

INDAGINE TEORICA E SPERIMENTALE SU GIUNZIONI ADESIVE VETRO-VETRO

RELATORI: PROF. ING. MAURIZIO FROLI; DOTT. ING. LEONARDO LANI.

CANDIDATO: MATTEO LAZZAROTTI; LAZZAROTTI_MATTEO@HOTMAIL.IT

SOMMARIO

L'impiego crescente di vetro laminato (LSG: Laminated Safety Glass) nel campo delle strutture architettoniche ha posto in rilievo l'esigenza di stabilire per via sperimentale in modo affidabile e ripetibile le effettive proprietà adesive ed i legami costitutivi che gli intercalari plastici, quali PVB o SGP, sviluppano in opera nelle unioni vetro-vetro e vetro-metallo.

Per la determinazione di tali proprietà si propone, nella seguente indagine, un semplice modello analitico che interpreta la prova di compressione e taglio (CST), grazie al quale è possibile descrivere teoricamente, introducendo qualche ipotesi semplificativa, lo stato di tensione puntuale presente nell'adesivo e quindi, mediante un processo di confronto iterativo con i risultati sperimentali macroscopici, dedurre le caratteristiche di resistenza e rigidità locali del materiale plastico nelle condizioni in situ.

Le misure sperimentali, alla base del procedimento, sono state effettuate su quattro serie di provini, ognuna delle quali composta da trenta esemplari, identificate tramite le sigle NR-NS-OR-OS.

Le lettere N-O individuano il grado di umidità presente nel PVB al momento della laminazione (N-new; O-60%); le lettere R-S rappresentano invece, il tipo di autoclave in cui è stata effettuata la laminazione (R-Rober; S-Silen).

Il generico provino utilizzato è composto da due lamine di vetro aventi dimensioni 50x50x6.62 mm giuntate insieme tramite adesivo PVB; quest'ultimo ha dimensioni equivalenti in pianta alle lamine ma spessore pari ad 0.76mm; tale valore dello spessore garantisce la polimerizzazione ottimale.

Durante la prova sono stati misurati la forza verticale F [kN] applicata ai blocchi della macchina e lo scorrimento relativo totale δ [mm] tra i due strati di vetro del campione stratificato. Quest'ultimo è stato acquisito tramite due trasduttori induttivi, posti sulle due facce laterali del blocco di vincolo (Fig. 1) in maniera da poter effettuare una media delle due misure e rilevare eventuali spostamenti trasversali dovuti alla

non perfetta planarità delle facce degli aderenti a contatto con i blocchi di prova.



Fig.1: Macchina di prova

I valori F - δ sono stati riportati in grafici (Fig 2) che hanno mostrato un comportamento macroscopico del PVB descrivibile tramite due fasi una iniziale limitata a bassi valori di F , denominata dei *Piccoli Spostamenti*, quasi lineare e una seconda, denominata dei *Grandi Spostamenti*, che si mantiene fino a rottura e descrivibile in prima approssimazione tramite un secondo ramo lineare

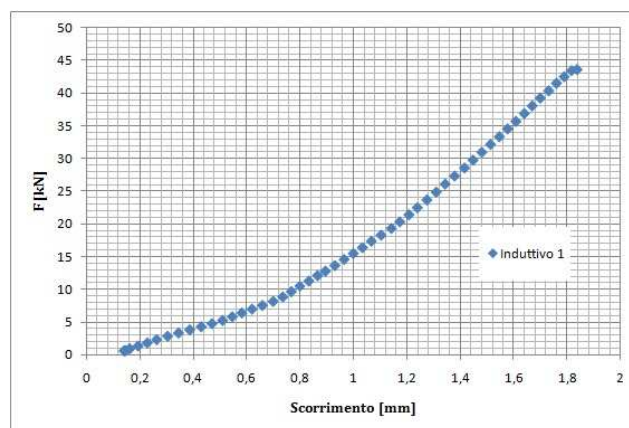


Fig.2: Grafico F - δ

L'insieme delle due fasi può essere descritto nel piano F - δ da una bilatera che, se adottata quale legame costitutivo locale, permette di calcolare in forma chiusa la distribuzione delle tensioni tangenziali sull'adesivo. Nota la distribuzione delle tensioni tangenziali, il valore medio teorico (τ_{ycm}), può essere confrontato con quello sperimentale e fornire una indicazione sulla affidabilità del procedimento.

Dalla conoscenza dello scorrimento angolare, pari allo scorrimento medio rilevato dagli induttivi diviso per lo spessore del PVB, e della τ_{ycm} corrispondente si può

ricavare per punti la curva τ - γ dalla quale possiamo trovare un nuovo valore del Modulo di Elasticità Tangenziale che ci permette, tramite la sopra citata legge, di ricalcolare una nuova tensione tangenziale media.

Il calcolo delle tensioni tangenziali si effettua, imponendo le condizioni di equilibrio e congruenza ad un generico cinematico virtuale del provino, schematizzato tramite un modello che considera i due aderendi come due aste prismatiche di sezione b , t_i , e l'adesivo come una distribuzione uniforme di molle elastiche agenti in direzione x e dotate di rigidezza k , dedotto come conseguenza di quanto recedentemente esposto (Fig.3).

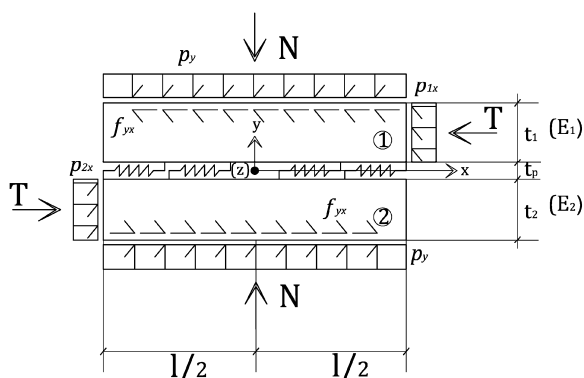


Fig.3: Modello

Da tale analisi, si ottiene un'equazione ordinaria di secondo grado, che integrata permette di ricavare la legge di variazione delle tensioni tangenziali gravanti sull'intercalare plastico. In Fig. 4 viene riportata una rappresentazione grafica di tale legge.

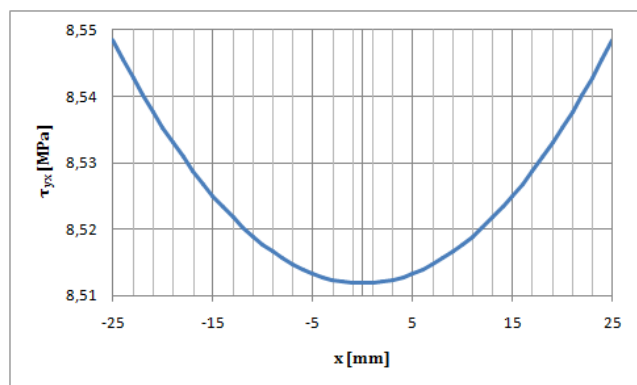


Fig.4: Legge di variazione tensioni tangenziali

Da tale figura si possono trarre le seguenti deduzioni:

- le tensioni tangenziali massime sono localizzate all' estremità del provino. Tale concentrazione è dovuta dalle differenti proprietà elastiche tra aderendi e adesivo, tipica delle giunzioni tra due elementi molto differenti in termini elastici.

- l'andamento delle $\tau_{yx}(x)$ è simmetrico rispetto al sistema di riferimento adottato, tale condizione di simmetria produce una semplificazione nel procedimento utilizzato per la determinazione dello stato tensionale agente sull'adesivo, nella fase di transizione in cui il PVB cambia rigidezza.

In questa fase di transizione, è possibile determinare lo stato si sforzo tramite un semplice procedimento iterativo sviluppato durante la ricerca, di cui in Fig.5 si riporta il grafico di un generica elaborazione.

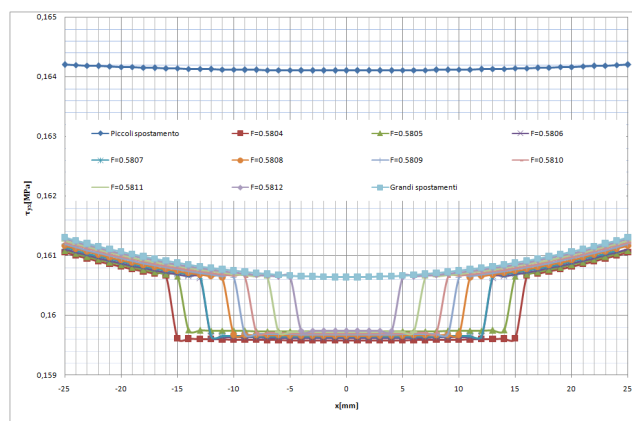


Fig.5: Risultato elaborazione numerica

CONCLUSIONI: L'indagine svolta ha permesso di riscontrare una non idoneità della prova CST, nel descrivere il comportamento del PVB nella fase dei piccoli spostamenti in quanto tale fase è confinata entro piccoli valori di F.

Le condizioni di laminazione non influenzano in maniera rilevante il modulo di elasticità tangenziale del PVB nella fase dei grandi spostamenti. Per contro, tali condizioni influenzano notevolmente il valore di resistenza ultima, che presenta valori molto differenti tra le varie serie.