

Sommario

La ricerca svolta si inquadra nel tema della modellazione e dell'identificazione di strutture lineari smorzate. In particolare, l'attenzione è stata posta su modelli per i quali le forze dissipative dipendono sia dalla velocità attuale (*viscous damping*) sia dalla storia della velocità (*non-viscous damping*), in modo da poter riprodurre accuratamente anche il comportamento dinamico di strutture dotate di sistemi di dissipazione di energia. Specifico interesse è stato inoltre rivolto a tecniche di identificazione ad input incognito, vista l'impossibilità nella maggior parte delle applicazioni di poter misurare le azioni agenti su una struttura o di eccitare la stessa con input di intensità tale da emergere sul rumore ambientale.

L'obiettivo perseguito nella tesi consiste nella definizione di una metodologia unitaria di identificazione ad input incognito di sistemi lineari a smorzamento viscoso e non viscoso. La metodologia è suddivisa in tre fasi distinte. Nella prima si identifica un modello lineare del primo ordine *black-box* attraverso la tecnica nota come *Data-Driven Stochastic Subspace Identification* (Data-SSI); nella successiva si estrapola un modello modale con autovalori ed autovettori complessi; nella terza e ultima fase si definisce un modello fisico tramite una procedura di *model updating* basata sulla matrice di sensitività.

La tesi è suddivisa in due parti. Nella prima viene anzitutto formulato il problema diretto e successivamente quello inverso. Nel problema diretto le equazioni del moto sono scritte nello spazio di stato e lo studio delle proprietà modali è orientato al problema dell'identificazione ad input incognito. Nel problema inverso sono affrontati diversi aspetti, tra cui: la definizione di regole per la scelta dei principali parametri che definiscono la tecnica di identificazione Data-SSI; la valutazione delle prestazioni di Data-SSI quando vengono impiegate risposte ad azioni non stazionarie e l'influenza di quattro differenti matrici peso; la definizione di una procedura di *model updating* che tiene conto degli autovalori e autovettori complessi. Nella seconda parte della tesi viene invece presentata l'attività sperimentale svolta in laboratorio ed in situ mediante la quale è stato possibile validare la metodologia di identificazione proposta. Due campagne sperimentali sono state svolte in laboratorio su tavola vibrante ed hanno riguardato modelli in scala di una struttura intelaiata in acciaio e di una in cui sono presenti isolatori in gomma ad alto smorzamento. Altre due campagne sperimentali sono state svolte invece in situ ed hanno evidenziato il possibile utilizzo della metodologia di identificazione proposta nell'ambito del monitoraggio strutturale. La prima ha riguardato prove ambientali su una passerella pedonale sita in Rieti dotata di isolatori in gomma ad alto smorzamento che ha manifestato in esercizio vibrazioni eccessive, mentre la seconda ha riguardato prove ambientali su una parte del

complesso ospedaliero degli anni 60 S. Camillo de Lellis di Rieti, strutturalmente articolato per via della sua estensione e configurazione, per la presenza di giunti e per la sua vulnerabilità sismica. In tutti i casi esaminati la metodologia di identificazione proposta si è mostrata efficace.

Abstract

The research focuses on the modeling and the structural identification of linear damped structures. In particular, the attention has been set to models for which the dissipative forces depend either on the instant values of velocity (viscous damping) and on the history of velocity (non-viscous damping), in order to accurately reproduce the dynamic behaviour of structures with energy dissipation devices. Specific interest has been pointed also towards output-only identification techniques, because in real life applications it is not always feasible neither to measure the input acting on a structure nor to excite it with an input able to overcome the noise.

The objective of the thesis consists in the definition of a unitary output-only identification methodology for linear systems with viscous and non-viscous damping. The methodology is subdivided into three steps. The first is the identification of a linear first-order black-box model through the technique Data-Driven Stochastic Subspace Identification (Data-SSI); a modal model with complex eigenvalues and eigenvectors is subsequently extracted; finally, the definition of a physical model is carried out by using a sensitivity-based model updating procedure.

The thesis is subdivided into two parts. Within the first, the direct problem and subsequently the inverse problem are formulated. In the direct problem, the equation of motion are written in the state-space and the study of the modal properties is oriented towards the output-only identification. In the inverse problem, several aspects are faced: the definition of rules to choose the user-defined parameters of Data-SSI; the evaluation of the performance of Data-SSI when responses to non-stationary excitations are used, and the influence of four different weighting matrices; the definition of a model updating taking into account the complex eigenvalues and eigenvectors. The performed experimental activity in laboratory and in situ through which it has been possible to validate the proposed methodology is presented in the second part of the thesis. Two experimental campaigns on shaking table have been conducted in laboratory on scale models of a steel frame structure and on a structure equipped with high damping rubber isolators. Other two have been carried out in situ and have pointed out the potentialities of the methodology in the field of structural health monitoring. The first has concerned ambient vibration tests on a footbridge in Rieti equipped with high damping rubber isolators and exhibiting excessive vibrations, while the second has concerned ambient vibration tests on a part of the "San Camillo de Lellis" hospital in Rieti, a strategic building structurally complex due to its extension and configuration, the presence of seismic joints and its seismic vulnerability.

The proposed methodology has resulted effective for all the studied cases.

Keywords: *damping models, output-only identification, Data-Driven Stochastic Subspace Identification, high damping rubber bearings, strategic structures.*