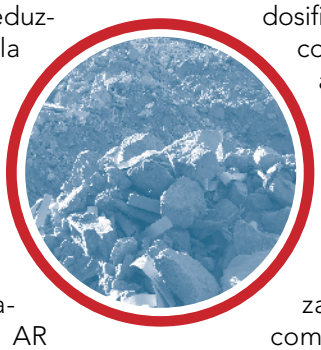
AGREGADOS RECICLADOS

Residuos de la prefabricación

2da parte.

El creciente aumento en la generación de residuos y la falta de sitios en dónde depositarlos, impone a la sociedad la necesidad de habilitar mecanismos de gestión que reduzcan este negativo impacto. El sector de la construcción debe aportar soluciones sustentables que minimicen los efectos de sus residuos, y una manera es promoviendo el reciclado de los agregados.



A continuación, se exponen los resultados de un estudio acerca de la viabilidad de empleo de agregado reciclado (AR), en dosificaciones de concreto armado y pretensado de autoconsumo. Este AR proviene de piezas prefabricadas de desechos procedentes de una planta en Zaragoza, España. En el estudio se evalúa el AR y su relación con el agregado natural original. También son evaluados los resultados de los ensayos con probetas de concreto reciclado, en lo que respecta a sus propiedades mecánicas (resistencia a compresión y a tensión), así como al grado de absorción y a la densidad.

El AR empleado procede de piezas en las que se garantizaron resistencias mínimas de entre 30 y 50 MPa, sin estar sometidos a ningún proceso externo de contaminación. Para las dosificaciones utilizadas fueron empleados concretos autocompactables con aditivo plastificante soluble al agua, con pH de 9 y exento de cloruros, o superplastificante con base en policarboxilatos modificados, con pH de 8 y también exento de cloruros.

El cemento usado se considera similar al empleado en el proceso de prefabricación original. Los agregados naturales utilizados para la fabricación de todos los elementos prefabricados, así como para la fabricación de los concretos en estudio, presentan como componentes principales: calcita, cuarzo y fragmentos de roca.

El tratamiento seguido para la fabricación del AR, consistió en la trituración previa de todas las piezas, dejando el material con un tamaño máximo de 30 cm. En esta fase se separó todo el acero de refuerzo encontrado. Posteriormente, los bloques de 30 cm fueron triturados hasta reducirlos a un tamaño de 0 a 50 mm, eliminando también el acero que se encontró. Este agregado se volvió a triturar y después fue tamizado para obtener únicamente la fracción 4/12. La fase final consistió en un proceso de lavado.

Las dosificaciones para elaborar las mezclas se realizaron de acuerdo a los mismos parámetros que para la fabricación de las piezas sin AR, sólo se consideró la sustitución de una fracción de agregado grueso en porcentajes de 0, 20, 50 y 100% para dosificaciones de concreto armado y pretensado; con agregados sin presaturar, y del 100% con agregados sometidos a presaturación. Por su parte, para la elaboración de las muestras curadas en cámara húmeda hasta la fecha de la rotura (7 y 28 días), se trabajó con relaciones agua-cemento de entre 0.43 y 0.44.

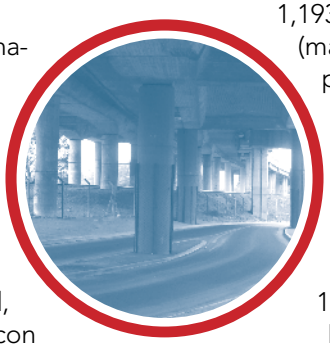
Los resultados de los ensayos realizados con el AR presentaron un excelente comportamiento, quedando la absorción y la resistencia a heladas para sustituciones del 100%, con valores muy superiores respecto a los agregados de referencia. Los ensayos de absorción para el concreto con AR mostraron 2.85% para el concreto de referencia, y de 4.77% para las sustituciones de AR del 100%, quedando la densidad con valores que oscilaron de 2.3 a 2.4 (kg/dm^3).

Los ensayos de resistencia a compresión en muestras con AR, sin saturación previa, mostraron valores similares en las tres sustituciones estudiadas, respecto al concreto de referencia; presentando un aumento de resistencia en los de 40 MPa, con a/c de 0.44, con una sustitución del 50%. En los concretos con agregado presaturado, la resistencia a compresión disminuyó entre un 15 y un 20%, respecto al concreto de referencia. Como conclusión, los resultados de los ensayos realizados indicaron que los concretos elaborados con AR obtenidos de piezas prefabricadas rechazadas, pueden presentar un excelente desempeño para su uso estructural en concreto armado y pretensado; con posibles sustituciones de un 100% C

Referencia: Pérez-Benedicto J. A.; del Río-Merino M.; Peralta-Canudo J. L.; de la Rosa-La Mata M., "Características mecánicas de hormigones con áridos reciclados procedentes de los rechazos en prefabricación", *Mater. Construcc.*, vol. 62, 305, 25-37, 2012. ISSN: 0465-2746.

INFRAESTRUCTURA

"El Zapotillo"



Está en construcción la presa de almacenamiento "El Zapotillo", sobre el río Verde, para el abastecimiento de agua potable a Los Altos de Jalisco y a la ciudad de León, Guanajuato. La presa está ubicada en El Zapotillo, en los municipios de Cañadas de Obregón y Yahualica, en el estado de Jalisco.

Se trata de una presa de gravedad, construida con concreto compactado con rodillo (CCR), con una planta en curva en coronación de 320 m lineales y una altura sobre cimientos de 132 m. Esta presa cerrará un embalse de 910 Hm^3 (910 millones de m^3) de capacidad. Por su parte, el cuerpo de la presa (cortina) se cimenta aproximadamente 25 m bajo el cauce actual del río. El paramento aguas arriba es vertical y el paramento aguas abajo se cimbrará para formar los escalones que tienen 0.75 m de base y 0.9 m de altura. Las tongadas de CCR serán de 30 cm; de forma tal que con tres tongadas se formará un "escalón" de altura. El volumen de concreto de la cortina será de 1,100,000 m^3.

Adicionalmente, será necesario construir una ataguía y una contraataguía, también en CCR y con un volumen de 35,000 m^3; así como una preataguía y una precontraataguía con materiales sueltos y con un volumen de unos 15,000 m^3 de terracerías.

El desvío del río se realizará por la margen izquierda, mediante un canal de unos 180 m^2 de sección y de 407 m lineales. En los 90 m lineales, que pasa el canal de desvío por la cortina, se cubrirá el canal con una losa de concreto reforzado de 1.50 m de espesor.

La torre de toma, situada entre el canal de desvío y el estribo izquierdo, tiene una sección poligonal de 18.5 m de diámetro; así como una altura sobre cimentación de 88 m. De aquí salen dos tuberías de 2.1 y 1.8 m de diámetro, que son las que abastecerán a la futura ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable).

La tubería de 1.8 m atraviesa la cortina y termina en una cámara de válvulas y tubería de 2.1 m; que tras atravesar la cortina, entra en un túnel de 540 m lineales con una sección libre de 26 m^2. El vertedor (aliviadero) tiene en coronación 142 m lineales, así como seis vanos que descargan en un cuenco amortiguador de 127 m lineales por 91 m de ancho, junto al aliviadero; así como 59 m al final del cuenco.

En general, para la construcción de la presa se requiere de un volumen de aproximadamente 1,193,400 m^3 de concreto CCR/Concreto hidráulico (más 39,600 m^3 de concreto lanzado a aplicar en portales y túneles), así como de 8,634,000 kg de acero de refuerzo y 52,000 kg de acero estructural. Adicionalmente, se considera la utilización de 85 m lineales de tubería de acero de 1.80 m de diámetro, y de 635 m lineales de tubería de acero de 2.1 m de diámetro. La cantidad de cimbra a usar se estima en 118,720 m^2.

Los niveles de excavación o corte, incluyendo los caminos, se estiman en los 82,900 m^3; siendo representativa la excavación subterránea en la zona de túneles, en donde se considera que para un diámetro de túnel de 5.4 m, se tendrían que excavar unos 3,300 m^3. C

Referencia: Adaptado de: "Presa del Zapotillo", en FCC Construcción México. http://www.fccco.mx/Proyectos/InfraestructuraHidrulica/PresadelZapotillo/seccion=1140&idioma=es_ES.do

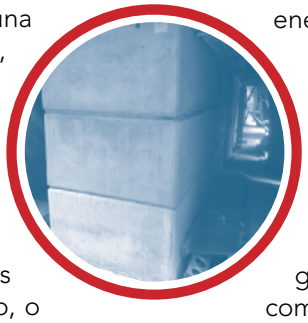
CIMBRAS

Torres de concreto con cimbras deslizantes

Una compañía canadiense está trabajando en la creación de un sistema de cimbras deslizantes a utilizar en el colado de torres de concreto para el montaje de turbinas eólicas, a fin de lograr la construcción de torres más altas, que sirvan de apoyo para aspas más grandes y eficientes. Con el sistema se podrán lograr torres de más de 100 m, que podrán soportar grandes turbinas con rotores de mayor diámetro y llegar donde los vientos soplan más fuerte. Lo anterior traerá como consecuencia una mayor captación de energía, con un costo competitivo de la construcción.

La tecnología fue diseñada por Tecnologías FWS, con sede en la ciudad de Winnipeg y lleva

por nombre: "Cimbra deslizante para torres de concreto de turbina eólica con capacidad rápida de montaje". Las torres de concreto se podrán diseñar para alturas de hasta 140 m, con una altura de turbina mayor (entre 50 y 60 m), que las torres convencionales de acero. Esta torre podrá medir unos 10 metros de diámetro en la base y unos 6 metros en la parte superior, teniendo en su base: salas de control, equipos eléctricos y equipo de mantenimiento.



En lugar de usar grandes grúas móviles para el montaje de los elementos de acero, o de secciones hechas de otro material, la torre de la turbina será construida con una técnica de cimbra deslizante de concreto, similar a la utilizada para construir la torre CN (Torre Nacional de Canadá). Todo el sistema, incluido el generador, la turbina y el rotor, se podrá ensamblar en el lugar e izarse por medio de una grúa pórtico eléctrica construida para el fin. El sistema posteriormente se desmontará y se reutilizará.

"Tenemos una gran experiencia en la construcción de cimbras deslizantes para concreto", comenta George Depres, director de operaciones de FWS. Señala además que la compañía ha construido más de 100 estructuras de concreto para la industria agrícola en el oeste de Canadá, y que ahora están involucrados en la construcción de marcos para cimbras deslizantes, principalmente para empresas mineras, o para cualquier otro proyecto que involucre a grandes estructuras construidas con concreto monolítico. Depres refiere además que el concreto ofrece alta resistencia y gran rigidez, así como mejores características, respecto al amortiguamiento de las vibraciones armónicas, que son típicas en este tipo de construcciones.

Por otra parte Joseph Furgal, gerente de desarrollo de proyectos de la Compañía FWS, manifiesta que la construcción de torres de mayor altura podría redundar en una ganancia de energía durante la vida del proyecto, estimada en una magnitud de entre 5 y 15%. Por otra parte, las torres más altas podrían inducir al aumento en la producción de electricidad en una proporción de 2 a 3 veces comparada con la producción de los modelos actuales. A estas dos situaciones hay que agregar que las torres de acero no son muy comercializadas en Canadá, lo que significa que por lo general, deben de ser importadas de Europa y Asia.

Las cimbras deslizantes para el colado de torres de concreto adicionalmente, estimulan la actividad de la construcción local y satisface los requerimientos, que en muchas jurisdicciones (incluyendo Ontario), se establecen en relación a proyectos de energía renovable.

Depres refiere que los lugares inaccesibles y remotos son zonas ideales para la aplicación de esta tecnología, aunque se tiene el inconveniente de los costos de transportación, renta, y de las grandes grúas que se necesitan movilizar. De acuerdo a lo anterior, si se elimina el costo de las grúas y se aumenta la captación de energía, la compañía espera mejorar la viabilidad comercial del proyecto eólico.

Adicionalmente, se señala que la compañía sólo requiere la cimbra, la planta productora de concreto, el acero de refuerzo y los materiales para el desarrollo del proceso. También se menciona que la compañía ha cambiado su enfoque de construcción de un proyecto demostrativo, a la construcción de un proyecto comercial, y actualmente se están buscando socios comerciales entre los fabricantes de aerogeneradores y entre los promotores de parques eólicos, en los que FWS proporcione tanto las torres, como todo el proceso de construcción.

Referencia: Adaptado de: "Slipform concrete towers support bigger and more efficient blades", en Reed Construction Data: Daily Commercial News. ON, Canadá. http://www.dcnonl.com/article/id41243

CALOR E HIDRATACIÓN

Cemento Portland: concreto y calor de hidratación 1era parte.

Cuando el cemento Portland se mezcla con agua, se libera calor. Este calor se denomina calor de hidratación, y es resultado de la reacción química exotérmica entre ambos componentes; con lo que se eleva la temperatura del concreto.

Durante la construcción con concreto normal, el calor se disipa en el suelo o el aire y los cambios resultantes de temperatura dentro de la estructura no suelen ser significativos. Sin embargo, en

algunas situaciones, sobre todo en estructuras de concreto masivo, el calor no puede ser fácilmente liberado, por lo cual la masa de concreto puede alcanzar altas temperaturas internas, especialmente cuando se construye en zonas de altas temperaturas ambientales, o cuando se usan altos contenidos de cemento. En este último caso han sido observados aumentos de temperatura por encima de los 55 °C.

Esta elevación de la temperatura aumenta las expansiones mientras el concreto endurece. Si el aumento es significativo y el concreto se somete a un enfriamiento rápido o no uniforme, los esfuerzos debidos a la contracción térmica en estructuras restringidas, pueden dar lugar a la formación de grietas antes o después de que el concreto eventualmente se enfríe a temperatura ambiente. Los contratistas a menudo aíslan elementos masivos de concreto para controlar los cambios de temperatura. Como regla general, el diferencial máximo de temperatura entre el interior y el exterior del concreto no debe exceder de 20°C para evitar el desarrollo de agrietamiento. El potencial de agrietamiento por temperatura, depende entonces de la resistencia a tensión del concreto, del coeficiente de expansión térmica, del diferencial de temperatura dentro del concreto, así como de las restricciones de la pieza.

El concreto colocado en condiciones frías se beneficia del calor de la hidratación, contribuyendo a protegerlo de la congelación, y proporcionando una temperatura de curado más favorable. Añadir aislamiento a las cimbras ayuda a atrapar el calor en el concreto, lo que apoya a que se consiga la resistencia requerida.

El calor de hidratación del cemento generalmente se determina por la norma ASTM C 186: "Método de ensayo estándar para el calor de hidratación del cemento hidráulico". En ésta se define que generalmente, el cemento Tipo III tiene mayor calor de hidratación que los otros tipos de cemento (media= 88.5 cal/g en 7 días), y que el Tipo IV tiene el más bajo (media = 55.7 cal/g en 7 días).

El cemento Portland desarrolla calor por largo tiempo. Diversos estudios fundamentan que la tasa de generación de calor es mayor en edades tempranas. Por lo general, la mayor tasa de liberación de calor se produce en las primeras 24 horas, y una gran parte se desarrolla dentro de los primeros 3 días. Para la mayoría de los elementos de concreto, la generación de calor a largo plazo no es un problema, ya que este calor se disipa en el medio ambiente.

En relación a los factores que afectan el calor de hidratación, se afirma que los materiales pueden ser seleccionados para minimizar o maximizar el calor de hidratación, dependiendo de la necesidad. Cementos de alto contenido de silicato tricálcico y de aluminato tricálcico, así como una mayor finura, tienen mayores tasas de generación de calor que otros cementos. El silicato tricálcico y el aluminato tricálcico químicamente generan más calor, y a un ritmo más rápido que el silicato dicálcico u otros compuestos del cemento.

Una mayor finura proporciona una mayor área de superficie al ser humedecida, resultando en una aceleración de la reacción entre el cemento y el agua, y en un aumento en la tasa de liberación de calor a edades tempranas; pero no influye en la cantidad total de calor desarrollado a lo largo de varias semanas. Otros factores que influyen en el desarrollo del calor en el concreto son: el contenido de cemento, la relación agua-cemento, la temperatura de colocación y curado, las adiciones minerales, los aditivos químicos, y las dimensiones del elemento estructural.

En general, mayores contenidos de cemento resultan en el desarrollo de más calor. La norma ACI 211.1: "Práctica estándar para la selección de las proporciones de concreto normal, pesado y masivo", afirma como una guía aproximada que la hidratación del cemento va a generar un aumento de la temperatura del concreto de aproximadamente 4.7 °C a 7.0 °C por cada 50 kg de cemento por m^3 de concreto, en un tiempo de 18 a 72 horas. C

Referencia: PCA, "Portland cement, concrete, and heat of hydration", vol. 18, núm. 2, julio de 1997.