

# SPERIMENTAZIONE DI STRUTTURE IN GALLERIA DEL VENTO

Marco BOZZA \*

\* *Ingegnere Strutturale, già Direttore della Federazione regionale degli Ordini degli Ingegneri del Veneto (FOIV), Amministratore di ADEPRON*

## TIPOLOGIE DI GALLERIE DEL VENTO

La corretta quantificazione delle azioni e degli effetti del vento sulle strutture è un'operazione complessa, che richiede il ricorso a tecniche di tipo numerico o sperimentale. Tuttavia le tecniche di carattere numerico, che rientrano nel campo della *Fluidodinamica Computazionale* (detta anche CFD, *Computational Fluid Dynamics*), forniscono risultati che, nel caso di flussi turbolenti intorno a corpi di geometria complessa, sono scarsamente indicativi rispetto al campo di moto (e di pressione) che effettivamente si genera nella realtà. Per questo motivo, è spesso necessario utilizzare i risultati provenienti da una sperimentazione "diretta" su costruzioni "al vero" o su modelli, in quest'ultimo caso ricorrendo a prove in *galleria del vento* a "strato limite sviluppato".

Dal momento che prove al vero sono possibili soltanto nei casi in cui la quantificazione delle azioni sia richiesta su costruzioni esistenti, nel caso del progetto di nuove costruzioni la sperimentazione non può che essere effettuata su modelli. Il ricorso alla sperimentazione in galleria del vento risulta necessario qualora il comportamento strutturale della costruzione al carico dinamico del vento sia fortemente influenzato dalle prestazioni aerodinamiche della costruzione stessa. Si pensi ad esempio agli impalcati dei ponti sospesi ovvero ai veicoli destinati alle competizioni sportive.

### Gallerie a strato limite sviluppato

Le *gallerie a strato limite sviluppato* si differenziano da quelle per ricerche aeronautiche o automobilistiche, maggiormente conosciute e diffuse, per la possibilità di riprodurre, al loro interno, lo strato limite atmosferico nel quale gli edifici e le costruzioni in genere si trovano immerse. Lo strato limite viene riprodotto sfruttando una galleria di lunghezza generalmente maggiore rispetto a quelle indicate in precedenza: per tutta la dimensione longitudinale vengono poi disposti degli elementi di rugosità opportuna che, a causa dell'attrito che questi oppongono al moto dell'aria che nella galleria viene immessa, generano appunto uno strato limite del quale è possibile modificarne le caratteristiche in funzione della rugosità inserita. Lo strato limite si "sviluppa" (da qui il nome delle gallerie) man mano che l'aria percorre la dimensione longitudinale e, nella sezione della galleria in cui si dispongono i modelli, raggiunge le caratteristiche desiderate.

Le gallerie di questo tipo vengono classificate in funzione delle dimensioni della camera di prova (ossia della zona in cui vengono disposti i modelli) e delle caratteristiche del flusso d'aria al loro interno. Si distinguono quindi *gallerie aspirate* da *gallerie prementive* (a seconda che l'aria, al loro interno, venga aspirata o spinta in pressione), e *gallerie a circuito aperto* o *chiuso* (in funzione delle caratteristiche di circolazione dell'aria).

## PROVE SPERIMENTALI

Il flusso, che generalmente raggiunge una velocità variabile tra pochi m/s e, indicativamente, 30-40 m/s, permette l'esecuzione di prove di diversa natura, delle quali si indicano le principali:

- *determinazione delle caratteristiche del vento su terreni ad orografia complessa (generalmente su modelli in scala 1:1.000 e 1:5.000);*
- *prove di carattere ambientale, ad esempio per la stima della diffusione di sostanze inquinanti da sorgenti puntuali quali ciminiere (modelli in scala 1:100 - 1:500);*
- *determinazione della distribuzione delle pressioni su edifici (scale da 1:100 a 1:500, su modelli "rigidi", ossia in cui si trascura l'influenza degli spostamenti dovuti alla dinamica strutturale);*
- *valutazione delle azioni dinamiche globali su costruzioni, utilizzando scale ancora da 1:100 a 1:500 e modelli "rigidi" o "aeroelastici" (in cui vengono riprodotte anche le caratteristiche dinamiche);*
- *prove per la valutazione di fenomeni aeroelastici (modelli in scala da 1:50 a 1:300, di tipo aeroelastico, ad esempio per la valutazione delle derivate aerodinamiche utilizzate nella stima della velocità critica per flutter di impalcati da ponte).*

### Misure di pressione

Una volta raggiunte le condizioni di flusso desiderate, la sperimentazione in galleria del vento procede con la misurazione degli effetti indotti dal vento incidente sull'oggetto di interesse. Quest'ultimo viene realizzato in scala opportuna in modo tale da soddisfare le condizioni di similitudine geometrica imposte dal flusso generato. La riproduzione in scala riguarda, oltre l'oggetto direttamente investito dall'azione del vento, anche le altre costruzioni o ostacoli presenti nelle immediate vicinanze dello stesso, in modo da riprodurre correttamente le condizioni "locali" di flusso nella zona di interesse.

Limitando l'attenzione alle prove su modelli "rigidi", le misurazioni che vengono effettuate sono generalmente volte alla caratterizzazione delle azioni globali sulla struttura o alla valutazione delle azioni locali, valutate in campo dinamico, attraverso la misurazione della pressione istantanea in più punti della struttura. La descrizione del campo di pressione, che si genera sulla struttura a causa del flusso incidente, avviene attraverso la misurazione simultanea in campo dinamico delle pressioni agenti su un elevato numero di punti sulla superficie del modello.

In ognuno dei punti di misura, viene effettuato un piccolo foro (delle dimensioni di alcuni decimi di millimetro) che viene collegato, tramite un collegamento di tipo pneumatico (piccoli tubi di materiale plastico, con una dimensione del diametro dell'ordine di grandezza di  $1 \pm 2$  mm) a dei trasduttori di pressione, ovvero dispositivi in grado di trasformare la pressione in segnali elettrici. I trasduttori di pressione attualmente utilizzati sono di tipo "piezoelettrico" e hanno dimensioni estremamente contenute, tanto che possono essere disposti in un numero elevato all'interno dello stesso modello. Inoltre, tali dispositivi elettronici, consentono l'acquisizione simultanea di più segnali ad una elevata frequenza di campionamento (fino a circa 1 kHz), permettendo quindi una accurata descrizione del campo di pressione sulla struttura.

#### **Necessità di frequenze di acquisizione elevate**

La necessità di frequenze di acquisizione elevate è conseguenza di uno dei criteri di similitudine: fenomeni che, in scala reale, manifestano frequenze al massimo pari a una decina di Hz, vengono riprodotti in galleria del vento ad una frequenza che risulta amplificata, e quindi possono facilmente raggiungere alcune centinaia di Hz. Tale aspetto induce, inoltre, un secondo problema: il collegamento pneumatico è effettuato attraverso tubicini in materiale plastico che si comportano, nei confronti della pressione, come dei veri e propri "sistemi dinamici", ossia tendendo ad amplificare (o de-amplificare) alcune delle frequenze ed a provocare delle distorsioni nelle fasi dei vari segnali.

Tale inconveniente viene superato mantenendo le lunghezze dei collegamenti le più limitate possibili (per cui l'utilizzazione dei trasduttori miniaturizzati si dimostra particolarmente utile), ma generalmente troppo piccole rispetto alle dimensioni dei modelli che vengono disposti in galleria. Di conseguenza, occorre opportunamente "calibrare" i collegamenti, in modo da ottenere, nell'ambito delle frequenze che prevedibilmente devono essere misurate, un elemento la cui risposta dinamica sia la più "piatta" possibile e che non introduca sensibili distorsioni di fase. I collegamenti pneumatici vengono quindi ottimizzati attraverso l'introduzione di opportuni dispositivi in modo da raggiungere tale obiettivo.