

Il rilievo laser scanner a supporto dell'analisi di qualità nella produzione di un Sonar Dome in composito per le Fregate FREMM

Paolo Ardissonne (*), Leandro Bornaz (**), Giorgio Girola (***), Michele Mangiarotti (***)

(*) SIR Srl, Corso Monte Grappa 6, 10145 Torino, paolo.ardissone@sir.to.it

(**) Ad Hoc 3D Solutions Srl, Fraz. La Roche 8, 11020 Gressan (AO), leandro.bornaz@adhoc3d.com

(***) Orizzonte Sistemi Navali, Viale Brigata Bisagno, 45R 16129 Genova

Abstract

La società SIR Srl e la società Orizzonte Sistemi Navali S.p.A. hanno progettato e realizzato un rilievo laser scanner del Sonar Dome in composito installato sulle nuove Fregate FREMM per la Marina Militare Italiana, finalizzato a descriverlo *as it is*, dopo la produzione ed a confrontarlo con la superficie teorica da progetto. Il lavoro è stato strutturato in due sessioni di misura: una prima e una dopo l'installazione di una dima, che simulasse l'accoppiamento reale tra il bulbo (Dome) e lo scafo della nave. Per le operazioni di rilievo è stato utilizzato uno strumento laser terrestre Riegl VZ400.

L'articolo espone nel dettaglio le fasi di acquisizione e il trattamento dei dati, le precisioni ottenute e le funzionalità specifiche sviluppate ad hoc per l'analisi delle difformità geometriche tra modelli geometrici.

Abstract

SIR and Orizzonte Sistemi Navali S.p.A. have designed and carried out a laser scanner survey of a Sonar Dome installed on new FREMM frigates for the Italian Navy, designed to describe as it is, after production and to compare it with the theoretical surface of the project.

The work was structured in two measurement sessions: one before and one after the installation of a template, which simulates the coupling between real-bulb (Dome) and the ship's hull.

For surveying tasks has been used a Riegl VZ400terrestrial laser scanner. The article explains in detail the phases of acquisition and processing of data, the accuracy obtained and the specific features developed specifically for the analysis of the geometric differences between geometric models.

Introduzione

La produzione di unità navali di grandi dimensioni richiede oggi la collaborazione di diverse aziende medie e grandi, che mettono a disposizione del progetto le loro competenze specialistiche e le loro eccellenze tecnologiche. Diventa quindi particolarmente delicato e importante integrare tutte le fasi dei lavori che spesso avvengono in contemporanea ma in luoghi, cantieri e stabilimenti diversi.

Le nuove Fregate FREMM (*Fregate Europee Multi-Missione*) per la Marina Militare Italiana sono dotate di un *Sonar Dome*, un bulbo di alloggiamento del Sonar, realizzato in materiale composito, progettato e realizzato interamente in Italia. Tale bulbo è lungo circa 8 metri, alto circa 3,10 metri e nel punto di massima larghezza misura 4,20 metri.

La società SIR – Soluzioni Innovative per il Rilevamento Srl – spin off del Politecnico di Torino e la Orizzonte Sistemi Navali S.p.A società di ingegneria navale, costituita da Fincantieri e da

Finmeccanica, attiva nella progettazione, realizzazione e commercializzazione di unità navali militari ad elevato contenuto tecnologico e Prime Contractor per le Fregate FREMM, hanno progettato e realizzato un rilievo laser scanner del Sonar Dome. L'obiettivo del rilievo è di descrivere il *Dome as it is* dopo la produzione ed a confrontarlo con la superficie teorica da progetto. In particolare il lavoro è stato strutturato in due sessioni di misura: una prima e una dopo l'istallazione di una dima, che simulasse l'accoppiamento reale tra il bulbo (Dome) e lo scafo della nave. L'intero processo di misura ha così previsto tre fasi diverse:

- 1) Il positivo prodotto dallo stampo *Sonar Dome* è stato rilevato con tecnologia Laser Scanner in una prima sessione di misura, finalizzata a descriverlo *as it is* dopo le operazioni di produzione e cura del composito.
- 2) Una seconda acquisizione laser è stata fatta dopo la messa in dima.
- 3) I risultati di ognuna delle due sessioni di misura sono stati inseriti all'interno di una piattaforma software sviluppata ad hoc, insieme alla superficie teorica del progetto. Tale piattaforma è stata dotata di strumenti specifici per confrontare i tre modelli 3D, per misurare le eventuali deformazioni dovute al processo di cura (confronto progetto-sessione 1), e le deformazioni residue dopo la messa in dima (confronto progetto-sessione 2).

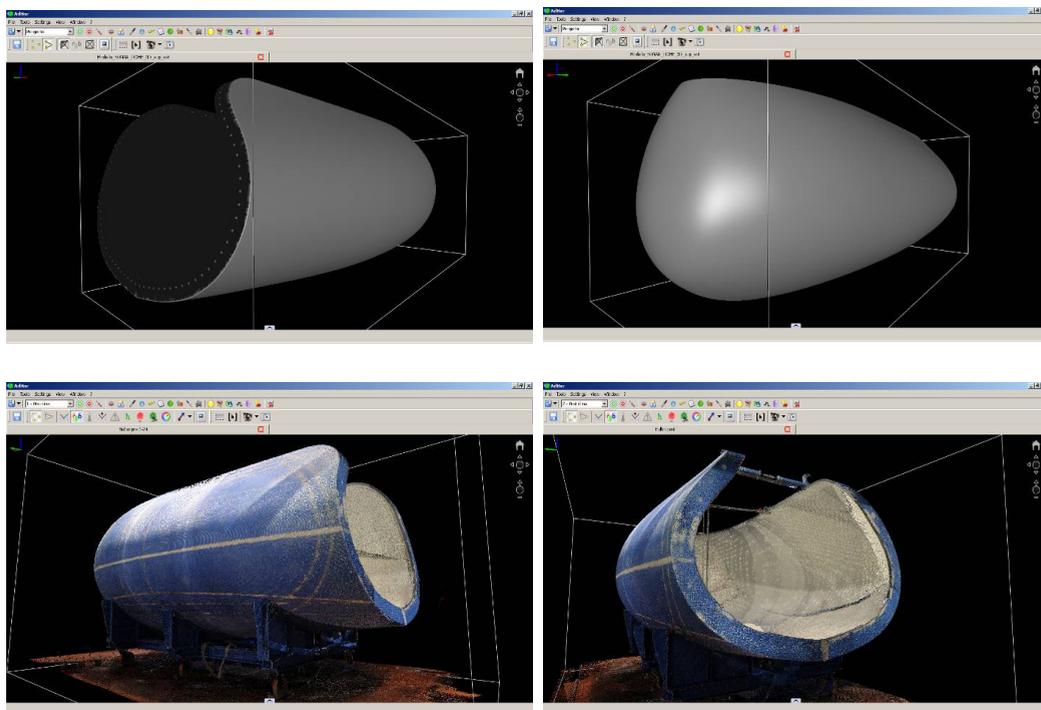


Figura 1 – Modello 3D del progetto (in alto). Modello 3D Pre Dima (in basso a sinistra), Modello 3D Post Dima (in basso a destra).

Operazioni di misura

Le operazioni di misura sono avvenute nello stabilimento ove avvenuta la produzione ad opera di Nuova Connavi S.r.l. presso Ceparana, comune di Vezzano Ligure (SP). È stato utilizzato uno strumento laser terrestre Riegl VZ400.

È stata materializzata e misurata una rete di *marker* posizionati sulla superficie esterna e interna del Bulbo. Di seguito è stato acquisito nella situazione pre dima con strumentazione laser scanner e fotogrammetrica. La progettazione del rilievo ha previsto di effettuare 24 posizioni di acquisizione diverse in modo da coprire le zone d'ombra e garantire un dato omogeneo e completo, compatibilmente con lo spazio a disposizione per il posizionamento che risultava di ridotte dimensioni a causa della localizzazione dello stampo in un capannone.

Dopo l'installazione della dima da parte del personale incaricato dalla direzione della produzione, si è proceduto con il rilievo laser scanner e fotogrammetrico post dima. Sono state ripetute le 24 scansioni, in posizioni approssimativamente simili a quelle della prima sessione.

Sistema di riferimento

Le operazioni di produzione e cura del composito avvengono utilizzando uno stampo “femmina”, un negativo dal quale si crea il positivo del Dome. Lo stampo è montato su di una struttura dotata di ruote, che viene spostata nelle diverse fasi di lavoro in luoghi diversi dello stabilimento. Di conseguenza non è possibile creare un poligono di misura esterno al Bulbo. Per confrontare le diverse sessioni di misura e la superficie teorica di progetto in modo corretto e rigoroso si è deciso di esprimere i dati nel sistema di riferimento nave. Tale sistema è impostato con l'asse x longitudinale allo scafo della nave, l'asse y trasversale e orizzontale, l'asse z trasversale e verticale. L'origine è posta sull'asse di simmetria della nave, verticalmente circa 47 cm più in basso rispetto alla flangia superiore del Bulbo, longitudinalmente circa 122 m a poppa della flangia posteriore del Bulbo.

Sono state definite le regole di passaggio dal sistema euleriano di acquisizione laser al sistema Nave. Il calcolo della rototraslazione spaziale è stato fatto minimizzando gli scarti tra le coordinate di numerosi rivetti misurate col sensore laser scanner e le coordinate degli stessi punti nel sistema di riferimento teorico nave. Tali rivetti sono stati tracciati con macchine a controllo numerico sullo stampo madre e quindi riportati, riconoscibili e misurabili sul positivo del bulbo.

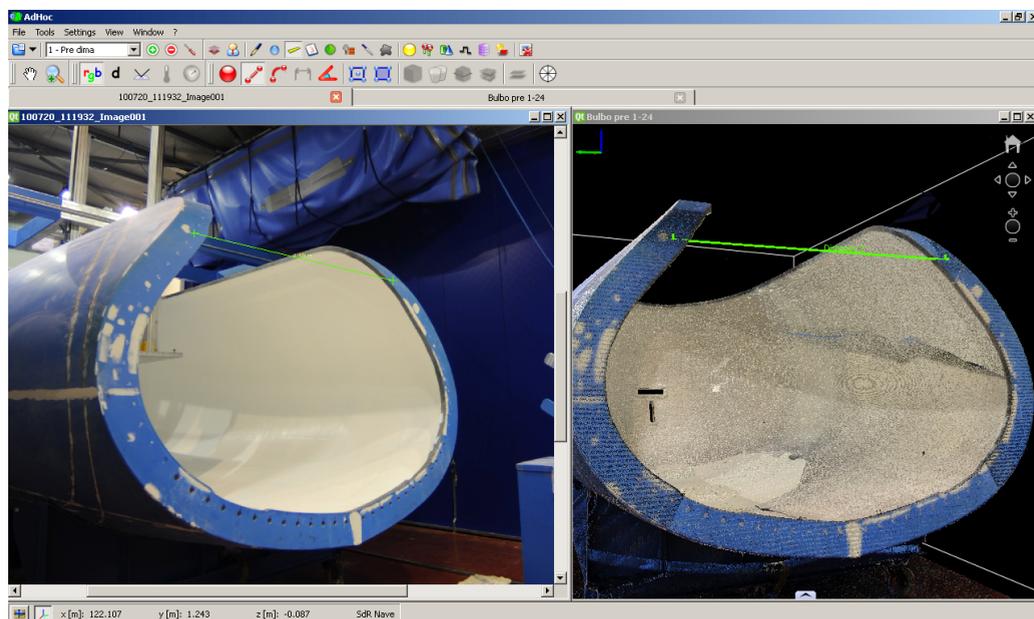


Figura 2 – Sistema di Riferimento Nave. Immagine Solida (sinistra), modello 3D Pre Dima (destra).

Trattamento dei dati laser e fotogrammetrici

Il trattamento dei dati laser acquisiti ha previsto la filtratura di tipo robusto delle scansioni per l'eliminazione di *gross errors* e *outliers*, la ricerca e definizione dei *marker* di appoggio, allineamento e triangolazione laser nel sistema di riferimento euleriano delle acquisizioni laser, l'unione e il controllo delle nuvole di punti acquisite.

Per migliorare i risultati dell'allineamento delle singole scansioni, è stata effettuata una triangolazione laser a modelli indipendenti. Le scansioni sono state infatti allineate in unico modello con un approccio di tipo fotogrammetrico, utilizzando e compensando sia punti di legame che di appoggio. Come punti di legame sono stati utilizzati sia *marker* omologhi, o visibili in scansioni adiacenti, sia punti omologhi automaticamente determinati mediante un algoritmo appositamente studiato per individuare punti geometrici significativi dell'oggetto scansionato. In questo modo il risultato dell'allineamento è migliore perché vi è un numero maggiore e una distribuzione omogenea dei punti di legame. I dati laser sono stati poi rielaborati con appositi algoritmi di post processing per ottenere una densità costante dei punti.

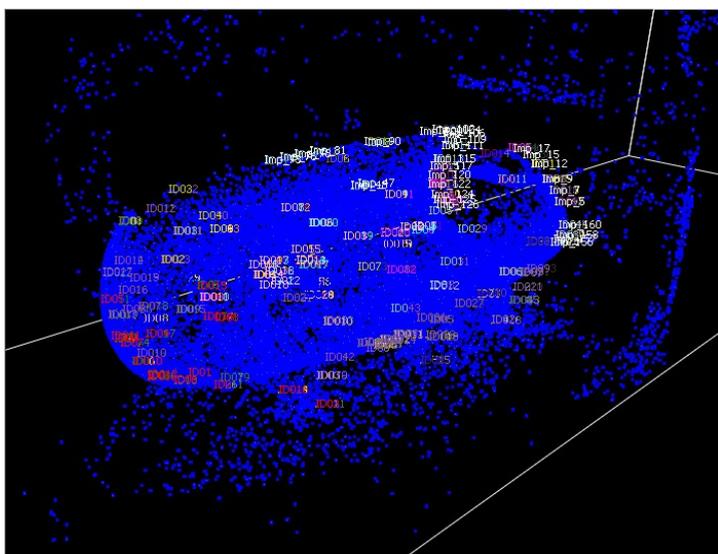


Figura 3 – Marker e punti omologhi automaticamente determinati.

Risultati dei rilievi

Il risultato finale sono 2 nuvole di punti colorate 3D complete, che cioè descrivono il bulbo pre e post dima, associate in una piattaforma software Ad Hoc appositamente sviluppata con il modello 3D del progetto. I tre modelli 3D vengono gestiti come tre epoche di misure diverse.

L'epoca *Pre Dima* è composta da 77 immagini solide ed un modello 3D di 9.417.257 punti.

L'epoca *Post Dima* da 77 immagini solide e un modello 3D di 7.430.467 punti. L'epoca *Progetto* da un modello 3D formato da 190.778 punti e 368.826 facce.

Tutti e tre i modelli sono espressi nel sistema di riferimento Nave, è quindi possibile confrontarli tra loro

Le specifiche tecniche dello strumento laser scanner utilizzato (marca Riegl, modello VZ400) riportano una precisione nella determinazione delle coordinate dei punti misurati di 4 mm a 100m e la precisione nella ripetibilità delle misure di 3 mm. La precisione varia in funzione della distanza di qualche parte ogni 1000 m. Vista la distanza ridotta di acquisizione e il fatto che le due sessioni di misura hanno utilizzato posizioni di scansione molto simili, possiamo stimare la precisione intorno ai 4mm (Statisticamente la precisione di uno strumento di misura è definita ad un valore di 1σ ,

valore che rappresenta il 67% circa delle probabilità che la misura sia effettivamente in un intervallo di $\pm 1 \sigma$.

Confronti tra i modelli 3D

Grazie alla collaborazione con la Società Ad Hoc 3D Solutions, specializzata nel fornire soluzioni personalizzate per la gestione di modelli e misure 3D, è stata sviluppata una piattaforma software dotata di strumenti e funzionalità specifiche per l'analisi delle difformità geometriche tra modelli geometrici. Il rilievo pre dima, quello post dima e il progetto originale sono strutturati in tre epoche diverse. Attraverso procedure semplici possono essere generate sezioni sui diversi modelli e confrontarne il risultato rispetto le altre epoche. Ci sono diversi modi per definire il piano di sezione: imporlo rispetto al sistema di riferimento nave, ricavarlo stimandolo tra un set di punti selezionati o tra un set di punti delimitati da un'area selezionata dall'operatore. Possono inoltre essere misurati, confrontati e esportati piani, distanze, dislivelli ecc. Tutte le misure e sezioni possono essere organizzate a *layer* e visualizzate sui modelli 3D.

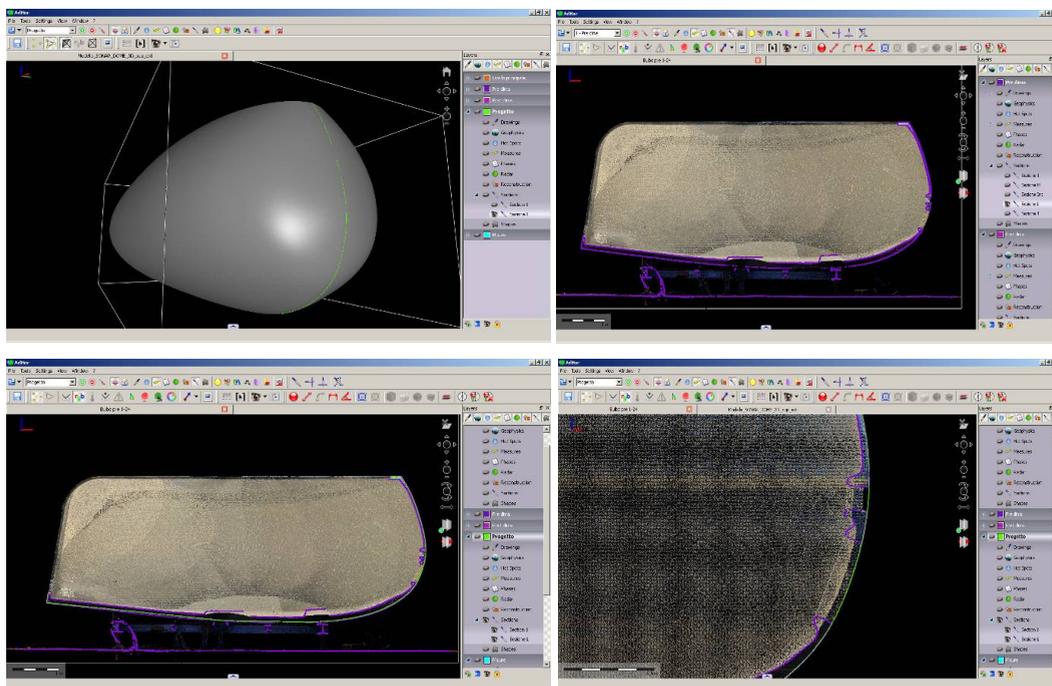


Figura 4 – Confronti tra sezione longitudinale di progetto (verde) e sezione longitudinale del modello Pre Dima (viola).

Questi strumenti di analisi però si caratterizzano come strumenti di analisi geometrica assistita. Richiedono cioè che il risultato del rilievo laser venga studiato e letto da un esperto di ingegneria navale, che scelga i piani di sezione che meglio evidenziano gli scostamenti tra le geometrie e che dia una valutazione generale, che pur avendo a disposizione tutta la forma del bulbo, prenderà in considerazione un set limitato di sezioni e misure.

Si è scritta così una procedura per permettere un confronto geometrico 3D tra i diversi modelli che individui gli scostamenti e crei un modello mappato con l'andamento e la posizione degli scarti. Il notevole vantaggio di questo tipo di analisi automatica è quello di restituire un dato oggettivo e

continuo, in quanto distribuito su tutta la superficie, da sottoporre alla direzione lavori per tutte le valutazioni specialistiche del caso.

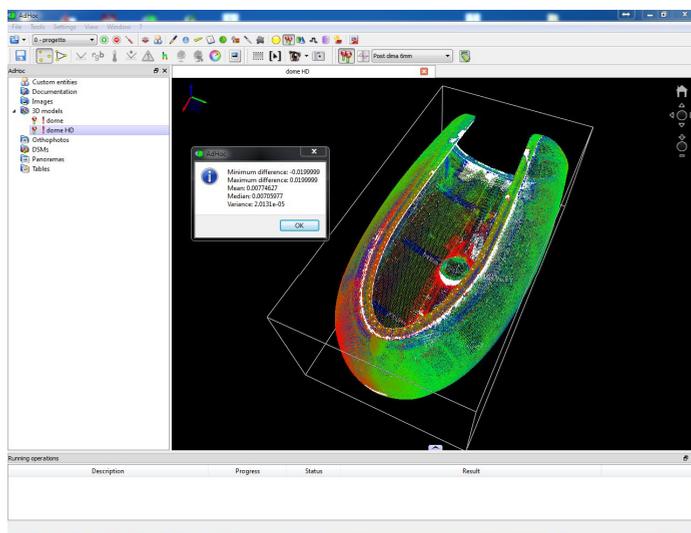


Figura 5 – Modello 3D mappato in base all'andamento e la posizione degli scarti.

Conclusioni

Il rilievo laser scanner Sonar Dome per le Fregate FREMM è stata un'ottima occasione non solo per testare le potenzialità degli strumenti e tecniche della geomatica oggi a disposizione a supporto dell'ingegneria navale, ma anche per definire metodi oggettivi di confronto tra design e produzione su scala reale. La collaborazione tra la direzione di produzione e il team di rilevatori ha permesso di evidenziare esigenze specifiche e guidare la ricerca e sviluppo di strumenti innovativi che possono migliorare l'intero processo di valutazione della qualità.

Bibliografia

- Leandro BORNAZ, Fabio DAGO, Andrea LINGUA, Mario NATTERO, Francesco NEX, 2008 "Tecniche LIDAR per il controllo di simmetria della carena di una nave",_Atti 12^a Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila 21 – 24 ottobre 2008
- Biskup K., Arias P., Lorenzo H., Armesto J. (2007), "Application of terrestrial laser scanner for shipbuilding", *ISPRS Workshop on Laser Scanning and SilviLaser 2007*, Espoo, 12-14 Settembre, Finland, pp.56-61
- Pfeifer, N., Lichti, D., 2004. "Terrestrial Laser scanning: Developments, Applications and Challenges", *GIM International*, December 2004.
- Arias p., Armesto J., Lorenzo H., Ordonez C. (2007). "Terrestrial Laser technology in sporting Craft 3D Modeling. *Proceedings book of the International Symposium CompIMAGE 2006: Computational Modeling of Objects Represented in Images: Fundamentals, Method and Applications*. ISBN 978-0-415-43349-5 Vol.1,pp.63-69. 2007. Taylor & Francis Group. London, United Kingdom.