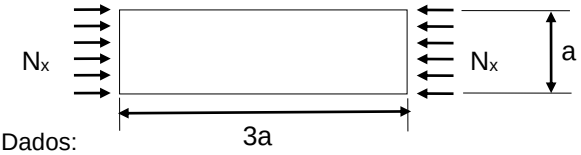
EST-25 ESTRUTURAS AEROESPACIAIS II

1ª SÉRIE DE EXERCÍCIOS

Exercício 1



Dados:

a = 3”; t = 0,07”

Material: liga AL 7075-T6
E = 10.500ksi; F_y = 67ksi; $F_{0.7}$ = 70ksi; n = 9,2; ν = 0,3

Uma placa simplesmente apoiada em seus quatro bordos é carregada uniaxialmente. O reforço, nos bordos carregados, é tal a impedir, totalmente, o movimento transversal dos bordos livres. Nestas condições,

a) qual a carga total suportada pela placa no instante da flambagem?

b) qual a carga total suportada pela placa quando a tensão de bordo for f_b = 16 ksi?

c) qual a carga total suportada pela placa no momento da falha?
Neste item, calcule segundo Argyris & Dunne (com $f_b = F_{cy}$), Von Karman e Gerard, e discuta os resultados.

SOLUÇÃO

E =	10.500	ksi		a =	9	in
F_{cy} =	67			b =	3	in
F_{07} =	70			t =	0,07	in
n =	9,2			F_e =	16	ksi
ν_e =	0,3			α =	0,8	
a/b	3					
k_c =	2,8			k_c =	4	
$(F_{cr})_{el}$ =	14,47	ksi		$(F_{cr})_{el}$ =	20,67	ksi
F_{cr} =	14,467	ksi		F_{cr} =	20,666	ksi
E_t =	10.500	ksi		E_t =	10.498	ksi
E_s =	10.500	ksi		E_s =	10.500	ksi
ν =	0,3			ν =	0,3	
η =	1,0000			η =	1,0000	
F_{cr} =	14,467	ksi		F_{cr} =	20,666	ksi
P_{cr} =	**3,04**	**kips**				

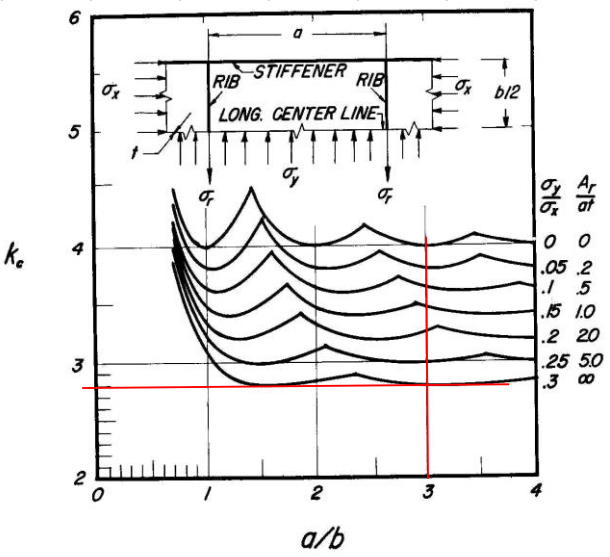


Fig. 5-29 Coeficientes de Flambagem de Placas Planas Restringidas na Expansão Lateral. Coeficiente de Poisson igual a 0.3

O único método que leva em consideração impedimentos ao movimento transversal dos bordos livres é o de Argyris & Dunne.

F_e/F_{cr} =	1,11					
b_e/b =	0,98					
b_e =	2,94	in				
P_e =	**3,29**	**kips**				

Carga de Falha por Argyris & Dunne

F_{cy}/F_{cr} =	4,63					
b_e/b =	0,77					
b_e =	2,31	in				
P_e =	**10,83**	**kips**				

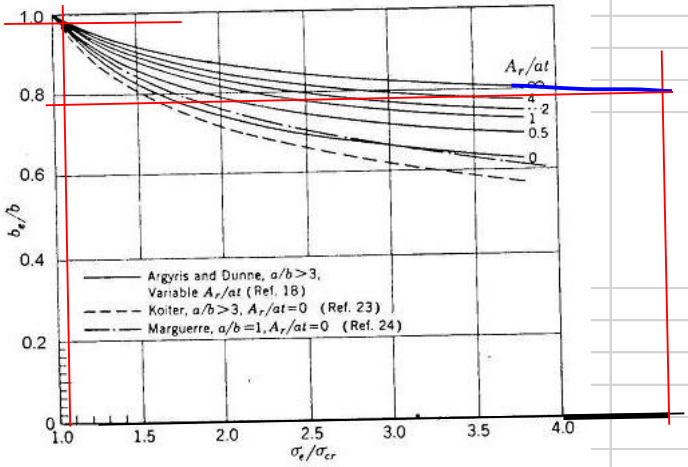


Fig. 5-57 Larguras Efetivas de Placas em Compressão

Como o método de Argyris & Dunne é o único a levar em consideração o impedimento do movimento tranversal dos bordos, possivelmente fornecerá os melhores resultados, mesmo considerando que a tensão de bordo seja maior do que aquela adotada nas hipóteses do método ($F_e/F_{cy} < 3$).

Carga de Falha por Von Karman ($k_c = 4$)

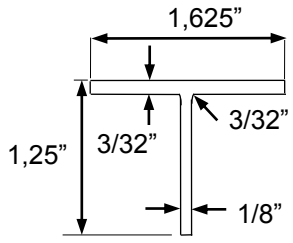
P_u =	**7,81**	**kips**

Carga de Falha por Gerard ($k_c = 4$)

α =	0,78		n =	0,8	
F_f =	41,31	ksi	**P_u =**	**8,67**	**kips**

Como pode ser notado, as cargas de falha como previstas por Von Karman e Gerard são muito mais baixas, mesmo considerando uma tensão de flambagem sem a influência do reforço lateral. Se este reforço fosse levado em consideração, a carga de falha seria ainda menor. Os desenvolvimentos realizados por Von Karman e Gerard foram realizados sob a hipótese de Ar/at = 0 (reforço lateral nulo) de modo que a sua utilização neste caso certamente não é apropriada.

PROBLEMA 2



Considere o perfil da figura, extrudado em liga 7075-T6.

a) estime a tensão de flambagem local

b) calcule a tensão média de falha local na temperatura ambiente, usando o método da Boeing

c) idem, usando o método de Gerard

d) qual o diâmetro de bulbo que torna fornece condição de apoio completa para o flange horizontal?

e) calcule a tensão média de falha local do perfil com bulbos como calculado no item c (use o método da Boeing)

f) calcule a tensão média de falha local de ambas as seções, com e sem bulbos, sob temperatura de 450º F (método da Boeing)

Dados do material:

T.A.: E = 10.500 ksi ; F_{cy} = 70 ksi; $F_{0.7}$ = 72 ksi; ν_e = 0,3; n = 16,6

450º F: E = 7.800 ksi ; F_{cy} = 22,5 ksi; $F_{0.7}$ = 21,3 ksi; ν_e = 0,3; n = 7,2

SOLUÇÃO

					T.A.				450°F				
b_F =	0,8125	in		E =	10.500	ksi		E =	7.800	ksi		g_{GER} =	3
b_W =	1,2031	in		F_{CY} =	70	ksi		F_{CY} =	22,5	ksi		β_G =	0,67
t_F =	0,0938	in		$F_{0,7}$ =	72	ksi		$F_{0,7}$ =	21,3	ksi		m_{GER} =	0,4
t_W =	0,1250	in		n =	16,6			n =	7,2			F_{CUT}/F_{CY} =	0,8
				ν_e =	0,3			ν_e =	0,3				
				m =	0,75			m =	0,75				
				B_{10} =	0,063			B_{10} =	0,061				
				g_F =	2,3			g_F =	2,3				

a)

Um limitante inferior é dado pela tensão de flambagem da perna mais fraca na condição de borda simplesmente apoiada

k_{FLANGE} =	0,428		
$(t/b)_{MIN}$ =	0,108		
$(F_{CR})_{EL}$ =	47,47	ksi	
α =	0,9		
F_{CR} =	47,444	ksi	
E_S =	10.493	ksi	
ν =	0,300		
η =	0,99944		
F_{CR} =	47,444	ksi	regime elástico

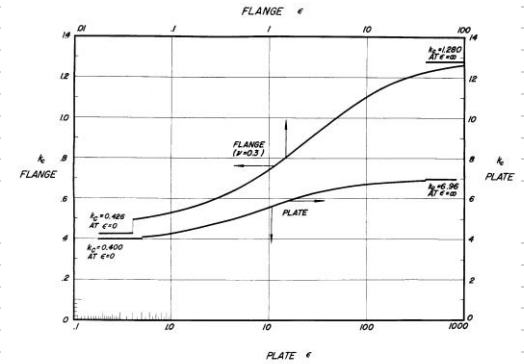


Fig. 5-12 Coeficientes de Flambagem para Flanges e Placas Infinitamente Longos em Função da Restrição Rotacional na Borda

Um limitante superior é dado pela tensão de flambagem da perna mais fraca na condição de borda engastada

k_{FLANGE} =	1,280		
$(t/b)_{MIN}$ =	0,108		
$(F_{CR})_{EL}$ =	141,97	ksi	
α =	0,9		
F_{CR} =	76,127	ksi	
E_S =	5.192	ksi	
ν =	0,401		
η =	0,53622		
F_{CR} =	76,127	ksi	regime inelástico

Outro limitante superior é dado pela tensão de flambagem da perna mais forte na condição de borda simplesmente apoiada

k_{FLANGE} =	0,428		
$(t/b)_{MAX}$ =	0,125		
$(F_{CR})_{EL}$ =	63,46	ksi	
α =	0,9		
F_{CR} =	61,507	ksi	
E_S =	10.128	ksi	
ν =	0,307		
η =	0,96916		
F_{CR} =	61,507	ksi	regime inelástico

47,4	**ksi**	**<**	**F_{CR}**	**<**	**61,5**	**ksi**

b)

i	n	b	t	Area	B.L	g	F_{CC}	P_{CC}
1	2	0,8125	0,0938	0,15234	1	1	60,13	9,161
2	1	1,2031	0,1250	0,15039	1	1	55,58	8,359
				0,30273				17,520

F_{CC} = 57,87 ksi

c)

A =	0,29688	in^2
t_{BARRA} =	0,10674	in

F_{CC} = 53,81 ksi < FCUT

d)

α = 0,9

$(D/t)_{MIN}$ = 3,380

$(D/t)_{MIN}$ = 3,380

D_{MIN} = 0,317 in

$$\left(\frac{D}{t}\right)^4 - 1{,}6\left(\frac{D}{t}\right)^3 - 0{,}374\left(\frac{D}{t}\right)^2 \geq 7{,}44\frac{b_f}{t} \Rightarrow \left(\frac{D}{t}\right)^4_{MIN} = 7{,}44\frac{b_f}{t} + 1{,}6\left(\frac{D}{t}\right)^3 + 0{,}374\left(\frac{D}{t}\right)^2 \Rightarrow$$

$$\left(\frac{D}{t}\right)_{MIN} = \left[7{,}44\frac{b_f}{t} + 1{,}6\left(\frac{D}{t}\right)^3 + 0{,}374\left(\frac{D}{t}\right)^2\right]^{\frac{1}{4}}$$

e)

i	n	b	t	Area	B.L.	g	F_{CC}	P_{CC}
1	2	-	-	0,15774	-	-	70,00	11,042
2	2	0,8125	0,0938	0,15234	0	2,3	70,00	10,664
3	1	1,2031	0,1250	0,15039	1	1	55,58	8,359
				0,46048				30,065

F_{CC} = 65,29 ksi

f)

sem bulbos

i	n	b	t	Area	B.L.	g	F_{CC}	P_{CC}
1	2	0,8125	0,0938	0,15234	1	1	22,50	3,428
2	1	1,2031	0,1250	0,15039	1	1	22,50	3,384
				0,30273				6,812

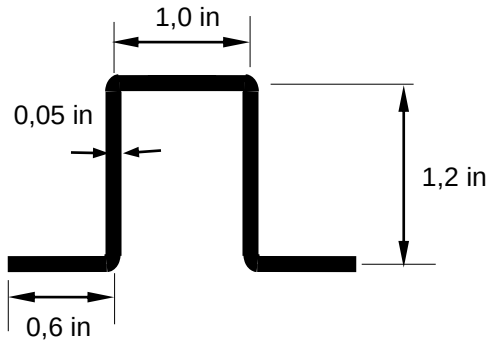
F_{CC} = 22,50 ksi

com bulbos

i	n	b	t	Area	B.L.	g	F_{CC}	P_{CC}
1	2	-	-	0,15774	-	-	22,50	3,549
1	2	0,8125	0,0938	0,15234	0	2,3	22,50	3,428
2	1	1,2031	0,1250	0,15039	1	1	22,50	3,384
				0,46048				10,361

F_{CC} = 22,50 ksi

PROBLEMA 3



Considere o perfil da figura, conformado em chapa AL 7075-T6.

a) Calcule a tensão média de falha local pelo método de Needham;

b) Calcule a tensão média de falha local pelo método da Boeing;

c) Calcule a tensão média de falha local pelo método de Gerard;

d) Comente os resultados.

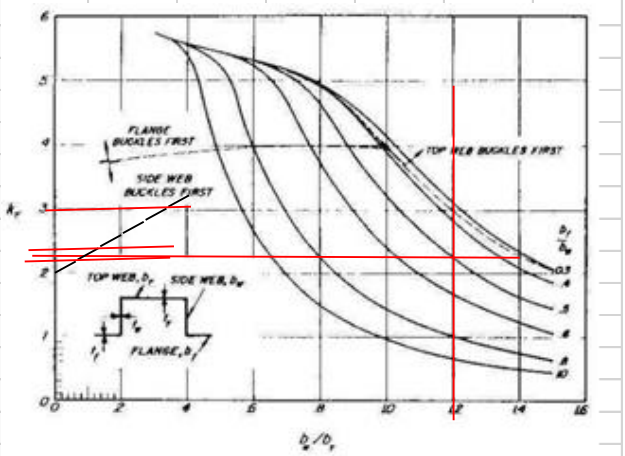
Dados do material: E = 10.500 ksi ; F_{cy} = 67 ksi; $F_{0.7}$ = 70 ksi; ν = 0,3; n = 9,2

SOLUÇÃO

b_F =	0,60	in		E =	10.500	ksi		C_{1BORDA} =	0,342		g_{GER} =	11
b_W =	1,20	in		F_{CY} =	67	ksi		C_{0BORDA} =	0,366		β_G =	0,55
b_T =	1,00	in		$F_{0,7}$ =	70	ksi		m =	0,8		m_{GER} =	0,85
t =	0,05	in		n =	9,2			B_{10} =	0,05275		F_{CUT}/F_{CY} =	0,75
				ν_e =	0,3			g_F =	2,65			

Cálculos Preliminares

b_F/b_W =	0,5		
b_W/b_T =	1,2		
k_T =	2,3	SIDE WEB FIRST	
$(F_{CR})_{EL}$ =	54,57	ksi	
α =	0,9		
F_{CR} =	51,000	ksi	
E_T =	8.116	ksi	
E_S =	10.175	ksi	
ν =	0,306		
η =	0,935		
F_{CR} =	51,000	ksi	regime inelástico



a)

i	n	a	b	b'/t	Area	B.L.	C_E	F_{CC}	P_{CC}
1	2	0,60	0,6	12	0,12	1	0,342	44,491	5,33892
2	2	0,6	0,5	11	0,11	0	0,366	50,824	5,59064
					0,23				10,9296
F_{CC} =	47,52	ksi	< Fcr	→	**F_{CC} =**	**51,00**	**ksi**		

b)

i	n	b	t	Area	B.L.	g	F_{CC}	P_{CC}
1	2	0,60	0,05	0,06	1	1	38,2393	2,294
2	2	1,20	0,05	0,12	0	2,65	47,8941	5,747
3	1	1,00	0,05	0,05	0	2,65	55,415	2,771
				0,23				10,812
F_{CC} =	47,01	ksi	< Fcr	→	**F_{CC} =**	**51,00**	**ksi**	

c)

A =	0,23	in^2						
F_{CC} =	51,92	ksi	Fcut <	Fcr <	Fcc	→	**F_{CC} =**	**51,00**	**ksi**

d) Neste exemplo, a tensão de flambagem local resultou maior do que a tensão de falha local calculada por Needham e Boeing e só um pouco menor do que o valor fornecido por Gerard, que resultou maior do que Fcut. Como conseqüência, a tensão de flambagem local deveria ser tomada como igual à tensão de falha local, qualquer que seja o método de cálculo. Não fosse este fato, as tensões calculadas por Needham e Boeing praticamente coincidem, com valores conservativos se comparados com o valor fornecido por Gerard.