

Esercitazione 06:

Verifica di strutture sollecitate a fatica

Indice

1	Verifica della resistenza a fatica	1
1.1	Resistenza statica	1
1.2	Resistenza a fatica	2
1.3	Effetto della tensione media	2
1.4	Sensibilità all'intaglio	3
2	Struttura sollecitata da carico ripetuto	5

1 Verifica della resistenza a fatica

1.1 Resistenza statica

La resistenza statica di un materiale è determinata attraverso la semplice prova di trazione. La prova viene eseguita sollecitando un provino, in genere cilindrico, mediante un carico crescente nel tempo molto lentamente. Durante la prova vengono misurati carico applicato al provino e deformazione e riportati su un grafico, Fig.1. La perdita di linearità della curva $\sigma - \varepsilon$ rappresenta il limite di snervamento S_Y mentre S_U è la tensione di rottura del materiale.

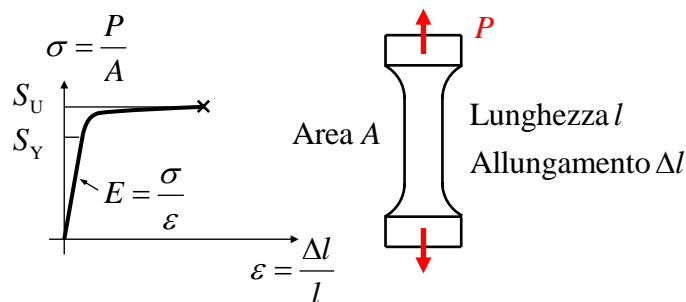


Figura 1: Curva di resistenza statica del materiale.

L'andamento mostrato in Fig.1 è tipico di materiali metallici che riescono a deformarsi molto, dopo aver superato lo snervamento, prima di arrivare a rottura.

1.2 Resistenza a fatica

Un componente sollecitato in modo ciclico può tuttavia rompersi, dopo un numero elevato di ripetizioni del carico, anche se l'entità della sollecitazione è inferiore a S_Y . Questa modalità di rottura viene detta 'a fatica'.

Solitamente si fissa un numero di cicli molto elevato (ad esempio 10^6 o 10^7) e si individua il *limite di fatica*, ossia il valore di variazione di tensione ΔS_e per il quale il materiale resiste alla sollecitazione di fatica, Fig.2.

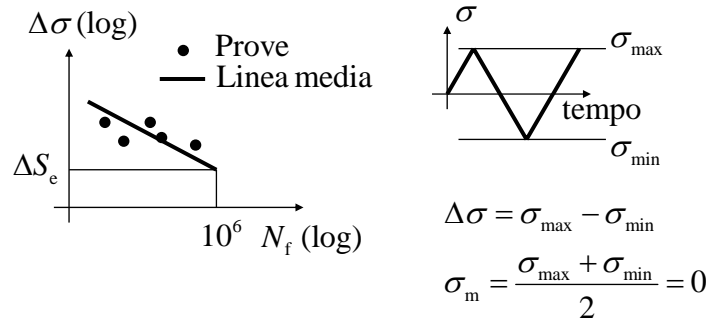


Figura 2: Curva di fatica e limite di fatica.

Una stima del limite di fatica, valido per gli acciai, è:

$$\Delta S_e \approx S_U \quad (1)$$

In realtà si corregge il valore fornito da tale relazione con fattori cautelativi (inferiori all'unità) per tenere conto di eventuali effetti che riducono la resistenza a fatica, ad esempio lo stato della superficie.

1.3 Effetto della tensione media

Nella Fig.2 è stato mostrato un carico ciclico di fatica a tensione media σ_m nulla. La presenza di tensione media positiva tende a ridurre la resistenza a fatica del componente. Un modello che riproduce questo effetto è l'equazione di Soderberg.

Si corregge la variazione di tensione $\Delta \sigma$ individuando una variazione di tensione maggiorata $\Delta \sigma^*$, che tenga conto della presenza della tensione media positiva:

$$\Delta \sigma^* = \frac{\Delta \sigma}{1 - \frac{\sigma_m}{S_Y}} \quad (2)$$

$\Delta \sigma^*$ potrà quindi essere confrontato con il limite di fatica ΔS_e a tensione media nulla. Se $\Delta \sigma^* < \Delta S_e$ allora il componente garantisce una resistenza di 10^6 cicli altrimenti è probabile che si rompa.

Infine, si definisce Coefficiente di Sicurezza C_S il rapporto fra il limite di fatica e la variazione di tensione corretta:

$$C_S = \frac{\Delta S_e}{\Delta \sigma^*} \quad (3)$$

Nel caso di verifica positiva della resistenza a fatica, C_S è maggiore dell'unità e quindi fornisce una misura del margine di sicurezza che il componente ha rispetto alla rottura a fatica.

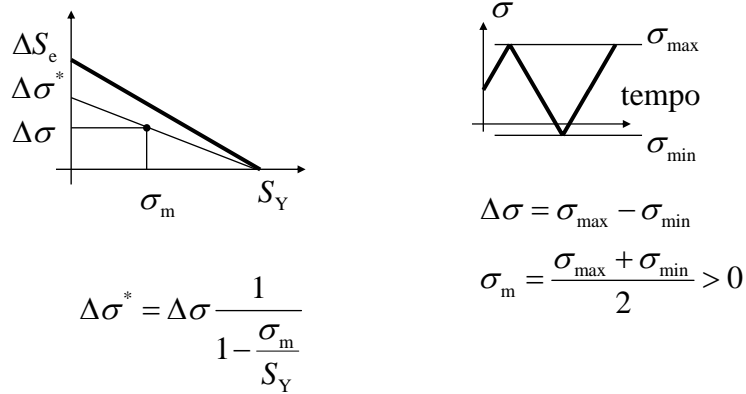


Figura 3: Modello di Soderberg per considerare l'effetto della tensione media sulla resistenza a fatica.

1.4 Sensibilità all'intaglio

Fin'ora sono state considerate prove di fatica eseguite su provini cilindrici, tuttavia i componenti meccanici sono spesso caratterizzati da forme complesse, che introducono una locale 'concentrazione di tensioni', ossia un aumento della sollecitazione confinato in una zona, ma che favorisce l'innescarsi della sollecitazione di fatica.

Considerando ad esempio un foro in una lastra sollecitata da un carico assiale F alternato, Fig.4, è possibile definire una tensione *nominale* σ_n , nell'ipotesi di distribuzione uniforme. Per effetto del presenza del foro lo stato di tensione subisce una locale concentrazione che viene quantificata dal parametro k_t definito come fattore di concentrazione delle tensioni:

$$k_t = \frac{\sigma_0}{\sigma_n} \tag{4}$$

in cui σ_0 è la tensione locale massima.

Il fattore di concentrazione k_t dipende unicamente della geometria. In particolare, per il caso di lastra con foro circolare piccolo rispetto alla larghezza, $b \gg D$, vale $k_t = 3.0$.

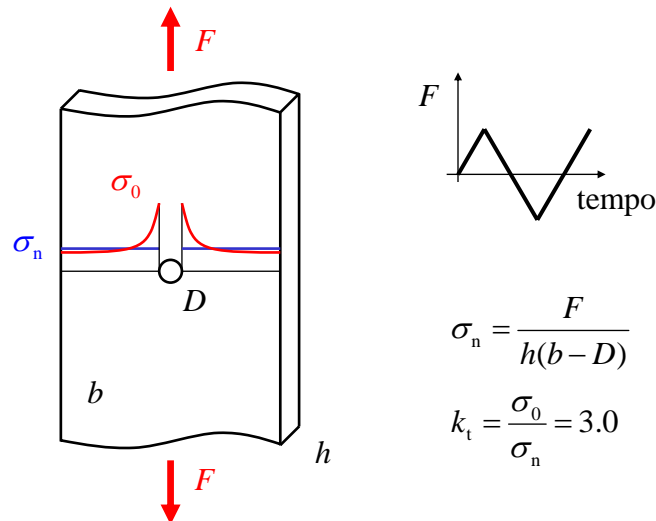


Figura 4: Lastra con foro centrale sollecitata da un carico remoto alternato.

In queste condizioni di geometria e carico, si esegue la verifica a fatica semplicemente moltiplicando la tensione nominale per k_t , e ripetendo la procedura esposta precedentemente valutando

in definitiva il coefficiente di sicurezza C_S .

La lastra di Fig.5, con fori vicini alle estremità, è sollecitata a flessione ripetuta nel tempo da zero ad un valore massimo.

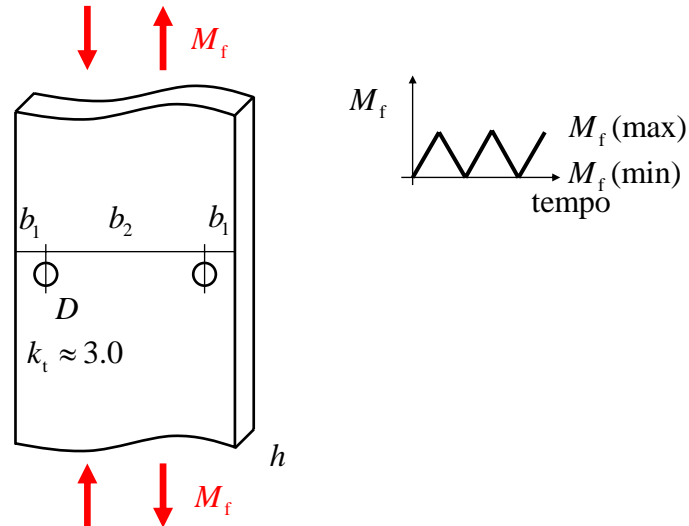


Figura 5: Lastra con fori vicino alle estremità, sollecitata da un momento flettente ripetuto.

I dati del problema sono:

Geometria :

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$b_1 = 30 \text{ mm}$$

$$b_2 = 100 \text{ mm}$$

$$h = 5 \text{ mm}$$

Materiale :

$$S_U = 900 \text{ MPa}$$

$$S_Y = 650 \text{ MPa}$$

Carico :

$$M_f(\max) = 3000 \text{ Nm}$$

$$M_f(\min) = 0 \text{ Nm}$$

(5)

Determinare il coefficiente di sicurezza C_S a fatica.



Soluzione:

Nel punto più sollecitato il coefficiente di sicurezza è pari a: $C_S = 1.95$. Essendo maggiore dell'unità la struttura garantisce resistenza a fatica.

2 Struttura sollecitata da carico ripetuto

In Fig.6 si mostra una piccola gru che sostiene un carico P , il quale oscilla fra due posizioni. Nonostante il carico non cambi, per effetto della variazione di configurazione, le travi della gru risultano sollecitate a fatica.

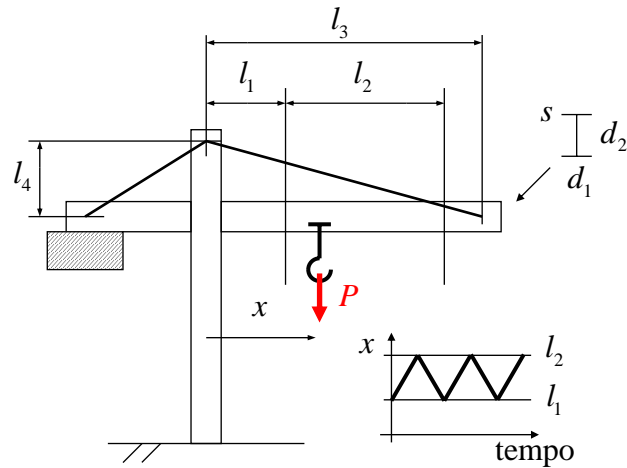


Figura 6: Gru sollecitata da un carico di posizione variabile.

I dati del problema sono:

Geometria :

$$l_1 = 1 \text{ m}$$

$$l_2 = 2 \text{ m}$$

$$l_3 = 4 \text{ m}$$

$$l_4 = 1 \text{ m}$$

$$d_1 = 300 \text{ mm}$$

$$d_2 = 400 \text{ mm}$$

$$s = 10 \text{ mm}$$

Materiale :

$$S_U = 520 \text{ MPa}$$

$$S_Y = 345 \text{ MPa}$$

Carico :

$$P = 250 \text{ kN}$$

(6)

Verificare se la trave orizzontale, che sostiene il carico P , è in sicurezza rispetto alla sollecitazione di fatica.



Soluzione:

Nel punto critico della trave il coefficiente di sicurezza (minimo) è: $C_S = 3.3$.