



PROVINCIA DI TARANTO

Codice Fiscale 80004930733

12° Settore - Manutenzione Strade e Segnaletica

14° Settore - Progettazione Opere Stradali

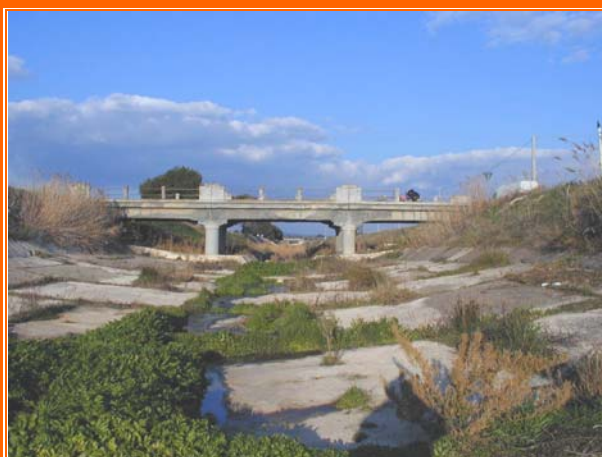
SEDE CENTRALE: PALAZZO DEL GOVERNO - Via Anfiteatro, 4 - 74100 TARANTO - Tel.: 099/4587111

SEDE SETTORI: Via Argentina, 4 - 74100 TARANTO



PIANO DI INDAGINI SUI PONTI STRADALI ESISTENTI LUNGO LA VIABILITÀ PROVINCIALE

RELAZIONE



Taranto, Luglio 2007

Provincia di Taranto

Ing. Tommaso MASSARELLI : Dirigente Settore Progettazione Opere Stradali

Ing. Adalberto LEGGIERI : Dirigente Settore Manutenzione Strade e Segnaletica

A.I.C.E. Consulting S.r.l.

Ing. Bruno PERSICHETTI

Ing. Silvio LEVRERO



PROVINCIA DI TARANTO

Codice Fiscale 80004930733

12° Settore - Manutenzione Strade e Segnaletica

14° Settore - Progettazione Opere Stradali

SEDE CENTRALE: PALAZZO DEL GOVERNO - Via Anfiteatro, 4 - 74100 TARANTO - Tel.: 099/4587111

SEDE SETTORI: Via Argentina, 4 - 74100 TARANTO



oooooooo*****oooooooo

Piano di indagini sui ponti stradali esistenti lungo la viabilità provinciale

RELAZIONE

I ponti stradali esistenti lungo la viabilità della Provincia di Taranto sono stati realizzati in epoche e con tecnologie differenti.

I più antichi, in muratura ad arco, risalgono al secolo XIX.

La maggior parte di essi, realizzati dopo il secondo conflitto mondiale è realizzata, invece, in calcestruzzo armato con il caratteristico schema a travata.

Come tutti gli Enti ed Amministrazioni proprietari o gestori di reti viarie, la Provincia di Taranto, oltre agli aspetti puramente manutentivi, è spesso alle prese con i problemi inerenti le caratteristiche prestazionali delle opere d'arte stradali in questione (carico totale o per asse massimo ammesso e resistenza nei confronti del sisma).

In considerazione che della quasi totalità dei manufatti stradali in parola non sono reperibili le relative documentazioni progettuali e di collaudo è emersa la necessità di acquisire i dati necessari per fornire risposta alle sotto elencate esigenze:

- esigenze connesse alla circolazione stradale (dove poter transitare e con quali carichi massimi);
- esigenze di manutenzione (individuazione delle priorità d'intervento delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e di adeguamento statico);
- esigenze in materia di protezione civile (individuazione delle strutture sismicamente vulnerabili).

A tal riguardo la Provincia di Taranto ha definito un **Piano di indagini** che permettesse di acquisire, in tempi e con costi ragionevolmente contenuti, le suddette informazioni e di dare risposta alle esigenze sopra descritte.

Tale **Piano di indagini** ha riguardato 29 ponti che, per le loro caratteristiche geometriche e costruttive nonché per esigenze di viabilità e manutentive costituiscono il primo cospicuo campione sottoposto ad esame.

Partendo dalla considerazione che di nessun ponte è disponibile la documentazione di progetto, la **prima fase del Piano di indagini** è consistita nel rilievo geometrico e strutturale

delle opere, con la individuazione del periodo di costruzione (e le norme di calcolo a suo tempo utilizzate) e la valutazione dello stato conservativo.

Questa prima fase è stata eseguita, come previsto nel progetto del **Piano di indagini**, da tecnici laureati in ingegneria e di comprovata esperienza nel settore dei ponti stradali.

La **seconda fase** del **Piano di indagini** ha riguardato l'esecuzione delle Prove non Distruttive (PnD) al fine della caratterizzazione dei materiali (calcestruzzi, acciai, murature).

In particolare sui calcestruzzi sono state eseguite prove combinate ultrasuoni-indice di rimbalzo al fine di determinare la resistenza caratteristica ed il modulo elastico; i prelievi di barre di armatura in zone di scarso impegno statico e l'esecuzione delle relative prove di trazione condotte in laboratorio hanno permesso di valutare le caratteristiche meccaniche degli acciai.

Sulle malte dei corsi murari sono state eseguite prove penetrometriche, i cui valori, associati a quelli relativi alle caratteristiche meccaniche degli elementi lapidei naturali costituenti la muratura, hanno permesso di determinare le tensioni di rottura a compressione ed il modulo elastico di riferimento degli elementi murari (archi, volte, pile, muri di spalla) costituenti i ponti ad arco.

La **terza fase** del **Piano di indagini** ha riguardato l'analisi del comportamento globale delle strutture dei ponti tramite caratterizzazione dinamica.

Lo scopo di questa fase delle indagini è stato quello di riconoscere sperimentalmente, cioè misurare con ausilio di opportuna strumentazione, le frequenze e gli altri parametri dinamici di interesse ingegneristico relativi alle strutture dei manufatti.

La ricerca delle frequenze sperimentali e dei relativi modi associati è stata finalizzata alla taratura del corrispondente modello teorico di calcolo agli elementi finiti, in considerazione che i codici di calcolo avanzati consentono l'esecuzione dell'analisi modale.

Appare evidente che se il comportamento dinamico del modello matematico messo a punto (individuato dalle frequenze dedotte nella relativa analisi modale teorica) è simile a quello della struttura reale (individuato dalle frequenze rilevate a campo nel corso di una analisi modale sperimentale), detto modello possa definirsi "tarato", cioè simuli perfettamente la struttura reale (per gli innumerevoli fattori di cui il comportamento dinamico tiene conto quali geometria, masse, caratteristiche elastiche, vincoli, stato tensionale, ecc.).

L'analisi delle vibrazioni (analisi del segnale) può essere condotta sia nel dominio del tempo sia in quello della frequenza; in termini elementari: qualunque moto periodico di natura oscillatoria può essere scomposto in una serie di moti armonici semplici, ciascuno dei quali caratterizzato da un periodo proprio (e quindi pulsazione e frequenza), da una fase ed

un'ampiezza. Una volta identificate le armoniche componenti, può essere facilmente costruito, nel dominio delle frequenze, lo spettro di risposta.

Del caso di cui ci si occupa, per determinare le frequenze proprie di vibrazione è stato utilizzato un analizzatore di spettro in grado di effettuare le acquisizioni e successivamente eseguire la trasformata veloce di Fourier (F.F.T.).

Per determinare le configurazioni modali (analisi del sistema) è stato utilizzato un modello nel dominio della frequenza nel quale lo spettro in uscita è espresso come lo spettro in ingresso ponderato da un descrittore del sistema:

$$X(\omega) = H(\omega) F(\omega)$$

Tale descrittore del sistema $H(\omega)$ è chiamato Funzione Risposta in Frequenza (FRF), ed è definito come:

$$H(\omega) \equiv X(\omega) / F(\omega)$$

Esso rappresenta il rapporto complesso tra uscita ed ingresso, in funzione della risposta della frequenza ω . Il termine “complesso” indica che la funzione ha una magnitudine $|H(\omega)|$ ed una fase $\angle H(\omega) = \phi(\omega)$.

L'interpretazione fisica di FRF è la seguente: una forza sinusoidale in ingresso, alla frequenza ω produrrà un movimento sinusoidale in uscita avente la stessa frequenza. L'ampiezza dell'uscita sarà moltiplicata per un valore $|H(\omega)|$ e la fase tra l'uscita e l'ingresso sarà spostata di un valore $\angle H(\omega)$. La FRF descrive le proprietà dinamiche di un sistema, indipendentemente dal tipo di segnale usato per la misura. La FRF è quindi egualmente applicabile all'eccitazione armonica, a transiente o causale.

La definizione di FRF implica che, nel misurare una funzione specifica, le misure possono essere eseguite in modo sequenziale, a frequenze distinte, o simultaneamente a diverse frequenze.

La tecnica prevista nel **Piano di indagini** è consistita nello sfruttare la forza di eccitazione ad ampia larghezza di banda in frequenza dovuta dall'eccitazione ambientale.

L'analisi dei primi modi fondamentali è stata eseguita su piani verticali, fissando i sensori in punti caratteristici prefissati della struttura.

Le acquisizioni sono state effettuate tramite sensori accelerometrici piezoelettrici PCB 393C, processate tramite un sistema di acquisizione SCXI (Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation) della National Instruments, costituito da un modulo accelerometrico ICP (Integrated Circuit Piezoelectric) SCXI-1531 ad otto canali connesso, attraverso un chassis, ad una scheda DAQCard 6062-E (PCMCIA) che acquisiva, misurava e testava segnali elettrici

trasmettendoli ad un Personal Computer portatile; su detto PC era implementato il software della National Instruments, in grado di elaborare i segnali e di eseguire la F.F.T. (trasformata veloce di Fourier).

Sulla scorta dei risultati ottenuti nelle prime tre fasi del **Piano di indagini** è stata eseguita la **quarta fase**, consistente nella modellazione matematica delle strutture attraverso la definizione:

- della geometria del manufatto;
- dei materiali strutturali e del loro comportamento meccanico;
- dei vincoli interni ed esterni e degli schemi statici di calcolo.

I modelli analizzati nell'ambito delle indagini sono stati definiti utilizzando i seguenti codici di calcolo agli elementi finiti:

- *SAP2000 NonLinear 9.0.8* realizzato e ampiamente testato dalla Computers and Structures, Inc. – 1995 University Ave. – Berkeley, CA 94704 – USA;
- *Straus7 Release 2.3.6*, realizzato e ampiamente convalidato e testato dalla *G+D Compting Pty Ltd, Australia*.

Utilizzando il modello messo a punto nella quarta fase è stata eseguita la **quinta fase** del **Piano di indagini**, consistente nell'analisi statica lineare del manufatto sotto l'azione del peso proprio della struttura, dei carichi permanenti, dei carichi antropici previsti dalla normativa vigente e dai carichi mobili presumibilmente considerati in fase di progetto.

Il **Piano di indagini** si è sviluppato attraverso una **sesta fase** consistente nell'analisi del comportamento della struttura sotto l'azione del sisma ai sensi della vigente O.P.C.M. .

L'analisi critica dei risultati conseguiti nelle sei fasi sopra indicate ha consentito di dare una chiara e univoca risposta alle esigenze indicate in precedenza.

L'attuazione del **Piano di indagini** ha avuto una durata inferiore a 12 mesi e non ha interferito sul traffico veicolare (fatto salvo per un solo manufatto, le cui analisi sperimentali in sito hanno richiesto la chiusura al traffico veicolare per 8 ore).

I risultati del **Piano di indagini** sono stati riassunti e sintetizzati nelle 29 monografie allegare alla presente, riguardanti le 29 opere d'arte stradali indagate.

Le indagini sono state eseguite dall'A.I.C.E. Consulting Srl di Pisa.

Taranto, Luglio 2007

I Redattori della presente relazione:

Provincia di Taranto

Ing. Tommaso MASSARELLI : Dirigente Settore Prog.Opere Stradali
Ing. Adalberto LEGGIERI : Dirigente Settore Manut.Strade e Segnaletica
A.I.C.E. Consulting Srl
Ing. Bruno PERSICHETTI
Ing. Silvio LEVRERO