

Uncertainty Quantification and Dynamic Response of Buildings and Towers under Stationary and Non-stationary Wind Loads

Valutazione dell'Incertezza e della Risposta Dinamica di Edifici e Strutture a Torre indotta da Carichi da Vento Stazionari e Non-Stazionari

Luca Caracoglia

Department of Civil and Environmental Engineering
Northeastern University, Boston, Massachusetts, USA
lucac@coe.neu.edu

Abstract: This presentation will review recent study activities examining the response of slender, vertical structures under the effects of destructive wind loads. These large-period, low-damping structures are sensitive to fluid-structure interaction and susceptible to damage induced by wind loads. The common feature of the research is the quantification of uncertain wind loads, associated with both stationary synoptic winds and localized, nonstationary events. The former are typical of large extra-tropical depressions and tropical cyclonic phenomena (at a scale of several hundred kilometers); the latter include thunderstorm downbursts and tornadoes (less than one kilometer in diameter). The research activities have been devoted to the examination of several methodologies for predicting the structural response by accounting for modeling uncertainty and measurement “errors”, e.g. loads evaluated by wind tunnel tests. The investigated methods are both analytical (stochastic calculus) and numerical (Monte-Carlo sampling). The ultimate goal of the research is the evaluation of wind-related damage over time in the context of risk analysis.

This presentation will include characterization of the dynamic response through multi-variable probability density functions and examination of lifecycle wind-related damage through intervention cost analysis. Examples will consider interactions on the envelope of tall buildings under various wind load scenarios and aeroelastic vibration causing damages primarily to nonstructural elements. The results will demonstrate that it is possible to predict the structural response and its consequences, even in the presence of large modeling and experimental load variability, provided that uncertainty propagation is extended to all the stages of structural analysis. These stages should possibly consider wind field simulation, wind-pressure load assessment and fluid-structure interaction.

Sommario: Questa presentazione esaminerà una serie di attività di ricerca volte alla caratterizzazione della risposta di strutture snelle verticali sotto l'azione del vento distruttivo. Questa tipologia strutturale, a lungo periodo ed a basso smorzamento, è infatti sensibile al danneggiamento indotto dai carichi da vento. La caratteristica comune della ricerca è la valutazione dell'incertezza nei carichi da vento, dovuti sia ad eventi sinottici stazionari sia a fenomeni localizzati e non-stazionari. Fra i primi si annoverano i venti prodotti da depressioni extra-tropicali o da circolazioni tropicali cicloniche (alla scala di parecchie centinaia di chilometri); fra i secondi si considerano eventi quali le “bombe di vento” e le trombe d'aria (di diametro inferiore al chilometro). Le attività di ricerca si sono rivolte allo studio di svariate metodologie per la previsione della risposta strutturale, prendendo in considerazione l'effetto di semplificazioni nella modellazione e di “errori” di misura, per esempio collegati ai carichi stimati da prove in galleria del vento. I metodi proposti sono di tipo sia analitico (calcolo differenziale stocastico) sia numerico (analisi Monte-Carlo). Lo scopo della ricerca è

la valutazione del danneggiamento prodotto dal vento in un arco temporale prolungato e nel contesto di un'analisi del rischio.

Questa presentazione considererà la caratterizzazione della risposta dinamica attraverso densità di probabilità multivariate e lo studio del danneggiamento indotto dal vento nell'arco della vita utile della struttura. Gli esempi di studio saranno rivolti alle interazioni sulla facciata di edifici alti sotto l'effetto di svariati scenario di carico ed alle vibrazioni aeroelastiche con conseguente danneggiamento di elementi non-strutturali. I risultati dimostreranno come sia possibile prevedere la risposta strutturale e le sue conseguenze, anche in presenza di considerevole variabilità nei modelli e nei carichi sperimentali, a condizione che la propagazione d'incertezza abbracci tutte le fasi dell'analisi strutturale. Queste fasi devono possibilmente includere la simulazione del campo di vento, la stima dei carichi di pressione e l'interazione fluido-struttura.

Bio-sketch: Luca Caracoglia is an Associate Professor in the Department of Civil and Environmental Engineering of Northeastern University, Boston, Massachusetts, USA. He joined Northeastern University in 2005. Prior to this appointment, he was a post-doctoral fellow in the Department of Civil Engineering at Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland (USA) in 2001-2002 and a post-doctoral research associate in the Department of Civil and Environmental Engineering at the University of Illinois (Urbana-Champaign, USA) in 2002-2004. He received his Ph.D. in Structural Engineering from the University of Trieste, Italy in 2001. His interests are in structural dynamics, random vibration, wind engineering, fluid-structure interaction of civil engineering structures, nonlinear cable network dynamics, energy harvesting systems in wind energy. Luca Caracoglia received the NSF-CAREER Award for young investigators in 2009. Luca Caracoglia was elected Fellow of the American Society of Civil Engineers in 2020

Biografia: Luca Caracoglia è professore associato nel Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale della Northeastern University di Boston, Massachusetts, USA. E' docente presso la Northeastern University dal 2005 dopo essere stato assegnista di ricerca (post-dottorato) nel Dipartimento di Ingegneria Civile della Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland (USA) nel periodo 2001-2002 e, successivamente, nel dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale della University of Illinois (Urbana-Champaign, USA) nel periodo 2002-2004. E' Dottore Di Ricerca in ingegneria strutturale dal 2001 presso l'Università di Trieste. I suoi interessi di ricerca sono nell'ambito della dinamica strutturale, vibrazioni aleatorie, ingegneria del vento, interazione fluido-struttura applicate alle strutture civili, dinamica dei cavi lineare e nonlineare e sistemi/apparati per la conversione dell'energia eolica. Luca Caracoglia ha ricevuto il premio di ricerca "NSF-CAREER Award" per giovani ricercatori nel 2009. Luca Caracoglia è stato eletto "fellow" dell'Associazione Americana degli Ingegneri Civili (ASCE) nel 2020.

