



Contribution ID: 439

Type: **Presentazione orale**

Crashworthiness di compositi ibridi con rinforzi tridimensionali: effetto delle architetture through-thickness su delaminazione e assorbimento energetico

Friday 4 September 2026 12:00 (15 minutes)

La crescente diffusione dei materiali compositi nei settori automotive, ferroviario e aerospace ha reso sempre più rilevante la caratterizzazione della crashworthiness di strutture leggere soggette a carichi impulsivi. In particolare, nei compositi laminati, l'assorbimento energetico durante impatti sul bordo è fortemente influenzato dai fenomeni di delaminazione interlaminare, propagazione instabile delle cricche e frammentazione del materiale, che determinano modalità di collasso. In questo contesto, i rinforzi tridimensionali (3D), ottenuti mediante fibre passanti nello spessore, rappresentano una soluzione promettente per incrementare la stabilità del collasso e migliorare l'efficienza di dissipazione energetica. Lo studio analizza sperimentalmente la risposta al crash di compositi ibridi rinforzati con differenti architetture 3D innovative, con particolare attenzione all'influenza della geometria del rinforzo e del materiale utilizzato per le fibre through-thickness.

La campagna sperimentale è stata condotta mediante prove di impatto dinamico su provini piani progettati per attivare meccanismi di splaying, delaminazione e frammentazione progressiva del materiale. Sono state investigate differenti configurazioni di rinforzo tridimensionale, variando frequenza, simmetria e tipologia delle fibre passanti nello spessore. La risposta dei materiali è stata valutata attraverso curve parametri di crashworthiness quali Specific Energy Absorption (SEA), Crush Force Efficiency (CFE) e Stroke Crushing Stress (SCS), oltre ad analisi ottiche ad alta velocità dei meccanismi di danneggiamento.

I risultati mostrano che i rinforzi 3D consentono di modificare le modalità di collasso rispetto ai laminati bidimensionali convenzionali, favorendo una frammentazione più progressiva del materiale e riducendo le oscillazioni di carico durante l'impatto. Le configurazioni con maggiore frequenza di fibre through-thickness hanno evidenziato gli incrementi più elevati in termini di assorbimento energetico, con aumenti della SEA fino a circa il 60–70% rispetto alle configurazioni non rinforzate. Inoltre, l'introduzione del rinforzo tridimensionale porta a una maggiore stabilità della risposta crash, con incrementi del CFE e una significativa riduzione dei fenomeni di collasso localizzato e propagazione incontrollata delle cricche. Le osservazioni mediante camere ad alta velocità mostrano che i rinforzi 3D ostacolano l'apertura delle delaminazioni e favoriscono meccanismi di crushing progressivo, incrementando l'energia dissipata durante la frammentazione.

I risultati ottenuti confermano il potenziale dei compositi rinforzati 3D per applicazioni strutturali leggere soggette a impatti dinamici, evidenziando come l'ottimizzazione dell'architettura through-thickness possa rappresentare una strategia efficace per migliorare simultaneamente crashworthiness, stabilità del collasso e sostenibilità dei materiali compositi avanzati.

Primary authors: Dr CIAMPAGLIA, Alberto (Politecnico di Torino); PAOLINO, Davide S. (Politecnico di Torino - DIMEAS); CIARDIELLO, Raffaele (Politecnico di Torino)

Presenter: Dr CIAMPAGLIA, Alberto (Politecnico di Torino)

Session Classification: Compositi

Track Classification: Materiali Compositi