

Modellazione e sperimentazione di esplosioni subacquee: sviluppo di un banco prova in scala ridotta

Friday 4 September 2026 10:00 (15 minutes)

Le esplosioni sottomarine (UNDEX, Underwater Explosions) rappresentano uno dei fenomeni fisici più complessi e allo stesso tempo rilevanti per l'ingegneria navale, offshore, civile e militare. Esse producono effetti dinamici che differiscono in modo sostanziale dalle esplosioni atmosferiche a causa delle proprietà fisiche dell'acqua, che presenta elevata densità e scarsa comprimibilità. Queste caratteristiche rendono l'onda d'urto generata in ambiente subacqueo particolarmente intensa e distruttiva, con un potenziale di danno significativamente superiore rispetto a un'esplosione in aria. La comprensione e la modellazione di questi fenomeni sono fondamentali per la progettazione di strutture resistenti e per la valutazione della vulnerabilità di navi, sommergibili, impianti sottomarini e infrastrutture costiere.

Un'esplosione sottomarina dà origine a due fenomeni fisici principali: una violenta onda d'urto iniziale e la formazione di una bolla di gas, prodotta dalla detonazione dell'esplosivo, che pulsa ciclicamente. Questi due effetti si manifestano su scale temporali differenti, presentano dinamiche fisiche distinte e vengono spesso studiati separatamente per facilitarne l'analisi.

Di norma, gli ingegneri affrontano le problematiche legate alle esplosioni mediante simulazioni numeriche avanzate che, allo stato dell'arte, consentono di riprodurre con buona accuratezza l'interazione tra il dominio fluido e il dominio strutturale. Attraverso tecniche di accoppiamento fluido-struttura (FSI) è infatti possibile descrivere gli effetti dell'onda d'urto sulle strutture coinvolte, valutandone la risposta dinamica e gli eventuali meccanismi di danneggiamento. In questo contesto, l'impiego di software espliciti specializzati, come LS-DYNA, rappresenta uno strumento fondamentale per l'analisi di fenomeni altamente non lineari e caratterizzati da tempi di evoluzione estremamente ridotti. Tali strumenti permettono di ottenere risultati con un elevato livello di accuratezza, ma richiedono competenze specifiche sia nella definizione dei modelli numerici sia nell'interpretazione dei risultati. Le principali difficoltà derivano dalla notevole variabilità degli scenari che possono presentarsi, dalla complessità delle interazioni fisiche coinvolte e dalla sensibilità delle simulazioni ai parametri di input. Inoltre, la previsione degli effetti di un'esplosione tramite sole formulazioni analitiche risulta spesso limitata dalle inevitabili semplificazioni introdotte nei modelli teorici.

La sperimentazione in questo ambito risulta particolarmente complessa sia dal punto di vista tecnico sia da quello economico e logistico. I dati sperimentali disponibili nella letteratura tecnico-scientifica sono spesso limitati, difficilmente reperibili oppure soggetti a restrizioni e classificazioni, soprattutto nel caso di applicazioni in ambito militare o strategico. Di conseguenza, lo sviluppo di competenze affidabili nell'utilizzo degli strumenti di simulazione richiede la disponibilità di sistemi sperimentali controllati e ripetibili. In tale prospettiva, risulta particolarmente utile disporre di sistemi di prova in scala ridotta da impiegare in ambiente di laboratorio, finalizzati allo sviluppo e alla validazione di metodologie, modelli numerici e strumenti di analisi. In questo lavoro viene quindi affrontato lo sviluppo di un sistema sperimentale in scala ridotta per la riproduzione di esplosioni subacquee, con l'obiettivo di supportare lo sviluppo delle competenze ingegneristiche e il miglioramento dei tool di simulazione numerica.

Primary author: Prof. SCAPIN, Martina (Politecnico di Torino)

Co-authors: Prof. PERONI, Lorenzo (Politecnico di Torino); BELTRAMO, M. (Politecnico di Torino)

Presenter: Prof. SCAPIN, Martina (Politecnico di Torino)

Session Classification: Xtrema

Track Classification: High Strain Rates