

Effetti delle esplosioni sugli edifici

A seguito di una esplosione, si generano e si propagano onde di pressione che producono carichi di diffrazione e aerodinamici. I carichi di diffrazione possono essere definiti come le azioni che il fronte d'onda e la struttura scambiano quando si incontrano: la resistenza opposta dalla struttura deforma il fronte, che, a sua volta, esercita sollecitazioni variabili lungo le superfici di contatto. Il carico aerodinamico è dovuto, invece, all'effetto sulle strutture del flusso d'aria indotto dalle variazioni della pressione nel tempo e nello spazio.

Si assume generalmente che l'onda di pressione sia piana, come accade quando il fronte dell'onda è grande rispetto alle dimensioni della struttura e che il fronte dell'onda sia perpendicolare al terreno (esplosione al suolo).

Non appena il fronte d'urto dell'onda di pressione raggiunge il fronte della struttura, la pressione P_r (sovrappressione riflessa) sale ad un valore maggiore di quella incidente P_s secondo la relazione:

$$\frac{P_r}{P_s} = 2 + 0,05 P_s$$

valida per sovrappressioni comprese tra $0 < P_s < 1,4$ atm.

In seguito, l'onda di pressione si avvolge attorno alla struttura (diffrange) esercitando pressione sulle pareti laterali, sul tetto e infine sul retro della struttura: la pressione riflessa sul fronte è maggiore di quella al di sopra e sui lati della struttura, ma decade ben presto fino al valore della pressione incidente.

Successivamente, mentre l'onda supera la struttura, la pressione sui lati e sul tetto della struttura sale fino al valore della sovrappressione incidente. Dopo il passaggio dell'onda di pressione, per un breve periodo la pressione è bassa, a causa del vortice formatosi durante il processo di diffrazione, poi si riporta al valore della pressione incidente. Il flusso d'aria origina una riduzione del carico sui lati e sul tetto, dove il carico aerodinamico è negativo (depressione).

Quando l'onda di pressione raggiunge la parte posteriore della struttura, subisce una diffrazione intorno agli spigoli e viaggia attraverso la superficie posteriore. La pressione impiega un certo tempo per raggiungere un valore quasi-stazionario, pari

alla somma della sovrappressione e del carico aerodinamico (quest'ultimo è negativo, cioè diretto verso l'esterno, sulla parte posteriore della struttura).

Per valutare compiutamente gli effetti, è necessario considerare il carico netto di diffrazione orizzontale sull'intera struttura, corrispondente al carico sul fronte dell'edificio meno quello sul retro. Questo carico netto orizzontale è alto inizialmente, poiché la pressione sul fronte è pari a quella riflessa, mentre il retro non è soggetto ad alcun carico, e diventa trascurabile al termine del processo di diffrazione quando i carichi sul fronte e sul retro dell'edificio sono praticamente equivalenti.

Essendo il tempo richiesto per il completamento del processo di diffrazione dipendente dalla dimensione della struttura, il carico netto orizzontale è maggiore per le strutture grandi. Oltre agli effetti della pressione e delle relative variazioni nello spazio e nel tempo, è particolarmente importante il carico aerodinamico, cioè quello dovuto al flusso dell'aria spostata dall'esplosione, specie per le strutture snelle, come ciminiere e torri, sulle quali causa una deformazione della struttura, con possibili cedimenti. La pressione aerodinamica è proporzionale al coefficiente di resistenza aerodinamica, funzione dell'orientamento e della forma della faccia esposta della struttura:

Tabella n. 1	Coefficienti di resistenza aerodinamica
Sfera	0,1
Cilindro snello	1,2
Parallelepipedo a sezione quadrata	2,0

La deformazione delle strutture ad un'onda d'urto viene descritta assumendo che la struttura sia una massa puntiforme che si muova secondo l'equazione:

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + k(x) = AP(t) \quad [1]$$

dove

- M = massa della struttura;
- x = spostamento della struttura;
- t = tempo;
- k = resistenza laterale della struttura;
- A = superficie del fronte della struttura;
- P = sovrappressione.

Tipiche soglie relative a danni ad edifici residenziali, dovuti a sovrappressione in caso di esplosione sono:

- gravi danni agli edifici 0,35 atm;
- danni riparabili agli edifici 0,10 atm;

- rottura dei vetri 0,05 atm;
- rottura del 100% dei vetri 0,02 atm.

Gli effetti sulle strutture dipendono anche dal periodo in cui l'edificio è sottoposto all'onda d'urto, che può variare tra 10 e 100 ms per una tipica UVCE (esplosione non confinata di nube di vapori).

Entro certi limiti si può assumere che la struttura sia soggetta ad uno spostamento elastico,

massimo al tempo $t_e = T/4 \sqrt{(P_{max}/re)}$, dove:

- P_{max} = pressione massima;
- re = massima resistenza elastica;
- T è il periodo naturale della struttura con $T=0,05 H/\sqrt{B}$, dove B (ft)=larghezza della struttura e H (ft) = altezza della struttura (ft).

La resistenza in condizioni dinamiche è maggiore di quella statica di un fattore funzione del tempo t_e che vale, per l'acciaio, 1,58 per $t_e < 10$ ms. L'entità dei danni subiti dipende dalla rapidità con cui le strutture rispondono al carico: strutture piccole e leggere sono favorite rispetto a quelle grandi e rigide. La resistenza di una struttura all'esplosione aumenta enormemente se è costruita con un materiale duttile (acciaio e calcestruzzo armato). La duttilità è il rapporto tra deformazione totale prima della frattura e deformazione elastica; per materiali duttili può superare il valore di 20.

Bibliografia

- [1] MAZZAROTTA B. "Appunti dalle lezioni del Corso di Specializzazione in Sicurezza e Protezione" – Università La Sapienza, Roma, AA 2000-2001.

Data di chiusura del documento:

16 gennaio 2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it