

ANALISI DI PANNELLI IN TENSIONE DIAGONALE

Prima di analizzare gli effetti dovuti alla tensione diagonale, sia sul pannello, sia sugli elementi, correnti di irrigidimento e diaframmi, che lo contornano, occorre conoscere le forze primarie, dovute all'applicazione dei carichi esterni: nel seguito si assume che tali forze siano determinate mediante un'analisi ad elementi finiti della struttura.

Determinazione dello sforzo critico di buckling

Nelle strutture reali la presenza contemporanea nei pannelli di sforzi assiali e di sforzi di taglio può far sì che il pannello si instabilizzi ad un valore di sforzo tangenziale inferiore o superiore a quello cui si instabilizzerebbe in stato semplice di sollecitazione a taglio.

Introducendo le costanti $A = \frac{S_{CR}}{t_{CR}}$, rapporto tra gli sforzi critici in compressione e taglio, e $B = \frac{S}{t}$, rapporto tra gli sforzi normali e di taglio applicati al pannello, la formula di interazione in stato composto può essere riscritta nella forma:

$$\frac{Bt}{At_{CR}} + \left(\frac{t}{t_{CR}} \right)^2 = 1$$

risolvendo rispetto a $\frac{t}{t_{CR}}$, si ottiene lo sforzo \bar{t} , al di sopra del quale il pannello si instabilizza, in presenza di taglio e sforzo normale:

$$\bar{t} = t_{CR} \left[\frac{-\frac{B}{A} + \sqrt{\left(\frac{B}{A}\right)^2 + 4}}{2} \right] = t_{CR} R_{T,C}$$

in cui il coefficiente moltiplicativo $R_{T,C}$ è minore di uno in caso di compressione (σ e B positivi), e maggiore di uno in caso di trazione (σ e B negativi).

In caso di flessione e taglio, definendo $B = \frac{S_B}{t}$ rapporto tra lo sforzo di flessione e lo sforzo di taglio, la formula di interazione in stato composto diviene:

$$\left(\frac{Bt}{At_{CR}} \right)^2 + \left(\frac{t}{t_{CR}} \right)^2 = 1$$

e risolvendo rispetto a $\frac{t}{t_{CR}}$, si ottiene lo sforzo \bar{t} , al di sopra del quale il pannello si instabilizza, in presenza di taglio e flessione:

$$\bar{t} = t_{CR} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{B}{A}\right)^2}} = t_{CR} R_b$$

in cui il coefficiente moltiplicativo R_b è minore di uno.

Fattore di tensione diagonale

Il fattore di tensione diagonale k può essere direttamente determinato dalla:

$$k = \tanh \left[\left(0.5 + 300 \frac{td}{Rh} \right) \log_{10} \left(\frac{t}{\bar{t}} \right) \right]$$

dove:

R raggio di curvatura del pannello

t spessore del pannello

d distanza dei diaframmi

h lunghezza del pannello

inoltre, nella formula, se $\frac{d}{h} \geq 2$, utilizzare $\frac{d}{h} = 2$, e se $h \geq d$, sostituire $\frac{d}{h}$ con $\frac{h}{d}$.

Angolo di tensione diagonale

$$\tan^2 \alpha = \frac{e - e_C}{e - e_D + \frac{1}{24} \left(\frac{h}{R} \right)^2}$$

in cui:

$e = \frac{t}{E} \left[\frac{2k}{\sin 2\alpha} + \sin 2\alpha (1+k)(1+n) \right]$ è la deformazione nel pannello in direzione diagonale

$e_C = \frac{1}{E} \left(s_p - \frac{ktht \cot \alpha}{A_C + 0.5ht(1-k)R_{T,C}} \right)$ è la deformazione assiale nei correnti, dovuta sia allo

sforzo primario, sia allo sforzo di compressione indotto dal pannello in tensione diagonale

$e_D = -\frac{1}{E} \frac{ktdt \tan \alpha}{A_D + 0.5dt(1-k)}$ è la deformazione assiale nel diaframma, dovuta

principalmente allo sforzo di compressione indotto dal pannello in tensione diagonale, ritenendo in generale trascurabile lo sforzo primario nel diaframma. Si noti che, mentre ϵ è una deformazione di trazione, e ϵ_D è una deformazione di compressione, ϵ_C può essere una deformazione di trazione o compressione, a seconda dello sforzo primario presente nel corrente.

In ogni caso, poiché le deformazioni nel pannello e negli elementi di contorno dipendono da α , l'angolo di tensione diagonale (fig.1) viene determinato in maniera iterativa.

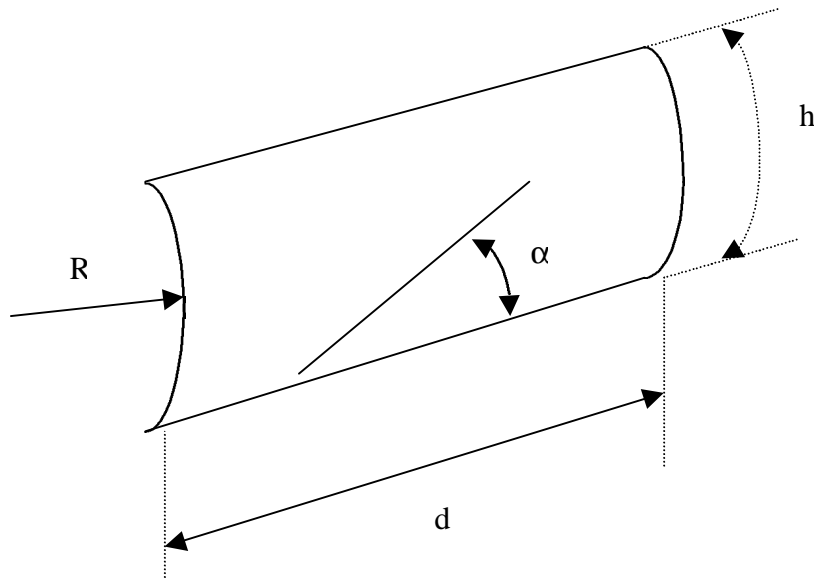


Fig. 1 – Angolo di tensione diagonale

Sforzi ammissibili

Nelle verifiche a stabilità globale e locale degli elementi di contorno, correnti e diaframmi, si dovranno considerare sia gli sforzi primari sia quelli secondari, indotti da pannelli in tensione diagonale.

Per quanto riguarda il pannello, occorre verificare che, per effetto dei carichi di contingenza, non si verifichino imbozzamenti permanenti, confrontando lo sforzo di taglio presente nel pannello con lo

sforzo ammissibile $t_{PB} = \frac{F_{SPB}}{F_{SCR}} \bar{t}$, dove il rapporto $\frac{F_{SPB}}{F_{SCR}}$ si ottiene dal diagramma di fig. 2 e \bar{t} è lo

sforzo critico in stato composto di sollecitazione; sotto i carichi di robustezza occorrerà inoltre verificare che nel pannello non venga superato lo sforzo ammissibile di rottura, determinabile dal diagramma di fig. 3 in funzione del fattore di tensione diagonale k presente nel pannello. Si noti che nelle figure 2 e 3 sono utilizzate unità di misura anglosassoni.

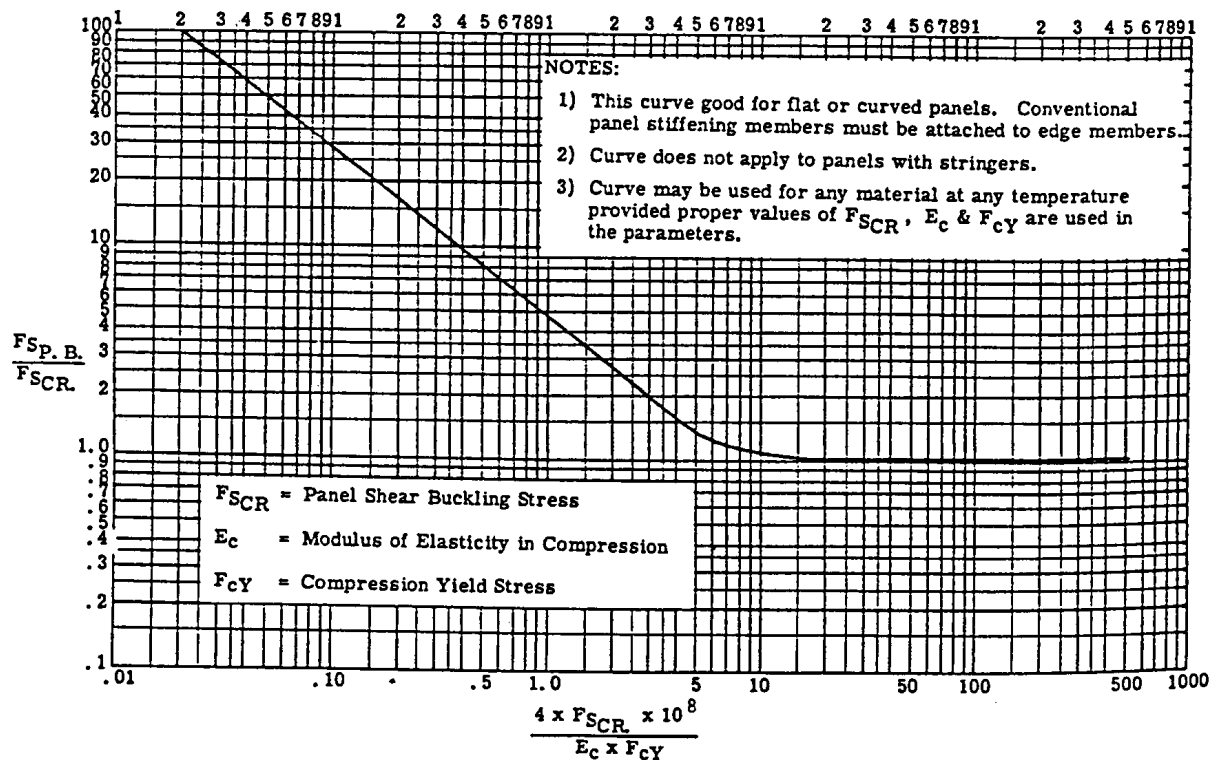


Fig.2 – Sforzo ammissibile per imbozzamento permanente

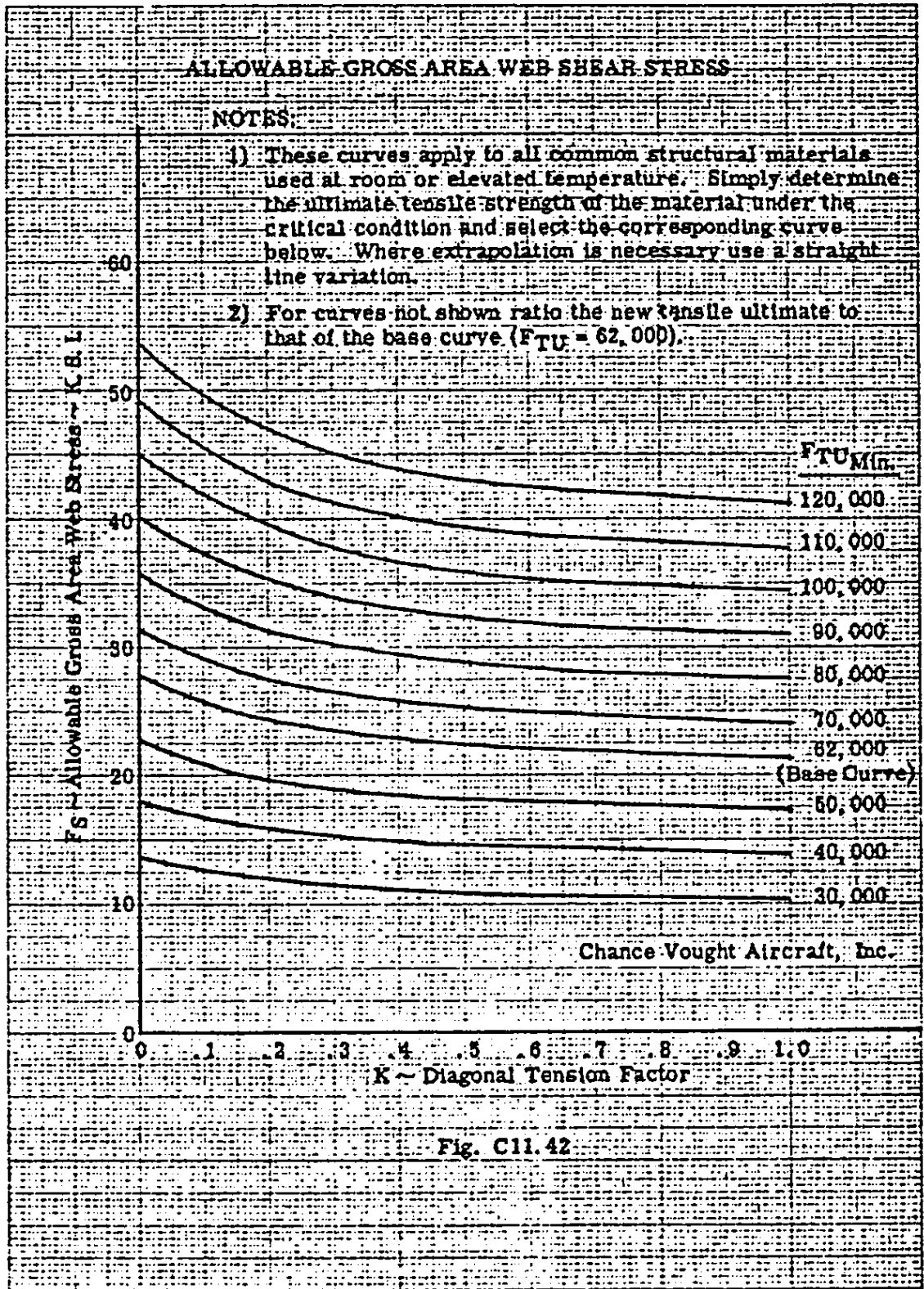


Fig. 3 - Sforzo a taglio ammissibile a robustezza per pannelli in tensione diagonale

Riferimenti

[1] E.F.Bruhn, *Analysis and Design of Flight Vehicle Structures*, S.R.Jacobs & Associates, Inc..