



Relazione Scientifica Finale del Programma STM 2015

Titolo: High fidelity CFD/FE two-way FSI for high-speed planing hull slamming with composite bottom panels

Fruitore: Matteo Diez

Istituto CNR: Istituto Nazionale per Studi ed Esperienze di Architettura Navale, INSEAN

Dipartimento CNR: Ingegneria, ICT e tecnologie per l'energia e i trasporti, DIITET

Istituzione ospitante: The University of Iowa, Mechanical and Industrial Engineering Dept., IIHR—Hydroscience & Engineering

I carichi che si sviluppano sulle strutture della nave per i fenomeni di *slamming* rappresentano un fattore critico nel progetto e nell'analisi delle prestazioni degli scafi plananti. L'interazione fluido-struttura (FSI) richiede studi approfonditi, al fine di evidenziare gli aspetti idrodinamici e strutturali di rilievo per la sicurezza e l'affidabilità della nave. A tal fine, è necessario l'accoppiamento di strumenti computazionali ad alta fedeltà per la fluidodinamica (CFD) e le strutture (FE). Lo sviluppo di capacità e competenze nel campo dell'interazione fluido-struttura in ambito navale è di interesse per CNR-INSEAN, come elemento fondamentale della moderna analisi, progettazione ed ottimizzazione multidisciplinare della nave.

Il presente progetto ha avuto come obiettivo quello di sviluppare ed implementare schemi di integrazione tra codici di calcolo CFD/FE disponibili e validati (CFDSHIP-Iowa/ANSYS) con il fine di trasferire, accrescere ed approfondire tali capacità presso CNR-INSEAN, attraverso una stretta collaborazione con l'Università dell'Iowa (University of Iowa). Il gruppo guidato dal Prof. Frederick Stern, che ha ospitato il programma presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Industriale, Istituto per la Ricerca Idrodinamica (IIHR), è considerato uno dei maggiori gruppi accademici internazionali per lo sviluppo di codici di calcolo CFD ad alta fedeltà per l'idrodinamica navale (con formulazioni RANS, DES, LES, ecc.) e la loro validazione attraverso campagne sperimentali in bacino rettilineo e oceanico. Inoltre, una collaborazione in essere tra l'Università dell'Iowa e l'Università di Lehigh (Lehigh University), avente come oggetto la validazione in scala nave e in mare aperto di simulazioni numeriche per fenomeni di *slamming* di scafi plananti, ha reso possibile l'analisi di dati sperimentali di grande interesse per il presente programma.

Il progetto ha riguardato lo studio, sviluppo, implementazione ed applicazione di formulazioni per l'accoppiamento di codici ad alta fedeltà CFD/FE per fenomeni di *slamming* di pannelli in composito di scafi plananti, caratterizzati da carichi significativi e dinamiche di interazione fluido-struttura molto veloci (quasi impulsive). In particolare, il codice di calcolo per l'idrodinamica navale CFDSHIP-Iowa v4.5, sviluppato nelle ultime decadi presso l'Università dell'Iowa, è stato accoppiato con il codice commerciale agli elementi finiti ANSYS Mechanical APDL. L'approccio è stato quello modale, in cui la dinamica della struttura è rappresentata con un modello di ordine ridotto basato sui modi propri di vibrazione (calcolati attraverso ANSYS). Ad ogni iterazione del

solutore CFD, la dinamica della struttura viene risolta ed il contorno del fluido con le sue condizioni modificati congruente.

Le attività svolte in seno al programma sono state:

- a) modellazione CAD/CAE, definizione del dominio di calcolo e della relativa griglia per simulazioni URANS con CFDShip-Iowa dello scafo planante *Numerette, Slamming Load Test Facility* (ideato, progettato e costruito dall'Università di Lehigh e disponibile attraverso la collaborazione con l'Università dell'Iowa); modellazione agli elementi finiti in ANSYS di un pannello di riferimento in materiale composito;
- b) analisi modale in vacuo, aria e acqua (attraverso elementi acustici) del pannello di riferimento e confronto con i risultati sperimentali; analisi preliminari URANS in onda con velocità fissata e due gradi di libertà (moti di sussulto e beccheggio) e confronto con i risultati sperimentali in acqua calma e onda irregolare in mare aperto; studi di sensitività dei risultati alla griglia e al passo temporale;
- c) studio dello schema numerico ed implementazione dell'accoppiamento CFD/FE FSI monodirezionale, monodirezionale con effetti di massa aggiunta (attraverso elementi acustici) e bidirezionale attraverso l'approccio modale; analisi preliminari in onda con velocità fissata e due gradi di libertà (moti di sussulto e beccheggio) e confronto con i risultati sperimentali in onda irregolare in mare aperto.

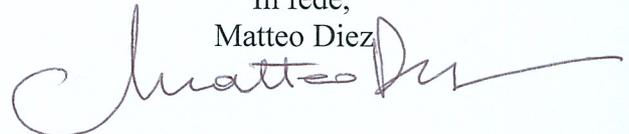
La visita e la collaborazione con l'Università dell'Iowa è stata fruttuosa ed i confronti tra i risultati prodotti attraverso gli strumenti di simulazione CFD/FE FSI accoppiati e gli esperimenti sono apparsi particolarmente promettenti, dimostrando una buona capacità di predizione di fenomeni molto complessi quali quelli dello *slamming* di scafi plananti in condizioni reali di onda irregolare. Le attività svolte sono oggetto di un lavoro scientifico in preparazione per il *Journal of Fluids and Structures* (Volpi et al., 2016¹).

Gli sviluppi futuri della presente attività di ricerca includono:

- a) studi CFD/FE FSI accoppiati in regime di autpropulsione in onda, al fine di accrescere l'accuratezza delle condizioni di simulazione e la congruenza con le condizioni sperimentali in mare aperto;
- b) analisi statistica di nuovi dati sperimentali provenienti da prove in mare, disponibili in un futuro prossimo, e validazione su base statistica dei risultati delle simulazioni al calcolatore.

Roma, 18 Gennaio 2016

In fede,
Matteo Diez



¹ S Volpi, M Diez, H Sadat-Hosseini, D-H Kim, F Stern, RS Thodal, JL Grenestedt, "Validation of high fidelity CFD/FE FSI for full-scale high-speed planing hull with composite bottom panels slamming," in preparazione per *Journal of Fluids and Structures*, 2016.