

Relazione Scientifica Finale del Programma STM 2016

Titolo: High-fidelity tightly-coupled CFD/CSM FSI/MDO for composite bottom panels of high-speed planing hulls slamming in waves

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

Le attività del presente programma hanno costituito la prosecuzione naturale del programma STM 2015 “*High fidelity CFD/FE two-way FSI for high-speed planing hull slamming with composite bottom panels.*” Tale programma ha saputo mostrare risultati di rilievo per la validazione di codici FSI (*Fluid Structure Interaction*) ad alta fedeltà per scafi al vero con pannelli in composito, dimostrando la capacità delle tecniche sviluppate di predire i carichi che si sviluppano a causa del fenomeno di *slamming* e che rappresentano un fattore critico per le prestazioni degli scafi plananti. L'integrazione di tali tecniche nel contesto più generale dell'ottimizzazione multidisciplinare rappresenta uno sviluppo significativo delle capacità di sintesi progettuale per l'ingegneria navale.

L'obiettivo del presente progetto è stato dunque l'estensione delle metodologie sviluppate nel programma STM 2015 all'ottimizzazione multidisciplinare ad alta fedeltà, con solutori accoppiati CFD/CSM (*Computational Fluid Dynamics/Computational Structural Mechanics*). L'obiettivo ultimo dell'ottimizzazione è la definizione di forme di carena e proprietà strutturali dei pannelli in composito in grado di ridurre carichi, deformazioni e accelerazioni associate a fenomeni di *slamming* ad alta velocità in onda.

Il programma è stato condotto presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Industriale dell'Università dell'Iowa ed in particolare presso l'Istituto per la Ricerca Idrodinamica (IIHR) in collaborazione con il Prof. Frederick Stern. Il gruppo di ricerca del Prof. Stern è uno dei maggiori gruppi accademici internazionali per lo sviluppo di codici di calcolo CFD ad alta fedeltà per l'idrodinamica navale (con formulazioni RANS, URANS, DES, LES, ecc.). Oltre alle piattaforme software per lo sviluppo dei codici di calcolo, l'Università dell'Iowa dispone di un proprio sistema di *High Performance Computing* (HPC, hpc.uiowa.edu) con due cluster da 3508 e 6504 processori rispettivamente e di un accesso al sistema HPC del Dipartimento della Difesa USA che dispone di decine di cluster con decine di migliaia di processori (www.hpc.mil). Per la validazione dei codici di calcolo, l'Università dell'Iowa dispone inoltre di impianti sperimentali dedicati: un bacino rettilineo ed un bacino oceanico di nuova concezione e costruzione per esperimenti in onda.

Le attività svolte in seno al presente programma hanno incluso:

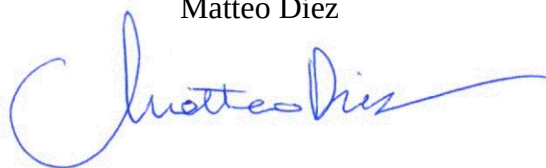
- a) la definizione e lo studio dello spazio di disegno con l'identificazione di un suo modello ad ordine ridotto, attraverso recenti tecniche di riduzione della dimensionalità sviluppate presso CNR-INSEAN in collaborazione con l'Università dell'Iowa, basate sull'espansione di Karhunen e Loève; un primo set di risultati preliminari sono stati prodotti per una appendice in composito (3D hydrofoil) e verranno presentati alla conferenza *VII Computational Methods in Marine Engineering (Marine 2017)*. Il lavoro finale (Volpi et al., 2017a¹) sarà indicizzato su Scopus;
- b) lo studio dell'integrazione di architetture multi fedeltà per MDO (*Multidisciplinary Design Optimization*) e FSI basate su metamodelli, sviluppate presso CNR-INSEAN in collaborazione con l'Università dell'Iowa; alcune metodologie e risultati preliminari saranno presentati in Volpi et al. (2017a¹);
- c) l'integrazione delle analisi FSI basate sull'accoppiamento stretto dei codici CFDShip-Iowa v4.5, sviluppato presso l'Università dell'Iowa, e il codice commerciale agli elementi finiti ANSYS Mechanical APDL; le metodologie ed i risultati numerici per uno scafo planante al vero, inclusa la validazione sperimentale, sono presentati in un secondo lavoro sottoposto per la pubblicazione a *Ocean Engineering* (Volpi et al., 2017b²);
- d) le prime campagne di ottimizzazione numerica della forma di carena e proprietà strutturali dei pannelli in composito; metodologie e risultati verranno inseriti in pubblicazioni future in collaborazione con l'Università dell'Iowa.

La visita e la collaborazione con l'Università dell'Iowa sono state fruttuose. I confronti tra i risultati delle simulazioni CFD/CSM FSI e gli esperimenti sono apparsi molto buoni, confermando la buona capacità di predizione di fenomeni molto complessi quali quelli dello *slamming* di scafi plananti. L'integrazione dei metodi CFD/CSM FSI con i metodi per l'ottimizzazione multidisciplinare sono risultati particolarmente promettenti, gettando le basi per un'ottimizzazione globale idro-strutturale della nave (inclusi i materiali in composito).

Infine, le attività in seno al presente programma STM 2016 hanno preparato il terreno per future attività di ricerca sul tema dell'ottimizzazione multidisciplinare mediante solutori ad alta fedeltà, da svolgere in collaborazione con l'Università dell'Iowa e di livello internazionale.

7 Febbraio 2017

In fede,
Matteo Diez



¹ Volpi S., Diez M., Stern F., "High-fidelity Multidisciplinary Design Optimization of a 3D composite material hydrofoil," Proc. VII Computational Methods in Marine Engineering (Marine 2017), Nantes, France, 15-17 May, 2017a.

² Volpi S., Diez M., Sadat-Hosseini H., Kim D.-H., Stern F., Thodal R.S., Grenestedt J.L., "Composite bottom panel slamming of a fast planing hull via tightly coupled fluid-structure interaction simulations and sea trials," submitted to Ocean Engineering, 2017b.