hoy día en el mercado mexicano productos para ello; sin embargo, persiste entre arquitectos e ingenieros la inercia que impide utilizar estos productos por temor a un posible mal comportamiento. Hay evidencias de lo infundado de este temor en estudios experimentales realizados en otros países, por lo que se sugiere confirmar las mismas con estudios experimentales que se realicen en laboratorios mexicanos de estructuras. En esta actividad, el patrocinio de la industria de la construcción será relevante.

Aspectos del comportamiento estructural en zonas sísmicas

Un aspecto relevante en el comportamiento estructural de las estructuras prefabricadas de concreto a base de marcos en zonas sísmicas lo constituyen los criterios necesarios para lograr un comportamiento adecuado en las conexiones entre elementos prefabricados. La práctica usual en Estados Unidos hasta hace pocos años, y que ha influido de manera importante en México, no ha sido la más apropiada desde el punto de vista estructural, ya que las conexiones entre elementos estructurales se hacían en las zonas críticas de estos elementos en condiciones sísmicas (generalmente en la ubicación de articulaciones plásticas). El problema se agrava con el empleo de soldadura para conectar el acero de refuerzo longitudinal de la trabe en la zona de la unión de ésta con la columna. Afortunadamente, desde el punto de vista de mejorar nuestro conocimiento sobre el diseño sismorresistente, los efectos que tuvo en las estructuras el sismo de Northridge, California, en 1994, han mostrado las importantes debilidades de la soldadura para conectar elementos de acero. Esta experiencia ha revelado la necesidad de buscar alternativas de diseño para las secciones críticas de elementos estructurales sometidas a acciones sísmicas. En este sentido, el reglamento para Estados Unidos, el Uniform Building Code de 1997 (UBC, 1997),¹ recomienda, por ejemplo, que estructuras

prefabricadas en zonas sísmicas traten de igualar el comportamiento de estructuras coladas en sitio, para lo cual da requisitos específicos. Por ejemplo, en el caso de marcos, se recomienda el empleo de las llamadas conexiones "fuertes", como se ilustra en la figura 1. La conexión "fuerte" se caracteriza por tener un comportamiento elástico durante el sismo de diseño. La figura 1 muestra dos variantes para este tipo de conexiones, y en ambos casos se recomienda que la distancia entre la sección de localización de la zona con comportamiento inelástico se ubique a una distancia mayor que $h/2$ respecto a la sección donde se conectan los elementos prefabricados, donde h es el peralte de la trabe. La primera variante de conexión "fuerte" se ilustra en la figura 1(a), la que muestra esta conexión ubicada a cara de columna y la zona de articulación plástica ubicada a una distancia mayor que $h/2$ respecto a la zona de conexión. La segunda variante de conexión "fuerte" se ilustra en la figura 1(b), la que muestra ahora la zona de articulación plástica ubicada a cara de columna y la zona de conexión "fuerte" ubicada a una distancia mayor que $h/2$ respecto a la primera.

El empleo de marcos de concreto, tanto colados en sitio como prefabricados, tiene el inconveniente de que para lograr un comportamiento dúctil es necesario cumplir requisitos rigurosos respecto a la cantidad y distribución del acero de refuerzo longitudinal y transversal, como lo especifican, por ejemplo, las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto (1996) del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (NTC, 1996),² o el Reglamento del American Concrete Institute de 1995 (ACI, 1995).³ Una alternativa de interés que puede explorarse en México como solución al problema anteriormente mencionado, es el uso de sistemas estructurales prefabricados en los que se empleen marcos perimetrales con claros pequeños, que tomen la mayor parte de las acciones sísmicas, y marcos interiores –si se quiere con claros más grandes–, que tomen mayormente cargas gravitacionales, con lo cual estos últimos marcos podrían ser diseñados y construidos con requerimientos menos estrictos que los necesarios en marcos que toman la mayor parte de las acciones sísmicas en una estructura.

Una variante del sistema estructural anteriormente mencionado, que puede ser prometedora, es el empleo de

muros de concreto estructural, colados en sitio o prefabricados, que tomen la mayor parte del sismo, y combinarlos con marcos prefabricados de concreto que, como en el caso anterior, tomen mayormente cargas gravitacionales. Este tipo de sistema estructural prefabricado se está estudiando actualmente en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Rodríguez y Blandón, 1998),⁴ como parte de un proyecto de investigación experimental y analítica patrocinado por el Conacyt y la ANIPPAC.

Conclusiones

En este artículo se analizan algunas ventajas y algunas posibles limitaciones del empleo de estructuras prefabricadas de concreto, como ejemplo de nuevos procesos constructivos que se deben impulsar en nuestro país. Se destacan las mejoras en cuanto a control de calidad y a duración de este proceso constructivo respecto al tradicional y se recomienda que, como parte de una transición de procesos tradicionales de construcción a nuevos procesos en México, en la actualidad al menos, los sistemas de piso deberían ser en su mayor parte prefabricados.

También en este artículo se comentan algunas soluciones racionales para la construcción de estructuras prefabricadas en zonas sísmicas de nuestro país, que pretenden resolver debilidades importantes del comportamiento estructural que han sido identificadas en este tipo de estructuras.

Referencias

1. ICBO, Uniform Building Code, Vol II, International Conference of Building Officials, Whittier, CA, 1997.
2. Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, Normas Técnicas Complementarias para Diseño y construcción de

Estructuras de Concreto (NTC, 1996), Gaceta Oficial del Distrito Federal, Marzo 1996.

3. Building Code Requirements for Reinforced Concrete, ACI 318-95, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA.

4. Rodríguez, Mario E. y John Blandón (1998), "Proyecto de investigación de una estructura de concreto prefabricado sometida a acciones sísmicas", *Memorias del 6o. Expo-Congreso Nacional de Prefabricación y Presfuerzo*, San Luis Potosí, noviembre de 1998.

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,
A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología
Abril 1999**

Todos los derechos reservados

[ARTICULO
ANTERIOR](#)



[ARTICULO
SIGUIENTE](#)



Concreto Conteniendo Agregados Plásticos

En la última década se han realizado numerosas investigaciones sobre la utilización de productos de desecho en el concreto. Tales productos incluyen ceniza volante, llantas desechadas, pedazos de metal, arena quemada de fundición, vidrio, y fibras. Cada uno de los productos de desecho ha proporcionado un efecto específico a las propiedades del concreto fresco y endurecido. El uso de productos de desecho en el concreto no solo lo hace económico, sino también resuelve algunos de los problemas de la eliminación de desperdicios.

Actualmente se están llevando a cabo investigaciones para determinar el efecto específico de cada producto de desecho a fin de utilizarlos en la industria de la construcción con mayor confianza. Un tipo de producto de desecho de la industria automotriz es el plástico fragmentado. La investigación presentada en este artículo estudia la posibilidad de usar en las mezclas de concreto pedazos de plástico obtenido de las defensas de los carros que desechan los consumidores. Hasta la fecha, no se ha publicado ninguna información en esta área.

Materiales

El concreto incluido en esta investigación contenía cemento portland ordinario Tipo I, humo de sílice condensado, agregados convencionales, agregados plásticos, superplastificadores y agua. La composición química y las propiedades físicas del cemento y el humo de sílice condensado se dan en las Tablas 1 y 2. En la investigación se usaron agregados gruesos triturados locales de un tamaño máximo de 3/8 de pulg (10 mm), y agregados finos que tenían un módulo de finura de 2.98. Se usaron agregados plásticos angulares desechados que tenían un tamaño máximo de 1/2 pulg (13 mm) y un peso unitario varillado en seco de 30.3 libras/pie³ (485 kg/m³).

Los agregados plásticos eran fragmentos de las defensas fabricadas para los automóviles. Para estudiar la distribución del tamaño de las partículas, se realizaron análisis de criba de

Anúnciese

Resumen:

En la última década se han realizado numerosas investigaciones sobre la utilización de productos de desecho en el concreto. Tales productos incluyen ceniza volante, llantas desechadas, pedazos de metal, arena quemada de fundición, vidrio y fibras. Cada uno de los productos de desecho ha proporcionado un efecto específico a las propiedades del concreto fresco y endurecido. El empleo de productos de desecho en el concreto no sólo lo hace económico, sino también resuelve algunos de los problemas de la eliminación de desperdicios.

agregados con y sin plástico, de acuerdo con ASTM C 136. Los resultados del análisis de criba para los agregados gruesos y los agregados finos se dan en la Tabla 3. Las propiedades físicas y de los agregados convencionales se dan en la Tabla 4. A diferentes dosificaciones, se agregó un aditivo superplastificador reductor de agua, de alto rango, Tipo F, a base de naftaleno, que cumplía con las especificaciones de ASTM C 494. El agua usada en la mezcla era agua ordinaria de la llave a temperatura ambiente de 70 °F (21°C).

Análisis de la laboratorio

Se hicieron un total de 12 mezclas de concreto para investigar las propiedades técnicas del concreto conteniendo agregados plásticos. El reemplazo en volumen de los agregados convencionales se realizó en los siguientes porcentajes: 0, 10, 30 y 50 %. Las mezclas de concreto se hicieron con varias relaciones de agua-a-material cementante (a/mc), de 0.28, 0.40 y 0.50. Se agregó humo de sílice condensado en un reemplazo al 10 % por el peso total de los materiales cementantes. Se agregó también el superplastificador por el peso total del material cementante. El porcentaje del superplastificador fue de 2, 1.5, y 0.5 % para las mezclas que tenían relaciones (a/mc) de 0.28, 0.40, y 0.50 respectivamente. Los detalles de las proporciones de las mezclas se dan en la Tabla 5.

Se hicieron un total de 120 cilindros de concreto para todas las mezclas. De cada mezcla, se vaciaron 8 cilindros de 4 x 8 pulg. (100 x 200 mm) y dos cilindros de 6 x 12 pulg. (150 x 300 mm). Todos los cilindros se varillaron a mano en tres capas usando un procedimiento estándar (ASTM C 192). Los especímenes se dejaron curar durante 24 hrs y después se quitaron de los moldes y se colocaron en tanque de agua para que curaran durante 28 días a 70 °F (21 °C).

Para cada mezcla de concreto, se realizaron pruebas para determinar el revenimiento del cono, el revenimiento K, la densidad en masa, la resistencia a compresión, y la resistencia a tensión por hendimiento. La resistencia a compresión y la resistencia a tensión por shendimiento se determinaron a partir del promedio de 4 cilindros de 4 x 8 pulg. (100 x 200 mm). También se determinaron curvas de esfuerzo-

deformación para cada mezcla de concreto a partir de la prueba de 2 cilindros de 6 x 12 pulg. (150 x 300 mm). Los resultados de las pruebas se resumen en las Tablas 6 y 7.

Resultados de las pruebas

Revenimiento


La Tabla 6 muestra los datos del revenimiento de cono y el revenimiento K para todas las mezclas. El concreto que contenía 50 % de agregados plásticos tiene un revenimiento de cono ligeramente superior que el concreto sin agregados plásticos. Las lecturas de consistencia del revenimiento K mostraron un patrón similar al obtenido para el revenimiento del cono. Los agregados plásticos ni absorben, ni agregan agua a la mezcla de concreto. Debido a estas características no absorbentes, las mezclas de concreto que contienen agregados plásticos tendrán más agua libre. Consecuentemente, el revenimiento se incrementará.

Densidad en masa

La densidad en masa del concreto hecho con diferentes relaciones a/mc, y conteniendo agregados plásticos a 0, 10, 30 y 50 % se muestran en la Figura 1. Hay un decremento en la densidad en masa a medida que se incrementa el contenido de agregado plástico. La reducción en la densidad en masa es directamente proporcional al contenido de agregados plásticos. La densidad del concreto se reduce en un 2.5 % para los concretos que contienen 10 % de agregados plásticos, 6 % para los concretos que contienen 30 % de agregados plásticos y 13 % para los concretos que contienen 50 % de agregados plásticos. La reducción de la densidad se atribuye al peso unitario más bajo del plástico. La densidad en masa promedio de los agregados varillados a mano fue de 30.3 libras/ pie³ (485 kg/m³).

Resistencia a compresión

La resistencia a compresión del concreto hecho con diferentes relaciones a/m y variados



porcentajes de agregados plásticos se muestra en la Fig. 2. Hay un decremento en la resistencia a compresión cuando se incrementa el contenido de agregados plásticos. Se encontró que a un contenido cualquiera de agregados plásticos dado, la resistencia a compresión disminuía cuando se incrementaba la relación a/mc. La Fig. 3 muestra el porcentaje de reducción en la resistencia a compresión debido a la adición de agregados plásticos.

En general, se encontró que las tasas de reducción en la resistencia disminuía cuando el contenido de agregados plásticos se incrementaba. Los resultados mostraron que se obtenía una reducción en la resistencia a compresión de 34, 51, y 67 % respectivamente para concretos conteniendo 10, 30 y 50 % de agregados plásticos.

La caída en la resistencia a compresión debido a la adición de agregados plásticos puede atribuirse o bien a la pobre adherencia entre la pasta de cemento y los agregados plásticos o a la baja resistencia que es característica de los agregados plásticos.

La superficie fracturada de los cilindros de concreto mostró que la mayoría de los agregados plásticos se salían en vez de o hendirse y separarse. La falla de los especímenes de concreto conteniendo agregados plásticos bajo cargas de compresión no exhibía el tipo de falla quebradiza que normalmente se obtiene para el concreto convencional. La falla observada era más bien una falla gradual, dependiendo del contenido de agregados plásticos.

Las Figs. 4, 5 y 6 muestran una serie de fotografías tomadas después de realizar la prueba de compresión. A medida que el

contenido de agregados plásticos se incrementaba, el tipo de falla se hacía más dúctil. Los especímenes conteniendo agregados plásticos fueron capaces de resistir la carga durante algunos minutos después de la falla sin una desintegración total. Se encontró que esta tendencia era más obvia a medida que se incrementaba el porcentaje de agregados plásticos.

Resistencia a ruptura por tensión

Las resistencias a tensión por hendimiento de los concretos hechos con diferentes relaciones de a/mc y conteniendo varios porcentajes de agregados plásticos se muestran en la Fig. 7. Se descubrió que la resistencia a tensión por hendimiento disminuía cuando el porcentaje de agregados plásticos se incrementaba. Se encontró que la resistencia a tensión por hendimiento disminuía en un 17 % para concreto que contenía 10 % de agregados plásticos, y en 50 % para concreto conteniendo 50 % de agregados plásticos. Para un contenido de agregado plástico dado, se encontró que la resistencia a tensión por hendimiento disminuía cuando se incrementaba la relación de a/mc .

La Fig. 8 muestra la relación entre la resistencia a compresión, y la resistencia a tensión por hendimiento a diferentes porcentajes de agregado plástico. Para una mezcla dada, la relación entre la resistencia a compresión a la resistencia a tensión por hendimiento disminuye cuando se incrementa el contenido de agregados plásticos. La relación variaba de aproximadamente 9 % para concreto que no contenía agregados plásticos hasta aproximadamente 6 % para el concreto que contenía 50 % de agregados plásticos.

Debe hacerse notar que la falla por hendimiento de los especímenes de concreto conteniendo agregados plásticos no exhibían la falla quebradiza típica observada en el concreto convencional. La falla de tensión por hendimiento era más bien una falla gradual, como en el caso de los especímenes probados bajo cargas de compresión.

Las Fig. 9, 10 y 11 muestran una serie de fotografías tomadas de especímenes de concreto después de realizar la prueba de rompimiento por tensión. En general, se encontró que los

especímenes que contenían agregados plásticos eran más capaces de resistir la carga de hundimiento después de la falla sin una desintegración total. Se descubrió que la falla era más bien de naturaleza dúctil cuando el porcentaje de agregados plásticos se incrementaba.

Relación esfuerzo-deformación y elasticidad

Las Fig. 12, 13 y 14 muestran los datos de esfuerzo-deformación promedio para el concreto hecho con y sin agregados plásticos a diferentes relaciones de c/mc , de 0.28, 0.40 y 0.50. La pendiente de una curva dada de esfuerzo-deformación disminuye cuando el porcentaje de agregados plásticos se incrementa. Para un contenido dado de agregados plásticos, la pendiente de la curva esfuerzo-deformación se incrementa cuando la relación w/mc disminuye.

Dentro de los límites elásticos, y a un nivel de esfuerzo dado, la deformación en el concreto conteniendo de 30 a 50 % de agregados plásticos es de aproximadamente dos veces más alto que el concreto que no contiene agregados plásticos. Se encontró que la máxima deformación registrada era de 0.0048 y se obtuvo para la mezcla que contenía una relación a/mc de 0.28 hecha sin agregados plásticos.

El módulo de elasticidad del concreto que contenía diferentes porcentajes de agregados plásticos se muestra en la Fig. 15. Se encontró que el módulo de elasticidad disminuía cuando el contenido de agregados plásticos se incrementaba. Dependiendo de la relación a/mc , el módulo de elasticidad variaba entre 3.52 por 10... psi para concreto conteniendo 0 % de agregados plásticos, ($a/mc = 0.28$) a 1.25×10 ... psi para concreto conteniendo 50 % de agregados plásticos ($a/mc = 0.50$). En general, al aumentar la relación a/mc disminuía el módulo de elasticidad.

Pruebas de campo

Los agregados plásticos desechados por los consumidores

usados en el concreto mejoran la ductilidad del mismo y ayudan a producir concreto de peso más ligero. En este artículo se han evaluado las propiedades básicas de este tipo de concreto. Se realizó una evaluación de prueba de campo para valorar la aplicabilidad práctica del concepto. El concreto fue preparado por un proveedor local de concreto premezclado y los agregados plásticos se agregaron al camión mezclador en el sitio de la construcción. El concreto se usó para construir una losa de piso de 6 pulg (150 mm) sujeto a clima externo. Se requirió un total de 20 yardas³ (15 m³) de concreto para completar la construcción de la losa. El concreto usado tenía una relación a/mc de 0.4 y contenía 30 % de reemplazo en volumen de agregados plásticos por los agregados gruesos convencionales.

La mezcla de concreto se hizo con cemento portland Tipo I y contenía agregados convencionales de piedra caliza teniendo un tamaño máximo de 3/4 pulg. (19 mm). El concreto fresco tenía un contenido de aire de 6% y un revenimiento de 7 pulg (178 mm). Se colocó el concreto y se le dió un acabado exitoso. La resistencia a compresión del concreto se determinó probando cilindros de 4 x 8 pulg. (100 x 200 mm) después de un año. La resistencia promedio fue de 4100 psi (28 MPa). Un examen visual de la losa del piso de concreto después de un año indicaba que no había deterioro ni grietas visibles. Del estudio anterior, parece ser que es posible el uso de agregados plásticos desechados en el concreto, y se puede implementar prácticamente. Sin embargo, los problemas de durabilidad aun requieren de mayor evaluación . Hasta donde tiene conocimientos el autor, este es el primero artículo que se publica demostrando la posibilidad práctica de este concepto.

Conclusiones

Se pueden sacar las siguientes conclusiones sobre el uso de agregados plásticos en el concreto, desechados por los consumidores.

1. Los agregados plásticos desechados se pueden usar exitosamente para reemplazar agregados convencionales en el concreto. Se ha realizado exitosamente una evaluación de la prueba de campo para demostrar la viabilidad del concepto.

Las pruebas de laboratorio mostraron que la resistencia a compresión a 28 días del concreto conteniendo agregados plásticos a diferentes porcentajes de 10 a 50 % variaban de 7000 a 2800 psi (48 a 19 MPa), mientras que la resistencia a tensión por hendimiento variaba de 942 a 467 psi (6.5 a 3.2 MPa).

2. El uso de agregados plásticos desechados en el concreto reducía, en general, la densidad en masa del concreto. Cuando se comparó el concreto convencional, la densidad por masa se redujo en un 2.5 % para el concreto conteniendo 10 % de agregados plásticos, 6 % para concreto conteniendo 30 % de agregados plásticos, y 13 % para concreto conteniendo 50 % de agregados plásticos.

3. El concreto conteniendo agregados plásticos tiene un comportamiento más dúctil que tipos similares de concreto hechos con agregados convencionales. Este comportamiento dúctil puede ser muy ventajoso para minimizar la formación de grietas en estructuras de concreto. Si se puede producir tal concreto, entonces las teorías de diseño actuales pueden cambiarse y las estructuras de concreto pueden sobrerreforzarse con seguridad.

Reconocimientos

Los autores desean agradecer a Mitsubishi Motor Company de América por proporcionar los plásticos; John Wolsiefer, Presidente de Norchem, por proporcionar el humo de sílice, y a Jerry Fosnough de DOW Plastics por sus valiosas discusiones.

El Doctor A. A. Manaseer, Miembro del ACI, Doctor, es profesor asociado en el Departamento de Ingeniería Civil y Mecánica Aplicada en la Universidad del John State University, Calif. Es Presidente del Comité 209 del ACI, Revenimiento y Contracción en el Concreto, y miembro del Comité 227 de ACI, Manejo de Materiales Radioactivos y Peligrosos.

T.R. Dalal es ex-graduado en el Departamento de Ingeniería Civil y Construcción en la Universidad de Bradley, Peoria, Ill.

Sus investigaciones de investigación incluyen incluyen la utilización de productos de desecho en estructuras de concreto.

* * * * *

Estructuras prefabricadas de concreto

CRÉDITO: Mario E. Rodríguez

PRESENTACIÓN:

En muchos aspectos, las actividades productivas han tenido mundialmente cambios importantes, producto de las tendencias inevitables de la modernización; sin embargo, en la industria de la construcción en México aún se emplean procesos constructivos no muy diferentes a los utilizados desde hace medio siglo. Las estructuras prefabricadas de concreto, a pesar de ser un ejemplo prometedor de nuevos procesos constructivos, todavía no son muy frecuentes en nuestro país.

Ventajas y posibles limitaciones

En toda actividad productiva, el control de calidad y la duración del proceso son factores relevantes para obtener un producto aceptable. En el caso particular de la industria de la construcción de estructuras de concreto, los procesos constructivos que se emplean actualmente no difieren mucho de aquellos que comenzaron a utilizarse hace algunas décadas. Por ejemplo, casi la totalidad de estas edificaciones se cuelean en sitio, con métodos laboriosos de construcción de cimbra, de transporte, así como de colocación del concreto y del acero de refuerzo, lo que dificulta el control de calidad de este proceso constructivo y aumenta el tiempo de obtención del producto terminado. Estos dos factores, control de calidad y duración del proceso constructivo con los procedimientos usuales, merecen ser analizados para evaluar la conveniencia de la introducción de nuevos procesos de construcción en nuestro país. En particular, es de interés llevar a cabo esta evaluación para el caso de estructuras prefabricadas de concreto, por ser este material bastante conocido y empleado en México. Además, también hay que tener en cuenta que nuestro país no sólo es autosuficiente en la producción de

cemento, sino que incluso lo exporta.

Los dos factores anteriormente mencionados –calidad y duración del proceso– son justamente dos aspectos favorables que se tienen en estructuras de concreto prefabricadas. En particular el último –la duración–, es un factor relevante en economías como la de México, que presentan altos costos del dinero, por lo que el ahorro –no sólo de días, sino también hasta de meses en algunos casos– que se puede obtener con estructuras prefabricadas, en comparación con las coladas en sitio, puede justificar ampliamente el empleo de las primeras en lugar de las segundas. Ejemplos que ilustran de manera clara lo anterior son algunos centros comerciales muy grandes establecidos recientemente en la ciudad de México, que fueron contruidos con estructuras prefabricadas de concreto, en un tiempo bastante menor que el que hubiera requerido una obra con estructuras coladas en sitio. En estos casos, el argumento principal del inversionista para elegir la estructura prefabricada en lugar de la tradicional, fue simplemente que cada día ganado a la apertura al público era un día de ingresos adicionales que obtendría.

En el aspecto del control de calidad, la construcción de estructuras prefabricadas de concreto también puede superar por mucho a la construcción de estructuras de concreto colado en sitio. Por ejemplo, detalles elaborados de colocación del acero de refuerzo en zonas de posibles articulaciones plásticas en marcos de concreto prefabricado, pueden ser cuidadosamente supervisados en las plantas que producen los elementos prefabricados. Por lo regular, también la colocación del acero de refuerzo, para cualquier tipo y zona de elemento prefabricado estructural, puede ser realizada de acuerdo con los requerimientos necesarios. Ejemplo de esta última situación son los elementos prefabricados para sistemas de piso. Cuando la construcción de sistemas de piso se hace con colados en sitio y se emplean mallas de refuerzo para el lecho superior de la losa, es común que esta malla no quede en la posición requerida, y por tanto, que estas partes de la losa no puedan resistir esfuerzos de tensión que deberían ser tomados por la malla mencionada.

Entre los principales factores que se oponen al empleo de estructuras prefabricadas destaca el temor a la innovación, por parte de inversionistas, arquitectos e ingenieros, por desconocimiento de los nuevos procesos constructivos. En

particular, en el caso de zonas con moderada o alta actividad sísmica, existe el temor de que las estructuras prefabricadas de concreto puedan tener un comportamiento menos favorable ante los sismos que en el caso de estructuras de concreto coladas en sitio. En realidad, este temor no debiera existir, si se considera que, como se comenta más adelante, es posible construir estructuras prefabricadas de concreto con un comportamiento sísmico semejante al de estructuras coladas en sitio.

Entre las acciones que pueden ayudar a resolver el problema anteriormente mencionado está, por ejemplo, el promover la divulgación de las principales características de las estructuras prefabricadas. En México, este aspecto se viene resolviendo en parte con la elaboración de un Manual de Estructuras Prefabricadas de Concreto, actividad patrocinada por la Asociación Nacional de Industriales del Prefuerzo y la Prefabricación (ANIPPAC) y desarrollada por expertos mexicanos en el tema, tanto profesionales que han desarrollado o emplean este tipo de estructuras, como investigadores interesados en el tema. Este manual tiene ya un avance importante y se espera terminarlo en 1999. Algo que también ayudaría a resolver la problemática descrita es el fomento de la enseñanza sobre construcción y diseño de estructuras prefabricadas de concreto, incluyendo estos temas en la currícula de las diversas facultades y escuelas de ingeniería civil de nuestro país, así como en cursos de educación continua. Este aspecto merece ser considerado como actividad de urgente realización.

Otro aspecto que merece ser analizado, como posible ventaja o limitación del proceso constructivo que estamos considerando, es el relacionado con la mano de obra. Existe el argumento de que ésta en nuestro medio no es cara, en comparación con la de países desarrollados, y por tanto, al emplear estructuras prefabricadas de concreto, que requieren menos mano de obra, se podría estar desaprovechando este factor. Aun cuando esta cuestión debería ser analizada por especialistas en economía y costos, resultaría contraproducente emplear, por ejemplo, el argumento anterior para afirmar que en nuestro país no deberían fabricarse vehículos con los procedimientos modernos que actualmente se emplean.

Otro factor que merece ser tomado en cuenta en el análisis del

empleo de mano de obra, es el hecho de que al construirse estructuras prefabricadas de concreto, con menos tiempo de ejecución, podrían ahorrarse cantidades importantes de dinero, que a su vez podrían ser posteriormente invertidas en la construcción de nuevas estructuras, que ocuparían por tanto la mano de obra respectiva, y generarían empleos en diversas actividades relacionadas con la industria de la construcción. Este es un reto que la ingeniería mexicana debe enfrentar como parte de los cambios importantes en la economía actual.

El autor reconoce que los cambios no necesariamente deben ser bruscos, y en este sentido sugiere que, al menos actualmente, la mayor parte de los sistemas de piso en México deberían ser prefabricados. Existen hoy día en el mercado mexicano productos para ello; sin embargo, persiste entre arquitectos e ingenieros la inercia que impide utilizar estos productos por temor a un posible mal comportamiento. Hay evidencias de lo infundado de este temor en estudios experimentales realizados en otros países, por lo que se sugiere confirmar las mismas con estudios experimentales que se realicen en laboratorios mexicanos de estructuras. En esta actividad, el patrocinio de la industria de la construcción será relevante.

Aspectos del comportamiento estructural en zonas sísmicas

Un aspecto relevante en el comportamiento estructural de las estructuras prefabricadas de concreto a base de marcos en zonas sísmicas lo constituyen los criterios necesarios para lograr un comportamiento adecuado en las conexiones entre elementos prefabricados. La práctica usual en Estados Unidos hasta hace pocos años, y que ha influido de manera importante en México, no ha sido la más apropiada desde el punto de vista estructural, ya que las conexiones entre elementos estructurales se hacían en las zonas críticas de estos elementos en condiciones sísmicas (generalmente en la ubicación de articulaciones plásticas). El problema se agrava con el empleo de soldadura para conectar el acero de refuerzo longitudinal de la trabe en la zona de la unión de ésta con la columna. Afortunadamente, desde el punto de vista de mejorar nuestro conocimiento sobre el diseño sismorresistente, los

efectos que tuvo en las estructuras el sismo de Northridge, California, en 1994, han mostrado las importantes debilidades de la soldadura para conectar elementos de acero. Esta experiencia ha revelado la necesidad de buscar alternativas de diseño para las secciones críticas de elementos estructurales sometidas a acciones sísmicas. En este sentido, el reglamento para Estados Unidos, el Uniform Building Code de 1997 (UBC, 1997),¹ recomienda, por ejemplo, que estructuras prefabricadas en zonas sísmicas traten de igualar el comportamiento de estructuras coladas en sitio, para lo cual da requisitos específicos. Por ejemplo, en el caso de marcos, se recomienda el empleo de las llamadas conexiones "fuertes", como se ilustra en la figura 1. La conexión "fuerte" se caracteriza por tener un comportamiento elástico durante el sismo de diseño. La figura 1 muestra dos variantes para este tipo de conexiones, y en ambos casos se recomienda que la distancia entre la sección de localización de la zona con comportamiento inelástico se ubique a una distancia mayor que $h/2$ respecto a la sección donde se conectan los elementos prefabricados, donde h es el peralte de la trabe. La primera variante de conexión "fuerte" se ilustra en la figura 1(a), la que muestra esta conexión ubicada a cara de columna y la zona de articulación plástica ubicada a una distancia mayor que $h/2$ respecto a la zona de conexión. La segunda variante de conexión "fuerte" se ilustra en la figura 1(b), la que muestra ahora la zona de articulación plástica ubicada a cara de columna y la zona de conexión "fuerte" ubicada a una distancia mayor que $h/2$ respecto a la primera.

El empleo de marcos de concreto, tanto colados en sitio como prefabricados, tiene el inconveniente de que para lograr un comportamiento dúctil es necesario cumplir requisitos rigurosos respecto a la cantidad y distribución del acero de refuerzo longitudinal y transversal, como lo especifican, por ejemplo, las Normas Técnicas Complementarias de Estructuras de Concreto (1996) del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (NTC, 1996),² o el Reglamento del American Concrete Institute de 1995 (ACI, 1995).³ Una alternativa de interés que puede explorarse en México como solución al problema anteriormente mencionado, es el uso de sistemas estructurales prefabricados en los que se empleen marcos perimetrales con claros pequeños, que tomen la mayor parte de las acciones sísmicas, y marcos interiores –si se quiere con claros más grandes–, que tomen

mayormente cargas gravitacionales, con lo cual estos últimos marcos podrían ser diseñados y construidos con requerimientos menos estrictos que los necesarios en marcos que toman la mayor parte de las acciones sísmicas en una estructura.


Una variante del sistema estructural anteriormente mencionado, que puede ser prometedora, es el empleo de muros de concreto estructural, colados en sitio o prefabricados, que tomen la mayor parte del sismo, y combinarlos con marcos prefabricados de concreto que, como en el caso anterior, tomen mayormente cargas gravitacionales. Este tipo de sistema estructural prefabricado se está estudiando actualmente en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Rodríguez y Blandón, 1998),⁴ como parte de un proyecto de investigación experimental y analítica patrocinado por el Conacyt y la ANIPPAC.

Conclusiones

En este artículo se analizan algunas ventajas y algunas posibles limitaciones del empleo de estructuras prefabricadas de concreto, como ejemplo de nuevos procesos constructivos que se deben impulsar en nuestro país. Se destacan las mejoras en cuanto a control de calidad y a duración de este proceso constructivo respecto al tradicional y se recomienda que, como parte de una transición de procesos tradicionales de construcción a nuevos procesos en México, en la actualidad al menos, los sistemas de piso deberían ser en su mayor parte prefabricados.

También en este artículo se comentan algunas soluciones racionales para la construcción de estructuras prefabricadas en zonas sísmicas de nuestro país, que pretenden resolver debilidades importantes del comportamiento estructural que han sido identificadas en este tipo de estructuras.

Referencias

- 
1. ICBO, Uniform Building Code, Vol II, International Conference of Building Officials, Whittier, CA, 1997.
 2. Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, Normas Técnicas Complementarias para Diseño y construcción de Estructuras de Concreto (NTC, 1996), Gaceta Oficial del Distrito Federal, Marzo 1996.
 3. Building Code Requirements for Reinforced Concrete, ACI 318-95, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA.
 4. Rodríguez, Mario E. y John Blandón (1998), "Proyecto de investigación de una estructura de concreto prefabricado sometida a acciones sísmicas", Memorias del 6o. Expo-Congreso Nacional de Prefabricación y Prefuerzo, San Luis Potosí, noviembre de 1998.



Notas del Acontecer



Dos empresas cementeras ganan premios por prevención de riesgos del trabajo

En la entrega de reconocimientos del III Premio Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, Cementos del Yaqui obtuvo el primer lugar y Cementos Apasco, el segundo, dentro de la modalidad de prevención de Riesgos. La distinción les fue entregada por Ernesto Rubio del Cueto, representante de la Cámara nacional del cemento. El tercer lugar fue ganado por Canon Business Machine de México.

La ceremonia se realizó durante la inauguración de la III Reunión Nacional de Investigación y Salud en el Trabajo, que tuvo por sede el Centro Médico Siglo XXI y contó con la presencia del secretario del Trabajo, José Antonio Fernández, del coordinador de Salud en el Trabajo, Alberto Aguilar Salinas, del director general del Instituto Mexicano del Seguro Social, Genaro Borrego Estrada, y de otros funcionarios.

En la categoría de Investigación de Riesgos en el Trabajo, el primer lugar correspondió a la doctora Bertha Jaramilla Acosta, el segundo al doctor Francisco Javier López Garduño, y el tercer lo obtuvo el maestro en Ciencias Alfredo Manuel Vázquez Olivares.

En la modalidad de Aplicación de Soluciones Prácticas sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo, el primer lugar lo ocupó la empresa Autocircuitos Obregón.

Al hacer uso de la palabra, Genaro Borrego Estrada manifestó que, a tres años de haberse iniciado el Programa Estratégico de Salud en el Trabajo 1996-2000, los resultados son alentadores según los indicadores correspondientes y aseguró que se ha logrado "fortalecer la capacitación renovándola y logrando mejoras administrativas en materia de salud".

Se realizó el foro sobre Planeación Regional Integral. Una Visión Prospectiva 2020

Con el objeto de formalizar en el presente año un plan rector que articule el desarrollo urbano y rural en el largo plazo según

un enfoque territorial, el Gobierno Federal dio instrucciones a la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) para que se intensifiquen los estudios que permitan establecer una visión prospectiva de México al año 2020.

En cumplimiento de este cometido, la Sedesol, junto con el Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM), el Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM y la Academia Metropolitana IAP, convocaron recientemente al sector académico, público, privado y social a participar en el foro titulado Planeación Regional Integral. Una Visión Prospectiva 2020.

La reunión tuvo lugar en las instalaciones del CICM. En la oportunidad, el subsecretario de Desarrollo Regional de la Sedesol, Luis Maldonado Venegas, estimó que la planeación territorial del desarrollo deberá ser orientada a combatir la desigualdad y la pobreza, y que en tal sentido, "deben diseñarse escenarios deseables y posibles para que federación, estados, municipios y los diferentes sectores concurrentes, programen hoy lo necesario para lograr el paradigma de distribuir mejor riqueza y bienestar en un marco de soberanía, democracia, sustentabilidad, federalismo y fortalecimiento municipal".

Manifestó además que en el Plan Rector Territorial 2020 serán definidas las regiones promotoras que puedan incorporar al desarrollo regional las 91 regiones prioritarias (en especial las 36 más marginadas) mediante cadenas de producción, consumo, distribución, exportación y financiamiento. Dijo que se diseñarán nuevas macrorregiones programáticas para propósitos diversos del desarrollo y se aprovecharán infraestructuras subutilizadas, ventajas comparativas y oportunidades en los ámbitos local, nacional y global.

A su turno, el presidente del CICM, ingeniero Luis Ramos Lignan, expresó: "Los ingenieros civiles coincidimos en que es necesaria una visión de largo plazo que incluya el enfoque territorial del desarrollo, y que reconozca el papel estabilizador del Estado para propiciar que las oportunidades de bienestar generadas por el crecimiento económico sean accesibles a todos los individuos y grupos sociales de manera equitativa".

Respecto al foro, manifestó: "Esperamos que en el espacio de discusión que hoy abrimos, se viertan y analicen nuevas ideas

que sirvan para construir alternativas apegadas a nuestras realidades, y que superen las opciones que han demostrado su incapacidad para lograr un bienestar equitativo y geográficamente generalizado".

Como panelistas participaron el director del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM, doctor René Millán Valenzuela, la arquitecta Ligia González por la Sedesol, el ingeniero Melesio Gutiérrez Pérez, el licenciado Mauricio de Aría y Campos, el arquitecto Guillermo Rosell de la Lama, el ingeniero y diputado Daniel Díaz Díaz, el licenciado Enrique Provencio Durazo, el ingeniero Roberto Duque Ruiz, el doctor Luis F. Aguilar, la licenciada Rosalba Sierra Solorio y el arquitecto Francisco Cobarrubias y Gaytán, entre otros.

Nuevos ganadores del concurso de Tecnología del Concreto en la UANL

El ya tradicional certamen que dos veces al año organiza entre los estudiantes la cátedra de Tecnología del Concreto y Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la UANL tuvo como tema en el segundo semestre de 1988 la "Fabricación de un marco rígido de concreto reforzado para resistir cargas de impacto". Participaron en esta ocasión 105 alumnos divididos en 35 equipos de tres personas cada uno.

El primer lugar fue ganado por Antonio Fuentes Cruz, Francisco Alejandro García Guerra y Heriberto Erasmo Hernández Viera. El segundo lugar correspondió a Omar R. Peña Tarín, Ricardo Aguilera Peña y Juan Carlos Morales Maldonado. A todos ellos corresponde, como es costumbre, una suscripción gratuita durante un año a la revista *Construcción y Tecnología*, y quienes obtuvieron el primer premio recibirán además el lote de libros editados por el IMCYC que esta institución dona para tal efecto cada semestre.

Participación de la Sección Estudiantil FIC-UANL en la Convención de Otoño del ACI

En octubre pasado se celebró en Los Ángeles, California, la

Convención de Otoño del American Concrete Institute (ACI), dentro de la cual se organizó una serie de concursos. La Sección Estudiantil FIC-UANL de la Sección Noreste de México del ACI participó en los mismos y resultó ganadora de los dos primeros lugares en el de Resistencia de Cubos y en el de Carga Máxima de Vigas, además de obtener el tercer lugar en el de Predicción de Deflexión en Vigas.

En el concurso sobre Resistencia de Cubos, el equipo ganador del primer lugar estuvo integrado por Carlos Garay Mendoza y Rubén Zárate Rodríguez, y el que obtuvo el segundo lugar lo formaron Jair A. Guerra Leal, Manuel A. García García y Rogelio Chávez Acosta.

El concurso sobre Carga Máxima en Vigas tuvo como equipo ganador el que integraron José G. Fernández Lozano, Oracio Pérez Peña y Luis H. Ramírez Rosales, y en el segundo lugar el compuesto por Carlos Garay Mendoza y Rubén Zárate Rodríguez.

El equipo ganador del tercer lugar en el concurso sobre Predicción de Deflexión en Vigas lo formaron Carlos Garay Mendoza y Rubén Zárate Rodríguez.

Lanzamiento de nuevos productos de Visio Internacional

En una conferencia de prensa efectuada en el hotel Nikko de la ciudad de México, el gerente de Desarrollo de Negocios para América Latina de VISIO, Alonso Caso, se refirió entre otros temas al lanzamiento al mercado de nuevos productos de la empresa y expuso las ventajas de Visio Technical Design Suite. Dijo que éste era el conjunto de dos productos de software complementarios de Visio en una solución única que ofrece diagramación inteligente y compatibilidad sin paralelo con Autocad de Autodesk.

Precisó algunas características del programa, el cual, dijo "ofrece a ingenieros y otros usuarios de aplicaciones de dibujo técnico un *kit* de herramientas completo para crear diagramas técnicos y trabajar con dibujos CAD heredados que utilizan el formato de archivo DWG. La versatilidad y economía de Visio technical Design Suite representan un primer paso importante de Visio para ofrecer a grandes organizaciones una herramienta de dibujo técnico integrada de precio accesible que ofrece mayor productividad al arrastrar y colocar, al tiempo

que aprovecha la inversión de la organización en trabajos CAD heredados".

A una pregunta expresa de nuestro reportero respecto a las cualidades y beneficios más sobresalientes de Visio Technical 5.0 e Intellicad 98 en relación con la industria de la construcción, Alonso Caso respondió que "el problemas que tenemos aquí es que la parte gráfica la queremos separar para verla desde el punto de vista de que nosotros hagamos los planos únicamente; pero no es así. En realidad, la industria de la construcción tiene procesos y estructuras igual que cualquier empresa, con un factor adicional: que tiene que crear la documentación de las cosas que va a producir".

"La propuesta de Visio son los objetos –explicó–; en lugar de estar dibujando con línea, arco y círculo para crear un tanque, vamos a tomarlo del menú. tiene inteligencia ya que se etiqueta con su texto de manera automática y además cuenta con una base de datos relacionada a la que le sumaremos todas las características de diseño requeridas y con base en esa información que ya integra el símbolo, podemos hacer informes, especificaciones y documentos de manera instantánea sin tener que repetir una y otra vez los procesos manuales."

Cabe destacar que Visio Technical 5.0 Plus ofrecerá un nuevo contenido atractivo para dos tipos de usuarios exigentes en productos de diagramación técnica: administradores de instalaciones e ingenieros de proceso. Por su parte, Intellicad 98 permite a sus usuarios ver, editar y distribuir sus archivos DWG de manera económica, y aprovechar así sus valiosos archivos heredados.

Visio Technical 5.0 Plus es el software de diagramación técnica pionero en el nivel mundial con más de 330 mil usuarios. Su enfoque de arrastrar hacia el dibujo y colocar, y 4 mil figuras inteligentes estándares de la industria, ayudan a los usuarios a trabaja de manera más rápida e intuitiva. u complemento basado en CAD, Intellicad 98, se ha convertido en la prueba de referencia crítica de compatibilidad con Autocad, recibiendo reconocimiento por su formato de archivo DWG nativo y extensa compatibilidad con comandos, menús y aplicaciones de Microsoft Office, como Microsoft Word y Microsoft Excel, con tecnologías Microsoft Active X para realizar tareas de automatización de oficina relacionadas.