Inspección multitecnológica para aumentar la productividad en la construcción de PPVC

Resumen

La construcción volumétrica prefabricada y preacabada (PPVC) es cada vez más popular en Singapur e incluso se impone en determinadas obras de venta de terrenos del Gobierno. El PPVC ofrece varias ventajas, entre ellas una mayor productividad, que ahora es una prioridad aún mayor debido a la pandemia. La inspección es necesaria para garantizar la integridad estructural de las estructuras de PPVC, pero a menudo se considera un proceso que no aporta valor añadido y que requiere mucho tiempo. Esta ponencia ilustrará cómo el uso de un enfoque de inspección multitecnológico puede garantizar la integridad, y cómo las herramientas de inspección digital pueden añadir valor y mejorar la productividad.

Introducción

Los métodos de construcción fuera de obra son cada vez más populares en muchos países, como Singapur, Reino Unido y Japón. Uno de estos métodos es la construcción volumétrica prefabricada y acabada (CVPP). El PPVC consiste en fabricar y acabar módulos 3D (normalmente habitaciones) fuera de las obras. En la obra hay que ensamblarlos para formar el edificio completo, por ejemplo, un bloque de pisos. En el diseño de doble pared, el espacio entre las dos paredes prefabricadas de hormigón se rellena inyectando lechada líquida in situ. Al trasladar gran parte del trabajo fuera de la obra, se obtienen varias ventajas, como una mayor productividad, un mejor entorno de construcción, una mayor seguridad en la obra y un control de calidad más estricto. Algunos ejemplos de proyectos de PPVC terminados en Singapur son el NTU Hall of Residence y Clement Canopy.

Aunque una de las principales razones para emplear PPVC es aumentar la productividad, esto no se ha conseguido plenamente debido a varios retos, muchos de ellos en torno al control de calidad. Existen varios requisitos de inspección de las estructuras de PPVC, entre los que se incluyen (i) el control de calidad de los elementos prefabricados de hormigón; (ii) el control de calidad de los elementos de hormigón moldeado in situ; (iii) el control de calidad de la lechada y (iv) la inspección de defectos estructurales en proyectos de PPVC existentes/antiguos.

Existen varios métodos de ensayos no destructivos (END) aplicables al PPVC. Se presentarán sucesivamente en la sección "Materiales y métodos" y se describirá su pertinencia para el PPVC. En la sección "Resultados y Discusión" se presentarán y discutirán los resultados del Eco de Pulso Ultrasónico (UPE), junto con la representación de datos en una plataforma de inspección digital. Se demostrará que el uso de diferentes técnicas de inspección junto con el uso de software avanzado puede aumentar la productividad y la fiabilidad del PPVC.

El Eco de Pulso Ultrasónico es el tema central de este artículo, ya que es el método END más avanzado aplicado al PPVC. El equipo de Proceq Asia ha colaborado estrechamente con los pioneros del PPVC en Singapur para aplicar el UPE al control de calidad de la lechada.

Materiales y métodos

El martillo de rebote es un instrumento común de END para estimar la resistencia a la compresión rápidamente y sin necesidad de perforación. El principio de funcionamiento es que una masa cargada con un muelle impacta en la superficie del hormigón y su rebote se mide y se correlaciona con la resistencia a la compresión. La velocidad de impulsos ultrasónicos (UPV) se utiliza de forma similar para estimar la resistencia a la compresión de forma rápida y sin necesidad de realizar perforaciones. Sin embargo, el principio de funcionamiento es muy diferente. Con la UPV se envía una señal ultrasónica al hormigón mediante un transductor y se recibe mediante un segundo transductor.

Debe conocerse el espesor del hormigón que ha atravesado el ultrasonido. El tiempo de recorrido se determina a partir de los tiempos de envío y recepción de los transductores. A continuación, puede calcularse la velocidad del impulso ultrasónico. Dado que el ultrasonido es una onda mecánica, su velocidad a través de un material depende de las propiedades mecánicas de dicho material. Por lo tanto, es posible estimar la resistencia del hormigón una vez calculada la velocidad del pulso ultrasónico. Estas dos técnicas pueden utilizarse para medir la resistencia a la compresión de los elementos prefabricados de hormigón de PPVC, en el lugar de fabricación.

La combinación de los ensayos con martillo de rebote y UPV se denomina método SONREB ("rebote sónico") y proporciona una estimación más precisa de la resistencia a la compresión. Esta es otra opción para los elementos prefabricados de hormigón.

Un requisito de inspección importante es comprobar que la inyección entre los elementos de hormigón se ha realizado correctamente. Obviamente, esto se hace en la propia obra. Una opción es utilizar UPV, ya que la velocidad de los ultrasonidos puede dar una indicación de la calidad de la lechada. Sin embargo, esto no proporciona mucha información al inspector. Sólo sabrá que un determinado volumen de lechada tiene probablemente algunos defectos, pero no conocerá su tamaño ni su ubicación exacta.

Es necesario analizar los datos fuera del emplazamiento para obtener más información, por lo que es imposible realizar una evaluación inmediata. La cobertura de la UPV es limitada, por lo que deben realizarse varias mediciones para cubrir una gran superficie de hormigón. Una opción preferida es el eco de pulso ultrasónico (UPE), ya que ofrece una imagen real de cualquier defecto, entre otras ventajas que se comentan a continuación. La evaluación es posible inmediatamente in situ, lo que contribuye a mejorar la productividad.

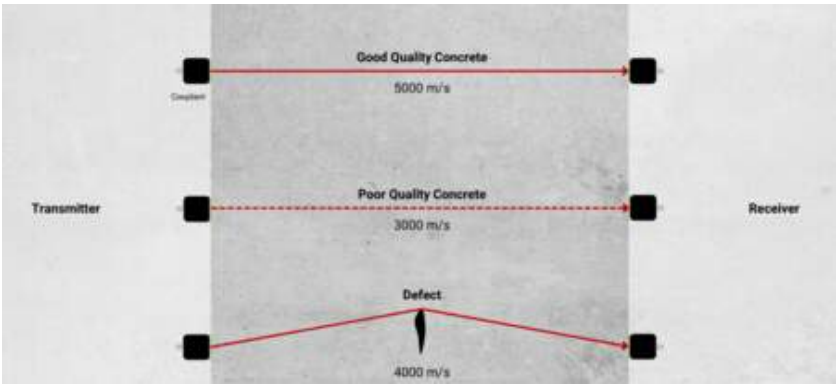


Figure 1 Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) principle

Con la UPE, los ultrasonidos se envían al interior del hormigón y se reflejan en los límites o defectos (figura 2). Los ultrasonidos reflejados son recibidos por el mismo instrumento, por lo que sólo es necesario acceder a un lado, a diferencia de lo que ocurre con la UPV. Otra diferencia es que con la UPE se suele utilizar una "matriz" de ultrasonidos, lo que significa que en un instrumento hay varios transductores que transmiten y reciben ultrasonidos. Esto genera un gran número de señales que pueden procesarse para obtener una imagen transversal 2D o incluso 3D de la estructura. Se puede obtener una imagen de una gran superficie de hormigón con el instrumento en una sola posición, y el instrumento se desplaza a lo largo del hormigón para generar muchas imágenes que se unen automáticamente.

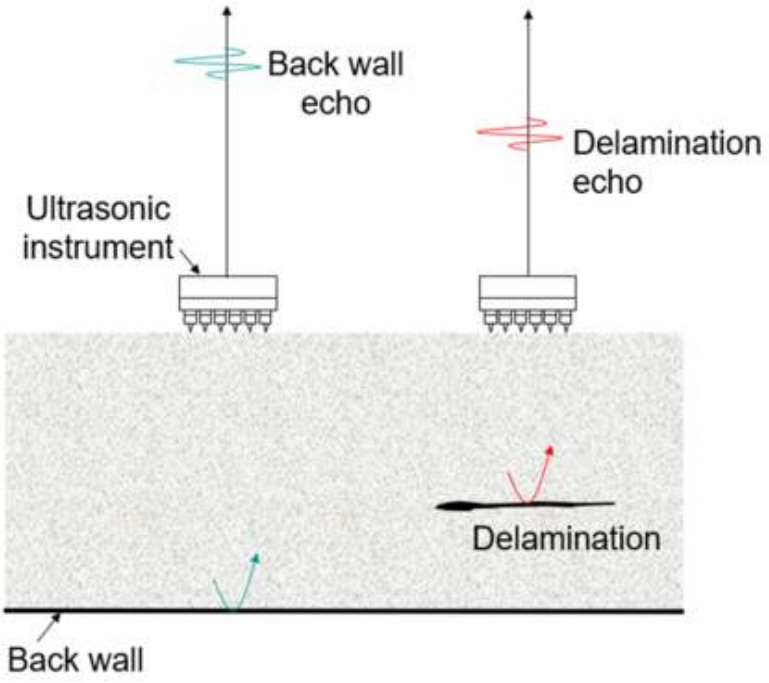


Figure 2 Ultrasonic Pulse Echo (UPE) principle.

En la parte izquierda de la figura 2 se muestra un reflejo del espesor total (pared posterior). En la parte derecha se muestra un reflejo de un defecto, por ejemplo, una delaminación.

Los principios de UPV y UPE se muestran esquemáticamente en las figuras 1 y 2, respectivamente. Obsérvese que la UPV requiere gel de acoplamiento ultrasónico entre los transductores y la superficie, mientras que la UPE no lo requiere, ya que se utilizan transductores de contacto de punto seco (DPC). Esta es otra ventaja de la UPE, especialmente para escanear grandes superficies.

A lo largo de los años, Proceq ha desarrollado varios instrumentos de array UPE, a saber, Pundit 250 Array, Pundit PD8000 y Pundit PD8050. Los dos últimos son instrumentos inalámbricos conectados a dispositivos móviles con conexión a Internet. Se utiliza una aplicación específica para iPad. Todos los datos se guardan en un servidor web y se puede acceder a ellos y procesarlos de forma segura desde ubicaciones remotas. La aplicación permite a los usuarios generar informes sobre el terreno y enlazar automáticamente con otras aplicaciones, por ejemplo para la gestión de inspecciones.

Otro requisito de los END para el hormigón armado es detectar las barras de acero de refuerzo ("armaduras"). Los dos métodos más populares para ello son las pruebas de corrientes de Foucault pulsadas y el radar de penetración en el suelo. La prueba de corrientes de Foucault es una prueba rápida que detecta la presencia de barras de refuerzo y también puede dar una estimación de la profundidad y el diámetro de la cubierta, pero no puede detectar ningún otro objeto. El radar de penetración en el suelo (GPR) es una técnica de obtención de imágenes similar al UPE, pero que utiliza ondas de radio en lugar de ondas ultrasónicas. Estos métodos pueden aplicarse a elementos prefabricados de PPVC reforzado.

Resultados y discusión

En esta sección se presentarán y discutirán los resultados del UPE, incluida su integración con una plataforma de inspección digital.

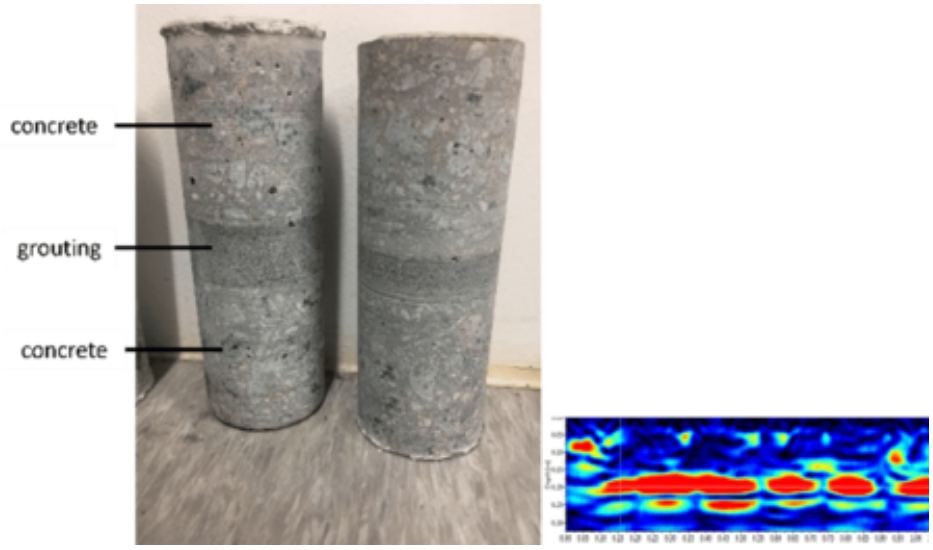


Figure 3 (a) and (b)

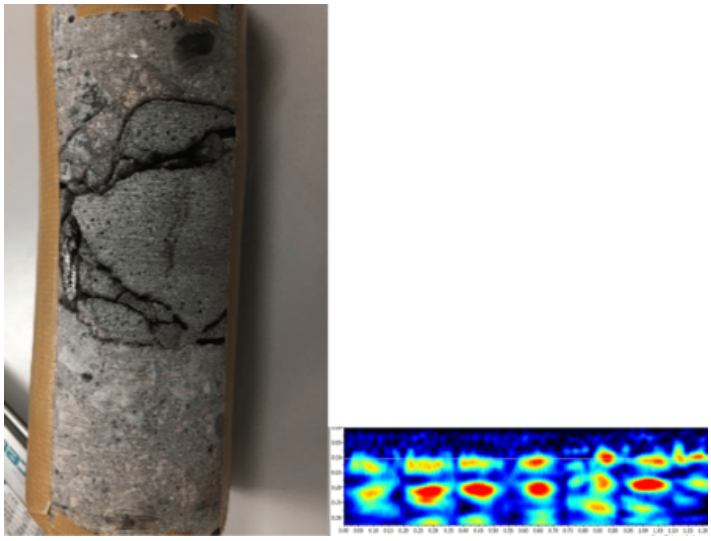


Figure 3 (c) and (d)

La figura 3 muestra núcleos extraídos de una estructura de PPVC.

En (a) los núcleos consisten en dos capas de hormigón con lechada de buena calidad entre ellas. El espesor total es de aproximadamente 20 cm.

En (c) se muestra un único núcleo con lechada defectuosa entre las dos capas de hormigón. El grosor total de la lechada de hormigón es de aproximadamente 20 cm, pero esta vez hay varios defectos en la lechada.

En (b) y (d) se muestran los resultados UPE tomados con Pundit 250 Array. En (b) hay una fuerte reflexión (indicación roja grande) a aproximadamente 20cm que es lo que se espera de una lechada de buena calidad - el ultrasonido pasa directamente a través de ella y sólo se refleja fuertemente en la pared opuesta. En (d) hay una fuerte reflexión a aproximadamente 10cm que se refiere a la profundidad de la lechada; esto significa que el ultrasonido está siendo reflejado desde dentro de la lechada por lo que el aire (defectos) debe estar presente.

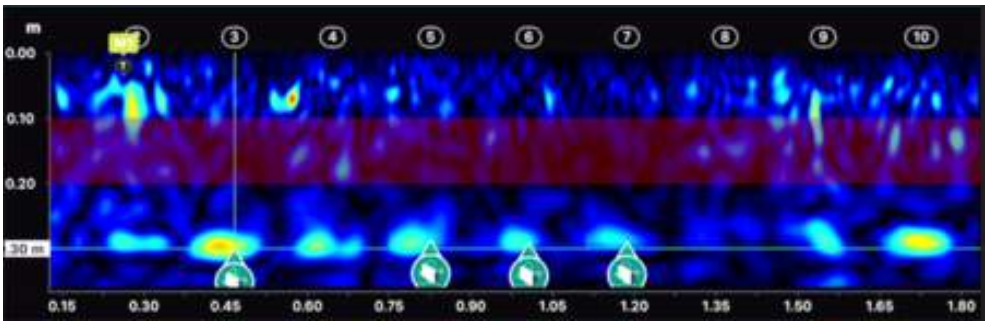


Figure 4 (a)

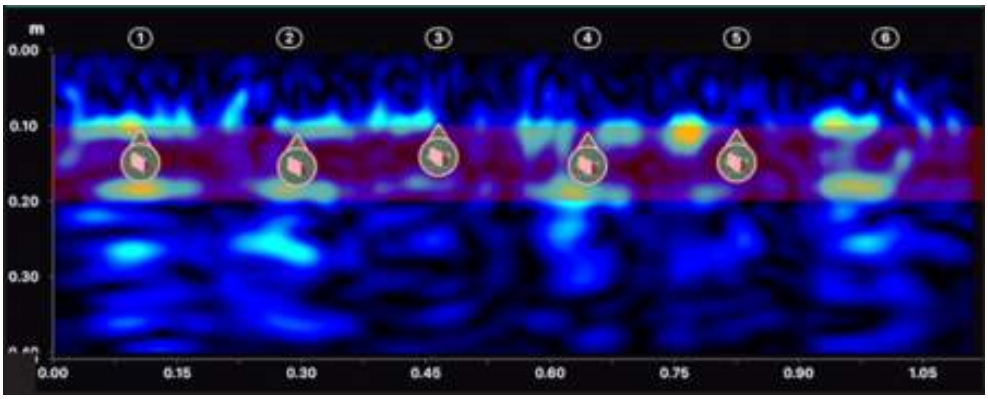


Figure 4 (b)

La figura 4 muestra otros ejemplos de datos UPE de estructuras de PPVC; en esta ocasión, el espesor total de hormigón-rejuntado-hormigón es de 30 cm y la lechada es de hormigón autocompactante (SCC). En (a) la lechada se ha completado, por lo que se observa una fuerte reflexión a 30 cm. En (b) la lechada aún no se ha realizado por lo que se ven reflejos aproximadamente a mitad de camino, correspondientes al hueco entre las dos capas de hormigón. Esto representa el aspecto que tendría una lechada de mala calidad (con mucho aire) con UPE.

Como la mayoría de los proyectos de construcción, el PPVC implica grandes volúmenes de material que debe inspeccionarse, múltiples lugares de trabajo (tanto de fabricación como de construcción), grandes volúmenes de datos de inspección y muchas partes interesadas. Por lo tanto, es importante que los datos de inspección se almacenen digitalmente y en servidores seguros en la nube para que las partes interesadas puedan acceder a ellos, incluso dentro de varios años. Lo ideal es que la recogida de datos y el almacenamiento en la web se realicen sin interrupciones, es decir, que los datos se recojan directamente en un dispositivo móvil con conexión a Internet y se envíen automáticamente a la nube. De este modo, el operador no tiene que dedicar tiempo ni esfuerzo adicionales a guardar los datos.

Además, es importante que los datos de localización se almacenen junto con los datos de inspección. No debe tratarse simplemente de una posición GNSS aproximada o de una dirección postal, sino de una ubicación exacta con respecto a un plano del proyecto. Los ingenieros de Proceq trabajan ahora con los pioneros del PPVC en Singapur para conseguirlo utilizando su nuevo software, Screening Eagle INSPECT.

INSPECT es una plataforma de software completa e inteligente con numerosas funciones para mejorar la productividad, la calidad y la fiabilidad de las tareas de preinspección, inspección y elaboración de informes. En el contexto de las estructuras de PPVC, permite a los usuarios asignar datos END, por ejemplo datos UPE, a una ubicación exacta en una unidad de alojamiento. En la Figura 5 se muestra un ejemplo. También pueden incluirse datos de otros métodos y lugares de inspección, por ejemplo, ensayos de rebote en el lugar de fabricación.

Conclusiones y recomendaciones

El uso de PPVC tiene el potencial de mejorar enormemente la productividad de la construcción, aunque plantea varios retos de inspección. Mediante una buena planificación y la selección de las herramientas de inspección adecuadas, es posible inspeccionar una estructura de forma rigurosa sin gastar mucho tiempo ni energía. Como se ha demostrado en este artículo, se requiere un enfoque multitecnológico con diferentes tecnologías de inspección empleadas para diferentes requisitos de inspección.

Otra recomendación es utilizar dispositivos móviles con conexión a Internet para recoger los datos y enviarlos automáticamente a un almacenamiento seguro en la nube. Esto aumentará aún más la productividad y la fiabilidad de las estructuras de PPVC. Además, lo ideal sería que los datos de inspección se almacenaran junto con su ubicación, por ejemplo, exactamente de qué parte de qué unidad de carcasa se tomaron los datos ultrasónicos. La ventaja de hacer esto se sentirá con más fuerza varios años en el futuro, cuando los datos de inspección de las estructuras de PPVC deban revisarse, por ejemplo, debido a un fallo de una estructura similar, o cuando se vaya a realizar una remodelación/reacondicionamiento.

SCREENING EAGLE | proceq

Terms Of Use
Website Data Privacy Policy

Copyright © 2024 Screening Eagle Technologies. All rights reserved. The trademarks and logos displayed herein are registered and unregistered trademarks of Screening Eagle Technologies S.A. and/or its affiliates, in Switzerland and certain other countries.