

RESISTENZA A FRATTURA PER FATICA DI COMPOSITI POLIPROPILENE/FIBRA DI VETRO

F. Fedrizzi, F. Martinatti, T. Riccò

Università di Trento, Dipartimento di Ingegneria dei Materiali,
Via Mesiano 77, 38050 Trento.

SOMMARIO

Nel presente lavoro è stata condotta un'analisi sperimentale del comportamento a frattura per fatica di compositi a matrice di polipropilene a diverso contenuto di fibre di vetro corte, ottenuti per stampaggio ad iniezione. I risultati di FCP ("fatigue crack propagation") hanno messo in evidenza che la resistenza a fatica di tali materiali aumenta all'aumentare del contenuto di fibre, pur essendo notevolmente influenzata da variazioni anche lievi dell'orientazione delle fibre rispetto alla direzione di propagazione della frattura. Inoltre, per tutti i materiali esaminati, la resistenza a fatica risulta essere significativamente dipendente dalla frequenza della sollecitazione applicata.

INTRODUZIONE

L'utilizzo dei materiali polimerici, o a base polimerica, per la realizzazione di componenti meccanici o strutturali rende necessaria un'analisi completa della risposta di tali materiali ai diversi tipi di sollecitazione. In particolare, lo studio del comportamento dei materiali polimerici sottoposti a sollecitazioni di tipo ciclico assume una particolare rilevanza pratica sia per la natura insidiosa della sollecitazione, sia per le diverse possibili modalità di cedimento, termico o meccanico, a cui tali materiali possono essere soggetti a causa della loro natura viscoelastica (1).

Nel presente lavoro si è condotta un'analisi sperimentale del comportamento a frattura per fatica di una serie di materiali compositi a matrice di polipropilene, a diverso contenuto di fibre di vetro corte, prodotti mediante stampaggio per iniezione. I dati sperimentali sono stati elaborati e discussi sulla base della legge di Paris-Erdogan (2), espressa dalla nota equazione:

$$da/dN=A(\Delta K)^m \quad (1)$$

dove da/dN rappresenta l'accrescimento della lunghezza della cricca per ciclo, ΔK la variazione del fattore di intensificazione degli sforzi applicato, mentre A ed m sono delle costanti che caratterizzano il comportamento del materiale.

SPERIMENTAZIONE

I materiali esaminati, gentilmente forniti dalla società Himont Italia SpA (Ferrara), erano costituiti da una matrice di polipropilene (PP) additivata con fibre di vetro corte secondo le seguenti percentuali in volume: 0, 3.9, 8.3, 13.5.

Per ciascun materiale sono state eseguite prove di FCP ('fatigue crack propagation') su provini SE(T) tagliati da lastre stampate per iniezione secondo le modalità illustrate in Fig. 1. Qui la lettera L indica i provini tagliati in direzione longitudinale rispetto alle linee di flusso del fuso nello stampo, le quali risultano visibili sulla superfici delle lastre, mentre la lettera T indica quelli tagliati in direzione trasversale.

Le prove di FCP, tutte condotte in controllo di carico a temperatura ambiente, sono state eseguite tramite un dinamometro Instron mod.1341, un sistema di videoregistrazione della prova costituito da una telecamera e da un videoregistratore, e da un analizzatore di immagine. Tale sistema consente l'ottenimento delle curve $a(N)$ dalle quali è possibile ricavare i valori di da/dN e di ΔK al variare del numero di cicli.

La sperimentazione è stata condotta al variare di parametri relativi sia al materiale che alle condizioni di prova. In particolare, per quanto riguarda il materiale, si è variato sia la direzione di propagazione della frattura rispetto all'orientazione preferenziale delle fibre nel composito (provini L e provini T), sia la percentuale di fibre nel materiale. In relazione alle condizioni di prova si è variato la frequenza e il coefficiente di asimmetria R ($R=K_{min}/K_{max}$).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Per i materiali esaminati i diagrammi $a(N)$ e $da/dN=f(\Delta K)$ sono tipicamente simili a quelli mostrati in Fig. 2. Si può notare, dopo l'innescò della frattura, una fase di decelerazione della cricca seguita dalla fase di accelerazione e dal punto di instabilità, in accordo con risultati già ottenuti su sistemi analoghi (3).

Ci limiteremo qui a considerare soltanto i dati relativi alla fase di accelerazione della cricca.

In Fig. 3 sono riportati, per i sistemi studiati, i risultati di FCP in relazione ad un carico sinusoidale di frequenza 1Hz, avente valore medio $F_m=1.2kN$ e coefficiente di asimmetria $R=0.4$. È possibile individuare due classi di curve, una relativa ai provini L e l'altra ai provini T, le quali mettono in evidenza un comportamento a fatica fortemente anisotropo. L'analisi frattografica via SEM ha permesso di rilevare una certa direzionalità, anche se non marcata, della disposizione delle fibre all'interno dei compositi esaminati. In particolare, si è riscontrata nei provini L una lieve orientazione delle fibre in direzione longitudinale rispetto alla propagazione della cricca, mentre nei provini T esse risultano più orientate in direzione trasversale a quella di propagazione della frattura. Ciò è compatibile con la considerazione che le fibre dovrebbero orientarsi preferenzialmente nella direzione delle linee di flusso del fuso durante il processo di stampaggio. Tale situazione fa sì che circa nello stesso intervallo di ΔK i risultati di da/dN per i provini T siano complessivamente più bassi rispetto a quelli per i provini L, evidenziando come un'orientazione anche molto lieve delle fibre in direzione trasversale rispetto a quella di propagazione della frattura conferisca al composito una maggiore resistenza a fatica.

All'interno di ciascuna di queste due classi di risultati si può osservare comunque un aumento della resistenza a fatica del materiale al crescere del contenuto di fibre di vetro. Con riferimento all'eq. 1, tale incremento deve essere attribuito più ad una diminuzione del parametro A, piuttosto che dell'esponente m.

Per il composito contenente il 13.5% di fibre di vetro, sono riportati rispettivamente in Fig. 4a e 4b i dati di FCP al variare di R e della frequenza. Sembra particolarmente importante sottolineare la notevole diminuzione della resistenza a fatica del composito dalla frequenza della sollecitazione imposta. Tale effetto, peraltro mostrato da tutti i materiali esaminati, deve essere attribuito alla natura viscoelastica di tali materiali e merita di essere ulteriormente approfondito. A questo proposito la ricerca è tuttora in fase di svolgimento.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato parzialmente finanziato dal "Progetto Finalizzato Chimica Fine II", CNR (Roma). Gli autori desiderano anche ringraziare la società Himont Italia SpA (Ferrara) per aver fornito i materiali.

BIBLIOGRAFIA

1. R.W. Hertzberg and J.A. Manson, Fatigue of 'Engineering Plastics', Academic Press Ltd., New York, 1980.
2. P.C. Paris and F. Erdogan, J. Bas. Eng. Trans. ASME Ser., 85, (1963) 528.
3. J. Karger-Kocsis, J. Polym. Eng. 10 (1991) 98.

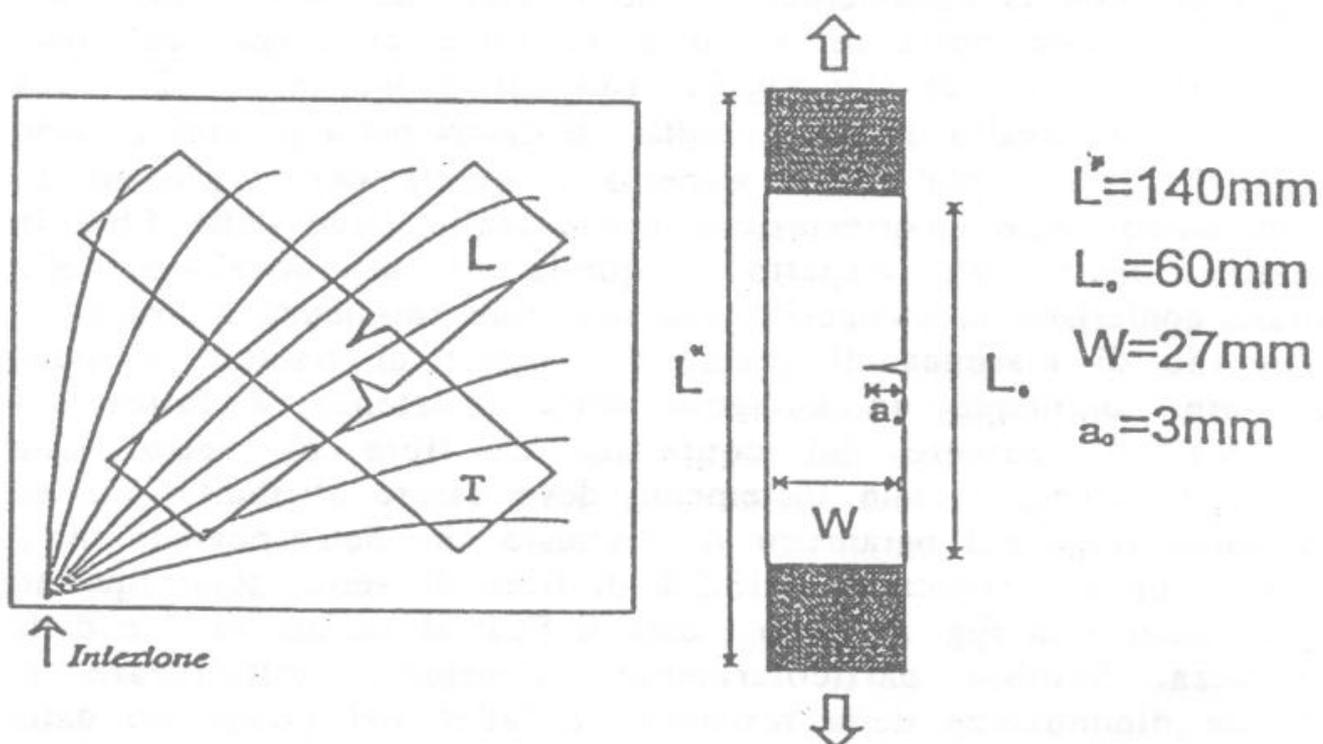


Fig.1. *Tipi di provini adottati*

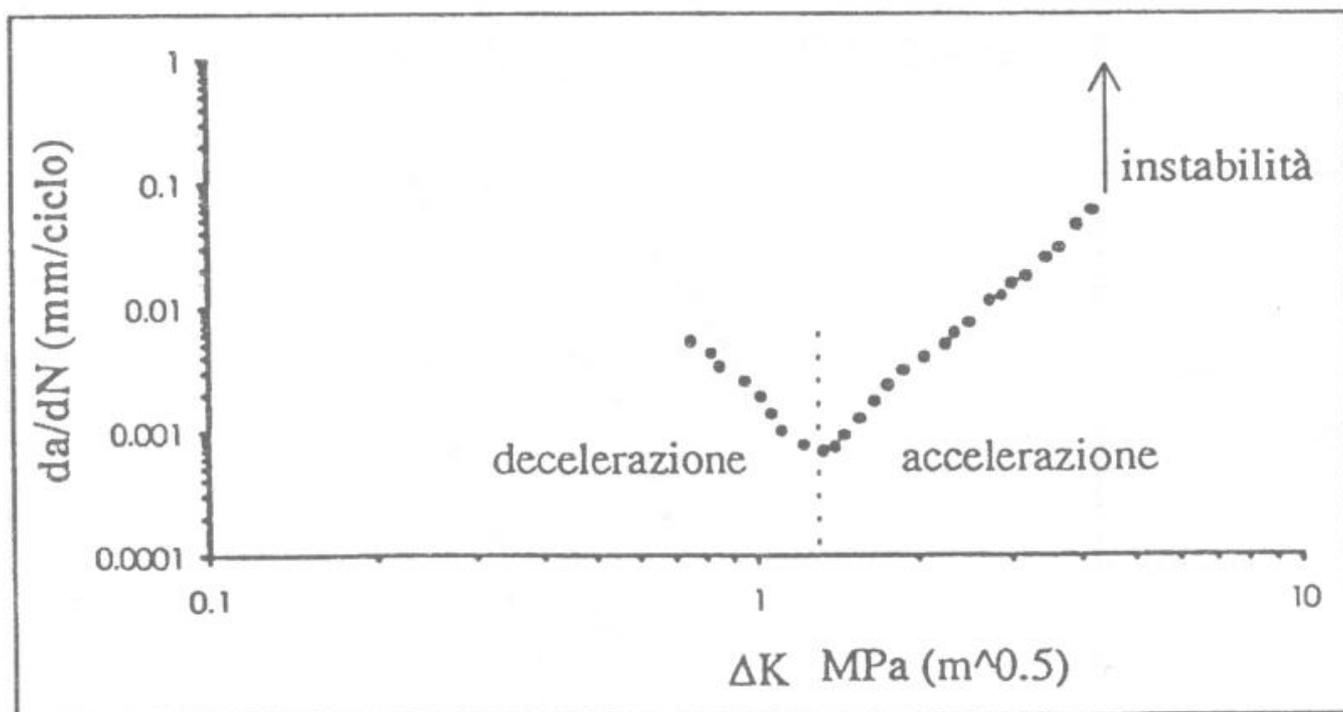
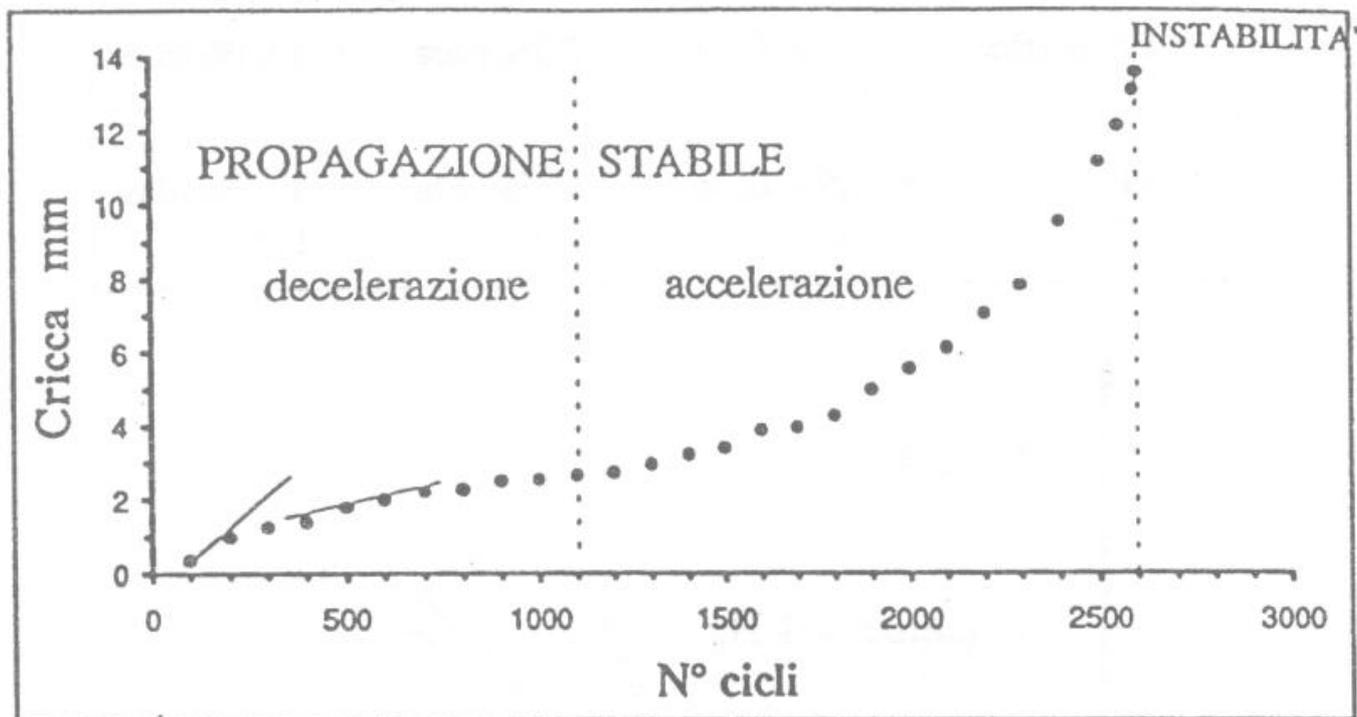


Fig. 2. Tipici dati $a(N)$ e $da/dN=f(\Delta K)$ per i materiali studiati.

□ PP matrice (L)	○ 3,9% fibra (L)	◇ 8,3% fibra (L)	△ 13,5% fibra (L)
■ PP matrice (T)	• 3,9% fibra (T)	◆ 8,3% fibra (T)	▲ 13,5% fibra (T)

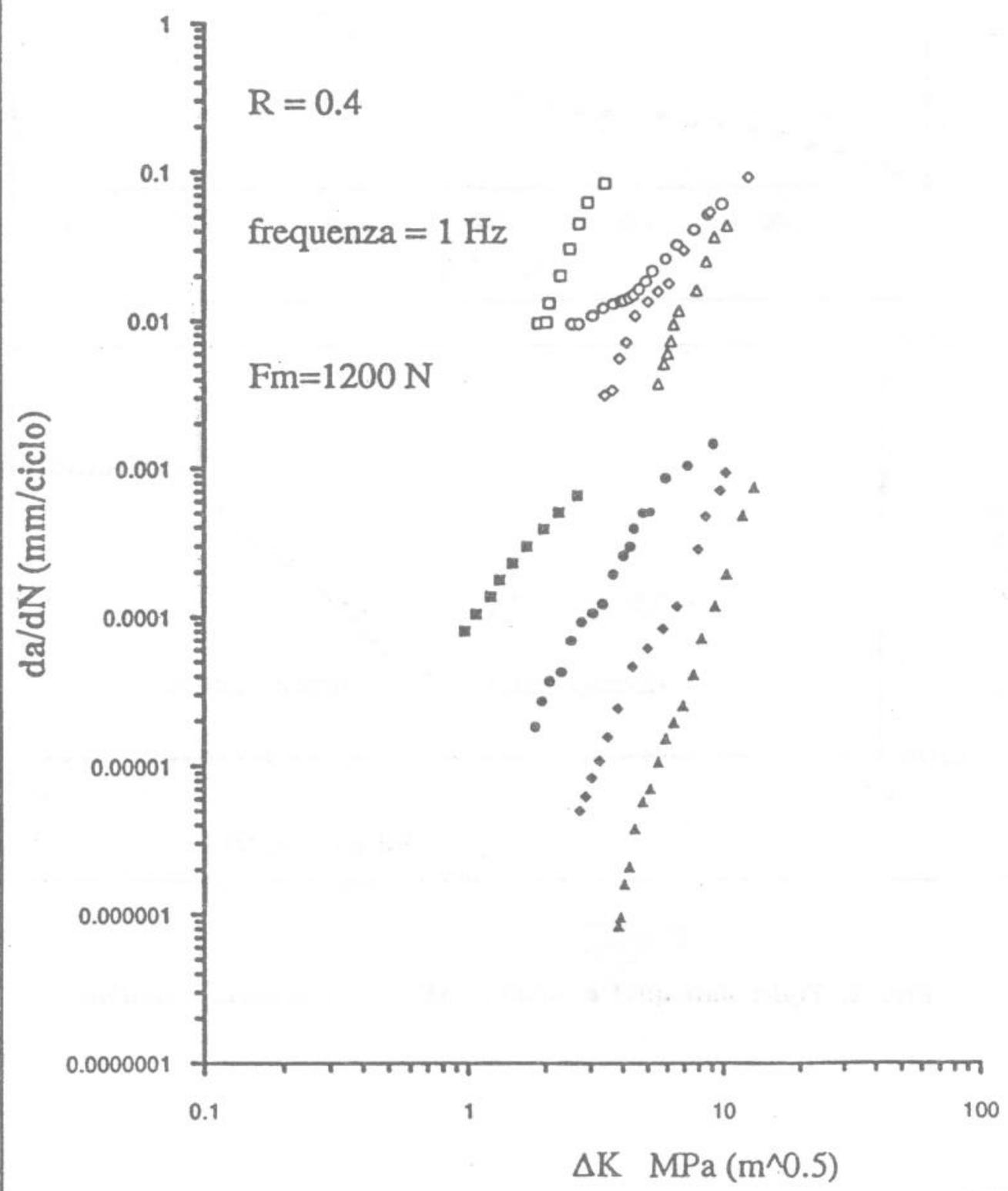


Fig. 3. Risultati di FCP per i materiali esaminati.

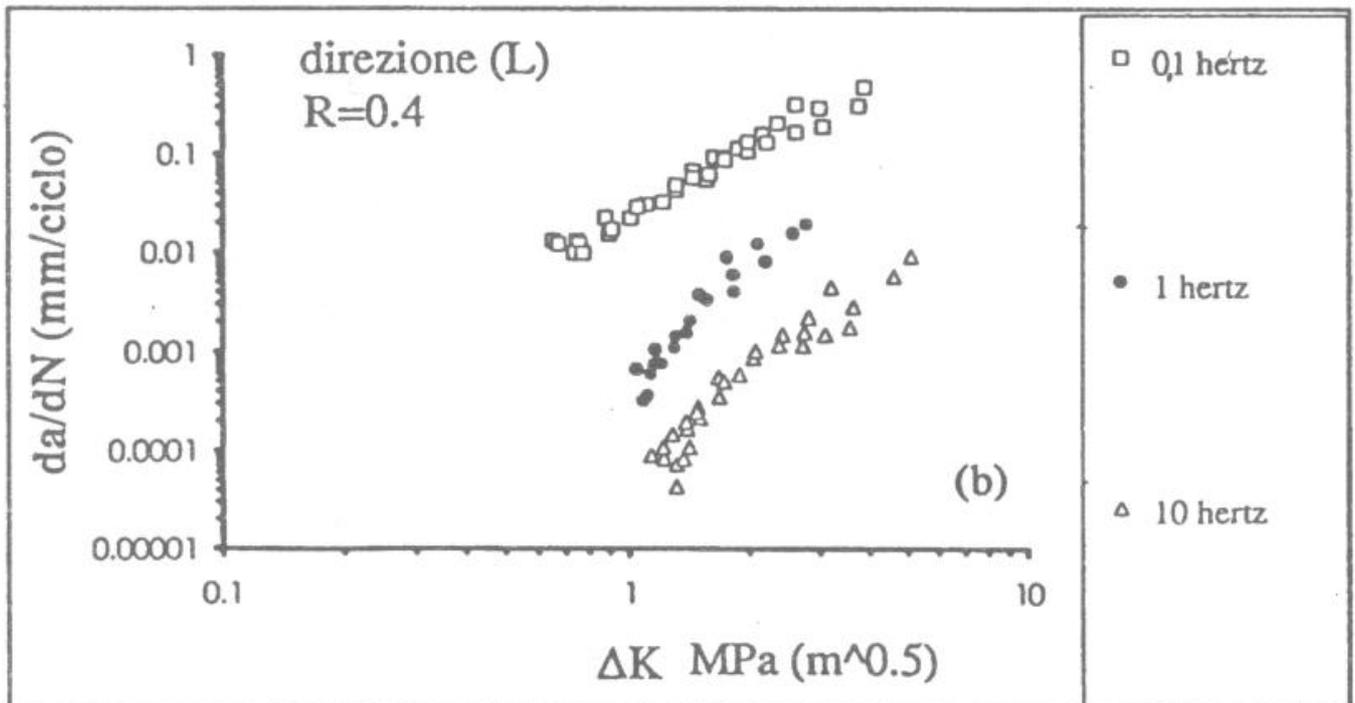
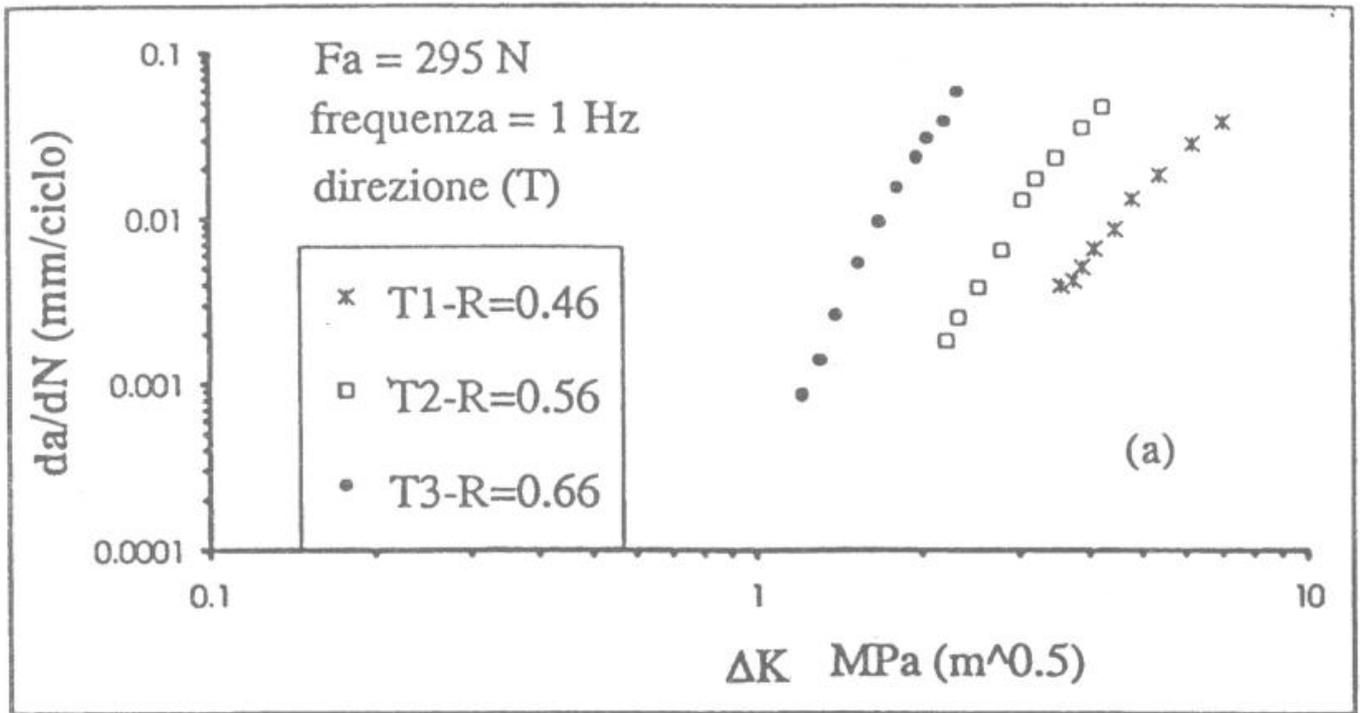


Fig.4. Risultati di FCP per il composito con un contenuto di fibre di vetro pari al 13.5% : a) per diversi valori del coefficiente di asimmetria e, b) per diversi valori della frequenza.