



Monitoraggio strutturale di giunzioni adesive sotto fatica basato sul backface strain

Thursday 3 September 2026 09:30 (15 minutes)

Obiettivo

Un aspetto importante relativo all'impiego strutturale di giunzioni adesive è la valutazione della loro integrità sotto carico, in particolare nel caso di fatica. Nel migliore scenario, ciò richiede l'uso di sensori facilmente integrabili nella giunzione e utilizzabili anche in servizio.

Misurare la deformazione, o un parametro equivalente, direttamente all'interno dello strato adesivo è complicato se non impossibile. Una valida alternativa è costituita dal misurare il cosiddetto "backface strain", cioè la deformazione sulla superficie esterna di un aderendo (eventualmente di entrambi) opposta a quella di incolaggio. Da questa distribuzione di deformazione superficiale si possono ricavare informazioni sullo stato di sollecitazione nel giunto e, nella fattispecie, scoprire l'insorgenza di un danno. A questo fine la letteratura tecnica riporta che sono state utilizzate diverse tecniche, precisamente estensimetria, Digital Image Correlation (DIC) e Fibre Optical Sensor (FOS).

Metodi

Fulcro del lavoro è lo "zero strain point" (ZSP), cioè la posizione in cui il backface strain si annulla a causa della sovrapposizione del contributo positivo di dilatazione dovuto alla trazione e di quello negativo dovuto alla flessione. Si è riscontrato che fino a prima dell'insorgere del danno tale posizione rimane inalterata anche per livelli di carico diversi; viceversa, la comparsa di deformazione non nulla in tale posizione indica la nascita di un danno nel giunto.

I provini sono stati realizzati come giunti fra lastre in composito (XPREG XC130) con spessore 1.76 mm, trattate con carte abrasive da 400 e 1000 grit e unite con uno strato di adesivo epossidico (Sikapower 1277) di spessore 0.3 mm, formando una lunghezza di sovrapposizione 20 mm. Essi sono stati sottoposti a fatica, a quattro livelli di carico compresi tra 65% e 20% del limite statico (UTS) –determinato con una serie di prove preliminari, qui non citate per brevità –e rapporto $R=0.1$, utilizzando una macchina servoidraulica (Instron 8801). Con due prove per livello l'insieme dei risultati, che ha portato a sette rotture e un runout, non costituisce una caratterizzazione completa ma permette una validazione del metodo. Le modalità di cedimento osservate sono state miste coesive-adesive.

Nell'attività, a seguito di una precedente validazione in campo statico effettuata mediante confronto con la tecnica DIC, per il rilievo del backface strain si è utilizzata la tecnica FOS (strumentazione: LUNA Odisi6000 system, fibra Thorlab pitch 0.65 mm).

Il backface strain è stato rilevato in 30 punti lungo una faccia posteriore del giunto, con un rateo di campionamento 31.15 Sample/s, su provini caricati a fatica al 65%, 50% e 35% del limite statico in sequenze successive a 5 Hz e a 0.5 Hz, queste ultime per facilitare l'acquisizione dei dati.

Risultati

La distribuzione iniziale del backface strain ha mostrato sulla superficie esaminata la presenza, a causa della simmetria, di due ZSP, ciascuno vicino a un'estremità del giunto. Successivamente, al crescere del numero di cicli, si è notata nello ZSP vicino all'estremo caricato dell'aderendo la comparsa di una deformazione non nulla progressivamente crescente; viceversa, nello ZSP vicino all'estremo non caricato la deformazione ha mantenuto valori ridotti.

L'inizio del danno, evidenziato dalla comparsa di deformazione non nulla nello ZSP, e la durata complessiva sono stati rispettivamente di circa

- 100 e 14000 cicli a 65% UTS;

- 3500 e 51000 cicli a 50% UTS;

- 8500 e 144000 cicli a 35% UTS;

mentre si è ottenuto il runout a 20% UTS.

Si nota quindi come sotto sollecitazione a fatica maggiore la deformazione nello ZSP diventa non nulla più precocemente.

Conclusioni

L'uso dello ZSP si dimostra promettente come metodo per la scoperta della nascita di difetti in condizioni di

fatica e quindi come strumento di monitoraggio. Il confronto con la tecnica DIC ha confermato la validità della FOS, con il vantaggio che quest'ultima è meno influenzata dalla condizione della superficie esposta (a causa della "texture" del composito e della risoluzione dello strumento, la misura ottenuta con la DIC è affetta da ondulazioni). Inoltre, la tecnica FOS non richiede ovviamente che la superficie in esame sia visibile alle telecamere e la fibra può essere facilmente applicata sull'esterno del giunto senza interagire direttamente con l'adesivo, fattori a vantaggio dell'uso pratico. A differenza di altri approcci, basati sul raggiungimento di certi livelli di deformazione sulla superficie per stabilire l'insorgere del danno, il passaggio da valore nullo a non nullo rappresenta un criterio di più facile applicazione.

La maggiore limitazione all'uso è rappresentata dai casi in cui, per effetto di rigidità elevata degli aderendi e/o di corta sovrapposizione, la quota parte flessionale della deformazione è piccola e quindi la situazione di ZSP non si produce. Ma ciò non corrisponde alle proporzioni geometriche tipiche dei giunti adesivi.

Primary author: Prof. GOGLIO, Luca (Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale)

Co-authors: ABBASI, Mohammad (Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale); CIARDIELLO, Raffaele (Politecnico di Torino)

Presenter: Prof. GOGLIO, Luca (Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale)

Session Classification: Fatica e Frattura

Track Classification: Fatica e Frattura