

ABSTRACT

Oggi giorno gli edifici a torre di elevate dimensioni sono parte fondamentale del tessuto urbano delle grandi città europee. Allo scopo di consentire la progettazione strutturale dell'edificio in sé, ed in particolare delle sue facciate continue, sono necessari studi approfonditi sulle varie azioni a cui questi sono soggetti.

Al crescere dell'altezza dell'edificio, il carico a cui attribuire maggiore attenzione in fase di progettazione è sicuramente l'azione del vento.

I documenti normativi vigenti forniscono al progettista valori di pressione attendibili per casi standard, ma tali dati non sono altrettanto affidabili per geometrie particolari o per strutture di grandi dimensioni, sempre più richieste dall'architettura moderna. Nasce, dunque, la necessità di affiancare all'analisi tradizionale anche metodi innovativi in grado di rilevare i valori dei carichi da adottare ogni qualvolta non sia possibile seguire le normative o nelle ipotesi in cui queste ultime dovessero risultare economicamente sconvenienti.

Purtroppo, si rileva come, nonostante l'importanza di tali analisi di tipo innovativo e nonostante l'influenza che queste assumono nell'intero iter-progettuale, la quantità di pubblicazioni sull'argomento è molto limitata.

Il presente elaborato analizza, *in primis*, il fenomeno eolico e la sua applicazione alle costruzioni, valutando con attenzione i fenomeni di interazione vento-struttura. In particolare, oggetto di studio, sono i fenomeni di interferenza legati alle variazioni di velocità del vento, posto che quelle del caso specie sono strutture rigide ed indeformabili. Per tale ragione lo studio esclude i fenomeni aeroelastici (fenomeni di sincronizzazione, *galloping* e *flutter*).

Completata l'analisi teorica del fenomeno eolico, il presente elaborato pone l'attenzione sull'interferenza vento-struttura con riferimento ad uno specifico edificio: *Stonecutter Court Building* sito a Londra. In particolare, si è passati alla valutazione del carico da vento da normativa a cui sono soggette le facciate continue dell'edificio in questione. Essendo questo localizzato in Inghilterra, lo studio dell'azione del vento è stato eseguito in accordo all' Eurocodice 1 "EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1: Actions on structures – part 1-4: General actions – wind actions" ed al relativo annesso nazionale "National annex for building structures to BS EN 1991-1-4:2005". Tale approccio

semplificato permette di analizzare le sole 4 direzioni del vento incidenti ortogonalmente ai singoli prospetti. Per ogni singola direzione vengono restituiti i valori di pressione positiva sulla facciata frontale direttamente investita dal vento nonché i valori di pressione negativa agenti sulle due facciate laterali e su quella posteriore.

Inoltre, al fine di appurare l'effettiva rilevanza del carico da vento nella progettazione di facciate continue di edifici a torre, è stato effettuato un confronto tra azione del vento ed azione sismica agente sull'elemento cellula costituente la facciata stessa.

Come noto, la sola analisi da normativa è tuttavia insufficiente di per sé ad ottenere una panoramica completa dell'azione del vento agente su un edificio a torre. Successivamente si è proceduto, quindi, anche all'analisi sperimentale in galleria del vento.

In primo luogo è stato realizzato un modello in scala 1:300 dell'edificio in oggetto e del reale contesto urbano nel quale questo è inserito. In seguito, si è passati alla calibrazione dei dati di input del flusso eolico grazie alla realizzazione di un modello climatico basato sui dati rilevati nelle stazioni meteorologiche degli aeroporti di *Gatwick*, *Heathrow* e *Stansted*, posti nelle vicinanze.

Le prove sperimentali sono state eseguite variando la direzione del vento incidente grazie all'utilizzo di una piastra rotante. In particolare, si è optato per l'esecuzione di 36 analisi con variazioni angolari pari a 10°. Grazie al sistema di misura predisposto all'interno del modellino dell'edificio *Stonecutter Court Building* sono state ottenute le pressioni e le depressioni agenti sulle diverse facciate.

A completamento dello studio si è, infine, passati all'analisi computazionale CFD.

Grazie al *software VENTO AEC* è stato analizzato il modello virtuale dell'edificio nella medesima configurazione di contesto urbano e dati di input precedentemente adottati in galleria del vento. In tal caso, in ragione della notevole durata di ciascuna prova, si è optato per l'esecuzione di 8 analisi con variazioni angolari pari a 45°. Per ognuna di esse il *software* ha restituito pressioni e depressioni agenti sull'intero edificio.

Completate le suddette tipologie di analisi e confrontati i tre differenti approcci di calcolo, è emerso l'allineamento dei valori di pressione di picco ottenuti dal metodo sperimentale in galleria e dal metodo computazionale CFD. In relazione, invece, ai valori mediati sulle aree, si è osservato una perfetta riproduzione in relazione alle depressioni, mentre per le pressioni si sono verificate piccole discrepanze nei piani inferiori dell'edificio, attribuibili al differente numero di prove eseguite.

Tale analogia è di fondamentale importanza in quanto permette di appurare la validità del metodo computazionale CFD così da poterlo, eventualmente, sostituire all'analisi sperimentale in galleria del vento ai fini dell'effettiva progettazione.

Confrontando, invece, il calcolo analitico da normativa con i due metodi innovativi (CFD e galleria) è emerso come queste ultime abbiano restituito valori di carico abbondantemente inferiori, con riduzioni anche pari al 50%. Tale risultato era, in realtà, ampiamente prevedibile: *in primis* perché la normativa fornisce dei risultati a favor di sicurezza, validi per un'ampia classe di edifici (mentre nell'analisi sperimentale e/o computazionale viene studiato l'edificio reale) e in secondo luogo, in quanto la normativa non contempla tutti quei fenomeni di interferenza che si generano considerando l'edificio posizionato all'interno di un contesto urbano. Rispetto ai suddetti metodi innovativi, infatti, l'analisi da normativa sconta il limite di considerare solo ed unicamente il singolo edificio oggetto di studio, che viene, così, decontestualizzato.

Ottenuti i valori dell'azione del vento dai tre differenti approcci è stato poi possibile procedere alla progettazione di una cellula tipica costituente la facciata continua dell'edificio.

In particolare, si è proceduto ad una duplice analisi della struttura portante in alluminio e delle due superfici vetrate, variando il carico da vento derivante dai differenti approcci sopra esposti. Tale variazione di carico da vento ha permesso di definire le variazioni dimensionali dei differenti elementi strutturali a parità di grado di sfruttamento delle verifiche tensionali e di deformazione più gravose. Successivamente, introducendo i costi di approvvigionamento dei materiali, è stato possibile stimare il risparmio derivante dall'utilizzo di un metodo di calcolo approfondito a discapito del calcolo da normativa. In particolare, è stata rilevata una riduzione di costo pari a 450'000,00 euro circa (44,1 % dell'approccio normativo) per l'alluminio, nonché di 345'000,00 euro (28,6 % dell'approccio normativo) per il vetro. Ad essi si aggiungeranno altresì, seppur in maniera ridotta, risparmi sul silicone strutturale, piastre e canali di ancoraggi ed al tempo stesso variazioni di costo legati al trasporto.

Nonostante i diversi vantaggi analizzati nel corso del quinto capitolo del presente elaborato non può tacersi come i metodi innovativi in questione scontino, tuttavia, anche alcuni effetti negativi. I più rilevanti sono sicuramente i lunghi tempi di analisi ed il costo, ampiamente superiori rispetto al calcolo da normativa. Il costo di tali analisi innovative, almeno nel caso in esame, è stato, invece, nettamente colmato dal solo risparmio nel materiale di alluminio e vetro. Le prove in galleria del

vento nonché l'analisi computazionale nel caso specie si sono rilevate, dunque, un ottimo investimento.

In definitiva, i due metodi di analisi innovativi adottati sono stati ritenuti affidabili a tal punto da essere stati impiegati per l'effettiva progettazione delle facciate dell'edificio in esame. Tale elaborato costituisce, senza alcun dubbio, un ottimo confronto, applicato su un edificio reale, per la validazione e per lo sviluppo futuro dell'analisi in galleria del vento e della modellazione CFD.