

ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Le tecniche di monitoraggio sono molto utili per valutare le prestazioni delle costruzioni esistenti. La misura dei parametri di interesse, in condizioni operative note, presenta un duplice vantaggio: consente in primis di avere un riscontro immediato sulle prestazioni indagate, ed in secundis di tarare i modelli di calcolo per aumentare la qualità e l'affidabilità dei risultati ottenuti mediante l'elaborazione numerica, fase ineluttabile del processo di progettazione.

Tre sono i momenti nella vita di una costruzione in cui le tecniche di monitoraggio possono venire applicate con profitto:

- in corso di costruzione, per valutare la corretta concezione progettuale di componenti singole;
- in fase di collaudo, per valutare il comportamento globale dell'opera;
- durante la vita operativa, per identificare danneggiamenti e valutare efficacemente gli interventi di ripristino.

L'orientamento ideale è quindi quello di prevedere controlli sistematici dell'opera in corso di realizzazione, per assumere le informazioni che consentono di chiarire i principali fattori di incertezza, pilotando le analisi numeriche sostituendo ai parametri teorici di progetto assunti a priori quelli rilevati a posteriori mediante test. Tale impostazione metodologica va estesa al collaudo, per valutare il comportamento globale dell'opera, e va ripetuta con cadenza regolare durante la vita di servizio, per verificare l'invarianza nel tempo del comportamento e delle caratteristiche dell'opera.

IL MONITORAGGIO DINAMICO

Tra i vari tipi di monitoraggio possibili ci si sofferma in questo paragrafo sul monitoraggio dinamico delle strutture, campo in cui mi sono specializzato ed ho acquisito esperienza durante gli anni del Dottorato di Ricerca.

Le prove sperimentali di analisi dinamica, che possono essere condotte sia su singoli elementi strutturali che su sistemi completi, si pongono come obiettivo fondamentale la valutazione della risposta della struttura alle sollecitazioni di lavoro e la possibilità di verificare e, se necessario, calibrare un modello numerico di previsione del comportamento dinamico della struttura.

Durante i monitoraggi dinamici una serie di trasduttori, disposti opportunamente, misurano le oscillazioni indotte nella struttura da una forza nota (si parla in tal caso di analisi modale sperimentale) oppure incognita (si parla in tal caso di analisi modale operativa). Lo scopo dei test dinamici è quello di determinare le frequenze di risonanza della struttura, i coefficienti di smorzamento e le forme di vibrazione associate ad ogni frequenza. La conoscenza delle frequenze di risonanza, dei coefficienti di smorzamento e delle forme di vibrazione caratterizza in modo completo il comportamento di una struttura sotto un'azione variabile nel tempo (quali ad esempio il sisma, il vento, il traffico...) e la sua capacità di dissipare energia.

L'esatta conoscenza di tali parametri è fondamentale quando si valuti l'azione sismica tramite spettri di risposta o accelerogrammi e quando si adottino criteri di progettazione basati sulla capacità delle strutture di dissipare l'energia sismica.

L'articolazione delle prove dinamiche nelle tre fasi principali esposte nel precedente paragrafo:

- in corso di costruzione;
- all'atto dell'entrata in esercizio (collaudo);
- in fase di esercizio ;

appare pienamente recepita e raccomandata nel progetto di normativa UNI 1997 su "Criteri generali per l'esecuzione di prove e rilievi dinamici su ponti e viadotti". In particolare, prove di vibrazione in fase di costruzione possono avere molteplici impieghi quali:

- valutazione dell'importanza di fenomeni di interazione terreno-struttura;
- verifica della corrispondenza degli elementi portanti verticali alle ipotesi di progetto;
- controllo dell'evoluzione di particolari schemi statici (si pensi ad es. ai ponti a sbalzo posti in opera per avanzamento di conci;
- identificazione di eventuali difetti di costruzione;
- taratura dei modelli numerici di progetto.

Oltre la fase di realizzazione dell'opera, una prova in scala reale eseguita contestualmente alle operazioni di collaudo ha la funzione di caratterizzare la struttura all'atto della sua entrata in esercizio. A questo proposito va precisato che, sebbene la sperimentazione dinamica sia in grado di identificare una struttura in modo più completo e dettagliato di una prova statica convenzionale, è opportuno non rinunciare alla prova statica di collaudo che, raggiungendo un livello di sollecitazione prossimo a quello di progetto, consente di valutare l'estensione del comportamento elastico del sistema e, per estrapolazione, le sue caratteristiche di resistenza. Infatti, le sollecitazioni indotte durante una prova dinamica sono sensibilmente più contenute rispetto a quelle di una prova statica, dal momento che per la stima dei parametri modali è di solito sufficiente operare mediante eccitazioni di intensità medio-bassa. Successivamente il controllo ad intervalli regolari potrà consentire di valutare lo stato di conservazione dell'opera.

Grazie all'esperienza maturata negli anni, Emme studio è in grado di svolgere compiutamente tutte le fasi della programmazione dei test, effettuando analisi preliminari per ottimizzare il numero e posizione dei sensori da impiegare (e quindi ridurre il costo della prova) in funzione degli obiettivi posti dalla committenza. Lo studio coordina l'attività di misura in campo, esegue l'analisi del dato misurato con strumenti matematici avanzati ed esegue la calibratura dei modelli agli elementi finiti secondo le tecniche allo stato dell'arte (MAC e FRAC).

Per una precisa scelta imprenditoriale lo studio non è dotato di sensoristica propria ma si appoggia a laboratori di misura o a società di servizi per il noleggio. In questo modo lo studio è sempre in grado di effettuare la scelta del sensore più idoneo alla risoluzione del problema specifico posto dal cliente.

CASI STUDIO

Allo scopo di illustrare i concetti esposti nel precedente paragrafo si riportano di seguito alcuni casi applicativi di interesse ingegneristico.

1. Strutture storiche in muratura: il viadotto di Vara a Carrara

Il viadotto di Vara a Carrara è un ponte in muratura a cinque arcate a tutto sesto che si

sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 100m. Nell'ambito di un più ampio progetto di consolidamento strutturale (curato dallo Studio Orsini di Marina di Carrara) ed in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Strutturale dell'Università degli studi di Pisa è stato studiato il comportamento dinamico del ponte sotto una forza impulsiva. Elaborando i dati acquisiti durante i test mediante sofisticate analisi matematiche (wavelet analysis) sviluppate nell'ambito del Dottorato di Ricerca, mi è stato possibile identificare le prime frequenze di risonanza del ponte ed i relativi coefficienti di smorzamento anche nei casi di registrazioni fortemente contaminate da rumore.

La determinazione sperimentale dei parametri modali del ponte ha permesso di tarare i parametri fisico-meccanici assunti nella modellazione agli elementi finiti e quindi di migliorare l'affidabilità e l'interpretazione critica dei risultati ottenuti dal codice di calcolo, aspetti cruciali per una corretta concezione degli interventi sulla struttura, considerandone l'elevata complessità geometrica e l'ampia varietà dei materiali da costruzione impiegati.

