

FATTORI DI VULNERABILITA' PER EDIFICI RESIDENZIALI SOGGETTI A TORNADO

Mariano Angelo Zanini¹, Lorenzo Hofer¹, Flora Faleschini^{1,2}, Carlo Pellegrino¹

¹*Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale, Università degli Studi di Padova, Italia.*

²*Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Padova, Italia.*

KEYWORDS: eventi naturali, coperture, crolli, tornado.

Il territorio della pianura padana è un'area particolarmente soggetta ad eventi atmosferici estremi durante la stagione estiva, con una non trascurabile occorrenza di eventi di natura tornadica che colpiscono con particolare violenza in particolare le aree di pianura veneto-friulane. I tornado, o trombe d'aria, presentano caratteristiche meteorologiche specifiche, e si caratterizzano per la presenza di un vortice conico di correnti a moto circolatorio che si sviluppa lungo un percorso pseudolineare di lunghezza variabile tra i 2-3 km fino a raggiungere per gli eventi più intensi sviluppi nell'ordine dei 40-50 km, e di larghezza molto limitata (circa 1 km per gli eventi più severi). A seconda della violenza dell'evento, i venti generati possono raggiungere velocità anche superiori ai 300 km/h nel punto di picco di intensità del tornado, che in genere si osserva verso la metà dello sviluppo lineare del percorso, caratterizzato da un'iniziale crescendo di intensità nella prima parte, e una graduale dispersione nella parte finale del percorso. L'impatto delle correnti generate dal tornado sul costruito produce nella maggior parte dei casi danneggiamenti di modesta entità, ma per gli eventi più intensi può provocare rilevanti danni strutturali per gli edifici che vengano interessati dal percorso del tornado. Attualmente risulta molto difficile condurre una misurazione diretta e quantitativa della velocità delle correnti generate da un tornado, vista la violenza del fenomeno e pertanto la relativa necessità di disporre di una stazione di misurazione mobile e in grado di resistere al fenomeno senza danneggiarsi e al contempo svolgendo misurazioni affidabili. Per la stima dell'intensità di un tornado, si va a eseguire una correlazione indiretta e qualitativa tra il danneggiamento osservato agli edifici e crescenti range di velocità del vento, basati in alcuni casi su considerazioni di natura empirica. Gli studi disponibili in letteratura relativi ai tornado in Italia risultano tuttavia ancora scarsi e di carattere generale, mentre molti approfondimenti sono stati svolti in altre aree del globo, a partire dagli Stati Uniti d'America. A partire dall'analisi dei tornado statunitensi nel 1971 è stata codificata la prima scala di misurazione dell'intensità dei tornado sulla base dell'osservazione degli effetti sul costruito dallo studioso Fujita (1971). In Europa solo a partire dagli anni 2000 si è iniziato ad affrontare in maniera scientifica tale problematica, e gruppi di ricercatori hanno fondato un istituto per la ricerca sugli eventi meteorologici estremi denominato European Severe Storms Laboratory (ESSL). In Italia solo di recente si sta prendendo atto dei rischi connessi a queste tipologie di calamità naturali, probabilmente anche a motivo dell'apparente incremento della frequenza di osservazione dei

fenomeni negli ultimi anni e del relativo impatto mediatico che i più intensi hanno sulla popolazione. Un recente esempio degli effetti dei tornado sul costruito è rappresentato dall'evento che ha interessato la Riviera del Brenta nel luglio 2015, e che ha provocato danni stimati in oltre 60 milioni di euro. Gli autori della presente memoria hanno condotto, in collaborazione con la Protezione Civile Regione del Veneto, un'estesa attività di rilievo del danno agli edifici residenziali (Fig. 1) che sono stati interessati da danneggiamenti nei Comuni colpiti dal tornado (Pianiga, Dolo, e Mira in Provincia di Venezia), e i cui risultati sono stati rielaborati e sintetizzati in Zanini et al. (2017). Il tornado è stato stimato di intensità pari a *EF4*, in accordo con la scala Enhanced-Fujita (*ARPAV* 2015). Le attività di rilievo hanno evidenziato una serie di peculiarità relative alla propensione al danneggiamento di edifici ordinari soggetti alle pressioni indotte dalle correnti durante il transito di un tornado. Nello specifico si è osservata una certa sequenzialità nel danneggiamento, con l'iniziale erosione del manto di copertura con rimozione di coppi, tegole (*DS0-DS1*), successiva asportazione di parti della copertura fino al completo scoperchiamento dei fabbricati (*DS2*), e per eventi molto intensi l'azione di "erosione" da parte delle correnti con danneggiamento dei muri portanti al piano inferiore rispetto al livello di copertura (*DS3*) e via proseguendo ai piani inferiori (*DS4*), fino alla completa distruzione del fabbricato (*DS5*). La meccanica di danneggiamento è comune a differenti tipologie strutturali, tuttavia si è riscontrata la presenza di alcuni fattori peculiari che sembrerebbero peggiorare la risposta strutturale, accrescendo di fatto la vulnerabilità alle azioni indotte dal tornado. Vista la caratteristica di sequenzialità del danno, l'integrità della copertura gioca ruolo fondamentale nel prevenire lo scoperchiamento dell'edificio e la conseguente pressurizzazione degli ambienti interni; coperture pesanti realizzate in calcestruzzo armato, o con travetti precompressi, sembrerebbero essere più resistenti allo scoperchiamento rispetto a coperture leggere come quelle realizzate in legno. Per quest'ultime, in particolare, la resistenza allo scoperchiamento viene spesso a mancare vista l'assenza di ancoraggi di tipo meccanico alle murature portanti. La presenza di sporgenze quali camini rappresenta un ulteriore elemento di debolezza, in quanto va ad interrompere la continuità della copertura, e in caso di crollo può danneggiare la copertura stessa favorendone l'ingresso delle correnti. La presenza di coperture a falde inclinate disallineate rappresenta un'altra configurazione vulnerabile, in quanto la falda alla quota maggiore risulta più esposta allo scoperchiamento; in generale, tutte le linee di discontinuità nel profilo di un fabbricato possono essere punti di potenziale partenza del danneggiamento (ad esempio la linea di colmo della copertura) specie se i dettagli costruttivi non sono adeguatamente curati. Infine, da menzionare tra i fattori di vulnerabilità la presenza di porticati e aperture che possono favorire fenomeni di pressurizzazione.



Fig. 1: Rilievo del danno a seguito del tornado della Riviera del Brenta 2015.

BIBLIOGRAFIA

ARPAV (2015) Temporal intensi di martedì 8 luglio 2015 sul Veneto, ARPAV-Agenzia Regionale per la Prevenzione e protezione Ambientale del Veneto.

Fujita, T.T. (1971) Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity. SMRP research paper, 91: 42 pp.

Zanini M.A., Hofer L., Faleschini F., Pellegrino C. (2017) Building damage assessment after the Riviera del Brenta tornado, northeast Italy. Natural Hazards, 86(3): 1247-1273.