



Strada della Cebrosa 86, 10156 Torino (TO) - Italia

Telefono: +39 011 2730000

Web www.amse.it E-mail info@amse.it

Prova di taglio su materiali compositi secondo ASTM D5379

La plastica rinforzata con fibra di carbonio (CFRP) non si ossida, non arrugginisce e presenta una maggiore rigidità e resistenza specifica rispetto ai materiali plastici non compositi.

Le applicazioni del CFRP a cui è dedicata particolare attenzione, sono quelle relative alle applicazioni industriali di prodotti che richiedono elevata resistenza e lunga durata. Rispetto a materiali omogenei esistenti, i materiali compositi come il CFRP sono anisotropi e mostrano complessi comportamenti a rottura quando sottoposti a tensione, compressione, piegatura, taglio in piano, taglio fuori piano o una combinazione di queste sollecitazioni derivanti da un carico applicato nella direzione dell'asse principale.

Negli ultimi anni l'uso diffuso di CAD ha facilitato l'espansione di analisi nel settore industriale consentendo di ridurre il numero di prototipi e quindi il costo di sviluppo di nuovi prodotti. L'elevata domanda per lo svolgimento di metodi di prova in grado di valutare le proprietà meccaniche dei materiali nasce quindi dalla continua esigenza di affinare e migliorare le formulazioni degli stessi in fase di progettazione.

Questo articolo descrive la prova secondo il metodo, anche conosciuto come metodo di Iosipescu, conforme alla ASTM D5379 che è ampiamente utilizzato per test di taglio in piano su campioni di materiale composito. Il test consiste nell'applicare un carico come pura sollecitazione di taglio in piano sull'area di valutazione (vedi Fig. 1) utilizzando un provino con intagli a V sostenuto in quattro punti asimmetrici. Il settaggio dell'attrezzatura e del provino per questo metodo di prova è relativamente facile. Il metodo può essere utilizzato con una varietà materiali laminati di CFRP compresi i materiali unidirezionali, materiali laminati ortogonalmente e materiali in fibra discontinui.

Sistema di misura

La configurazione dell'apparecchiatura è riportata nella Tabella 1.

Fig.1 riporta le informazioni del provino prescritto dalla ASTM D5379.

Il campione è un materiale laminato ortogonalmente in Toray T800S prepreg che è stato modellato in autoclave. Un estensimetro strain gauge a due assi viene applicato nel punto medio tra le tacche a V superiori e inferiori (area di valutazione) ed orientato a misurare la deformazione in direzione -45° e $+45^\circ$.

La deformazione di taglio può essere calcolata inserendo i valori di deformazione ottenuti da questi due estensimetri in equazione (1). La deformazione di taglio è una proprietà necessaria per valutare il modulo di taglio. In questa prova, gli estensimetri sono stati attaccati sia sulla parte anteriore che posteriore del provino.

Il calcolo della media delle uscite ottenute dagli estensimetri su entrambi i lati consente una misurazione più accurata della deformazione di taglio del provino e conferma se la deformazione di taglio viene applicata simmetricamente su entrambi i lati del provino

$$\gamma = |\epsilon_{+45}| + |\epsilon_{-45}|. \quad \text{Equation (1)}$$

γ : Shear strain

ϵ_{+45} : Strain at $+45^\circ$

ϵ_{-45} : Strain at -45°

Table 1 Test Conditions

Testing Machine	: AG-50kNX plus
Load Cell	: 50 kN
Test Jig	: ASTM D 5379 jig
Software	: TRAPEZIUM X (Single)
Test Speed	: 2 mm/min

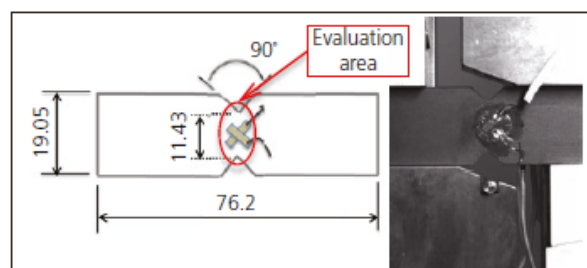


Fig. 1 Shape of Specimen



Fig. 2 Testing Apparatus



Fig. 3 Imaging Apparatus

Gli apparecchi di prova e di imaging sono mostrati in Fig. 2 e 3. Le immagini catturate con un TRViewX (Shimadzu Digital Video Extensometer) sono state raccolte simultaneamente ai valori ottenuti dalle uscite degli estensimetri e dalla sollecitazione del campione ottenuta dall'apparato di prova. Ciò ha reso facile il confronto e la valutazione delle immagini del processo di rottura del CFRP rispetto ai valori delle proprietà di ogni campione, cosa che era difficile da eseguire solo con i sistemi di prova precedenti. La distribuzione della deformazione può anche essere valutata utilizzando l'analisi della correlazione digitale delle immagini (DIC, ARAMIS, GOMmbH) catturate da TRViewX. Per eseguire l'analisi DIC, la vernice deve essere spruzzata sulla superficie del provino per creare un modello casuale sulla superficie anteriore del provino.

Risultati analitici

Ogni valore di proprietà del campione ottenuto da questa prova è mostrato nella Tabella 2.

Fig.4 mostra una fotografia del provino dopo la prova, Fig. 5 mostra la curva sforzo-deformazione a taglio (valori di deformazione ottenuti dagli estensimetri), Fig. 6 mostra la curva sforzo di taglio - deformazione di taglio (calcolata dall'equazione (1)) ed in Fig. 7 è mostrata la curva sforzo di taglio - deformazione di taglio.

La Tabella 2 mostra che i risultati ottenuti per ciascuna proprietà di taglio sono altamente riproducibili. La Fig. 5 e la Fig. 6 mostrano che sono stati ottenuti gli stessi valori di deformazione sia dallo strain gauge applicato sulla parte anteriore che da quello sulla parte posteriore del campione.

Questo significa che è stata registrata una deformazione di taglio altamente simmetrica con riferimento al provino.

Table 2 Test Results

Specimen	Shear Modulus [GPa]	Shear Strength [MPa]
Test 1	4.62	136.0
Test 2	4.63	133.0
Test 3	4.50	131.0
Mean	4.58	133.0

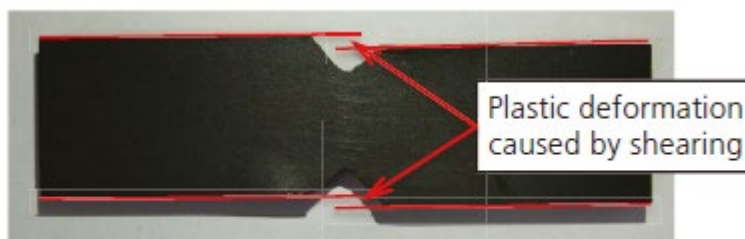


Fig. 4 Specimen After Testing

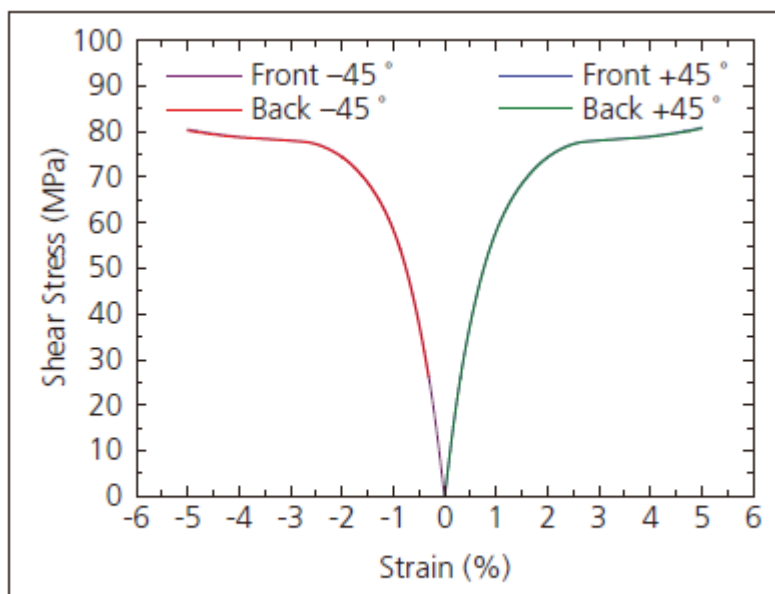


Fig. 5 Shear Stress-Normal Strain Curve

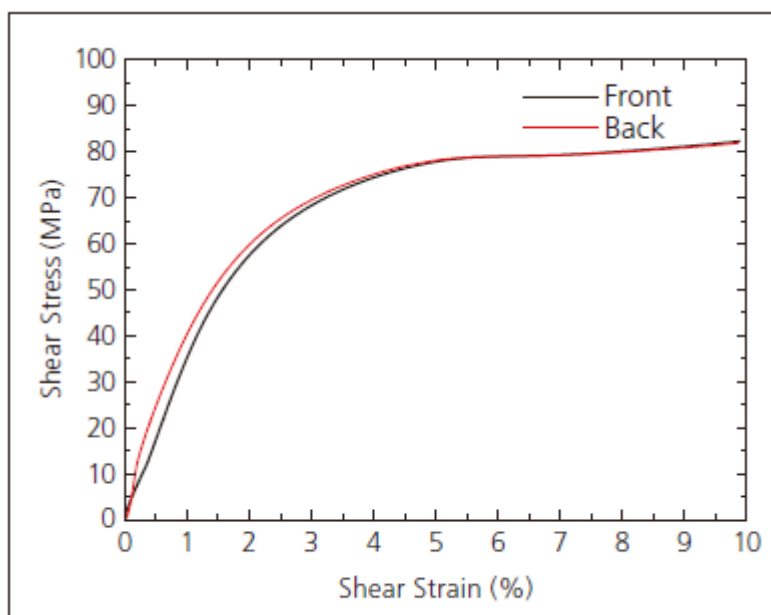


Fig. 6 Shear Stress-Shear Strain Curve

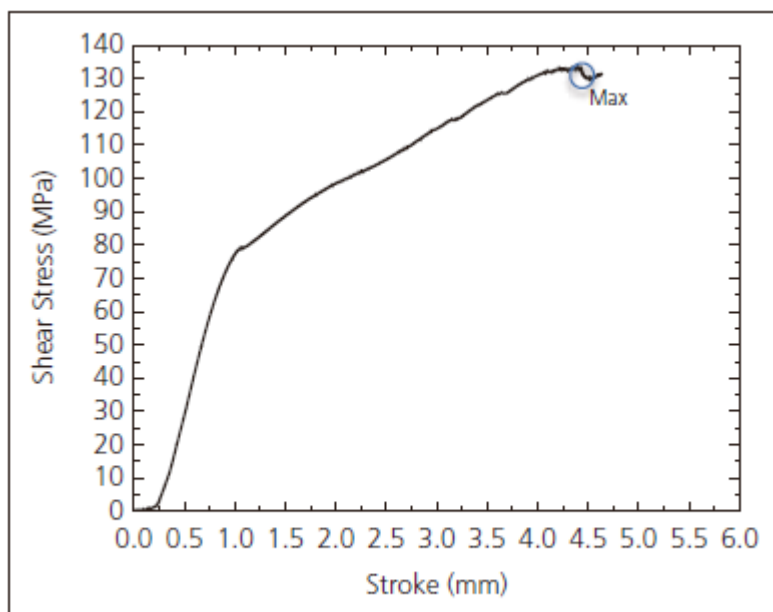


Fig. 7 Shear Stress-Stroke Curve

La rottura del campione è mostrata in Fig. 8. Immagini della distribuzione della deformazione di taglio ottenuta dall'analisi DIC sono mostrate in Fig. 9. La deformazione rilevata sul provino è mostrato in termini di colore, con colori più freddi (nero e blu) per bassa deformazione e con colori più caldi (arancione e rosso) per deformazione più alta.

Le immagini mostrano che, man mano che il test procede, la deformazione si accumula ed è localizzata tra gli intagli a V.

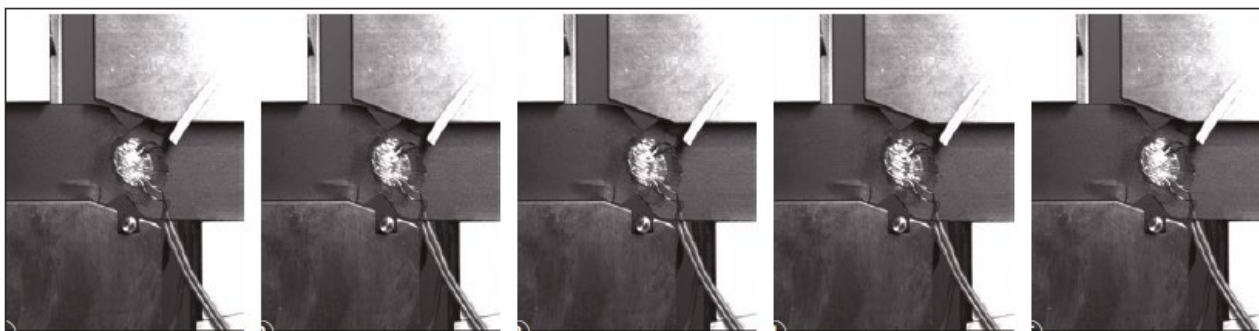


Fig. 8 Specimen e Failure Process (images show the point at which the specimen fails)

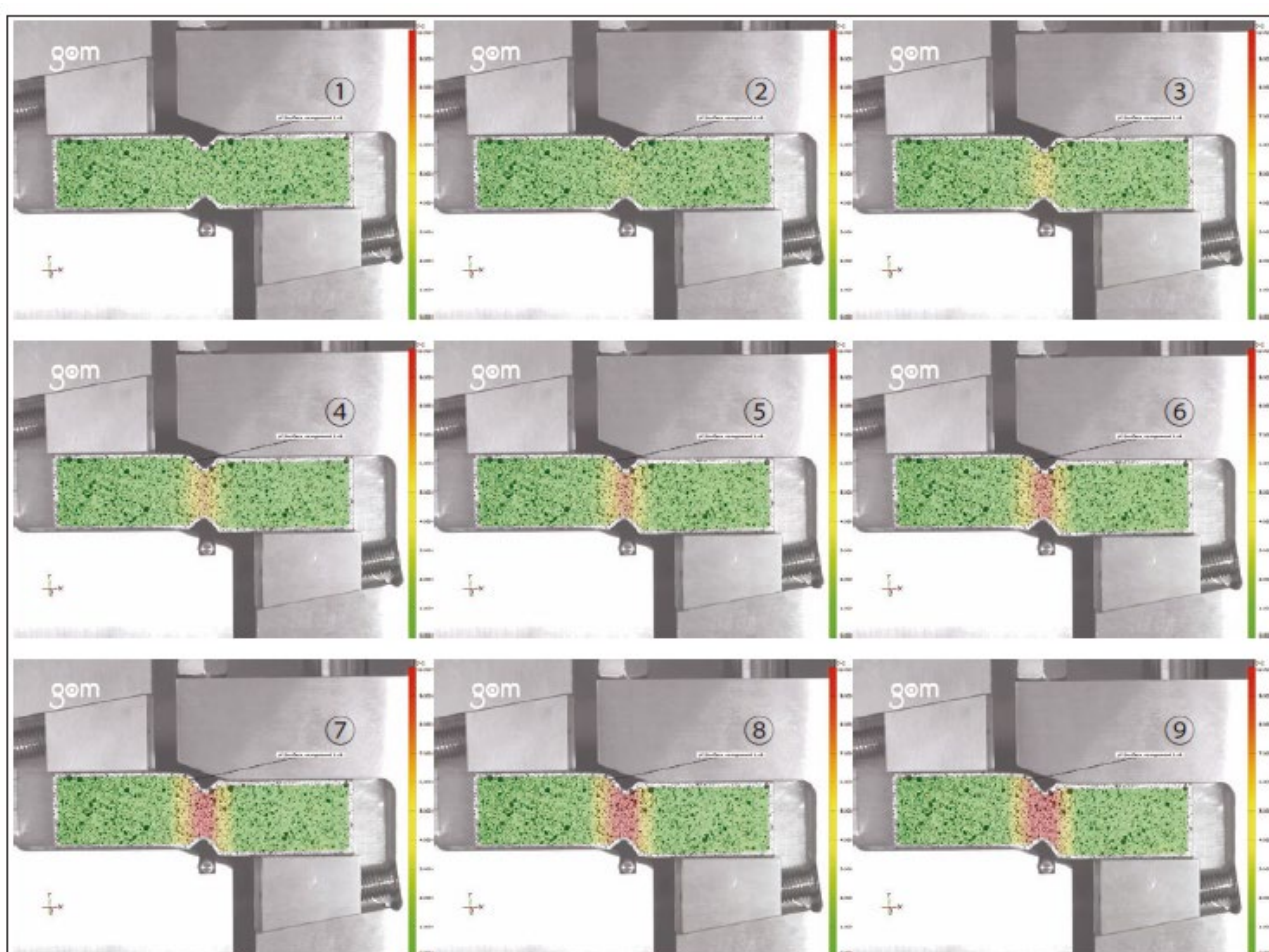


Fig. 9 Shear Strain Distribution (DIC analysis images)

Conclusioni

Il sistema di test è stato utilizzato per implementare con successo il Metodo di prova secondo ASTM D5379.

Oltre a valutare le proprietà di base quali modulo di taglio e resistenza al taglio, integrando un estensimetro video digitale TRViewX nel sistema di test è stato possibile catturare i riferimenti dati che possono essere utilizzati per chiarire il meccanismo di rottura del CFRP e consentire di eseguire l'analisi della deformazione in termini di modalità di guasto del provino e di analisi DIC.