

جدول ۳-۶- تغییرات تنش بحرانی کمانش خمشی بر حسب ضریب لاغری برای فولادی با

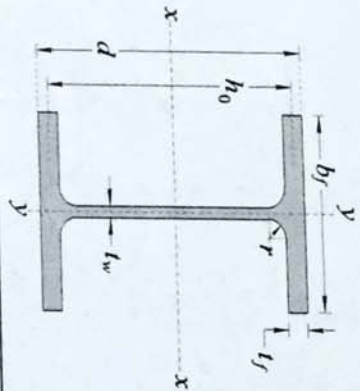
$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \text{ و } F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}
۱	۲۴۰۰	۴۱	۲۲۱۲	۸۱	۱۷۴۶	۱۲۱	۱۱۸۰	۱۶۱	۷۰۱
۲	۲۴۰۰	۴۲	۲۲۰۳	۸۲	۱۷۳۲	۱۲۲	۱۱۶۶	۱۶۲	۶۹۲
۳	۲۳۹۹	۴۳	۲۱۹۴	۸۳	۱۷۱۸	۱۲۳	۱۱۵۲	۱۶۳	۶۸۳
۴	۲۳۹۸	۴۴	۲۱۸۵	۸۴	۱۷۰۴	۱۲۴	۱۱۳۸	۱۶۴	۶۷۵
۵	۲۳۹۷	۴۵	۲۱۷۵	۸۵	۱۶۹۰	۱۲۵	۱۱۲۵	۱۶۵	۶۶۷
۶	۲۳۹۶	۴۶	۲۱۶۶	۸۶	۱۶۷۶	۱۲۶	۱۱۱۱	۱۶۶	۶۵۹
۷	۲۳۹۴	۴۷	۲۱۵۶	۸۷	۱۶۶۲	۱۲۷	۱۰۹۷	۱۶۷	۶۵۱
۸	۲۳۹۳	۴۸	۲۱۴۶	۸۸	۱۶۴۸	۱۲۸	۱۰۸۴	۱۶۸	۶۴۳
۹	۲۳۹۱	۴۹	۲۱۳۶	۸۹	۱۶۳۴	۱۲۹	۱۰۷۰	۱۶۹	۶۳۶
۱۰	۲۳۸۸	۵۰	۲۱۲۶	۹۰	۱۶۲۰	۱۳۰	۱۰۵۷	۱۷۰	۶۲۸
۱۱	۲۳۸۶	۵۱	۲۱۱۵	۹۱	۱۶۰۶	۱۳۱	۱۰۴۴	۱۷۱	۶۲۱
۱۲	۲۳۸۳	۵۲	۲۱۰۵	۹۲	۱۵۹۲	۱۳۲	۱۰۳۱	۱۷۲	۶۱۴
۱۳	۲۳۸۰	۵۳	۲۰۹۴	۹۳	۱۵۷۸	۱۳۳	۱۰۰۴	۱۷۳	۶۰۷
۱۴	۲۳۷۷	۵۴	۲۰۸۳	۹۴	۱۵۶۳	۱۳۴	۱۰۱۷	۱۷۴	۶۰۰
۱۵	۲۳۷۴	۵۵	۲۰۷۲	۹۵	۱۵۴۹	۱۳۵	۹۹۱	۱۷۵	۵۹۳
۱۶	۲۳۷۰	۵۶	۲۰۶۱	۹۶	۱۵۳۵	۱۳۶	۹۷۸	۱۷۶	۵۸۶
۱۷	۲۳۶۷	۵۷	۲۰۵۰	۹۷	۱۵۲۰	۱۳۷	۹۶۵	۱۷۷	۵۸۰
۱۸	۲۳۶۳	۵۸	۲۰۳۹	۹۸	۱۵۰۶	۱۳۸	۹۵۳	۱۷۸	۵۷۳
۱۹	۲۳۵۸	۵۹	۲۰۲۷	۹۹	۱۴۹۲	۱۳۹	۹۴۰	۱۷۹	۵۶۷
۲۰	۲۳۵۴	۶۰	۲۰۱۵	۱۰۰	۱۴۷۷	۱۴۰	۹۲۶	۱۸۰	۵۶۰
۲۱	۲۳۴۹	۶۱	۲۰۰۴	۱۰۱	۱۴۶۳	۱۴۱	۹۱۳	۱۸۱	۵۵۴
۲۲	۲۳۴۴	۶۲	۱۹۹۲	۱۰۲	۱۴۴۹	۱۴۲	۹۰۱	۱۸۲	۵۴۸
۲۳	۲۳۳۹	۶۳	۱۹۸۰	۱۰۳	۱۴۳۴	۱۴۳	۸۸۸	۱۸۳	۵۴۲
۲۴	۲۳۳۴	۶۴	۱۹۶۷	۱۰۴	۱۴۲۰	۱۴۴	۸۷۶	۱۸۴	۵۳۶
۲۵	۲۳۲۸	۶۵	۱۹۵۵	۱۰۵	۱۴۰۶	۱۴۵	۸۶۴	۱۸۵	۵۳۱
۲۶	۲۳۲۳	۶۶	۱۹۴۳	۱۰۶	۱۳۹۱	۱۴۶	۸۵۲	۱۸۶	۵۲۵
۲۷	۲۳۱۷	۶۷	۱۹۳۰	۱۰۷	۱۳۷۷	۱۴۷	۸۴۰	۱۸۷	۵۱۹
۲۸	۲۳۱۰	۶۸	۱۹۱۸	۱۰۸	۱۳۶۳	۱۴۸	۸۲۹	۱۸۸	۵۱۴
۲۹	۲۳۰۴	۶۹	۱۹۰۵	۱۰۹	۱۳۴۹	۱۴۹	۸۱۸	۱۸۹	۵۰۸
۳۰	۲۲۹۴	۷۰	۱۸۹۲	۱۱۰	۱۳۳۴	۱۵۰	۸۰۷	۱۹۰	۵۰۳
۳۱	۲۲۹۱	۷۱	۱۸۷۹	۱۱۱	۱۳۲۰	۱۵۱	۷۹۶	۱۹۱	۴۹۸
۳۲	۲۲۸۴	۷۲	۱۸۶۶	۱۱۲	۱۳۰۶	۱۵۲	۷۸۶	۱۹۲	۴۹۳
۳۳	۲۲۷۶	۷۳	۱۸۵۳	۱۱۳	۱۲۹۲	۱۵۳	۷۷۶	۱۹۳	۴۸۷
۳۴	۲۲۶۹	۷۴	۱۸۴۰	۱۱۴	۱۲۷۸	۱۵۴	۷۶۶	۱۹۴	۴۸۲
۳۵	۲۲۶۲	۷۵	۱۸۲۷	۱۱۵	۱۲۶۳	۱۵۵	۷۵۶	۱۹۵	۴۷۸
۳۶	۲۲۵۴	۷۶	۱۸۱۳	۱۱۶	۱۲۴۹	۱۵۶	۷۴۶	۱۹۶	۴۷۳
۳۷	۲۲۴۶	۷۷	۱۸۰۰	۱۱۷	۱۲۳۵	۱۵۷	۷۳۷	۱۹۷	۴۶۸
۳۸	۲۲۳۸	۷۸	۱۷۸۷	۱۱۸	۱۲۲۱	۱۵۸	۷۲۷	۱۹۸	۴۶۳
۳۹	۲۲۲۹	۷۹	۱۷۷۳	۱۱۹	۱۲۰۷	۱۵۹	۷۱۸	۱۹۹	۴۵۹
۴۰	۲۲۲۱	۸۰	۱۷۵۹	۱۲۰	۱۱۹۳	۱۶۰	۷۰۹	۲۰۰	۴۵۴

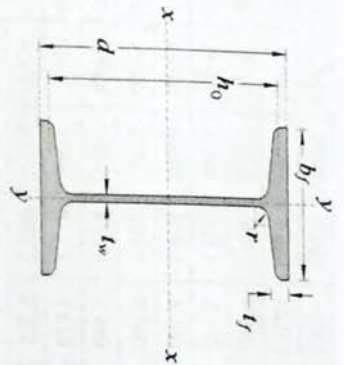
جدول ۳-۷- تغییرات تنش بحرانی کمانش خمشی بر حسب ضریب لاغری برای فولادی با

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \text{ و } F_y = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}	λ	F_{cr}
۱	۳۶۰۰	۴۱	۳۱۸۵	۸۱	۲۲۳۳	۱۲۱	۱۲۴۰	۱۶۱	۷۰۱
۲	۳۵۹۹	۴۲	۳۱۶۶	۸۲	۲۲۰۷	۱۲۲	۱۲۲۰	۱۶۲	۶۹۲
۳	۳۵۹۸	۴۳	۳۱۴۷	۸۳	۲۱۸۱	۱۲۳	۱۲۰۰	۱۶۳	۶۸۳
۴	۳۵۹۶	۴۴	۳۱۲۷	۸۴	۲۱۵۴	۱۲۴	۱۱۸۱	۱۶۴	۶۷۵
۵	۳۵۹۳	۴۵	۳۱۰۷	۸۵	۲۱۲۸	۱۲۵	۱۱۶۲	۱۶۵	۶۶۷
۶	۳۵۹۱	۴۶	۳۰۸۶	۸۶	۲۱۰۲	۱۲۶	۱۱۴۴	۱۶۶	۶۵۹
۷	۳۵۸۷	۴۷	۳۰۶۵	۸۷	۲۰۷۵	۱۲۷	۱۱۲۶	۱۶۷	۶۵۱
۸	۳۵۸۳	۴۸	۳۰۴۴	۸۸	۲۰۴۹	۱۲۸	۱۱۰۸	۱۶۸	۶۴۳
۹	۳۵۷۹	۴۹	۳۰۲۳	۸۹	۲۰۲۳	۱۲۹	۱۰۹۱	۱۶۹	۶۳۶
۱۰	۳۵۷۴	۵۰	۳۰۰۱	۹۰	۱۹۹۷	۱۳۰	۱۰۷۴	۱۷۰	۶۲۸
۱۱	۳۵۶۸	۵۱	۲۹۷۹	۹۱	۱۹۷۱	۱۳۱	۱۰۵۸	۱۷۱	۶۲۱
۱۲	۳۵۶۲	۵۲	۲۹۵۷	۹۲	۱۹۴۴	۱۳۲	۱۰۴۲	۱۷۲	۶۱۴
۱۳	۳۵۵۶	۵۳	۲۹۳۴	۹۳	۱۹۱۸	۱۳۳	۱۰۲۷	۱۷۳	۶۰۷
۱۴	۳۵۴۹	۵۴	۲۹۱۲	۹۴	۱۸۹۳	۱۳۴	۱۰۱۱	۱۷۴	۶۰۰
۱۵	۳۵۴۲	۵۵	۲۸۸۹	۹۵	۱۸۶۷	۱۳۵	۹۹۶	۱۷۵	۵۹۳
۱۶	۳۵۳۴	۵۶	۲۸۶۵	۹۶	۱۸۴۱	۱۳۶	۹۸۲	۱۷۶	۵۸۶
۱۷	۳۵۲۵	۵۷	۲۸۴۲	۹۷	۱۸۱۵	۱۳۷	۹۶۷	۱۷۷	۵۸۰
۱۸	۳۵۱۶	۵۸	۲۸۱۸	۹۸	۱۷۹۰	۱۳۸	۹۵۳	۱۷۸	۵۷۳
۱۹	۳۵۰۷	۵۹	۲۷۹۴	۹۹	۱۷۶۴	۱۳۹	۹۴۰	۱۷۹	۵۶۷
۲۰	۳۴۹۷	۶۰	۲۷۷۰	۱۰۰	۱۷۳۹	۱۴۰	۹۲۶	۱۸۰	۵۶۰
۲۱	۳۴۸۶	۶۱	۲۷۴۶	۱۰۱	۱۷۱۴	۱۴۱	۹۱۳	۱۸۱	۵۵۴
۲۲	۳۴۷۵	۶۲	۲۷۲۲	۱۰۲	۱۶۸۸	۱۴۲	۹۰۱	۱۸۲	۵۴۸
۲۳	۳۴۶۴	۶۳	۲۶۹۷	۱۰۳	۱۶۶۳	۱۴۳	۸۸۸	۱۸۳	۵۴۲
۲۴	۳۴۵۲	۶۴	۲۶۷۲	۱۰۴	۱۶۳۹	۱۴۴	۸۷۶	۱۸۴	۵۳۶
۲۵	۳۴۴۰	۶۵	۲۶۴۷	۱۰۵	۱۶۱۴	۱۴۵	۸۶۴	۱۸۵	۵۳۱
۲۶	۳۴۲۷	۶۶	۲۶۲۲	۱۰۶	۱۵۸۹	۱۴۶	۸۵۲	۱۸۶	۵۲۵
۲۷	۳۴۱۴	۶۷	۲۵۹۷	۱۰۷	۱۵۶۵	۱۴۷	۸۴۰	۱۸۷	۵۱۹
۲۸	۳۴۰۰	۶۸	۲۵۷۱	۱۰۸	۱۵۴۰	۱۴۸	۸۲۹	۱۸۸	۵۱۴
۲۹	۳۳۸۶	۶۹	۲۵۴۶	۱۰۹	۱۵۱۶	۱۴۹	۸۱۸	۱۸۹	۵۰۸
۳۰	۳۳۷۲	۷۰	۲۵۲۰	۱۱۰	۱۴۹۲	۱۵۰	۸۰۷	۱۹۰	۵۰۳
۳۱	۳۳۵۷	۷۱	۲۴۹۴	۱۱۱	۱۴۶۹	۱۵۱	۷۹۶	۱۹۱	۴۹۸
۳۲	۳۳۴۱	۷۲	۲۴۶۹	۱۱۲	۱۴۴۵	۱۵۲	۷۸۶	۱۹۲	۴۹۳
۳۳	۳۳۲۶	۷۳	۲۴۴۳	۱۱۳	۱۴۲۱	۱۵۳	۷۷۶	۱۹۳	۴۸۷
۳۴	۳۳۱۰	۷۴	۲۴۱۷	۱۱۴	۱۳۹۷	۱۵۴	۷۶۶	۱۹۴	۴۸۲
۳۵	۳۲۹۳	۷۵	۲۳۹۱	۱۱۵	۱۳۷۳	۱۵۵	۷۵۶	۱۹۵	۴۷۸
۳۶	۳۲۷۶	۷۶	۲۳۶۵	۱۱۶	۱۳۴۹	۱۵۶	۷۴۶	۱۹۶	۴۷۳
۳۷	۳۲۵۹	۷۷	۲۳۳۸	۱۱۷	۱۳۲۶	۱۵۷	۷۳۷	۱۹۷	۴۶۸
۳۸	۳۲۴۱	۷۸	۲۳۱۲	۱۱۸	۱۳۰۴	۱۵۸	۷۲۷	۱۹۸	۴۶۳
۳۹	۳۲۲۳	۷۹	۲۲۸۶	۱۱۹	۱۲۸۲	۱۵۹	۷۱۸	۱۹۹	۴۵۹
۴۰	۳۲۰۴	۸۰	۲۲۶۰	۱۲۰	۱۲۶۱	۱۶۰	۷۰۹	۲۰۰	۴۵۴



IPE	d (cm)	b _f (cm)	t _f (cm)	t _w (cm)	r (cm)	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	S _x (cm ³)	S _y (cm ³)	Z _x (cm ³)	Z _y (cm ³)	h ₀ (cm)	C _w (cm ⁶)	J (cm ⁴)	r _s (cm)	F _y = 2400 kg/cm ²		F _y = 3600 kg/cm ²	
																	L _p (cm)	L _r (cm)	L _p (cm)	L _r (cm)
80	8	4.6	0.52	0.38	0.5	7.64	80.1	8.49	20.0	3.69	22.5	5.75	7.48	118.8	0.56	1.259	54.1	267.2	44.2	184.9
100	10	5.5	0.57	0.41	0.7	10.3	171	15.9	34.2	5.78	37.6	8.99	9.43	353.5	0.88	1.481	63.8	276.3	52.1	194.9
120	12	6.4	0.63	0.44	0.7	13.2	318	27.7	53.0	8.66	58.5	13.42	11.37	895.2	1.37	1.724	74.3	300.0	60.7	214.5
140	14	7.3	0.69	0.47	0.7	16.4	541	44.9	77.3	12.30	85.8	19.08	13.31	1,989	2.04	1.966	84.9	325.7	69.3	235.4
160	16	8.2	0.74	0.5	0.9	20.1	869	68.3	108.6	16.66	119.0	25.79	15.26	3,976	2.82	2.190	94.6	345.4	77.2	252.6
180	18	9.1	0.8	0.53	0.9	23.9	1320	101	146.7	22.20	160.9	34.28	17.20	7,470	3.92	2.434	105.5	373.4	86.1	274.9
200	20	10	0.85	0.56	1.2	28.5	1940	142	194.0	28.40	209.7	43.93	19.15	13,019	5.17	2.647	114.5	393.6	93.5	292.2
220	22	11	0.92	0.59	1.2	33.4	2770	205	251.8	37.27	273.3	57.41	21.08	22,774	7.09	2.929	127.1	430.9	103.8	320.8
240	24	12	0.98	0.62	1.5	39.1	3890	284	324.2	47.33	346.0	72.68	23.02	37,624	9.28	3.176	138.3	458.6	112.9	343.2
270	27	13.5	1.02	0.66	1.5	45.9	5790	420	428.9	62.22	460.5	95.67	25.98	70,871	11.94	3.567	155.2	497.2	126.7	375.9
300	30	15	1.07	0.71	1.5	53.8	8360	604	557.3	80.53	602.1	123.9	28.93	126,379	15.57	3.959	171.9	539.8	140.4	410.8
330	33	16	1.15	0.75	1.8	62.6	11770	788	713.3	98.50	762.8	151.5	31.85	199,841	20.54	4.194	182.1	564.3	148.6	431.2
360	36	17	1.27	0.8	1.8	72.7	16270	1040	903.9	122.4	973.7	188.9	34.73	313,605	28.93	4.470	194.1	603.6	158.5	460.7
400	40	18	1.35	0.86	2.1	84.5	23130	1320	1,157	146.7	1,238	225.6	38.65	492,961	37.43	4.696	202.8	622.8	165.6	478.0
450	45	19	1.46	0.94	2.1	98.8	33740	1680	1,500	176.8	1,624	272.8	43.54	796,207	51.07	4.939	211.6	647.1	172.8	498.4
500	50	20	1.6	1.02	2.1	116	48200	2140	1,928	214.0	2,107	332.2	48.40	1,253,270	71.17	5.183	220.4	676.1	180.0	521.5
550	55	21	1.72	1.11	2.4	134	67120	2670	2,441	254.3	2,662	395.1	53.28	1,894,871	94.74	5.398	229.0	699.0	187.0	540.4
600	60	22	1.9	1.2	2.4	156	92080	3390	3,069	308.2	3,376	480.0	58.10	2,860,829	133.0	5.664	239.2	736.2	195.3	568.5



INP	d (cm)	b _f (cm)	t _f (cm)	h _o (cm)	r (cm)	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	S _x (cm ³)	S _y (cm ³)	Z _x (cm ³)	Z _y (cm ³)	h _o (cm)	C _w (cm ⁶)	J (cm ⁴)	r _{ts} (cm)	F _y = 2400 kg/cm ² F _y = 3600 kg/cm ²			
																	L _p (cm)	L _r (cm)	L _p (cm)	L _r (cm)
80	8	4.2	0.59	0.39	0.39	7.57	77.8	6.29	19.5	3.0	22.9	5.5	7.4	86.3	0.7	1.1	46.8	263.0	38.2	179.6
100	10	5	0.68	0.45	0.45	10.6	171	12.2	34.2	4.9	40.1	8.9	9.3	264.9	1.3	1.3	55.0	285.5	44.9	196.6
120	12	5.8	0.77	0.51	0.51	14.2	328	21.5	54.7	7.4	64.1	13.6	11.2	677.9	2.2	1.5	63.1	311.6	51.6	216.0
140	14	6.6	0.86	0.57	0.57	18.2	573	35.2	81.9	10.7	96.1	19.7	13.1	1,519.4	3.6	1.7	71.4	338.8	58.3	236.1
160	16	7.4	0.95	0.63	0.63	22.8	935	54.7	116.9	14.8	137.1	27.4	15.1	3,097.4	5.4	1.9	79.5	366.9	64.9	256.9
180	18	8.2	1.04	0.69	0.69	27.9	1,450	81.3	161.1	19.8	188.4	36.9	17.0	5,846.3	7.9	2.1	87.6	394.4	71.5	277.2
200	20	9	1.13	0.75	0.75	33.4	2,140	117	214.0	26.0	250.9	48.3	18.9	10,415.2	11.2	2.3	96.0	425.4	78.4	299.9
220	22	9.8	1.22	0.81	0.81	39.5	3,060	162	278.2	33.1	325.9	61.8	20.8	17,488.2	15.3	2.5	103.9	453.4	84.8	320.6
240	24	10.6	1.31	0.87	0.87	46.1	4,250	221	354.2	41.7	414.5	77.6	22.7	28,444.7	20.6	2.7	112.3	483.9	91.7	343.0
260	26	11.3	1.41	0.94	0.94	53.3	5,740	288	441.5	51.0	518.1	95.1	24.6	43,536.1	27.5	2.8	119.3	513.1	97.4	364.0
280	28	11.9	1.52	1.01	1.01	61	7,590	364	542.1	61.2	636.3	114.0	26.5	63,808.3	36.4	3.0	125.3	540.4	102.3	383.3
300	30	12.5	1.62	1.08	1.08	69	9,800	451	653.3	72.2	768.0	134.4	28.4	90,811.6	46.7	3.1	131.2	565.4	107.1	401.3
320	32	13.1	1.73	1.15	1.15	77.7	12,510	555	781.9	84.7	920.2	157.9	30.3	127,132.9	59.7	3.3	137.1	592.6	112.0	420.5
340	34	13.7	1.83	1.22	1.22	86.7	15,700	674	923.5	98.4	1,087.3	183.0	32.2	174,382.1	74.3	3.4	143.1	617.6	116.8	438.5
360	36	14.3	1.95	1.3	1.3	97	19,610	818	1,089.4	114.4	1,284.4	212.9	34.1	237,097.8	94.2	3.6	149.0	648.1	121.7	459.7
380	38	14.9	2.05	1.37	1.37	107	24,010	975	1,263.7	130.9	1,491.7	243.5	36.0	315,023.1	114.6	3.7	154.9	673.5	126.5	477.9
400	40	15.5	2.16	1.44	1.44	118	29,210	1,160	1,460.5	149.7	1,725.2	278.0	37.8	415,241.0	139.6	3.9	160.9	701.4	131.4	497.6
425	42.5	16.3	2.3	1.53	1.53	132	36,970	1,440	1,739.8	176.7	2,056.5	327.7	40.2	581,774.4	177.5	4.1	169.5	739.2	138.4	524.3
450	45	17	2.43	1.62	1.62	147	45,850	1,730	2,037.8	203.5	2,411.1	377.5	42.6	783,778.6	219.5	4.3	176.0	769.5	143.7	545.9
475	47.5	17.8	2.56	1.71	1.71	163	56,480	2,090	2,378.1	234.8	2,815.6	436.5	44.9	1,055,242.9	269.7	4.4	183.7	803.7	150.0	570.3
500	50	18.5	2.7	1.8	1.8	179	68,740	2,480	2,749.6	268.1	3,257.8	498.2	47.3	1,387,119.8	329.5	4.6	191.0	836.5	155.9	593.4
550	55	20	3	1.9	1.9	212	99,180	3,490	3,606.5	349.0	4,260.5	644.2	52.0	2,359,240.0	472.0	5.0	208.2	906.2	170.0	643.1
600	60	21.5	3.24	2.16	2.16	264	139,000	4,670	4,633.3	434.4	5,500.7	811.3	56.8	3,761,331.9	667.3	5.3	215.8	969.2	176.2	687.5