

Tomografia a ultrasuoni su elementi strutturali in calcestruzzo armato

Premessa

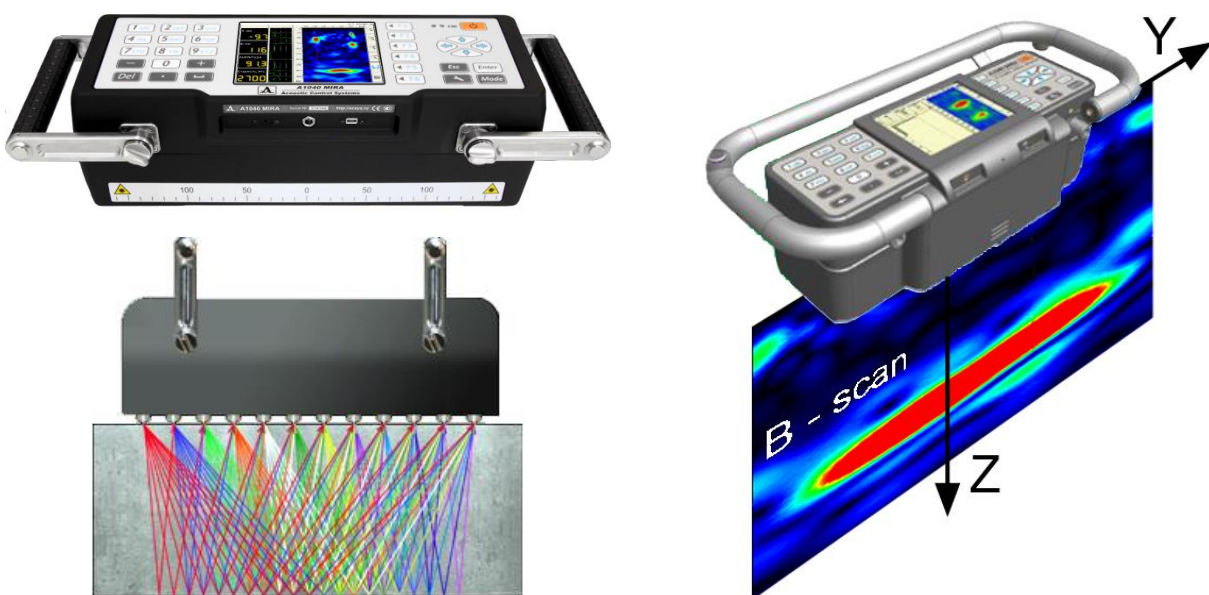
Nel dicembre 2014 è stato attivato presso il Politecnico di Milano il Laboratorio Interdipartimentale PoliNDT, che ha come finalità lo sviluppo di metodi innovativi per la diagnostica e il monitoraggio della stabilità, funzionalità e durabilità nelle strutture e nei componenti dell'ingegneria civile e meccanica. Il Laboratorio si avvale delle competenze di esperti nei campi delle indagini con tecniche non distruttive, della meccanica e della chimica dei materiali, dei sensori e dei sistemi di monitoraggio.

Tra i punti di forza del nuovo Laboratorio è da segnalare l'acquisto di alcune strumentazioni avanzate per la diagnostica strutturale e, tra queste, l'acquisizione di uno strumento a ultrasuoni per l'esecuzione di indagini tomografiche su elementi strutturali in calcestruzzo armato. Nel presente documento vengono riassunte le caratteristiche e le potenzialità di questo strumento.

Il principio di funzionamento

Il funzionamento del tomografo si basa sulla riflessione di brevi impulsi di onde elastiche ad opera di fessure, cavità, armature e altre discontinuità presenti nel materiale (metodo pulse-echo). L'intensità delle onde riflesse da queste disomogeneità dipende dal loro contrasto rispetto al materiale di base in termini di impedenza acustica (impedenza acustica $Z = \text{densità} \cdot \text{velocità delle onde elastiche}$). In particolare, l'aria presente nei vuoti ha un'impedenza acustica praticamente nulla e gli impulsi vengono riflessi integralmente: $R = (Z_2 - Z_1) / (Z_1 + Z_2) = -1$. Indicazioni più deboli ($R \sim 0.5$) si ottengono in corrispondenza delle barre d'armatura, la cui impedenza acustica è circa 4-5 volte quella del calcestruzzo.

Grazie alla ripetuta applicazione del principio mediante un serie di 12 sensori equispaziati di emissione-ricezione degli impulsi, lo strumento elabora in pochi secondi una tomografia 2D lungo una sezione ortogonale alla superficie del manufatto (B-scan), permettendo di identificare difetti e patologie anche su strutture accessibili da un solo lato (pavimentazioni, gallerie, ecc.). Ripetendo il rilievo su una griglia regolare di punti (indicativamente 50x50 o 100x100 mm) è possibile generare un modello 3D della struttura interna dell'elemento indagato.



Strumento per l'esecuzione di tomografie ultrasoniche col metodo pulse-echo e rete di misure consentita dalla presenza di 12 sensori che operano alternatamente come emettitori e ricevitori.

In linea di principio, il metodo presenta alcune affinità con la tecnica georadar, con la differenza che è molto più sensibile ai vuoti e alle fessure e meno sensibile alla presenza di metalli. Inoltre, la lunghezza d'onda degli impulsi elastici è significativamente inferiore (~50 mm), il che consente un maggiore livello di dettaglio in rapporto allo spessore indagato (spessore massimo = 2 m circa, possibilità di identificare difetti dell'ordine di 30 mm alla profondità di mezzo metro).

Caratteristiche tecniche dello strumento

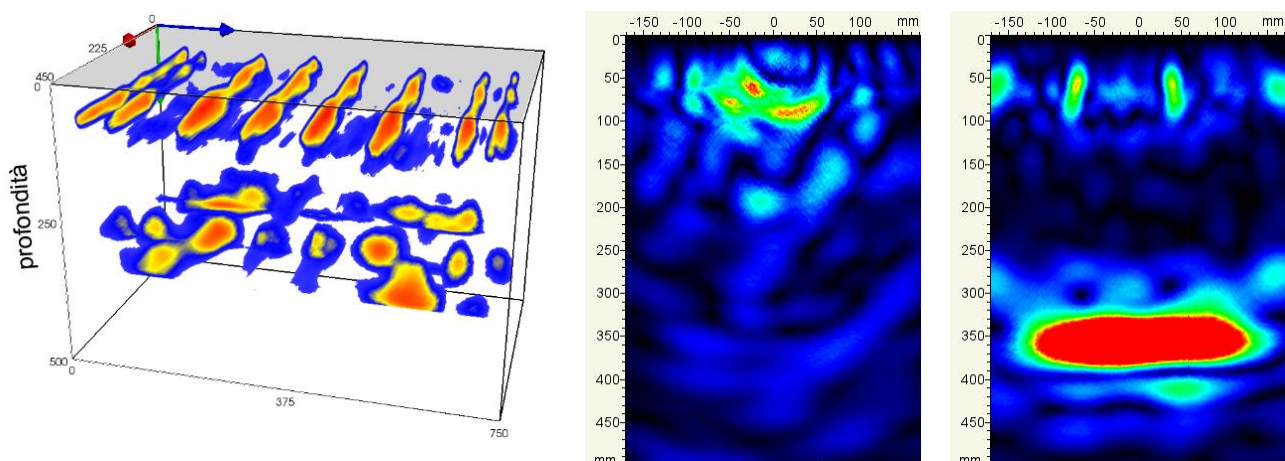
Lo strumento in oggetto vanta diverse soluzioni tecniche che lo rendono particolarmente efficace nell'utilizzo sul campo. In primo luogo i sensori vengono applicati a secco, senza l'interposizione di un materiale di accoppiamento, come invece avviene nelle comuni indagini ultrasoniche. I sensori sono poi dotati di molle precaricate indipendenti, che ne permettono l'adattamento anche a superfici non perfettamente piane. Non è quindi richiesta alcuna preparazione particolare della superficie di prova, oltre alla normale rimozione di polvere e colature cementizie.

Un'altra peculiarità riguarda il tipo di vibrazioni generate, che consistono in brevi impulsi di onde taglio di frequenza variabile da 25 a 85kHz. Questo permette una maggiore dettaglio nella restituzione tomografica (minor lunghezza d'onda), un più agevole adattamento alle diverse qualità di calcestruzzo e agli spessori da indagare, oltre alla capacità di identificare anche fessure sature d'acqua.

Campi di impiego

Il tomografo a ultrasuoni si presta a diverse applicazioni nel campo dei controlli non distruttivi sulle strutture in calcestruzzo armato. Tra queste si possono citare:

- misure di spessore di elementi accessibili da un solo lato (pavimentazioni, cassoni, rivestimenti di gallerie, ecc.);
- localizzazione di barre d'armatura, cavi di precompressione, condotte, cavità, ecc.;
- verifica dell'iniezione di cavi di precompressione post-tesi;
- verifica dell'iniezione all'estradosso di conci prefabbricati di rivestimento per gallerie;
- identificazione di delaminazioni e fessure parallele alla superficie del manufatto (purché più profonde di 50 mm).



Tomografia 3D di una porzione di cono prefabbricato per il rivestimento di gallerie (spessore 350 mm) e tomografie 2D di conci analoghi posti in opera con una efficace o una carente iniezione all'estradosso.