Inspecção Multitecnológica para Aumento da Produtividade na Construção de PPVC

Resumo

A construção volumétrica pré-fabricada e pré-acabada (PPVC) está a ganhar popularidade em Singapura, sendo mesmo imposta em alguns locais de venda de terrenos do Governo. A PPVC oferece várias vantagens, incluindo o aumento da produtividade, que é agora uma prioridade ainda maior devido à pandemia. É necessária uma inspeção para garantir a integridade estrutural das estruturas de PPVC, mas a inspeção é frequentemente considerada um processo moroso e sem valor acrescentado. Este documento irá ilustrar como a utilização de uma abordagem de inspeção multi-tecnologia pode garantir a integridade e como as ferramentas de inspeção digital podem acrescentar valor e aumentar a produtividade.

Introdução

Os métodos de construção fora do estaleiro estão a ganhar popularidade em muitos países, incluindo Singapura, Reino Unido e Japão. Um desses métodos é a construção volumétrica pré-fabricada e pré-acabada (PPVC). A PPVC envolve o fabrico e o acabamento de módulos 3D (normalmente divisões) fora do local. No local de construção, têm de ser montados para formar o edifício completo, por exemplo, um bloco de apartamentos. Na conceção de parede dupla, o espaço entre as duas paredes de betão pré-fabricadas é betumado, injectando betume líquido no local. Ao transferir grande parte do trabalho para fora do local, existem várias vantagens, incluindo maior produtividade, melhor ambiente de construção, maior segurança no local e um controlo de qualidade mais rigoroso. Alguns exemplos de projectos PPVC concluídos em Singapura incluem o NTU Hall of Residence e o Clement Canopy.

Embora uma das principais razões para a utilização do PPVC seja o aumento da produtividade, este objetivo não foi totalmente concretizado devido a vários desafios, muitos dos quais relacionados com o controlo de qualidade. Existem vários requisitos de inspeção das estruturas de PPVC, incluindo (i) controlo da qualidade dos elementos de betão pré-fabricados; (ii) controlo da qualidade dos elementos de betão moldados in situ; (iii) controlo da qualidade da betumação e (iv) inspeção de defeitos estruturais em projectos de PPVC existentes/antigos.

Vários métodos de ensaios não destrutivos (END) são aplicáveis ao PPVC. Estes serão apresentados sucessivamente na secção "Materiais e métodos" e a sua relevância para o PPVC será descrita. Os resultados do Ultrasonic Pulse Echo (UPE), juntamente com a representação de dados numa plataforma de inspeção digital, serão apresentados e discutidos na secção "Resultados e Discussão". Será demonstrado que a utilização de diferentes técnicas de inspeção, juntamente com a utilização de software avançado, pode aumentar a produtividade e a fiabilidade do PPVC.

O eco de impulsos ultra-sónicos é o foco deste documento, uma vez que este é o método END mais avançado aplicado ao PPVC. A equipa da Proceq Ásia trabalhou em conjunto com os pioneiros do PPVC em Singapura para aplicar o UPE ao controlo de qualidade da betumação.

Materiais e métodos

O martelo de ressalto é um instrumento NDT comum para estimar a resistência à compressão de forma rápida e sem a necessidade de perfuração. O princípio de funcionamento consiste no impacto de uma massa carregada por mola na superfície do betão e o seu ressalto é medido e correlacionado com a resistência à compressão. A velocidade de impulso ultra-sónica (UPV) é utilizada de forma semelhante para estimar a resistência à compressão de forma rápida e sem necessidade de perfuração. No entanto, o princípio de funcionamento é muito diferente. Com a UPV, um sinal ultrassónico é enviado para o betão através de um transdutor e recebido através de um segundo transdutor.

É necessário conhecer a espessura do betão através da qual os ultra-sons se deslocaram. O tempo de percurso é determinado com base nos tempos de envio e receção dos transdutores. A velocidade do impulso ultrassónico pode então ser calculada. Uma vez que o ultrassom é uma onda mecânica, a sua velocidade através de um material depende das propriedades mecânicas desse material. Por conseguinte, é possível estimar a resistência do betão uma vez calculada a velocidade do impulso ultrassónico. Estas duas técnicas podem ser utilizadas para medir a resistência à compressão dos elementos de betão pré-fabricados em PPVC, no local de fabrico.

A combinação do martelo de ressalto e do ensaio UPV é referida como o método SONREB ("ressalto sónico") e permite uma estimativa mais precisa da resistência à compressão. Esta é outra opção para elementos de betão pré-fabricados.

Um requisito de inspeção importante é verificar se a betumação entre os elementos de betão foi realizada corretamente. Isto é obviamente efectuado no próprio local de construção. Uma opção é a utilização de UPV, uma vez que a velocidade dos ultra-sons pode dar uma indicação da qualidade da betonagem. No entanto, isto não fornece muita informação ao inspetor. Apenas saberá que um determinado volume de betume tem provavelmente alguns defeitos, mas a sua dimensão e localização exacta não serão conhecidas.

A análise de dados fora do local é necessária para obter uma melhor compreensão, pelo que a avaliação imediata é impossível. A cobertura da UPV é limitada, pelo que devem ser efectuadas várias medições para cobrir uma grande área de betão. A opção preferida é o Eco de Impulso Ultrassónico (UPE), uma vez que oferece uma imagem real de quaisquer defeitos, entre outras vantagens discutidas abaixo. A avaliação é possível imediatamente no local, o que contribui para o aumento da produtividade.

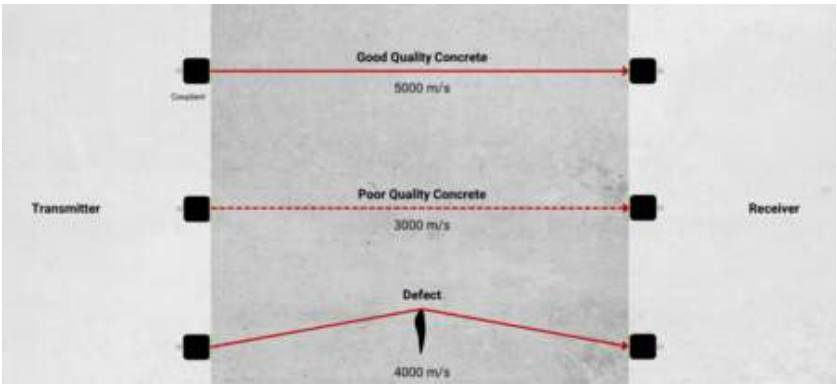


Figure 1 Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) principle

Com a UPE, os ultra-sons são enviados para o interior do betão e reflectidos em quaisquer limites ou defeitos (Figura 2). Os ultra-sons reflectidos são recebidos pelo mesmo instrumento, pelo que só é necessário aceder a um lado, ao contrário do que acontece com a UPV. Outra diferença é que, com a UPE, é normalmente utilizada uma "matriz" ultra-sónica, o que significa que existem vários transdutores num instrumento que transmitem e recebem ultra-sons. Isto gera um grande número de sinais que podem ser processados para obter uma imagem 2D ou mesmo 3D da estrutura em corte transversal. Uma grande área de betão pode ser fotografada com o instrumento numa única posição, e o instrumento é movido ao longo do betão para gerar muitas imagens que são automaticamente unidas.

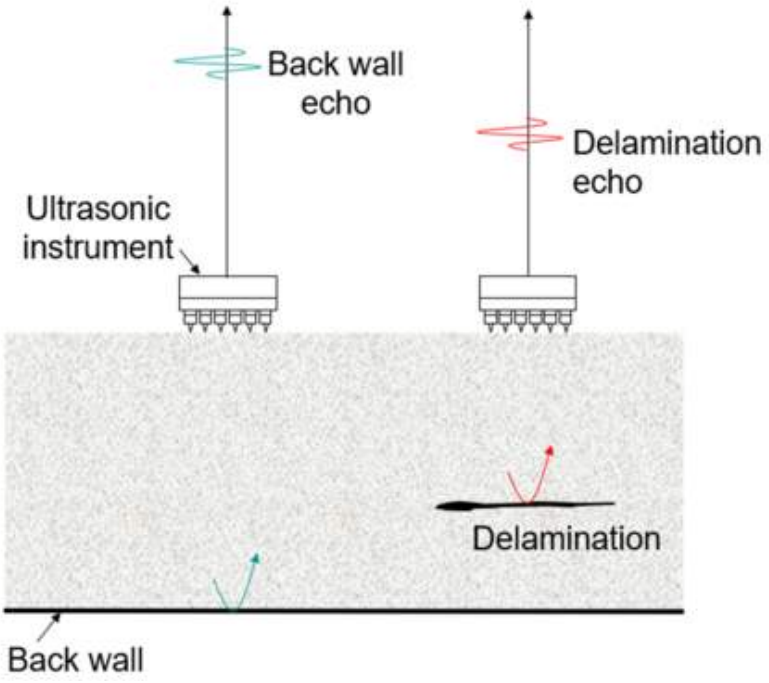


Figure 2 Ultrasonic Pulse Echo (UPE) principle.

No lado esquerdo da figura 2, é mostrada uma reflexão da espessura total (parede traseira). No lado direito, é mostrada uma reflexão de um defeito, por exemplo, uma delaminação.

O princípio da UPV e da UPE é mostrado esquematicamente na Figura 1 e na Figura 2, respetivamente. Note-se que a UPV requer gel de acoplamento ultrassónico entre os transdutores e a superfície, e a UPE não requer, porque são utilizados transdutores de contacto de ponto seco (DPC). Esta é uma vantagem adicional da UPE, especialmente para o rastreio de grandes áreas.

Ao longo dos anos, a Proceq desenvolveu vários instrumentos de matriz UPE, nomeadamente a matriz Pundit 250, Pundit PD8000 e Pundit PD8050. Os dois últimos são instrumentos sem fios ligados a dispositivos móveis com acesso à Internet. É utilizada uma aplicação dedicada no iPad. Todos os dados são guardados num servidor Web e podem ser acedidos e processados de forma segura a partir de locais remotos. A aplicação permite aos utilizadores gerar relatórios no terreno e também ligar automaticamente a outras aplicações, por exemplo, para gestão de inspecções.

Outro requisito NDT para betão armado é a deteção das barras de aço de reforço ("vergalhões"). Os dois métodos mais populares para este efeito são o ensaio de correntes parasitas pulsadas e o radar de penetração no solo. O ensaio por correntes de Foucault é um ensaio rápido que detecta a presença de varões e pode também dar uma estimativa da profundidade e do diâmetro do revestimento, mas não consegue detetar quaisquer outros objectos. O Radar de Penetração no Solo (GPR) é uma técnica de imagiologia semelhante à UPE, mas que utiliza ondas de rádio em vez de ondas ultra-sónicas. Estes métodos podem ser aplicados a elementos pré-fabricados de PPVC reforçados.

Resultados e discussão

Nesta secção serão apresentados e discutidos os resultados da UPE, incluindo a sua integração com uma plataforma de inspeção digital.

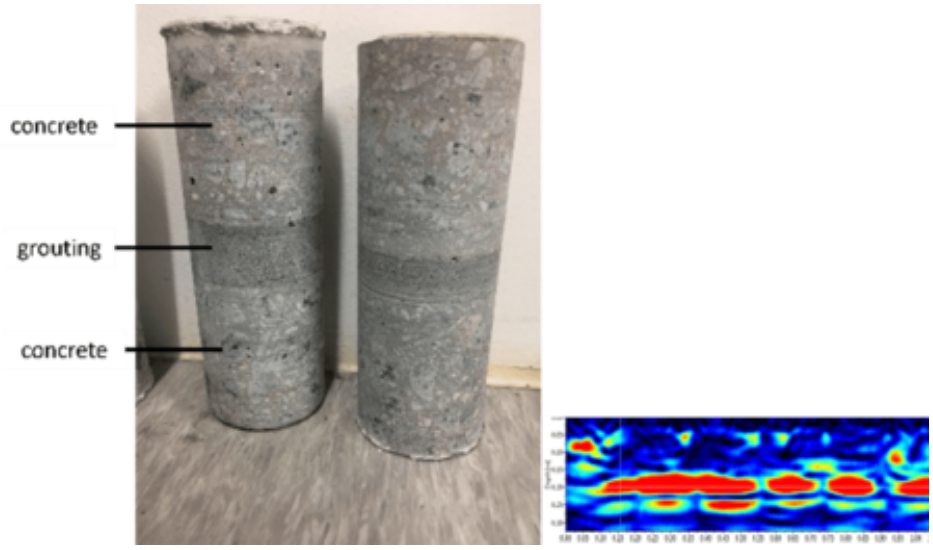


Figure 3 (a) and (b)

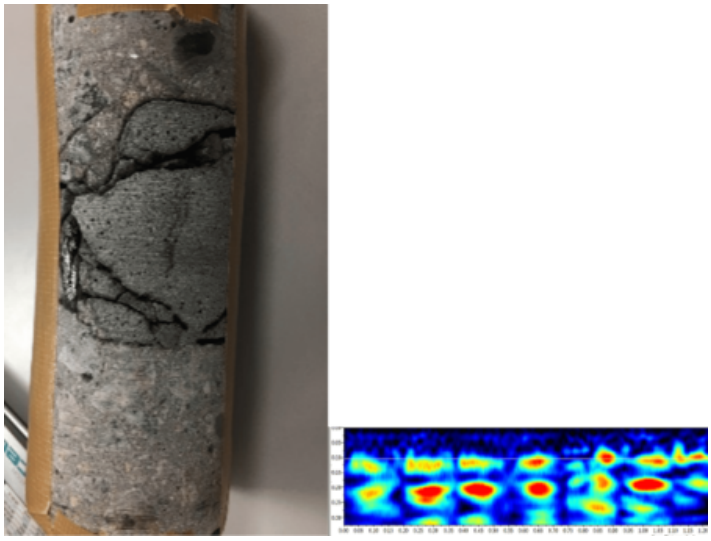


Figure 3 (c) and (d)

A figura 3 mostra núcleos retirados de uma estrutura de PPVC.

Em (a), os núcleos são constituídos por duas camadas de betão com betume de boa qualidade entre elas. A espessura total é de aproximadamente 20 cm.

Em (c) é apresentado um único núcleo com betumação defeituosa entre as duas camadas de betão. A espessura total de betão-rejunte-betão é de aproximadamente 20 cm, mas desta vez há vários defeitos no betume.

Em (b) e (d) são apresentados os resultados de EPE obtidos com a matriz Pundit 250. Em (b) existe uma forte reflexão (grande indicação vermelha) a aproximadamente 20 cm, o que é esperado de um betume de boa qualidade - os ultra-sons passam diretamente através dele e só são fortemente reflectidos na parede oposta. Em (d) existe uma forte reflexão a aproximadamente 10 cm, o que se refere à profundidade do betume; isto significa que os ultra-sons estão a ser reflectidos a partir do interior do betume, pelo que deve estar presente ar (defeitos).

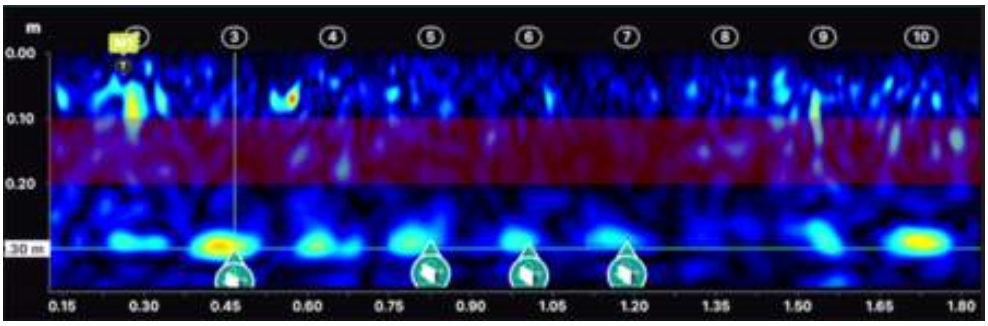


Figure 4 (a)

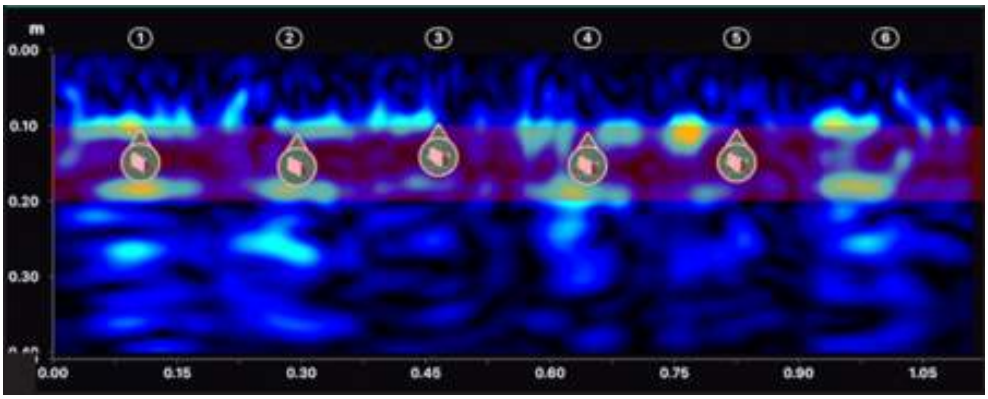


Figure 4 (b)

A Figura 4 mostra outros exemplos de dados de EPU de estruturas de PPVC; desta vez, a espessura total do betão de injeção é de 30 cm e a injeção é de betão auto-compactável (SCC). Em (a) a betumação foi concluída, pelo que se observa uma forte reflexão a 30 cm. Em (b) a betumação ainda não foi realizada, pelo que se observam reflexões aproximadamente a meio, correspondendo ao intervalo entre as duas camadas de betão. Isto representa o que seria um betume de má qualidade (contendo muito ar) com UPE.

Tal como a maioria dos projectos de construção, o PPVC envolve grandes volumes de material que têm de ser inspeccionados, vários locais de trabalho (locais de fabrico e de construção), grandes volumes de dados de inspeção e muitas partes interessadas. Por conseguinte, é importante que os dados de inspeção sejam armazenados digitalmente e em servidores em nuvem seguros, para que possam ser acedidos pelas partes interessadas relevantes, mesmo daqui a vários anos. O ideal é que a recolha de dados e o armazenamento na Web sejam contínuos, ou seja, os dados são recolhidos diretamente num dispositivo móvel com acesso à Internet e enviados automaticamente para a nuvem. Desta forma, o operador não precisa de despender qualquer tempo ou esforço adicional para guardar os dados.

Além disso, é importante que os dados de localização sejam armazenados juntamente com os dados de inspeção. Não deve ser apenas uma posição GNSS aproximada, ou um endereço postal, mas uma localização exacta em relação a uma planta do projeto. Os engenheiros da Proceq estão agora a trabalhar com os pioneiros do PPVC em Singapura para o fazer, utilizando o seu novo software, Screening Eagle INSPECT.

O INSPECT é uma plataforma de software abrangente e inteligente com muitas funções para melhorar a produtividade, a qualidade e a fiabilidade das tarefas de pré-inspeção, inspeção e elaboração de relatórios. No contexto das estruturas PPVC, permite aos utilizadores atribuir dados NDT, por exemplo, dados UPE, a uma localização exacta numa unidade de alojamento. Um exemplo é apresentado na Figura 5. Também podem ser incluídos dados de outros métodos de inspeção e locais de inspeção, por exemplo, testes de rebound no local de fabrico.

Conclusões e recomendações

A utilização de PPVC tem o potencial de melhorar significativamente a produtividade da construção, mas coloca vários desafios de inspeção. Através de um bom planeamento e da seleção das ferramentas de inspeção correctas, é possível inspecionar uma estrutura de forma rigorosa sem gastar muito tempo ou energia. Como este artigo demonstrou, é necessária uma abordagem multi-tecnológica com diferentes tecnologias de inspeção utilizadas para diferentes requisitos de inspeção.

Uma outra recomendação é a utilização de dispositivos móveis com acesso à Internet para recolher os dados e enviá-los automaticamente para um armazenamento seguro na nuvem. Isto aumentará ainda mais a produtividade e a fiabilidade das estruturas de PPVC. Além disso, o ideal é que os dados de inspeção sejam armazenados juntamente com a sua localização, por exemplo, em que parte exacta da unidade de alojamento foram obtidos os dados ultra-sónicos. A vantagem de fazer isto será mais fortemente sentida vários anos no futuro, quando os dados de inspeção das estruturas de PPVC tiverem de ser revisitados, por exemplo, devido a uma falha de uma estrutura semelhante, ou quando for necessário efetuar uma adaptação/reabilitação.

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.