

## MISURE DI VELOCITÀ DI ONDE ACUSTICHE IN ELEMENTI IN CALCESTRUZZO ARMATO

M. De Bonis, R. Ditommaso, A. Masi, M. Mucciarelli, M. Vona  
DiSGG, Università degli Studi della Basilicata, Potenza

Nella valutazione di una struttura esistente in c.a. assume particolare importanza la stima della resistenza a compressione del calcestruzzo. Le metodologie comunemente adottate a tale scopo si distinguono, in base al livello di danno prodotto sulle strutture, in metodi distruttivi e metodi non distruttivi (Masi, 2005). Tra i metodi distruttivi (PD), il carotaggio è sicuramente quello più diffuso e affidabile nei risultati ottenuti. Tuttavia i problemi legati a tale procedura consistono, oltre che nell'alto costo di estrazione ed analisi dei provini, anche nel valore puntuale del dato rilevato. Le indagini di tipo non distruttivo (PND), quali il metodo sclerometrico, il metodo ultrasonico o il metodo combinato (SonReb), hanno il pregio di non arrecare danni alle parti strutturali e di poter fornire un gran numero di dati a costi relativamente ridotti. Per contro, la stima indiretta delle proprietà meccaniche del calcestruzzo, è condizionata da numerosi fattori che ne possono influenzare l'affidabilità. Inoltre, non può essere dimenticato che tali metodologie, pur se non invasive per le parti strutturali, sono spesso di difficile esecuzione per la presenza di parti non strutturali. Tali difficoltà possono incrementare notevolmente i costi complessivi di esecuzione tanto da renderle sconvenienti rispetto alle PD.

Obiettivo del lavoro è quello di proporre e testare una nuova metodologia PND basata su misure di velocità di propagazione di onde acustiche all'interno di elementi in calcestruzzo armato che risulti poco invasiva anche sugli elementi non strutturali quindi molto conveniente nella realizzazione oltre che computazionalmente poco onerosa. La metodologia proposta è stata messa a punto grazie a una campagna sperimentale, condotta nel laboratorio di Prove, Materiali e Strutture del DiSGG dell'Università degli Studi della Basilicata, su elementi in c.a. estratti da edifici esistenti.

La metodologia prevede l'impiego di due rilevatori (sono stati utilizzati dei velocimetri) e due trasduttori che consentono di calcolare un valore di velocità media di propagazione dell'impulso fornito da una massa battente sulla superficie dell'elemento da testare. Entrambi i velocimetri sono collegati a un unico centro di raccolta dati, Geode 24 bit, il quale è a sua volta connesso, tramite un cavo di rete digitale, a un computer che mostra e registra le tracce dei segnali propagatisi nell'elemento. Ai fini della taratura della metodologia gli strumenti sono stati disposti a distanze variabili lungo l'asse degli elementi. Il calcestruzzo degli elementi esistenti può essere considerato come un mezzo a due strati uno superficiale degradato ed uno interno di qualità generalmente migliore. Per tale ragione, i valori delle velocità di propagazione calcolati sono condizionati dalla distanza relativa tra i due strumenti riceventi. In tutte le prove eseguite su piccole distanze tra i ricevitori, fino a un massimo di 50 cm, le velocità di propagazione calcolate sono molto basse. Infatti, in tali casi il primo impulso a giungere agli strumenti è quello relativo all'onda diretta che si propaga nello strato superficiale di calcestruzzo degradato. All'aumentare della distanza, a ciascuna unità di acquisizione arriva per prima la headwave (ossia l'onda birifratta) propagatasi sulla superficie di separazione tra i due strati con la velocità del secondo strato, cioè la velocità maggiore.

Una volta effettuata la prova, con le modalità appena descritte, il segnale registrato sull'elemento è stato elaborato ricavando l'intervallo di tempo  $\Delta t$  che intercorre tra i due primi arrivi dei segnali ai rispettivi strumenti di registrazione dal quale, nota la distanza  $\Delta L$  tra i due, è stata ricavata la velocità di propagazione dell'onda. Nell'ottica

di automatizzare la procedura, il valore  $\Delta t$  è stato valutato anche mediante la funzione di cross-correlazione:

$$\varepsilon_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot y(t + \tau) d\tau$$

che nel caso in esame, data la natura discreta del segnale, diviene:

$$R_{xy}(k) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x_{k+1} \cdot y_i$$

In corrispondenza del massimo di tale funzione si determina l'intervallo di tempo  $\Delta t$  che intercorre tra i primi arrivi dei due segnali ai due velocimetri.

I risultati delle prove hanno mostrato come la velocità di propagazione cresca significativamente rispetto ai valori rilevati per distanze tra i ricevitori pari a 25 cm fino a stabilizzarsi per distanze pari a 100 – 150 cm.

Infine, i valori di velocità ricavati nella presente sperimentazione sono stati confrontati con quelli ricavati sugli stessi elementi strutturali tramite prove effettuate con il classico metodo ultrasonico, per trasparenza (Masi et al., 2007, Masi et al., 2008). I valori ottenuti in quest'ultimo caso sono stati più elevati di quelli ottenuti con la metodologia proposta. Una delle principali cause di tali differenze è senz'altro la frequenza di funzionamento nettamente superiore dei classici strumenti ultrasonici impiegati (circa a 50 kHz) rispetto a quella utilizzata nella presente sperimentazione.

Maggiori studi e sperimentazioni sono in corso di svolgimento al fine di individuare la strumentazione tecnica più efficiente, le modalità di esecuzione delle prove più efficaci e le modalità di elaborazioni meno onerose e più affidabili dei risultati ottenuti.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Masi A., 2005. La stima della resistenza del calcestruzzo in situ mediante prove distruttive e non distruttive, Il Giornale delle Prove non Distruttive Monitoraggio Diagnostica, n. 1, 2005.
- Masi A., Vona M., Nigro D., Ferrini M., 2008, Indagini sperimentali per la stima della resistenza del calcestruzzo in-situ basata su metodi distruttivi e non distruttivi, Convegno ReLUIS – Linea 2, Valutazione e riduzione della vulnerabilità sismica di edifici esistenti in c.a., Roma, 29-30 maggio 2008.
- Masi A., Dolce M., Vona M., Ferrini M., Pace G., 2007, Indagini sperimentali su elementi strutturali estratti da una scuola esistente in c.a., ANIDIS 2007 XII Convegno Nazionale l'Ingegneria Sismica in Italia, Pisa, 10 – 14 giugno 2007.