

DA CONSEGNARE AL COORDINATORE DEL CORSO PER LA PRESENTAZIONE DEL DOTTORANDO AL GIUDIZIO DEL COLLEGIO DEI DOCENTI IN VISTA DELL'ESAME FINALE

SCHEDE INFORMATIVA SULLE ATTIVITA' DEL TRIENNIO

- Cognome e Nome: Viglietti Andrea.
- Titolo di studio posseduto: Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale
conseguito in data 26/03/2014 presso Politecnico di Torino
- Dottorato di Ricerca in Ingegneria Meccanica
- Ciclo XXX Anni accademici di riferimento 2014/2017
- Dipartimento
DIMEAS
- Coordinatore
Luigi Garibaldi
- Tutore
Erasmus Carrera
- Titolo della Tesi di Ricerca (in Italiano e/o in Inglese)

Low Fidelity and High Fidelity Structural Models for Metallic and Composites Aircraft Structures

A. DESCRIZIONE DELL'ARGOMENTO DELLA TESI (massimo 20 righe)

In campo aeronautico, a causa dei complessi design e dell'utilizzo sempre più ampio di materiali compositi, le analisi strutturali richiedono elevati costi computazionali. Risulta quindi importante fornire strumenti computazionalmente efficienti garantendo accuratezza nei risultati.

La tesi presenta l'estensione di un modello unidimensionale High-Fidelity basato sulla Carrera Unified Formulation (CUF) al fine di analizzare strutture complesse ottenendo risultati "quasi-3D" senza approssimazioni a livello geometrico e sulle condizioni al contorno. Il modello è stato esteso allo studio di strutture multicomponente aeronautiche (strutture a guscio rinforzato) introducendo la rastremazione su componenti quali pannellature e box alari. Successivamente all'analisi di strutture rastremate più semplici, sono state considerate, utilizzando un approccio Component-wise, strutture molto più complesse quali cassoni alari composti da irrigidimenti longitudinali e trasversali. Oltre allo studio del comportamento statico e dinamico, sulle strutture è stato verificato il comportamento sotto diverse condizioni di danneggiamento. E' seguita una profonda analisi di *tailoring* sulle strutture rastremate valutandone gli effetti sull'accoppiamento flessione-torsione geometrico. Il modello è stato ulteriormente esteso per l'applicazione su problematiche di *tow angle placement* per studiare gli effetti ottenibili da una variazione della laminazione all'interno della struttura. Una seconda parte della tesi presenta il lavoro realizzato nell'ambito del progetto di ricerca TIVANO

dove è stata sviluppato il modello FEM della struttura di una fusoliera di un UAV. Inizialmente si sono utilizzati softwares commerciali apprendendo il work flow aziendale e affrontando le possibili problematiche. Successivamente la struttura è stata analizzata tramite il modello unidimensionale. Tali attività hanno così messo al confronto tecniche di modellizzazioni differenti tra di loro evidenziandone le principali caratteristiche.

B. ATTIVITA' DI RICERCA SVOLTA NEL TRIENNIO

B.1 descrizione complessiva e sintetica dell'attività di ricerca

Un modello unidimensionale sviluppato attraverso la Carrera Unified Formulation è stato esteso per effettuare analisi di strutture complesse in campo aeronatico.

Inizialmente si è investigata le capacità di questo modello avanzato BEAM di descrivere geometrie utilizzando approcci differenti. E' stata realizzata un'ampia fase di assessment dove si è dimostrato la possibilità di descrivere pannellature e strutture compatte utilizzando la formulazione BEAM lungo differenti direzioni, mantenendo l'accuratezza nei risultati.

A seguire, diverse pannellature irrigidite sono state sottoposte ad analisi statiche e dinamiche (vibrazioni libere) al fine di validare il modello sottolineando l'accuratezza e il risparmio di gradi di libertà ottenuti. Successivamente è stato esteso il modello per affrontare geometrie rastremate, tipiche in campo aeronautico. Trattando questo argomento, è stato inoltre imperativo introdurre nel problema il materiale composito. Si è quindi valutata la capacità del modello di descrivere laminati compositi a livello dello strato (Layer-wise approach). Sono state ampiamente effettuate operazioni di validazione del modello tramite confronto con software commerciali e letteratura.

Viene quindi utilizzato il modello per l'analisi di strutture danneggiate. Variando la rigidità anche localmente, sono stati introdotti danni a livello locale e globale in diverse strutture, sempre più complesse. Le analisi sono state estese anche a danni del materiale composito a livello dello strato del laminato, localmente e non. Gli effetti del danneggiamento sono studiati sia a livello statico, ossia in termini di spostamenti e ri-distribuzione degli stress, sia in campo delle vibrazioni libere valutando le variazioni nelle frequenze e nelle forme modali.

Le rastremazioni e/o agli angoli di freccia introducono forti effetti di accoppiamento flessor-torsionali (accoppiamento geometrico) nelle deformazioni della struttura. Grazie alla capacità di descrizione dei laminati a livello dello strato, si sono effettuate ampie analisi di *tailoring* su strutture rastremate e box alari, anch'essi caratterizzati da diverse geometrie e rastremazioni, Si è così esplorato come è possibile influenzare il comportamento della struttura agendo sulle laminazioni dei componenti, alterando gli accoppiamenti flessor-torsionali.

Considerando che attraverso il *tailoring* la laminazione rimane fissata lungo il componente, si è deciso di estendere il modello all'analisi di pannellature in materiale composito a rigidità variabile (VSCL, variable stiffness composite laminate) dove le fibre non sono mantenute rettilinee in una determinata direzione ma l'orientamento cambia all'interno del componente. In questo modo è possibile realizzare un laminato con diverse performance a seconda dell'area considerata del componente. Il modello è stato esteso in modo da descrivere, attraverso una funzione arbitraria, la laminazione (quindi la direzione della fibra) lungo il componente.

La fusoliera presentata nell'ambito del training on the job presentava particolari soluzioni strutturali le quali dovevano essere sviluppate al fine di garantire un corretto funzionamento della struttura. Dopo una valutazione preliminare sui carichi, si è realizzato attraverso il software commerciale PATRAN/NASTRAN un'analisi strutturale agli elementi finiti. I risultati saranno successivamente confrontati con il modello unidimensionale CUF.

Sono stati sviluppati diversi possibili layup per la parte di fusoliera sviluppata in materiale composito valutando per ogni componente quale laminazione fosse più adatta in termini di coefficienti equivalenti del materiale. Successivamente, i risultati prodotti sono stati raccolti in report interni aziendali.

B.2 argomenti di ricerca specifici affrontati

Sono stati affrontati i seguenti argomenti:

- Modelli unidimensionali avanzati.
- Comportamento statico e dinamico di strutture multicomponente prismatiche e rastremate irrigidite (strutture aeronautiche).
- Scenari locali e globali di danneggiamento su strutture aeronautiche, semplici e complesse.
- Tailoring su strutture complesse che presentano rastremazioni e angoli di freccia.
- VSCL, Variable Angle Tow Placement
- Sviluppo di una fusoliera in composito con metodologie tradizionali aziendali.

B.3 risultati più rilevanti ottenuti nel triennio

Durante il triennio attraverso un modello FEM avanzato unidimensionale, sono state realizzate numerose analisi dinamiche e statiche dimostrando la capacità del modello di produrre risultati molto accurati con un costo computazionale nettamente inferiore rispetto ai classici metodi agli elementi finiti utilizzati in campo aeronautico.

In particolare si è dimostrata la capacità di questo modello 1-D di analizzare correttamente strutture notevolmente complesse che presentano più componenti che collaborano insieme. Inoltre è stata validata l'estensione allo studio di strutture rastremate valutando in modo corretto gli effetti sulle deformazioni e sulla distribuzione degli stress.

Successivamente il modello è stato utilizzato in scenari di danneggiamento locale e globale valutandone gli effetti nel comportamento dinamico e meccanico. E' stata studiata un'ampia casistica di danni. In primis si è considerato il danneggiamento dell'intero componente, successivamente il danno a livello dello strato del laminato e infine introducendo il danneggiamento a livello locale. L'intero studio ha dimostrato come questo modello possa essere molto utile e efficiente in ambito di *progressive failure* e *damage detection*.

Attraverso l'introduzione delle strutture rastremate, si è apprezzata la moltitudine di effetti di accoppiamento flessione torsionale sulla struttura, in particolare in campo dinamico. E' stata fatta quindi una estesa analisi di *tailoring* sui laminati compositi valutando l'efficacia delle diverse laminazioni sul controllo degli effetti flessione-torsionali geometrici. Sono state considerate diverse strutture con diverse geometrie in termini di rastremazione e angoli di freccia.

Successivamente si è esteso il modello all'analisi delle VSCL nelle quali le fibre cambiano orientamento lungo la pannellatura. In questo modo è possibile sviluppare un laminato con zone caratterizzate da diverse performance a seconda delle necessità. L'estensione è stata validata da risultati in letteratura. Questa tecnica risulta molto promettente in campo aeronautico in quanto

B. 7 altre attività che si ritengono degne di menzione

.....
.....
.....
.....
.....
.....

C. ATTIVITA' DI FORMAZIONE

C.1 partecipazione ad attività interne di supporto alla didattica (specificare su quali corsi, e se eventualmente il dottorando sia stato nominato cultore della materia)

.....
.....
.....
.....
.....
.....

C.2 corsi e seminari più significativi seguiti (interni, esterni, ecc. - indicare solo il tipo ed il numero)

Soft Skills – 5 corsi (87 Ore)

- Comunicare la ricerca scientifica ai non addetti ai lavori (10 Ore)
- Epistemologia della macchina (20 Ore)
- Short Course on Entrepreneurship (7 ore)
- Gestione Progetti – Leonardo (26 Ore)
- Brevetti e Proprietà Industriale – Leonardo (24 Ore)

Hard Skills – 9 corsi (147 Ore)

- Advanced material development through additive manufacturing technology (20 Ore)
- Durability and Ageing of Organic Matrix Composites (OMC) (12 Ore)
- Electric Propulsion (10 Ore)
- Geometrically exact shell elements for multifield problems through sampling surfacesx formulation (15 Ore)
- Metodi per ottimizzazione di traiettorie spaziali (20 Ore)
- Multiscale structural mechanics (15 Ore)
- Polymers and Polymer Matrix Composites in Harsh Environments (10 Ore)
- Progettazione di strutture meccaniche in materiale composito (30 Ore)
- The Boundary Element Method for Anisotropic Bodies and Multilayered Comp. Structure (15 Ore)

C.3 periodi di formazione esterni al Politecnico (tipo di formazione, luogo e durata)

Training on the job alla Leonardo divisione velivoli (Ex-Alenia Aermacchi) di 1550 h.

D. PUBBLICAZIONI FATTE E IN CORSO (indicare il numero e il tipo: riviste nazionali ed internazionali, congressi, capitoli libri ecc.)

Riviste Nazionali:

- 2017
E. Zappino, A. Viglietti, E. Carrera, *"Damage analysis of tapered aeronautical structures by using High-Fidelity one-dimensional models "*.
In corso – To be submitted
- 2017
E. Zappino, A. Viglietti, E. Carrera, *"Elastic Tailoring analysis of tapered swept composite wing boxes by using High-Fidelity one-dimensional models"*.
Submitted to Journal of Aircraft
- 2017
E. Zappino, A. Viglietti, E. Carrera, *"Analysis of tapered composite structures using a refined beam theory"*.
COMPOSITE STRUCTURES, In press
- 2017
E. Zappino, A. Viglietti, E. Carrera, *"The analysis of tapered structures using a component-wise approach based on refined one-dimensional models"*.
AEROSPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY, pag.141-156, ISSN 1270-9638

Conferenze:

- August 2017, Contributo in Atti di convegno
Zappino E., Viglietti A., Carrera E., *High-Fidelity Modelling and Dynamic Analysis of Damaged Tapered Composite Structures*, ICCM21 International Conference on Composite Materials, Speaker.
Xi-an, China
- June 2017, Contributo in Atti di convegno
Viglietti A., Zappino E., Carrera E., *Free-Vibration Analysis of Tapered Wing Structures Using Refined One-Dimensional Models*, XVII International Forum of Aeroelasticity and Structural Dynamics.
Como, Italy
- November 2016, Contributo in Atti di convegno
Viglietti A., Zappino E., Carrera E., *High-Fidelity One-Dimensional Models for Tapered Structures Analyses*, Proceedings of the ASME 2016 International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE2016), Speaker.
Phoenix, USA
- September 2016, Abstract in Atti di convegno
Zappino E., Viglietti A., Carrera E., *Tapered composite beams analysis using refined 1-D models*, ICCS19 19th International Conference on Composite Structures, Speaker.
Porto, Portugal
- November 2015, Abstract in Atti di convegno

Zappino E., Viglietti A., Carrera E., *Analysis of Tapered Structures by means of Refined 1D Models*, AIDAA2015 XXIII Conference of the Italian Association of Aeronautics and Astronautics, Speaker.
Torino, Italy

Data,

(firma del dottorando)