

PNV 2333 - Mecânica dos Sólidos I

Lista de Exercícios 1: Flambagem de Colunas

Prof. Dr. Diego Felipe Sarzosa Burgos

21 de Agosto de 2018

1. Deduzir a carga crítica de flambagem de colunas com as seguintes condições de apoio:

- (a) Engastada-articulada
- (b) Engastada-Livre
- (c) Engastada-Engastada
- (d) Finalmente deduza os comprimentos efetivos efetivos das colunas (L_e) comparando as soluções anteriores com o caso fundamental (articulado em ambos os extremos).

2. Determinar a carga crítica P_{cr} de flambagem do sistema barra-mola indicado na figura. Considere que a carga P permanece horizontal e os deslocamentos são pequenos. Considere que o ponto A é livre para deslocar-se horizontalmente.

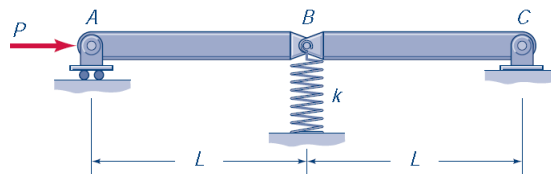


Figura 1: sistema barra-mola

3. Uma viga horizontal rígida AB simplesmente apoiada nas extremidades suporta uma carga uniformemente distribuída w (força por unidade de comprimento). A viga é suportada por uma coluna tubular localizada em seu centro C como indicado na figura. Determine uma expressão para a máxima carga $w_{crítica}$ que pode ser aplicada sem produzir instabilidade elástica (flambagem) da coluna CD.

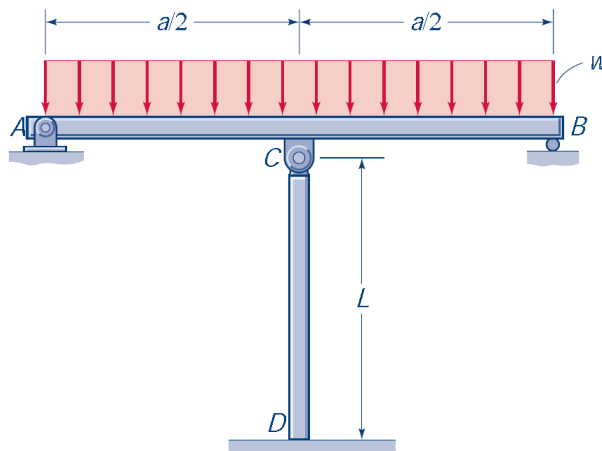


Figura 2: Coluna CD sob compressão.

4. Uma peça de equipamento mecânico deve ser suportada no topo de um tubo de aço de 125 mm de diâmetro nominal, como mostra a figura. A base do tubo será fixada em um suporte de concreto, ficando o topo livre. Se o fator de segurança para evitar a flambagem é de 2,5, qual é a altura máxima da coluna de forma evitar a flambagem? Considere $E=210$ MPa.

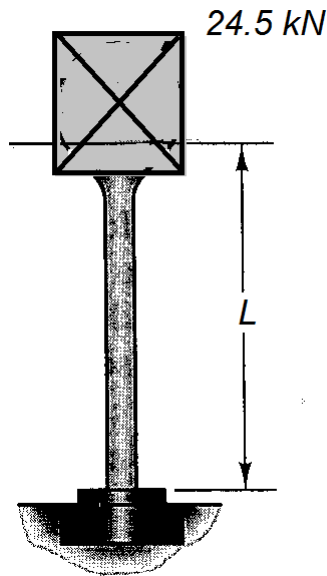


Figura 3: Equipamento suportado em balanço.

5. A barra BC da estrutura mostrada na figura é feita de um tubo de aço com diâmetro externo $D_e = 50$ mm e espessura de parede $t = 10$ mm. Determine o fator de segurança à flambagem elástica se uma carga de 10 kN/m é aplicada no membro AB como mostrado na figura. Considere $E = 210$ GPa e $\sigma_y = 350$ MPa.

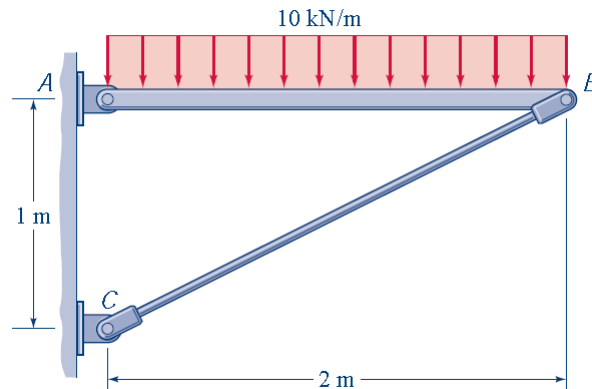


Figura 4: barra em compressão.

6. Uma viga rígida AB suporta uma carga uniformemente distribuída w (força por unidade de comprimento). O suporte em A é um pino (articulação) e em B a viga é suportada por uma coluna BC como mostra a figura. A coluna BC possui seção transversal quadrada de dimensão b . Desconsiderando o peso da viga, escreva uma expressão para o valor crítico de w_{cr} que causaria instabilidade elástica. Como as condições exatas de suporte na coluna não são conhecidas, expresse a resposta em termos da geometria da coluna e das propriedades do material: Módulo de elasticidade da coluna E , área da seção da coluna (b), comprimento da viga AB e comprimento efetivo da coluna BC (KL).

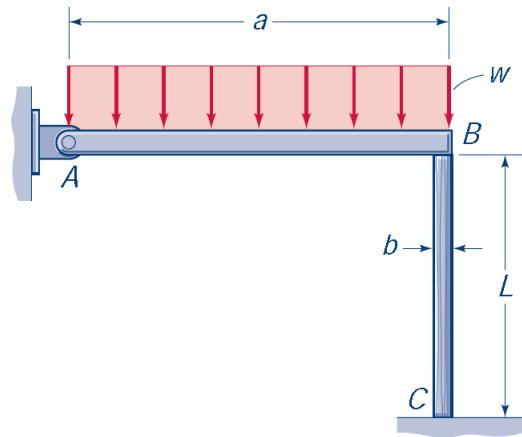


Figura 5: barra BC sob compressão .

7. Um ponto de observação de flora e fauna é suportado por uma fila de colunas de alumínio com comprimento $L = 3.5$ m e um diâmetro externo $d_{ext} = 125$ mm, como mostrado na figura. A base da coluna é de concreto e o topo é suportado lateralmente pela plataforma de observação. As colunas devem ser projetadas para suportar $P = 140$ kN. Determine o mínimo valor da espessura t considerando um fator de segurança $F.S = 3$ à flambagem elástica. Para o alumínio considere $E = 70$ GPa e $\sigma_y = 480$ MPa.

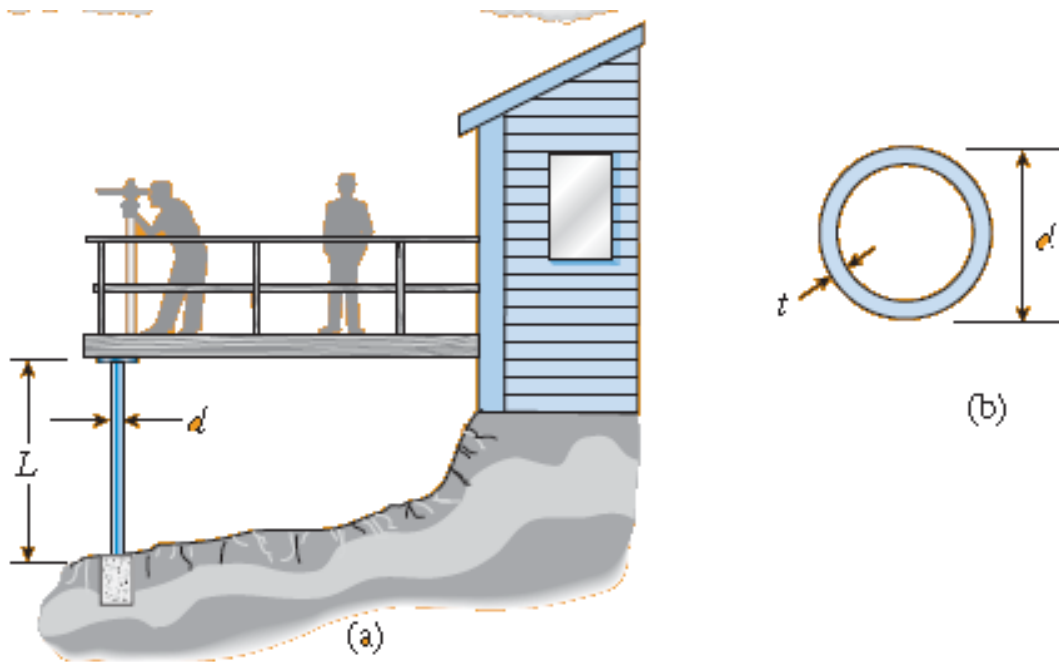


Figura 6: Dimensionamento de coluna circular para suporte de plataforma de observação.

8. Deduzir a fórmula secante para uma coluna com as seguintes condições de apoio:
- Engastada-Livre
 - Engastada-Articulada
9. Uma carga $P = 25$ ton é aplicada com uma excentricidade $e = 100$ mm na coluna mostrada na figura. Para um perfil W360x79, determine o comprimento permitido da coluna da forma de restringir o deslocamento no topo a 12.7 mm. Considere $E = 70$ GPa

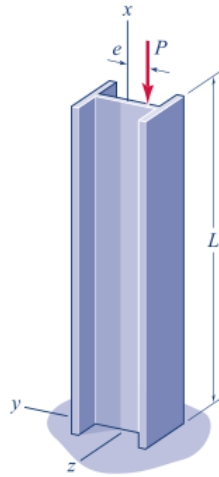


Figura 7: barra sob compressão .

10. Considere o perfil de alumínio mostrado na figura com as seguintes propriedades: $E = 70 \text{ GPa}$, $L = 6 \text{ m}$, $t = 15 \text{ mm}$ e $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$. A máxima carga excêntrica que deve suportar é $P = 250 \text{ kN}$, com $e = 50 \text{ mm}$. Calcule a mínima dimensão b para evitar a flambagem elástica da coluna considerando um fator de segurança $FS = 2$. Qual é a máxima excentricidade e_{max} que pode ser aplicada a carga $P = 250 \text{ kN}$ na coluna se $b = 200 \text{ mm}$.

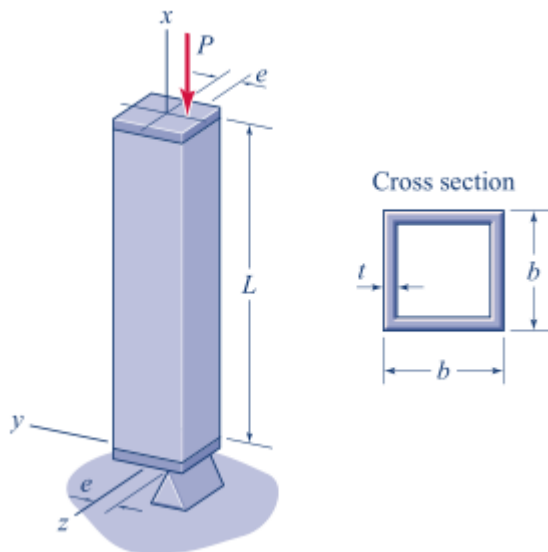


Figura 8: coluna com carregamento excêntrico.

11. Um tubo feito de alumínio deve suportar cargas compressivas. As propriedades da seção e propriedades mecânicas estão definidas na figura. Se o comprimento do tubo é de $L = 2 \text{ m}$, calcule a carga de flambagem da coluna.

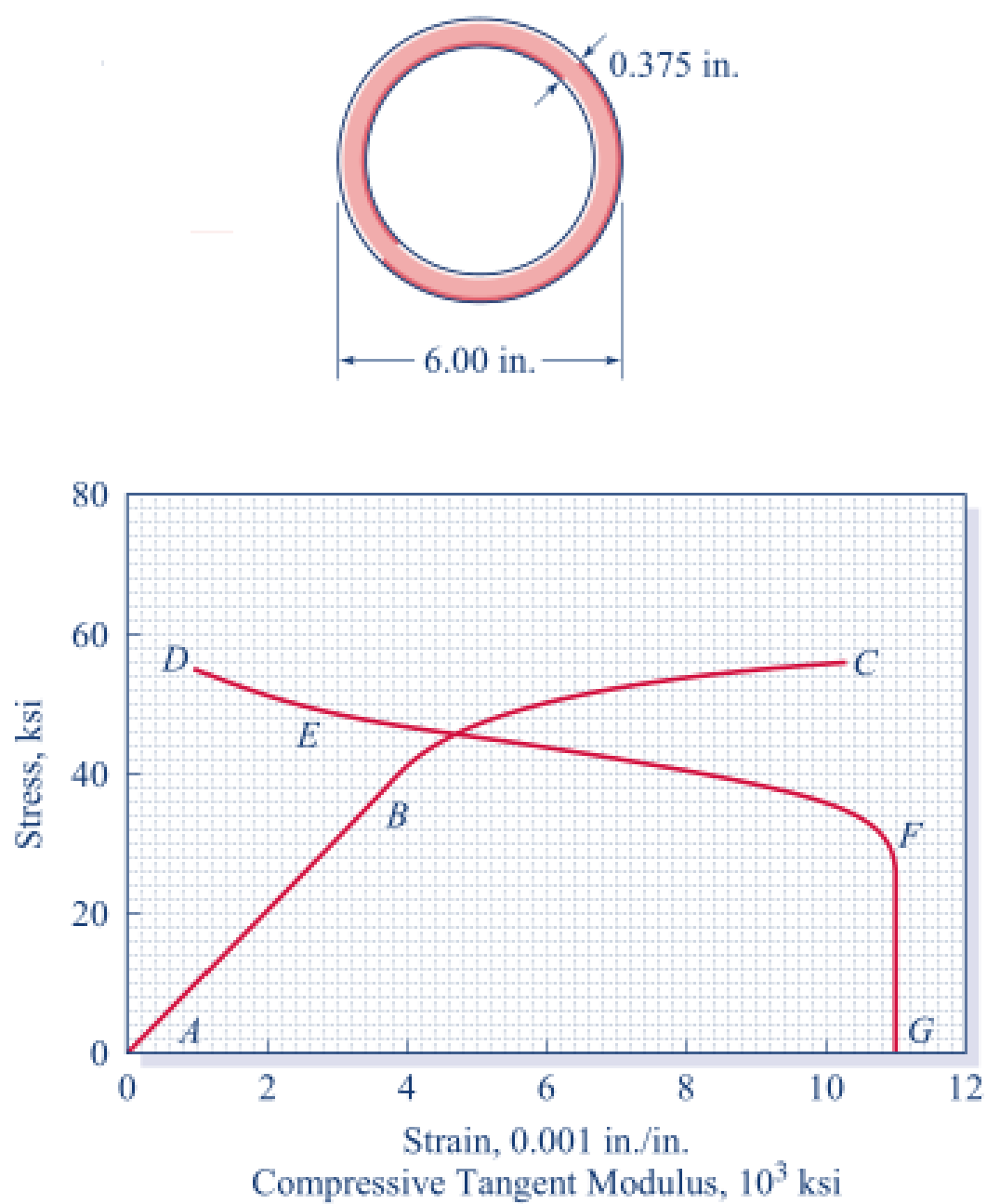
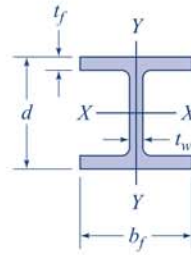


Figura 9: *Propriedades da coluna.*



D.2. Properties of Steel Wide-Flange (W) Shapes (SI Units)

Designation*	Area A mm ²	Depth d mm	Flange		Web	Elastic Properties						Plastic Modulus Z _x 10 ³ mm ³
			Width b _f mm	Thickness t _f mm	Thickness t _w mm	Axis X – X			Axis Y – Y			
						I _x 10 ⁵ mm ⁴	S _x ⁵ 10 ³ mm ³	r _x mm	I _y 10 ⁵ mm ⁴	S _y 10 ³ mm ³	r _y mm	
W920×342	43 600	912	418.0	32.0	19.30	6250	13 700	379	390	1870	94.6	15 400
× 223	28 500	911	304.0	23.9	15.90	3770	8280	364	112	737	62.7	9540
W840×299	38 100	855	400.0	29.2	18.20	4790	11 200	355	312	1560	90.5	12 600
× 193	24 700	840	292.0	21.7	14.70	2780	6620	335	90.3	618	60.5	7620
W760×257	32 800	773	381.0	27.1	16.60	3420	8850	323	250	1310	87.3	9930
× 134	17 000	750	264.0	15.5	11.90	1500	4000	297	47.7	361	53.0	4630
W690×217	27 700	695	355.0	24.8	15.40	2340	6730	291	185	1040	81.7	7570
× 125	16 000	678	253.0	16.3	11.70	1190	3510	273	44.1	349	52.5	4010
W610×140	17 900	617	230.0	22.2	13.10	1120	3630	250	45.1	392	50.2	4150
× 92	11 800	603	179.0	15.0	10.90	646	2140	234	14.4	161	34.9	2510
W530×150	19 200	543	312.0	20.3	12.70	1010	3720	229	103	660	73.2	4150
× 109	13 900	539	211.0	18.8	11.60	667	2470	219	29.5	280	46.1	2830
× 74	9490	529	166.0	13.6	9.65	410	1550	208	10.4	125	33.1	1810
W460×193	24 700	489	283.0	30.5	17.00	1020	4170	203	115	813	68.2	4760
× 113	14 400	463	280.0	17.3	10.80	556	2400	196	63.3	452	66.3	2670
× 74	9460	457	190.0	14.5	9.02	333	1460	188	16.6	175	41.9	1650
W410×149	19 000	431	265.0	25.0	14.90	619	2870	180	77.7	586	63.9	3250
× 100	12 700	415	260.0	16.9	10.00	398	1920	177	49.5	381	62.4	2130
× 74	9510	413	180.0	16.0	9.65	275	1330	170	15.6	173	40.5	1510
× 60	7600	407	178.0	12.8	7.75	216	1060	169	12.0	135	39.7	1200
W360×262	33 400	387	398.0	33.3	21.10	894	4620	164	350	1760	102	5260
× 179	22 800	368	373.0	23.9	15.00	575	3130	159	207	1110	95.3	3480
× 122	15 500	363	257.0	21.7	13.00	365	2010	153	61.5	479	63.0	2270
× 79	10 100	354	205.0	16.8	9.40	227	1280	150	24.2	236	48.9	1430
× 39	4960	353	128.0	10.7	6.48	102	578	143	3.75	58.6	27.5	661
W310×226	28 900	348	317.0	35.6	22.10	596	3430	144	189	1190	80.9	3980
× 143	18 200	323	309.0	22.9	14.00	348	2150	138	113	731	78.8	2420
× 97	12 300	308	305.0	15.4	9.91	222	1440	134	72.9	478	77.0	1590
× 74	9480	310	205.0	16.3	9.40	165	1060	132	23.4	228	49.7	1190
× 52	6670	318	167.0	13.2	7.62	119	748	134	10.3	123	39.3	841
× 33	4180	313	102.0	10.8	6.60	65.0	415	125	1.92	37.6	21.4	480
W250× 89	11 400	260	256.0	17.3	10.70	143	1100	112	48.4	378	65.2	1230
× 67	8560	257	204.0	15.7	8.89	104	809	110	22.2	218	50.9	901
× 45	5700	266	148.0	13.0	7.62	71.1	535	112	7.03	95	35.1	602
× 18	2280	251	101.0	5.3	4.83	22.5	179	99.3	0.919	18.2	20.1	208
W200× 71	9100	216	206.0	17.4	10.20	76.6	709	91.7	25.4	247	52.8	803
× 59	7580	210	205.0	14.2	9.14	61.2	583	89.9	20.4	199	51.9	653
× 52	6640	206	204.0	12.6	7.87	52.7	512	89.1	17.8	175	51.8	569
× 31	3980	210	134.0	10.2	6.35	31.3	298	88.7	4.10	61.2	32.1	335
× 22	2860	206	102.0	8.0	6.22	20.0	194	83.6	1.42	27.8	22.3	222
W150× 37	4730	162	154.0	11.6	8.13	22.2	274	68.5	7.07	91.8	38.7	310
× 24	3060	160	102.0	10.3	6.60	13.4	168	66.2	1.83	35.9	24.5	192
× 22	2860	152	152.0	6.6	5.84	12.1	159	65.0	3.87	50.9	36.8	176

*W(nominal depth in mm) × (mass in kg/m)