

Esplosioni subacquee, così si controllano effetti e rischi

Stefano Scaini

Dottore in Ingegneria Civile (U.S.A. Doctorate) stefanoscaini@dexplo.net

Sono operazioni delicate e prima di attuarle, bisogna procedere ad una serie di analisi dei pericoli e dei fenomeni fisici che caratterizzano l'impiego di esplosivi nelle strutture immerse

Supponendo di far detonare ad una certa profondità sott'acqua una carica esplosiva, che per semplicità si supponerà di forma sferica ed innescata al centro, la detonazione si propagherà dapprima nell'esplosivo a partire dall'innesco, sotto forma di un'onda di detonazione avente approssimativamente simmetria sferica.

Al suo passaggio, l'esplosivo si trasforma in gas ad una temperatura dell'ordine di 3.000 °C circa e ad una pressione che può raggiungere le 50.000 atmosfere: tutto ciò, senza un apprezzabile cambiamento di volume, perlomeno durante la fase propria di detonazione. La velocità di quest'onda, variabile secondo la tipologia di esplosivo, è dell'ordine dei 6.000 m/sec circa e la durata della detonazione as-

La pressione iniziale della bolla sferica è considerevolmente diminuita dopo che la parte principale dell'onda d'urto è stata emessa, ma essa è ancora molto più elevata della pressione idrostatica d'equilibrio



ORGANIZZA



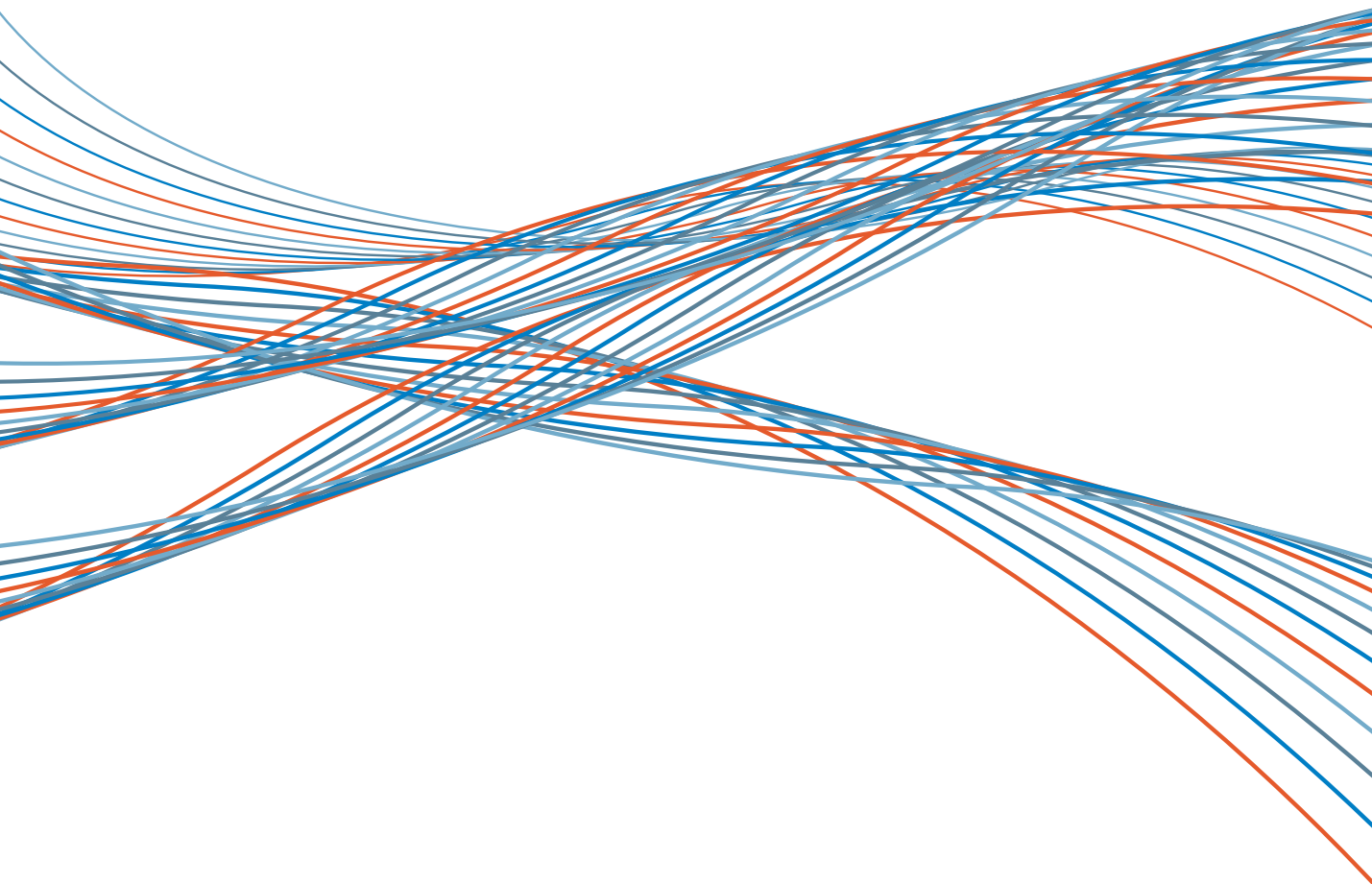
IFEMA
Feria de
Madrid

IL TUO PUNTO
D'INCONTRO

2-5
MARZO
2010



Salone Internazionale **Prevenzione dei Rischi sul Lavoro**
della Sicurezza



www.sicur.ifema.es

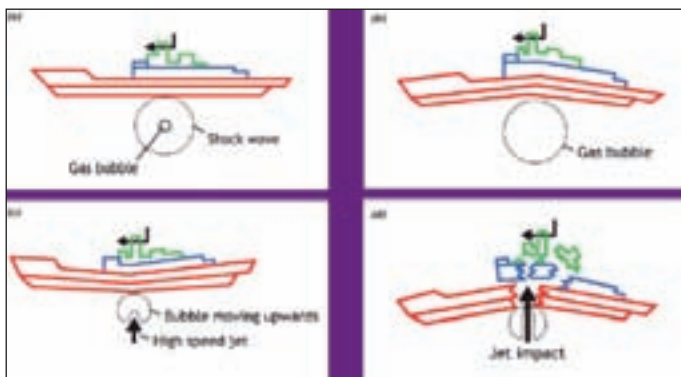
**Referente IFEMA in
Italia e San Marino**
Tel.: (39) 02 58 31 37 00
Fax: (39) 02 58 32 50 77
info@fieramadrid.com

IFEMA CALL CENTRE

CHIAMATE INTERNAZIONALI (34) 91 722 30 00

FAX (34) 91 722 57 88

sicur@ifema.es



In un'esplosione subacquea, la detonazione provoca la formazione di un'onda d'urto il cui fronte attraversa la carica esplosiva ad una determinata velocità, caratteristica, come già citato, per ogni tipologia di esplosivo

sai breve (alcune decine di microsecondi, per le cariche di dimensioni comuni).

Quando l'onda di detonazione raggiunge la superficie della carica a contatto con l'acqua, provoca un'onda d'urto che trasferisce all'acqua una frazione notevole dell'energia sviluppata dall'esplosione.

I gas generati dalla detonazione formano una bolla che, nel caso dell'esempio scelto, è sferica; questi gas, dilatandosi, fanno sì che il raggio della bolla cresca e superi il valore corrispondente alla pressione idrostatica locale.

La pressione iniziale della bolla sferica è considerevolmente diminuita dopo che la parte principale dell'onda d'urto è stata emessa, ma essa è ancora molto più elevata della pressione idrostatica d'equilibrio.

L'acqua nelle immediate vicinanze della "bolla" è animata da una grande velocità verso l'esterno ed il suo diametro aumenta rapidamente; l'espansione continua per un tempo relativamente lungo e la pressione gassosa all'interno diminuisce gradualmente, mentre il moto persiste a causa dell'inerzia dell'acqua che si sposta verso l'esterno.

Infine, la pressione gassosa cade al di sotto del valore d'equilibrio determinato dalla pressione atmosferica più la pressione idrostatica e il difetto di pressione fa fermare il flusso d'acqua verso l'esterno: a tal punto i contorni della bolla cominciano a contrarsi

con crescente rapidità. Il moto verso l'interno continua finché la compressione del gas, che è insignificante nella fase d'apprezzabile espansione, agisce come un potente urto e respinge bruscamente l'acqua invertendone il moto.

L'inerzia dell'acqua, assieme alle proprietà elastiche dell'acqua e del gas, forniscono perciò le necessarie condizioni per un sistema oscillante e la bolla subisce, in effetti, ripetuti cicli d'espansione e di contrazione.

Le pulsazioni cessano quando tutta l'energia dell'esplosivo è dissipata, oppure quando la bolla si rompe alla superficie.

In acqua libera, e nel caso dell'esempio da noi scelto, l'onda d'urto e le onde di pressione secondarie sono sferiche; nel caso invece di cariche speciali, per esempio cilindri molto allungati o cariche piatte, si possono avere degli effetti di direzione particolari.

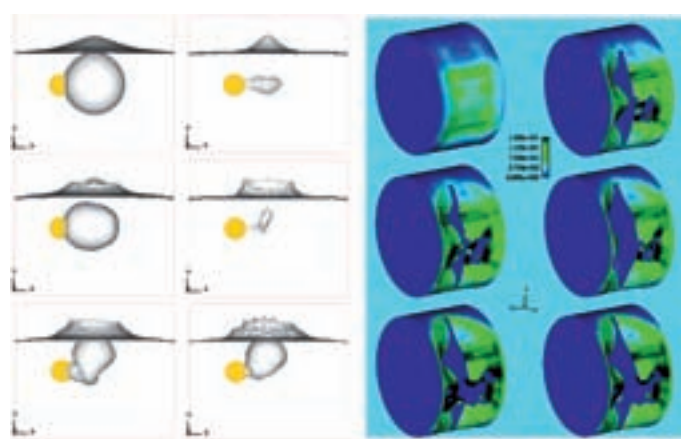
La presenza della superficie o del fondo del mare comporta dei fenomeni di riflessione grazie ai quali si può riscontrare, ad esempio, una concentrazione degli effetti dovuti all'azione del fondo sul movimento in massa dell'acqua, qualora la carica esploda abbastanza vicino a quest'ultimo.

Alla superficie, infine, si osservano i seguenti fenomeni: nel momento stesso dell'esplosione ed in un cerchio centrato sulla verticale della carica, l'arrivo dell'onda d'urto provoca un leggero fremito dell'acqua; successivamente, si produce una cosiddetta entumescenza, ovvero una specie di "duomo" d'acqua la cui altezza cresce fino al momento in cui la bolla si rompe proiettando l'acqua sotto forma di una colonna molto appariscente.

Effetti di un'esplosione subacquea sulle strutture immerse

In un'esplosione subacquea, la detonazione provoca la formazione di un'onda d'urto il cui fronte attraversa la carica esplosiva ad una determinata velocità, caratteristica, come già citato, per ogni tipologia di esplosivo.

L'onda d'urto è trasmessa al mezzo circostante, che nel caso attuale è l'acqua, diminuendo d'intensità a mano a mano che si allontana dal centro di scoppio.



Ogni scoppio che avviene sott'acqua, a parità di condizioni, provoca effetti distruttivi oltremodo inferiori a quelli prodotti dagli scoppi in aria

Quest'onda, chiamata onda d'urto primaria, è subito seguita, come già detto, da un secondo fenomeno di durata molto maggiore e costituito dall'espansione dei gas d'esplosione che premono contro l'acqua circostante.

Mentre il primo fenomeno (onda d'urto) è in stretta relazione con la velocità di detonazione (dirompenza) dell'esplosivo ed è tanto più intenso quanto questa è maggiore, il secondo fenomeno (spinta delle masse d'acqua) è in rapporto con il regime termico e quindi con l'energia che può essere sviluppata dall'esplosivo stesso, cioè con il suo potenziale.

L'esplosione dei gas, inoltre, dà luogo ad un fenomeno secondario oscillatorio smorzato, dovuto all'alternarsi periodico della preponderanza locale della pressione gassosa con quella della pressione della massa d'acqua.

Entrambi i fenomeni (onda d'urto ed espansione dei gas) hanno la loro parte d'azione negli effetti distruttivi; il primo può essere considerato come un colpo rapido e violento ed il secondo come uno sforzo variabile durante un tempo relativamente lungo.

Il primo fenomeno ha azione perforante, mentre il secondo provoca squarci e contorcimenti.

Ciò detto, si può ben comprendere come nei confronti di un bersaglio ordinario, cioè nudo pieno o vuoto d'aria come può essere un'isolata piastra d'acciaio, ogni scoppio che avvie-

ne sott'acqua, a parità di condizioni, provoca effetti distruttivi oltremodo inferiori a quelli prodotti dagli scoppi in aria.

Contro un tale bersaglio è soprattutto l'onda d'urto primaria che lavora, mentre la spinta della massa d'acqua conseguente all'esplosione dei gas della bolla d'esplosione non ha alcun pratico effetto.

Se il bersaglio invece è cavo e la sua cavità è piena o vuota d'aria, come può essere lo scafo di una nave, allora gli effetti di un'esplosione che si hanno su di lui sono di gran lunga maggiori se lo scoppio avviene sott'acqua e non in aria.

In questo caso l'onda d'urto primaria provoca la rottura della struttura su cui agisce, mentre le onde di pressione secondarie squarciano e distruggono la struttura già fortemente danneggiata.

Per quanto riguarda le esplosioni subacquee contro bersagli navali, le esperienze fatte hanno dimostrato che:

- la prossimità della superficie libera dell'acqua riduce considerevolmente gli effetti di un'esplosione;
- gli effetti crescono quando la profondità d'immersione e la carica aumentano;
- ad eguale distanza, gli effetti sono maggiori se la carica si trova al di sotto della nave;
- l'effetto di una carica sul fondo, a parità di distanza dal bersaglio, è più grande di quello di una carica posta a mezz'acqua (fenomeno della concentrazione degli effetti).





Stefano Scaini - iDos Italia

stefano.scaini@idositalia.com