

2022 年 7 月 12 日

株式会社 アイ・テック 荒木 景太

目次

1.	はじめに	2
2.	柱、梁断面の選定	2
2-1	柱断面の選定	2
2-2	梁断面の選定	4
3.	スプリットティの選定	6
4.	スプリットティ柱梁接合部の降伏耐力・最大耐力・初期剛性	7
4-1	スプリットティ柱梁接合部の降伏耐力 jMy	7
4-2	スプリットティ柱梁接合部の降伏耐力 jMu	9
5.	選定柱、梁、スプリットティに対する接合部耐力の検定結果	11
5-1	梁の降伏耐力 bMy に対する接合部検定結果	11
5-2	梁の全塑性耐力 bMp に対する接合部検定結果	11
6.	選定柱、梁、スプリットティに対する接合部剛性の検討	12
6-1	計算に使用した設計資料	12
6-2	接合部の初期剛性の算出方法	12
6-3	初期剛性 K の検討結果	16
6.3.1.	初期剛性 K の計算値	16
6.3.2.	K/bMy の計算結果	17
7.	計算結果一覧	18
7-1	各種耐力の計算結果	18
8-1	接合部剛性 K の計算結果	28

本日の検討事項です。

1. はじめに

本資料は、H形鋼柱梁接合方法としてスプリットティ形式を用いた場合に、梁の降伏耐力に対して接合部の降伏耐力が上回り、かつ梁の全塑性耐力に対して接合部が保有耐力接合できる梁断面、柱断面およびスプリットティの組み合わせを検討したものである。

本資料では、柱と梁の断面はJISのH形鋼の寸法規格を対象とし、まず2章で構造設計として使用が可能であるH形鋼柱梁の断面の選定過程および選定結果を示す。その後3章にてスプリットティの選定を行い、4章にてスプリットティ形式柱梁接合部の検定にあたり使用した計算式を示す。最後に5章では梁の降伏耐力に対して選定した柱・梁・スプリットティの組み合わせが梁の降伏モーメントに対して接合部の耐力を上回るかどうか、梁の塑性曲げモーメントに対して接合部が保有耐力計算できているか、最後に接合部の剛性を計算し、半剛接合としたときにどの程度の変形角が付加されるのかを検討した。

2. 柱、梁断面の選定

2-1 柱断面の選定

構造設計において適当なH形鋼柱断面を選定するにあたって、以下の条件に絞って選定を行った。①柱としての幅圧比がFAないしはFBであること②弱軸方向の断面二次半径が比較的大きくなるよう、H形鋼の幅は300以上であること③表サイズを使用すること

以上の①～③の条件は、主に低層である程度の柱軸力を負担する事務所等を想定した条件である。以下のJISH形鋼の規格表から①～③の組み合わせに適した組み合わせを選定した結果、以下の4断面となった。

H-300x300x10x15 (SM490)
H-390x300x10x16 (SM490)
H-440x300x11x18 (SM490)
H-488x300x11x18 (SS400)

以上の4断面の中での鋼材の種類については、SM490で①～③の条件に当てはまる場合は、SM490を採用することとした。これは、接合部パネルの耐力を考慮すると、鋼材種はなるべく高強度にしておくべきということが、構造設計上経験的に知られているためである。この接合部パネルを考慮した検討は、次節の梁断面の選定にて行う。

広幅H形鋼

呼 称	寸 法 mm					断面積 cm ²	単位 質量 kg/m	断面二次 モーメント cm ⁴			断面二次半径 cm		断面係数 cm ³		曲げ応力のための 断面性能		鋼 種	h ₀ と なる最大 横座屈長 l ₀ (m)	幅厚比 種 別	幅厚比規定による 有効断面性能					塑性断面係数 cm ³	
	H	B	t ₁	t ₂	r			I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	i _b	η	Z _{xe} cm ³				Z _{ye} cm ³	A ₀ cm ²	Z _{px}	Z _{py}			
100×100	100	100	6	8	8	21.59	16.9	378	134	4.18	2.49	75.6	26.7	2.75	3.44	SN400 SN490	4.54 3.29	FA FA	FA FA	75.6 75.6	26.7 26.7	21.59 21.59	86.4	41.0		
125×125	125	125	6.5	9	8	30.00	23.6	839	293	5.29	3.13	134	46.9	3.45	3.84	SN400 SN490	5.11 3.70	FA FA	FA FA	134 134	46.9 46.9	30.00 30.00	152	71.7		
150×150	150	150	7	10	8	39.65	31.1	1,620	563	6.40	3.77	216	75.1	4.15	4.15	SN400 SN490	5.68 4.11	FA FA	FA FA	216 216	75.1 75.1	39.65 39.65	243	114		
175×175	175	175	7.5	11	13	51.43	40.4	2,900	984	7.50	4.37	331	112	4.80	4.36	SN400 SN490	6.25 4.52	FA FA	FA FB	331 331	112 112	51.43 51.43	370	172		
200×200	200	200	8	12	13	63.53	49.9	4,720	1,600	8.62	5.02	472	160	5.50	4.59	SN400 SN490	6.82 4.93	FA FB	FA FB	472 472	160 160	63.53 63.53	525	244		
	*200	204	12	12	13	71.53	56.2	4,980	1,700	8.35	4.88	498	167	5.53	4.52	SN400 SN490	6.95 5.03	FA FB	FA FB	498 498	167 167	71.53 71.53	565	257		
	*208	202	10	16	13	83.69	65.7	6,530	2,200	8.83	5.13	628	218	5.61	3.61	SN400 SN490	8.83 6.38	FA FA	FA FA	628 628	218 218	83.69 83.69	710	332		
250×250	*244	252	11	11	13	81.31	63.8	8,700	2,940	10.3	6.01	713	233	6.80	5.99	SN400 SN490	6.45 4.67	FB FC	FC FC	713 713	233 233	81.31 81.31	797	357		
	*248	249	8	13	13	83.95	65.9	9,850	3,350	10.8	6.31	794	269	6.88	5.27	SN400 SN490	7.41 5.36	FB FB	FC FC	794 794	269 269	83.95 83.95	875	408		
	250	250	9	14	13	91.43	71.8	10,700	3,650	10.8	6.32	860	292	6.91	4.93	SN400 SN490	7.95 5.75	FA FB	FA FB	860 860	292 292	91.43 91.43	953	443		
	*250	255	14	14	13	103.9	81.6	11,400	3,880	10.5	6.11	912	304	6.93	4.85	SN400 SN490	8.11 5.87	FA FB	FB FB	912 912	304 304	103.9 103.9	1,030	467		
	*294	302	12	12	13	106.3	83.4	16,600	5,510	12.5	7.20	1,130	365	8.16	6.62	SN400 SN490	7.00 5.06	FC FC	FC FC	1,130 1,130	365 365	106.3 106.3	1,260	558		
300×300	*298	299	9	14	13	109.5	86.0	18,600	6,240	13.0	7.55	1,250	417	8.25	5.88	SN400 SN490	7.98 5.77	FB FC	FB FC	1,250 1,250	417 417	109.5 109.5	1,370	632		
	300	300	10	15	13	118.5	93.0	20,200	6,750	13.1	7.55	1,350	450	8.28	5.52	SN400 SN490	8.52 6.16	FB FB	FB FC	1,350 1,350	450 450	118.5 118.5	1,480	683		
	*300	305	15	15	13	133.5	105	21,300	7,100	12.6	7.30	1,420	466	8.28	5.43	SN400 SN490	8.66 6.26	FB FB	FB FC	1,420 1,420	466 466	133.5 133.5	1,600	714		
	*304	301	11	17	13	133.5	105	23,200	7,730	13.2	7.61	1,520	514	8.34	4.95	SN400 SN490	9.56 6.91	FA FB	FA FB	1,520 1,520	514 514	133.5 133.5	1,690	779		

中幅H形鋼

呼 称	寸 法 mm					断面積 cm ²	単位 質量 kg/m	断面二次 モーメント cm ⁴		断面二次半径 cm		断面係数 cm ³		曲げ応力のための 断面性能		鋼 種	h ₀ と なる最大 横座屈長 λ ₀ (m)	幅厚比 種 別		幅厚比規定による 有効断面性能			塑性断面係数 cm ³	
	H	B	t ₁	t ₂	r			I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	i _b	η			柱	梁	Z _{xe} cm ³	Z _{ye} cm ³	A ₀ cm ²	Z _{px}	Z _{py}
150×100	148	100	6	9	8	26.35	20.7	1,000	150	6.17	2.39	135	30.1	2.71	4.46	SN400 SN490	3.45 2.50	FA FA	FA FA	135 135	30.1 30.1	26.35 26.35	154	46.4
200×150	194	150	6	9	8	38.11	29.9	2,630	507	8.30	3.65	271	67.6	4.09	5.87	SN400 SN490	3.95 2.86	FA FB	FA FB	271 271	67.6 67.6	38.11 38.11	301	103
250×175	244	175	7	11	13	55.49	43.6	6,040	984	10.4	4.21	495	112	4.72	5.99	SN400 SN490	4.48 3.24	FA FA	FA FB	495 495	112 112	55.49 55.49	550	172
300×200	294	200	8	12	13	71.05	55.8	11,100	1,600	12.5	4.75	756	160	5.38	6.59	SN400 SN490	4.64 3.35	FA FB	FA FB	756 756	160 160	71.05 71.05	842	245
	*298	201	9	14	13	82.03	64.4	13,100	1,900	12.6	4.81	878	189	5.44	5.76	SN400 SN490	5.36 3.88	FA FA	FA FA	878 878	189 189	82.03 82.03	982	289
350×250	*336	249	8	12	13	86.17	67.6	18,100	3,090	14.5	5.99	1,070	248	6.73	7.56	SN400 SN490	5.05 3.65	FB FC	FB FC	1,070 1,070	248 248	86.17 86.17	1,190	378
	340	250	9	14	13	99.53	78.1	21,200	3,650	14.6	6.05	1,250	292	6.79	6.60	SN400 SN490	5.85 4.23	FA FB	FA FB	1,250 1,250	292 292	99.53 99.53	1,380	445
400×300	*386	299	9	14	13	117.4	92.2	32,900	6,240	16.7	7.29	1,700	417	8.14	7.50	SN400 SN490	6.16 4.45	FB FC	FB FC	1,700 1,700	417 417	117.4 117.4	1,870	634
	390	300	10	16	13	133.3	105	37,900	7,200	16.9	7.35	1,940	480	8.19	6.66	SN400 SN490	6.99 5.06	FA FB	FB FC	1,940 1,940	480 480	133.3 133.3	2,140	730
450×300	*434	299	10	15	13	131.6	103	45,500	6,690	18.6	7.13	2,090	447	8.07	7.81	SN400 SN490	5.87 4.24	FB FC	FB FC	2,090 2,090	447 447	131.6 131.6	2,320	682
	440	300	11	18	13	153.9	121	54,700	8,110	18.9	7.26	2,490	540	8.16	6.65	SN400 SN490	6.97 5.04	FA FB	FA FB	2,490 2,490	540 540	153.9 153.9	2,760	823
500×300	*446	302	13	21	13	180.8	142	65,000	9,650	19.0	7.31	2,920	639	8.24	5.79	SN400 SN490	8.08 5.84	FA FA	FA FA	2,920 2,920	639 639	180.8 180.8	3,250	976
	*482	300	11	15	13	141.2	111	58,300	6,760	20.3	6.92	2,420	450	7.99	8.56	SN400 SN490	5.30 3.83	FB FD	FB FC	2,420 2,420	450 450	141.2 141.2	2,700	690
	488	300	11	18	13	159.2	125	68,900	8,110	20.8	7.14	2,820	540	8.10	7.32	SN400 SN490	6.29 4.55	FA FD	FA FB	2,820 2,820	540 540	159.2 159.2	3,130	825
	*494	302	13	21	13	187.1	147	81,700	9,650	20.9	7.18	3,310	639	8.18	6.37	SN400 SN490	7.29 5.27	FA FA	FA FA	3,310 3,310	639 639	187.1 187.1	3,700	978

2-2 梁断面の選定

H 形鋼材柱を前節のように選定した場合、接合部パネルの耐力が梁の耐力を上回るように設計を行うという条件から、接合が可能な H 形鋼梁の断面が決定される。以下は接合部パネルの断面積を梁フランジの断面積に変換する過程を示した表である。まず柱には同材質のダブルプレート 16mm を片面溶接すると想定し、そこからダブルプレートと柱ウェブがパネルゾーンとして作用したときの断面積と、そこから許容せん断応力度をかけて導かれるパネルゾーンのせん断耐力を算出した。このパネルゾーンのせん断耐力を梁の許容引張応力度を除すと断面積が算出されるが、この断面積が梁フランジの断面積の上限と概ね解釈ができる。このときに注意しなければならないのは、接合部形状が片側接合部(ト字形、L 字形)であれば、パネルゾーンのせん断耐力を梁の許容引張応力度で除した値がそのまま梁フランジの断面積の上限に相当するが、両側梁接合部(十字型、T 字形)の場合は、2 方向から生じる梁の曲げモーメントが接合部パネルのせん断力として入力されることになるので、パネルゾーンのせん断耐力を梁の許容引張応力度を除すと断面積の 1/2 が梁フランジの断面積の上限となる。

柱断面	ダブルプレート(mm)	パネルゾーン断面積(mm ²)	パネルゾーンせん断耐力(kN)	接合部形状	梁の材種	梁フランジ断面積の上限
H-300x300x10x15 (SM490)	16	(10+16x0.7)x300 =6360	1193	ト字形 L 字形	SS400	5076
H-390x300x10x16 (SM490)	16	(10+16x0.7)x390 =8268	1551	十字型 T 字形	SS400	3300
H-440x300x11x18 (SM490)	16	(11+16x0.7)x440 =9768	1832	十字型 T 字形	SS400	3897
H-488x300x11x18 (SS400)	16	(11+16x0.7)x488 =10833	1469	十字型 T 字形	SS400	3125

以上の計算の結果、上記で示した全ての柱で適用が可能な梁としては、梁フランジの断面積がおおよそ 3000mm² 以下の梁がこれに相当するものと考えられる。本資料では、梁せいを 400mm～600mm に限定するとしてこれを満足する梁断面を選定すると、以下の 8 断面がおおよそ条件を満足する梁断面として選定される。

H-396x199x7x11	(SS400)
H-400x200x8x13	(SS400)
H-446x199x8x12	(SS400)
H-450x200x9x14	(SS400)
H-496x199x9x14	(SS400)
H-500x200x10x16	(SS400)
H-596x199x10x15	(SS400)
H-600x200x11x17	(SS400)

細幅H形鋼

呼 称	寸 法 mm					断面積 cm ²	単位 質量 kg/m	断面二次 モーメント cm ⁴		断面二次半径 cm		断面係数 cm ³		曲げ応力のための 断面性能		鋼 種	h ₀ =hと なる最大 横座屈長 L ₀ (m)	幅厚比 種 別		幅厚比規定による 有効断面性能			塑性断面係数 cm ³	
	H	B	t ₁	t ₂	r			I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	I ₀	η			柱	梁	Z _{xx} cm ³	Z _{yy} cm ³	A ₀ cm ²	Z _{px}	Z _{py}
150×75	150	75	5	7	8	17.85	14.0	666	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2	1.96	5.60	SN400 SN490	1.99 1.44	FA FA	FA FA	88.8 13.2	13.2 17.85	17.85 17.85	102	20.8
175×90	175	90	5	8	8	22.90	18.0	1,210	97.5	7.26	2.06	138	21.7	2.39	5.81	SN400 SN490	2.34 1.69	FA FA	FA FA	138 138	21.7 22.90	22.90 22.90	156	33.6
200×100	*198	99	4.5	7	8	22.69	17.8	1,540	113	8.25	2.24	156	22.9	2.60	7.43	SN400 SN490	1.99 1.44	FA FA	FA FA	156 156	22.9 22.9	22.69 22.69	175	35.5
	200	100	5.5	8	8	26.67	20.9	1,810	134	8.23	2.24	181	26.7	2.63	6.57	SN400 SN490	2.27 1.64	FA FA	FA FA	181 181	26.7 26.7	26.67 26.67	205	41.6
250×125	*248	124	5	8	8	31.99	25.1	3,450	255	10.4	2.82	278	41.1	3.27	8.19	SN400 SN490	2.27 1.64	FC FD	FA FB	278 278	41.1 41.1	31.99 31.38	312	63.2
	250	125	6	9	8	36.97	29.0	3,960	294	10.4	2.82	317	47.0	3.30	7.33	SN400 SN490	2.56 1.85	FA FC	FA FA	317 317	47.0 47.0	36.97 36.97	358	72.7
300×150	*298	149	5.5	8	13	40.80	32.0	6,320	442	12.4	3.29	424	59.3	3.85	9.61	SN400 SN490	2.27 1.64	FD FD	FB FB	424 424	59.3 59.3	40.80 39.05	475	91.8
	300	150	6.5	9	13	46.78	36.7	7,210	508	12.4	3.29	481	67.7	3.87	8.61	SN400 SN490	2.56 1.85	FB FD	FA FB	481 481	67.7 67.7	46.78 46.78	542	105
350×175	*346	174	6	9	13	52.45	41.2	11,000	791	14.5	3.88	638	91.0	4.53	10.0	SN400 SN490	2.57 1.86	FD FD	FB FC	638 638	91.0 91.0	51.59 49.01	712	140
	350	175	7	11	13	62.91	49.4	13,500	984	14.6	3.96	771	112	4.60	8.35	SN400 SN490	3.12 2.26	FC FD	FA FB	771 771	112 112	62.91 61.75	864	173
	*354	176	8	13	13	73.45	57.7	16,000	1,180	14.8	4.01	906	134	4.65	7.20	SN400 SN490	3.67 2.65	FA FD	FA FA	906 906	134 134	73.45 73.45	1,020	208
400×200	*396	199	7	11	13	71.41	56.1	19,800	1,450	16.6	4.50	999	145	5.23	9.45	SN400 SN490	3.14 2.27	FD FD	FB FB	999 999	145 145	70.54 67.03	1,110	223
	400	200	8	13	13	83.37	65.4	23,500	1,740	16.8	4.56	1,170	174	5.29	8.13	SN400 SN490	3.69 2.67	FC FD	FA FB	1,170 1,170	174 174	83.37 81.62	1,310	267
	*404	201	9	15	13	95.41	74.9	27,200	2,030	16.9	4.62	1,350	202	5.34	7.16	SN400 SN490	4.24 3.07	FA FD	FA FA	1,350 1,350	202 202	95.41 95.41	1,510	312
450×200	*446	199	8	12	13	82.97	65.1	28,100	1,580	18.4	4.36	1,260	159	5.16	9.64	SN400 SN490	3.04 2.20	FD FD	FA FB	1,260 1,260	159 159	81.98 77.38	1,420	245
	450	200	9	14	13	95.43	74.9	32,900	1,870	18.6	4.43	1,460	187	5.23	8.40	SN400 SN490	3.53 2.56	FC FD	FA FA	1,460 1,460	187 187	95.43 92.81	1,650	290
	*456	201	10	17	13	112.0	87.9	39,800	2,310	18.9	4.54	1,750	229	5.31	7.09	SN400 SN490	4.26 3.08	FA FD	FA FA	1,750 1,750	229 229	112.0 112.0	1,980	355
500×200	*496	199	9	14	13	99.29	77.9	40,800	1,840	20.3	4.31	1,650	185	5.14	9.16	SN400 SN490	3.19 2.31	FD FD	FA FB	1,650 1,650	185 185	98.35 92.53	1,870	288
	500	200	10	16	13	112.3	88.2	46,800	2,140	20.4	4.36	1,870	214	5.20	8.13	SN400 SN490	3.64 2.63	FC FD	FA FA	1,870 1,870	214 214	112.3 108.8	2,130	333
	*506	201	11	19	13	129.3	102	55,500	2,580	20.7	4.46	2,190	257	5.28	7.00	SN400 SN490	4.29 3.10	FA FD	FA FA	2,190 2,190	257 257	129.3 129.3	2,500	399
600×200	*596	199	10	15	13	117.8	92.5	66,600	1,980	23.8	4.10	2,240	199	5.03	10.0	SN400 SN490	2.85 2.06	FD FD	FA FC	2,240 2,240	199 199	111.7 104.5	2,580	312
	600	200	11	17	13	131.7	103	75,600	2,270	24.0	4.16	2,520	227	5.09	8.98	SN400 SN490	3.22 2.33	FD FD	FA FB	2,520 2,520	227 227	130.3 121.6	2,900	358
	*606	201	12	20	13	149.8	118	88,300	2,720	24.3	4.26	2,910	270	5.17	7.80	SN400 SN490	3.77 2.72	FC FD	FA FA	2,910 2,910	270 270	149.8 143.7	3,360	426
	*612	202	13	23	13	168.0	132	101,000	3,170	24.6	4.35	3,310	314	5.25	6.91	SN400 SN490	4.31 3.12	FB FD	FA FA	3,310 3,310	314 314	168.0 166.7	3,820	495

3. スプリットティの選定

スプリットティの選定に当たっては、以下の接合部設計指針のスプリットティ柱梁接合部の設計例を参考とした。この設計例では、柱が H-250x250x9x14、梁が H-350x175x7x11 に対して、本資料と同様に梁の降伏耐力が接合部の降伏耐力を上回り、梁の全塑性耐力に対して接合部が保有耐力接合が可能となることを確認する過程が示されている。この設計例にて使用しているスプリットティが H-900x300x16x28(SM490)から切り出していることを考えると、本資料では設計例よりも耐力の大きい梁を使用するため、採用するスプリットティとしては H-900x300x16x28(SM490)とした。また使用するボルトも、かなり強度の高いボルトを使用する必要があることが想定されるため、ティフランジ側は 4-SHTBM22、ティウェブ側は 6-SHTBM22 とした。

柱は H-250×250×9×14，梁は H-350×175×7×11(いずれも SN 400 材)とし，スプリットティは H-900×300×16×28 (SN 490 材) から切り出すものとする．スプリットティは，柱フランジとは M 22 (F10T) 4 本，梁フランジとは M 20 (F10T) 8 本で接合する．

短期荷重時作用応力は，曲げモーメント $M_j=130 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ，せん断力 $Q_j=40 \text{ kN}$ とする．ただし，せん断力に対する設計は省略する．

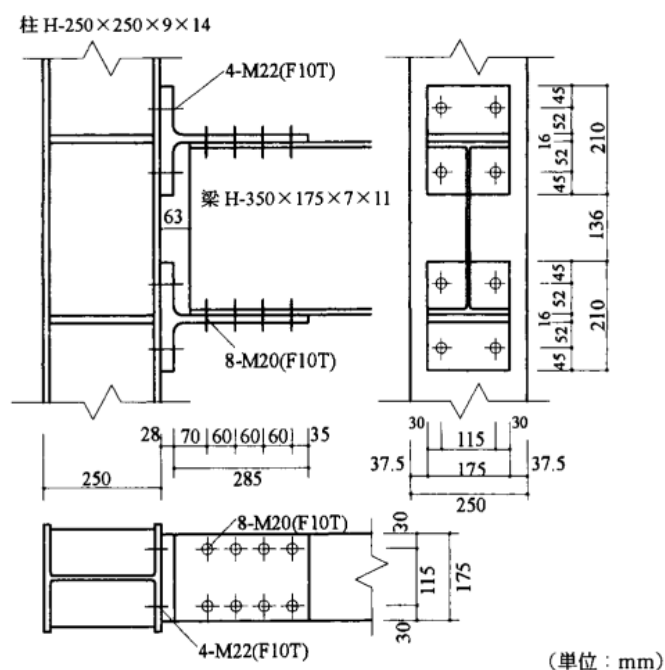


図 C 4.94

4. スプリットティ柱梁接合部の降伏耐力・最大耐力・初期剛性

スプリットティ形式柱梁接合部の降伏耐力および最大体力、初期剛性を算出は、構造像設計指針に掲載されている以下の式を用いて行った。

4-1 スプリットティ柱梁接合部の降伏耐力 jM_y

(1) 降伏耐力

1) 降伏曲げ耐力

スプリットティ形式柱梁接合部の降伏曲げ耐力 jM_y は (4.14) 式による。

$$jM_y = \min\{jM_{y1}, jM_{y2}, jM_{y3}\} \quad (4.14)$$

ただし、

$$jM_{y1} = cP_y \cdot d_t \quad (4.15.a)$$

$$jM_{y2} = 2T_{fy} \cdot d_t \quad (4.15.b)$$

$$jM_{y3} = T_{wy} \cdot d_t \quad (4.15.c)$$

$$cP_y = 8cM_0 \left\{ \frac{b_1}{h} + \frac{b_1}{h_m} + \pi + \frac{2}{\pi} \left(\frac{h}{b_2} - 1 \right)^2 + \frac{2}{\pi} \left(\frac{h_m}{b_2} - 1 \right)^2 \right\} \quad \text{かつ} \quad cP_y \leq 16\pi \cdot cM_0$$

$$cM_0 = \frac{ct_f^2}{4} cF_y$$

$$h_m = \frac{b_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{b_2}{2} \right)^2 + \frac{\pi \cdot b_1 \cdot b_2}{4}}$$

各記号は図 4.5 参照のこと。

記号 jM_{y1} : 柱フランジの面外引張耐力による降伏曲げ耐力

jM_{y2} : スプリットティ接合部の降伏耐力による降伏曲げ耐力

jM_{y3} : ティウェブ接合部の降伏引張耐力による降伏曲げ耐力

cP_y : 柱フランジの面外降伏引張耐力

T_{fy} : 片側のティフランジ当たりの降伏引張耐力 ((2.21) 式により算定する)

T_{wy} : ティウェブ接合部の降伏引張耐力

d_t : 上下のティウェブの板厚中心間距離

ct_f : 柱フランジの板厚

cF_y : 柱フランジの降伏強さ

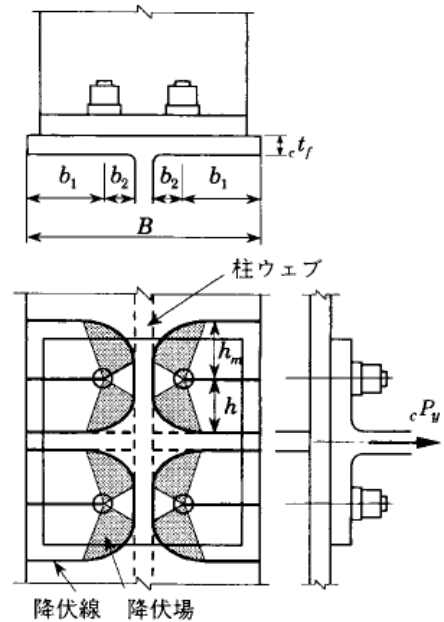


図 4.5 H 形柱フランジの降伏線モデル

(3) 高力ボルト引張接合部

1) スプリットティ形式引張接合部の降伏引張耐力

スプリットティ形式引張接合部の片側のティフランジ当たりの降伏引張耐力 T_y は (2.21) 式による。

$$T_y = \min\{T_{y1}, T_{y2}, T_{y3}\} \quad (2.21)$$

ただし、

$$T_{y1} = n \cdot p_{by} \quad (2.22.a)$$

$$T_{y2} = \frac{w \cdot M_0 + l_1 \cdot n \cdot p_{by}}{l} \quad (2.22.b)$$

$$T_{y3} = \frac{2w \cdot M_0}{l_2} \quad (2.22.c)$$

記号〔図 2.5 参照〕

n : ティフランジの片側を接合している高力ボルトの本数

p_{by} : 高力ボルト 1 本当たりの離間耐力

w : ティフランジの幅

M_0 : ティフランジの単位幅当たりの全塑性曲げ耐力

$$M_0 = \frac{t_f^2 \cdot F_y}{4}$$

t_f : ティフランジの板厚

F_y : ティフランジの降伏強さ

l : ティフランジの片側の有効長さ。ティウェブ表面からティフランジ外側までの長さからフィレットの長さの 1/2 を差し引いた長さ

l_1 : 高力ボルトのはしあき寸法

l_2 : ティフランジ片側の有効長さから高力ボルトのはしあき寸法を差し引いた長さ

4-2 スプリットティ柱梁接合部の降伏耐力 jM_u

(2) 最大耐力

1) 最大曲げ耐力

スプリットティ形式柱梁接合部の最大曲げ耐力 jM_u は (4.18) 式による.

$$jM_u = \min\{jM_{u1}, jM_{u2}, jM_{u3}\} \quad (4.18)$$

ただし,

$$jM_{u1} = cP_u \cdot d_t \quad (4.19.a)$$

$$jM_{u2} = 2T_{fu} \cdot d_t \quad (4.19.b)$$

$$jM_{u3} = T_{wu} \cdot d_t \quad (4.19.c)$$

$$cP_u = 8cM_u \left\{ \frac{b_1}{h} + \frac{b_1}{h_m} + \pi + \frac{2}{\pi} \left(\frac{h}{b_2} - 1 \right)^2 + \frac{2}{\pi} \left(\frac{h_m}{b_2} - 1 \right)^2 \right\} \quad \text{かつ} \quad cP_u \leq 16\pi \cdot cM_u$$

$$cM_u = \frac{ct_f^2}{4} cF_u$$

$$h_m = \frac{b_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{b_2}{2} \right)^2 + \frac{\pi \cdot b_1 \cdot b_2}{4}}$$

記号 jM_{u1} : 柱フランジの面外引張耐力による最大曲げ耐力

jM_{u2} : ティフランジの引張耐力による最大曲げ耐力

jM_{u3} : ティウェブ接合部の引張耐力による最大曲げ耐力

cP_u : 柱フランジの面外最大引張耐力

T_{fu} : 片側のティフランジ当たりの最大引張耐力 ((2.23) 式により算定する)

T_{wu} : ティウェブ接合部の最大引張耐力

cF_u : 柱フランジの引張強さ

2) スプリットティ形式引張接合部の最大引張耐力

スプリットティ形式引張接合部の片側のティフランジ当たりの最大引張耐力 T_u は (2.23) 式による。

$$T_u = \min\{T_{u1}, T_{u2}, T_{u3}\} \quad (2.23)$$

ただし、

$$T_{u1} = n \cdot p_{bu} \quad (2.24.a)$$

$$T_{u2} = \frac{w \cdot M_u + l_1 \cdot n \cdot p_{bu}}{l} \quad (2.24.b)$$

$$T_{u3} = \frac{2w \cdot M_u}{l_2} \quad (2.24.c)$$

記号〔図 2.5 参照〕

p_{bu} ：高力ボルト 1 本当たりの最大引張耐力

M_u ：ティフランジの単位幅当たりの最大曲げ耐力 $M_u = \frac{t_f^2 \cdot F_u}{4}$

F_u ：ティフランジの引張強さ

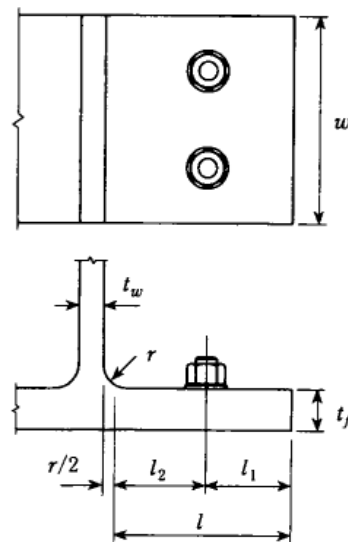


図 2.5 スプリットティ形式引張接合部

5. 選定柱、梁、スプリットティに対する接合部耐力の検定結果

5-1 梁の降伏耐力 bMy に対する接合部検定結果

bMy/jMy の検定

	柱剛	H-300x300	H-390x300	H-440x300	H-488x300
H-396x199	0.63	0.69	0.63	0.63	0.63
H-400x200	0.73	0.80	0.73	0.73	0.73
H-446x199	0.71	0.78	0.71	0.71	0.71
H-450x200	0.82	0.90	0.82	0.82	0.82
H-496x199	0.84	0.93	0.84	0.84	0.84
H-500x200	0.94	1.04	0.94	0.94	0.94
H-596x199	0.95	1.05	0.95	0.95	0.95
H-600x200	1.06	1.18	1.06	1.06	1.06

5-2 梁の全塑性耐力 bMp に対する接合部検定結果

$1.3xbMp/jMu$ の検定

	柱剛	H-300x300	H-390x300	H-440x300	H-488x300
H-396x199	0.61	0.67	0.61	0.61	0.61
H-400x200	0.72	0.79	0.72	0.72	0.72
H-446x199	0.70	0.76	0.70	0.70	0.70
H-450x200	0.81	0.88	0.81	0.81	0.81
H-496x199	0.83	0.91	0.83	0.83	0.83
H-500x200	0.95	1.04	0.95	0.95	0.95
H-596x199	0.96	1.06	0.96	0.97	0.96
H-600x200	1.08	1.18	1.08	1.08	1.08

6. 選定柱、梁、スプリットティに対する接合部剛性の検討

6-1 計算に使用した設計資料

スプリットティの剛性に関する設計は、Eurocode で用意されている。調べたところ、Eurocode3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints (EN1993-1-8:2005)に設計法が用意されていたので、本資料では上記資料から、選定した柱、梁、スプリットティに対する接合部剛性を検討した。

6-2 接合部の初期剛性の算出方法

EN1993-1-8:2005 pp.92 に、以下の初期剛性の算出方法が記載されている。

EN1993-1-8:2005 6.3.1

- (4) Provided that the axial force N_{Ed} in the connected member does not exceed 5% of the design resistance $N_{pl,Rd}$ of its cross-section, the rotational stiffness S_j of a beam-to-column joint or beam splice, for a moment $M_{j,Ed}$ less than the design moment resistance $M_{j,Rd}$ of the joint, may be obtained with sufficient accuracy from:

$$S_j = \frac{Ez^2}{\mu \sum_i \frac{1}{k_i}} \quad \dots (6.27)$$

where:

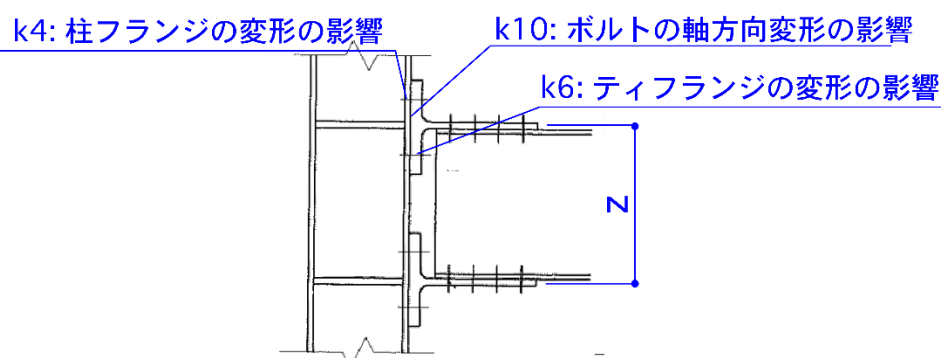
k_i is the stiffness coefficient for basic joint component i ;

z is the lever arm, see 6.2.7;

μ is the stiffness ratio $S_{j,ini}/S_j$, see 6.3.1(6).

NOTE: The initial rotational stiffness $S_{j,ini}$ of the joint is given by expression (6.27) with $\mu = 1,0$.

上記の (6.27) 式において、 $\mu = 1.0$ としたときの剛性を接合部の初期剛性とするとの記載があるので、本資料では $\mu = 1.0$ としたときの剛性を算出した。 z の lever arm は、ティウェブ間の中心間距離をとり、 k_i は以下に示す柱やティフランジ等の変形を考慮した剛性 k_4 , k_6 , k_{10} の 3 つを入力した。



k4 および k6 はほぼ同じ形式の式となっており、先ほどの(6.27)式に k4 または k6 を代入すれば、オーダーは接合部設計指針(4.22)式の初期剛性に対応する値となっている。

<i>Column flange in bending</i> (for a single bolt-row in tension)	$k_4 = \frac{0,9 \ell_{eff} t_{fc}^3}{m^3}$ <p>ℓ_{eff} is the smallest of the effective lengths (individually or as part of a bolt group) for this bolt-row given in Table 6.4 for an unstiffened column flange or Table 6.5 for a stiffened column flange;</p> <p>m is as defined in Figure 6.8.</p>
---	--

<i>Flange cleat in bending</i>	$k_6 = \frac{0,9 \ell_{eff} t_a^3}{m^3}$ <p>ℓ_{eff} is the effective length of the flange cleat from Figure 6.12;</p> <p>m is as defined in Figure 6.13.</p>
--------------------------------	---

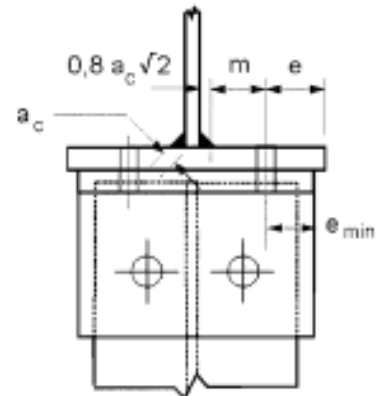
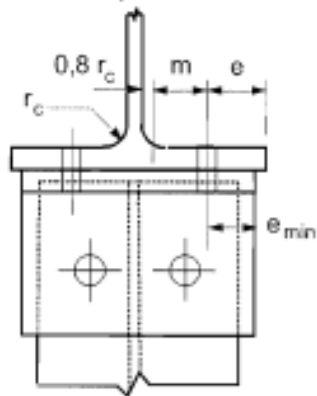
計算に使用した m および ℓ_{eff} は、k4 の算出には Table 6.5 および Figure 6.8 から計算し、k10 の場合は Figure 6.12 と Figure 6.13 から計算した。実際の使用した値は、次章の計算詳細にて示した。

Table 6.5: Effective lengths for a stiffened column flange

Bolt-row Location	Bolt-row considered individually		Bolt-row considered as part of a group of bolt-rows	
	Circular patterns $\ell_{eff,cp}$	Non-circular patterns $\ell_{eff,nc}$	Circular patterns $\ell_{eff,cp}$	Non-circular patterns $\ell_{eff,nc}$
Bolt-row adjacent to a stiffener	$2\pi m$	αm	$\pi m + p$	$0,5p + \alpha m - (2m + 0,625e)$
Other inner bolt-row	$2\pi m$	$4m + 1,25e$	$2p$	p
Other end bolt-row	The smaller of: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	The smaller of: $4m + 1,25e$ $2m + 0,625e + e_1$	The smaller of: $\pi m + p$ $2e_1 + p$	The smaller of: $2m + 0,625e + 0,5p$ $e_1 + 0,5p$
End bolt-row adjacent to a stiffener	The smaller of: $2\pi m$ $\pi m + 2e_1$	$e_1 + \alpha m - (2m + 0,625e)$	not relevant	not relevant
For Mode 1:	$\ell_{eff,1} = \ell_{eff,nc}$ but $\ell_{eff,1} \leq \ell_{eff,cp}$		$\sum \ell_{eff,1} = \sum \ell_{eff,nc}$ but $\sum \ell_{eff,1} \leq \sum \ell_{eff,cp}$	
For Mode 2:	$\ell_{eff,2} = \ell_{eff,nc}$		$\sum \ell_{eff,2} = \sum \ell_{eff,nc}$	

α should be obtained from Figure 6.11.

[AC2] e_1 is the distance from the centre of the fasteners in the end row to the adjacent stiffener of the column flange measured in the direction of the axis of the column profile (see row 1 and row 4 in Figure 6.9). **[AC2]**



c) Angle flange cleats.

Figure 6.8: Definitions of e , e_{min} , r_c and m

- (3) The dimensions e_{min} and m for use in 6.2.4 should be determined from Figure 6.13.

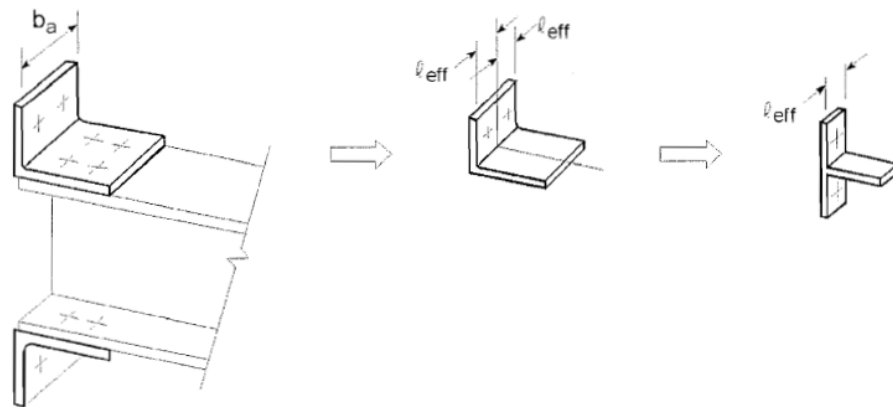
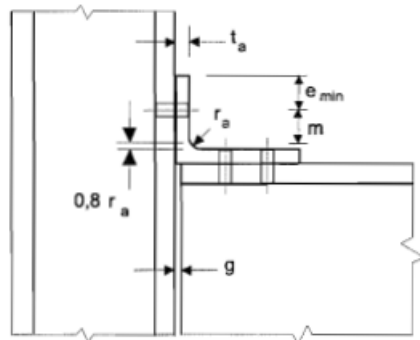
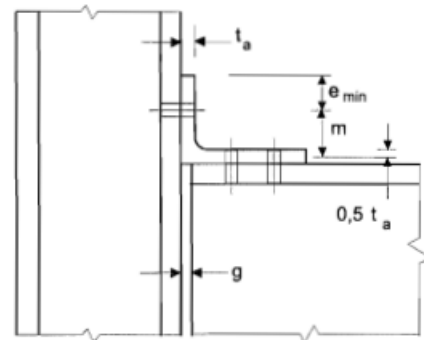


Figure 6.12: Effective length l_{eff} of an angle flange cleat



a) Gap $g \leq 0,4 t_a$



b) Gap $g > 0,4 t_a$

Notes:

- The number of bolt-rows connecting the cleat to the column flange is limited to one;
- The number of bolt-rows connecting the cleat to the beam flange is not limited;
- The length b_a of the cleat may be different from both the width of the beam flange and the width of the column flange.

Figure 6.13: Dimensions e_{min} and m for a bolted angle cleat

K10 はボルトの軸変形を考慮した以下の値を入力した。

Component	Stiffness coefficient k_i
<i>Bolts in tension</i> (for a single bolt-row)	$k_{10} = 1,6 A_s / L_b$ <p style="text-align: right;">preloaded or non-preloaded</p> <p>L_b is the bolt elongation length, taken as equal to the grip length (total thickness of material and washers), plus half the sum of the height of the bolt head and the height of the nut.</p>

6-3 初期剛性 K の検討結果

6.3.1. 初期剛性 K の計算値

下表は、2章で選定したそれぞれの柱について、接合部の剛性値を計算した。中の赤および青の表示は、4章にて検討した耐力の検討結果を示しており、青で示した部分は梁に対して接合部の耐力が上回る設計ができている柱梁の組み合わせを示し、赤で示した部分は今回用いたスプリットティでは梁の耐力を接合部の耐力が上回る設計ができていない組み合わせを示している。

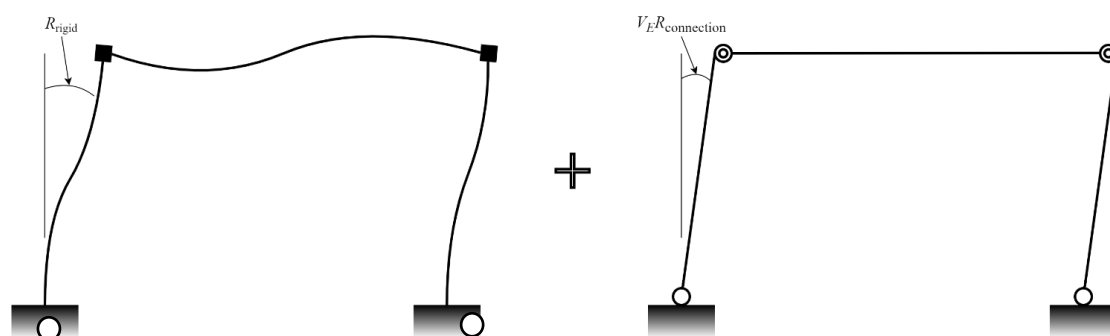
($\times 10^5 \text{kNm/rad}$)

	柱剛	H-300x300	H-390x300	H-440x300	H-488x300
H-396x199	2.5	0.625	0.727	0.939	0.939
H-400x200	2.55	0.637	0.741	0.957	0.957
H-446x199	3.14	0.786	0.914	1.18	1.18
H-450x200	3.2	0.8	0.93	1.20	1.20
H-496x199	3.86	0.966	1.12	1.45	1.45
H-500x200	3.92	0.981	1.14	1.47	1.47
H-596x199	5.52	1.38	1.6	2.07	2.07
H-600x200	5.59	1.39	1.62	2.09	2.09

6.3.2. K/bMy の計算結果

もしある架構において、接合部に生じているモーメントがわかっている場合、下図に示すように剛接合として計算した架構解析から得られた柱の層間変形角と、接合部に生じているモーメントから計算された柱の層間変形角のたしあわせで、半剛接合部を有する架構の柱の層間変形角を計算することが可能である場合があるかもしれない。

ここでは上記の仮定が成り立つ場合の架構の目安として、 K/bMy を計算することとした。この値は、梁が降伏モーメント bMy に到達したときに、半剛接合部により柱の層間変形角がどの程度生じるかを計算した値となっている。



下表は2章で採用した柱、梁、スプリットティの組み合わせにおいて K/bMy の計算結果を示したものであり、青色・赤色の表記は、前項で示した K の計算結果一覧と同じである。たとえば柱が H-300x300、梁が H-450x200 の場合において、 K/bMy の値は 237 となっている。これは、半剛接合部の変形により、剛接合架構で計算したときの層間変形角に $1/237$ の層間変形角が付加されることを示している。ただしこの考え方は前述したように、剛接合として計算した架構解析から得られた柱の層間変形角と、接合部に生じているモーメントから計算された柱の層間変形角のたしあわせで、半剛接合部を有する架構の柱の層間変形角を計算することが可能である場合が前提条件となっている。実際の架構では、柱脚の影響や、ブレースの影響などにより、 K/bMy から計算される半剛接合部の柱の変形角の足し合わせで予測できない場合があるものと思われる。

K/bMy の一覧

	柱剛	H-300x300	H-390x300	H-440x300	H-488x300
H-396x199	1090	273	317	410	410
H-400x200	945	236	274	354	354
H-446x199	1090	272	316	409	409
H-450x200	947	237	275	355	355
H-496x199	1020	254	295	381	381
H-500x200	909	227	264	341	341
H-596x199	1070	267	310	401	401
H-600x200	961	240	279	360	360

7. 計算結果一覧

7-1 各種耐力の計算結果

H-500×300×50×50(SM490)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>bMy = 2.29E8</p> <p>jMy = 3.67E8</p> <p>→jMy1 = 3.67E9</p> <p>→jMy2 = 3.6726857142857146E8</p> <p>→jMy3 = 4.2848E8</p> <p>bMp = 3.32995E8</p> <p>jMu = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu1 = 5.544853827294197E9</p> <p>→jMu2 = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu3 = 1.051424E9</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>bMy = 2.7025E8</p> <p>jMy = 3.7083428571428573E8</p> <p>→jMy1 = 3.713415085447669E9</p> <p>→jMy2 = 3.7083428571428573E8</p> <p>→jMy3 = 4.3264E8</p> <p>bMp = 3.9715E8</p> <p>jMu = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu1 = 5.598687359598024E9</p> <p>→jMu2 = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu3 = 1.061632E9</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>bMy = 2.8905E8</p> <p>jMy = 4.1184E8</p> <p>→jMy1 = 4.124033099703902E9</p> <p>→jMy2 = 4.1184E8</p> <p>→jMy3 = 4.8048E8</p> <p>bMp = 4.277E8</p> <p>jMu = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu1 = 6.217772981092037E9</p> <p>→jMu2 = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu3 = 1.179024E9</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.384E8</p> <p>jMy = 4.154057142857143E8</p> <p>→jMy1 = 4.1597390139870524E9</p> <p>→jMy2 = 4.154057142857143E8</p> <p>→jMy3 = 4.8464E8</p> <p>bMp = 4.97965E8</p> <p>jMu = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu1 = 6.2716065133958645E9</p> <p>→jMu2 = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu3 = 1.189232E9</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.807E8</p> <p>jMy = 4.564114285714286E8</p> <p>→jMy1 = 4.570357028243285E9</p> <p>→jMy2 = 4.564114285714286E8</p> <p>→jMy3 = 5.3248E8</p> <p>bMp = 5.65175E8</p> <p>jMu = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu1 = 6.890692134889876E9</p> <p>→jMu2 = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu3 = 1.306624E9</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>bMy = 4.324E8</p> <p>jMy = 4.5997714285714287E8</p> <p>→jMy1 = 4.606062942526436E9</p> <p>→jMy2 = 4.5997714285714287E8</p> <p>→jMy3 = 5.3664E8</p> <p>bMp = 6.4766E8</p> <p>jMu = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu1 = 6.944525667193704E9</p> <p>→jMu2 = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu3 = 1.316832E9</p>

<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>bMy = 5.17E8</p> <p>jMy = 5.455542857142857E8</p> <p>→jMy1 = 5.463004885322052E9</p> <p>→jMy2 = 5.455542857142857E8</p> <p>→jMy3 = 6.3648E8</p> <p>bMp = 7.8208E8</p> <p>jMu = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu1 = 8.236530442485556E9</p> <p>→jMu2 = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu3 = 1.561824E9</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>bMy = 5.828E8</p> <p>jMy = 5.4912E8</p> <p>→jMy1 = 5.498710799605203E9</p> <p>→jMy2 = 5.4912E8</p> <p>→jMy3 = 6.4064E8</p> <p>bMp = 8.82895E8</p> <p>jMu = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu1 = 8.290363974789383E9</p> <p>→jMu2 = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu3 = 1.572032E9</p>
---	---

H-300×300×10×15(SS490)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>bMy = 2.29125E8</p> <p>jMy = 3.309938254048067E8</p> <p>→jMy1 = 3.309938254048067E8</p> <p>→jMy2 = 3.6726857142857146E8</p> <p>→jMy3 = 4.2848E8</p> <p>bMp = 3.32995E8</p> <p>jMu = 4.990368444564778E8</p> <p>→jMu1 = 4.990368444564778E8</p> <p>→jMu2 = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu3 = 1.051424E9</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>bMy = 2.7025E8</p> <p>jMy = 3.342073576902903E8</p> <p>→jMy1 = 3.342073576902903E8</p> <p>→jMy2 = 3.7083428571428573E8</p> <p>→jMy3 = 4.3264E8</p> <p>bMp = 3.9715E8</p> <p>jMu = 5.038818623638222E8</p> <p>→jMu1 = 5.038818623638222E8</p> <p>→jMu2 = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu3 = 1.061632E9</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>bMy = 2.8905E8</p> <p>jMy = 3.711629789733512E8</p> <p>→jMy1 = 3.711629789733512E8</p> <p>→jMy2 = 4.1184E8</p> <p>→jMy3 = 4.8048E8</p> <p>bMp = 4.277E8</p> <p>jMu = 5.595995682982833E8</p> <p>→jMu1 = 5.595995682982833E8</p> <p>→jMu2 = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu3 = 1.179024E9</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.384E8</p> <p>jMy = 3.743765112588347E8</p> <p>→jMy1 = 3.743765112588347E8</p> <p>→jMy2 = 4.154057142857143E8</p> <p>→jMy3 = 4.8464E8</p> <p>bMp = 4.97965E8</p> <p>jMu = 5.644445862056278E8</p> <p>→jMu1 = 5.644445862056278E8</p> <p>→jMu2 = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu3 = 1.189232E9</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.807E8</p> <p>jMy = 4.113321325418957E8</p> <p>→jMy1 = 4.113321325418957E8</p> <p>→jMy2 = 4.564114285714286E8</p> <p>→jMy3 = 5.3248E8</p> <p>bMp = 5.65175E8</p> <p>jMu = 6.201622921400889E8</p> <p>→jMu1 = 6.201622921400889E8</p> <p>→jMu2 = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu3 = 1.306624E9</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>bMy = 4.324E8</p> <p>jMy = 4.145456648273792E8</p> <p>→jMy1 = 4.145456648273792E8</p> <p>→jMy2 = 4.5997714285714287E8</p> <p>→jMy3 = 5.3664E8</p> <p>bMp = 6.4766E8</p> <p>jMu = 6.250073100474334E8</p> <p>→jMu1 = 6.250073100474334E8</p> <p>→jMu2 = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu3 = 1.316832E9</p>

<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>bMy = 5.17E8</p> <p>jMy = 4.916704396789847E8</p> <p>→jMy1 = 4.916704396789847E8</p> <p>→jMy2 = 5.455542857142857E8</p> <p>→jMy3 = 6.3648E8</p> <p>bMp = 7.8208E8</p> <p>jMu = 7.412877398237001E8</p> <p>→jMu1 = 7.412877398237001E8</p> <p>→jMu2 = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu3 = 1.561824E9</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>bMy = 5.828E8</p> <p>jMy = 4.9488397196446824E8</p> <p>→jMy1 = 4.9488397196446824E8</p> <p>→jMy2 = 5.4912E8</p> <p>→jMy3 = 6.4064E8</p> <p>bMp = 8.82895E8</p> <p>jMu = 7.461327577310445E8</p> <p>→jMu1 = 7.461327577310445E8</p> <p>→jMu2 = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu3 = 1.572032E9</p>
--	--

H-390×300×10×16(SM490)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>bMy = 2.29125E8</p> <p>jMy = 3.6726857142857146E8</p> <p>→jMy1 = 3.765974191272467E8</p> <p>→jMy2 = 3.6726857142857146E8</p> <p>→jMy3 = 4.2848E8</p> <p>bMp = 3.32995E8</p> <p>jMu = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu1 = 5.677930319149258E8</p> <p>→jMu2 = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu3 = 1.051424E9</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>bMy = 2.7025E8</p> <p>jMy = 3.7083428571428573E8</p> <p>→jMy1 = 3.8025370474984133E8</p> <p>→jMy2 = 3.7083428571428573E8</p> <p>→jMy3 = 4.3264E8</p> <p>bMp = 3.9715E8</p> <p>jMu = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu1 = 5.733055856228378E8</p> <p>→jMu2 = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu3 = 1.061632E9</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>bMy = 2.8905E8</p> <p>jMy = 4.1184E8</p> <p>→jMy1 = 4.2230098940967953E8</p> <p>→jMy2 = 4.1184E8</p> <p>→jMy3 = 4.8048E8</p> <p>bMp = 4.277E8</p> <p>jMu = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu1 = 6.366999532638246E8</p> <p>→jMu2 = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu3 = 1.179024E9</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.384E8</p> <p>jMy = 4.154057142857143E8</p> <p>→jMy1 = 4.259572750322742E8</p> <p>→jMy2 = 4.154057142857143E8</p> <p>→jMy3 = 4.8464E8</p> <p>bMp = 4.97965E8</p> <p>jMu = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu1 = 6.422125069717364E8</p> <p>→jMu2 = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu3 = 1.189232E9</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.807E8</p> <p>jMy = 4.564114285714286E8</p> <p>→jMy1 = 4.680045596921124E8</p> <p>→jMy2 = 4.564114285714286E8</p> <p>→jMy3 = 5.3248E8</p> <p>bMp = 5.65175E8</p> <p>jMu = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu1 = 7.056068746127234E8</p> <p>→jMu2 = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu3 = 1.306624E9</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>bMy = 4.324E8</p> <p>jMy = 4.5997714285714287E8</p> <p>→jMy1 = 4.7166084531470704E8</p> <p>→jMy2 = 4.5997714285714287E8</p> <p>→jMy3 = 5.3664E8</p> <p>bMp = 6.4766E8</p> <p>jMu = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu1 = 7.111194283206352E8</p> <p>→jMu2 = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu3 = 1.316832E9</p>

<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>bMy = 5.17E8</p> <p>jMy = 5.455542857142857E8</p> <p>→jMy1 = 5.59411700256978E8</p> <p>→jMy2 = 5.455542857142857E8</p> <p>→jMy3 = 6.3648E8</p> <p>bMp = 7.8208E8</p> <p>jMu = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu1 = 8.434207173105209E8</p> <p>→jMu2 = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu3 = 1.561824E9</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>bMy = 5.828E8</p> <p>jMy = 5.4912E8</p> <p>→jMy1 = 5.630679858795727E8</p> <p>→jMy2 = 5.4912E8</p> <p>→jMy3 = 6.4064E8</p> <p>bMp = 8.82895E8</p> <p>jMu = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu1 = 8.489332710184327E8</p> <p>→jMu2 = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu3 = 1.572032E9</p>
--	---

H-440×300×11×18(SS490)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>bMy = 2.29125E8</p> <p>jMy = 3.6726857142857146E8</p> <p>→jMy1 = 4.7663110858292156E8</p> <p>→jMy2 = 3.6726857142857146E8</p> <p>→jMy3 = 4.2848E8</p> <p>bMp = 3.32995E8</p> <p>jMu = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu1 = 7.18613056017328E8</p> <p>→jMu2 = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu3 = 1.051424E9</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>bMy = 2.7025E8</p> <p>jMy = 3.7083428571428573E8</p> <p>→jMy1 = 4.8125859507401794E8</p> <p>→jMy2 = 3.7083428571428573E8</p> <p>→jMy3 = 4.3264E8</p> <p>bMp = 3.9715E8</p> <p>jMu = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu1 = 7.25589881803904E8</p> <p>→jMu2 = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu3 = 1.061632E9</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>bMy = 2.8905E8</p> <p>jMy = 4.1184E8</p> <p>→jMy1 = 5.344746897216257E8</p> <p>→jMy2 = 4.1184E8</p> <p>→jMy3 = 4.8048E8</p> <p>bMp = 4.277E8</p> <p>jMu = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu1 = 8.05823378349528E8</p> <p>→jMu2 = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu3 = 1.179024E9</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.384E8</p> <p>jMy = 4.154057142857143E8</p> <p>→jMy1 = 5.39102176212722E8</p> <p>→jMy2 = 4.154057142857143E8</p> <p>→jMy3 = 4.8464E8</p> <p>bMp = 4.97965E8</p> <p>jMu = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu1 = 8.12800204136104E8</p> <p>→jMu2 = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu3 = 1.189232E9</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.807E8</p> <p>jMy = 4.564114285714286E8</p> <p>→jMy1 = 5.923182708603297E8</p> <p>→jMy2 = 4.564114285714286E8</p> <p>→jMy3 = 5.3248E8</p> <p>bMp = 5.65175E8</p> <p>jMu = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu1 = 8.93033700681728E8</p> <p>→jMu2 = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu3 = 1.306624E9</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>bMy = 4.324E8</p> <p>jMy = 4.5997714285714287E8</p> <p>→jMy1 = 5.969457573514261E8</p> <p>→jMy2 = 4.5997714285714287E8</p> <p>→jMy3 = 5.3664E8</p> <p>bMp = 6.4766E8</p> <p>jMu = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu1 = 9.00010526468304E8</p> <p>→jMu2 = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu3 = 1.316832E9</p>

<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>bMy = 5.17E8</p> <p>jMy = 5.455542857142857E8</p> <p>→jMy1 = 7.080054331377379E8</p> <p>→jMy2 = 5.455542857142857E8</p> <p>→jMy3 = 6.3648E8</p> <p>bMp = 7.8208E8</p> <p>jMu = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu1 = 1.067454345346128E9</p> <p>→jMu2 = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu3 = 1.561824E9</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>bMy = 5.828E8</p> <p>jMy = 5.4912E8</p> <p>→jMy1 = 7.126329196288342E8</p> <p>→jMy2 = 5.4912E8</p> <p>→jMy3 = 6.4064E8</p> <p>bMp = 8.82895E8</p> <p>jMu = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu1 = 1.074431171132704E9</p> <p>→jMu2 = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu3 = 1.572032E9</p>
---	---

H-488×300×11×18(SS400)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>bMy = 2.29125E8</p> <p>jMy = 3.446409554368818E8</p> <p>→jMy1 = 3.446409554368818E8</p> <p>→jMy2 = 3.6726857142857146E8</p> <p>→jMy3 = 4.2848E8</p> <p>bMp = 3.32995E8</p> <p>jMu = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu1 = 5.866229028712881E8</p> <p>→jMu2 = 5.461483484320558E8</p> <p>→jMu3 = 1.051424E9</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>bMy = 2.7025E8</p> <p>jMy = 3.4798698413044375E8</p> <p>→jMy1 = 3.4798698413044375E8</p> <p>→jMy2 = 3.7083428571428573E8</p> <p>→jMy3 = 4.3264E8</p> <p>bMp = 3.9715E8</p> <p>jMu = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu1 = 5.923182708603297E8</p> <p>→jMu2 = 5.514507595818815E8</p> <p>→jMu3 = 1.061632E9</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>bMy = 2.8905E8</p> <p>jMy = 3.864663141064063E8</p> <p>→jMy1 = 3.864663141064063E8</p> <p>→jMy2 = 4.1184E8</p> <p>→jMy3 = 4.8048E8</p> <p>bMp = 4.277E8</p> <p>jMu = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu1 = 6.578150027343085E8</p> <p>→jMu2 = 6.124284878048781E8</p> <p>→jMu3 = 1.179024E9</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.384E8</p> <p>jMy = 3.8981234279996824E8</p> <p>→jMy1 = 3.8981234279996824E8</p> <p>→jMy2 = 4.154057142857143E8</p> <p>→jMy3 = 4.8464E8</p> <p>bMp = 4.97965E8</p> <p>jMu = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu1 = 6.635103707233502E8</p> <p>→jMu2 = 6.177308989547039E8</p> <p>→jMu3 = 1.189232E9</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>bMy = 3.807E8</p> <p>jMy = 4.2829167277593076E8</p> <p>→jMy1 = 4.2829167277593076E8</p> <p>→jMy2 = 4.564114285714286E8</p> <p>→jMy3 = 5.3248E8</p> <p>bMp = 5.65175E8</p> <p>jMu = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu1 = 7.290071025973289E8</p> <p>→jMu2 = 6.787086271777004E8</p> <p>→jMu3 = 1.306624E9</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>bMy = 4.324E8</p> <p>jMy = 4.3163770146949273E8</p> <p>→jMy1 = 4.3163770146949273E8</p> <p>→jMy2 = 4.5997714285714287E8</p> <p>→jMy3 = 5.3664E8</p> <p>bMp = 6.4766E8</p> <p>jMu = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu1 = 7.347024705863706E8</p> <p>→jMu2 = 6.840110383275262E8</p> <p>→jMu3 = 1.316832E9</p>

<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>bMy = 5.17E8</p> <p>jMy = 5.1194239011497974E8</p> <p>→jMy1 = 5.1194239011497974E8</p> <p>→jMy2 = 5.455542857142857E8</p> <p>→jMy3 = 6.3648E8</p> <p>bMp = 7.8208E8</p> <p>jMu = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu1 = 8.713913023233697E8</p> <p>→jMu2 = 8.11268905923345E8</p> <p>→jMu3 = 1.561824E9</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>bMy = 5.828E8</p> <p>jMy = 5.152884188085417E8</p> <p>→jMy1 = 5.152884188085417E8</p> <p>→jMy2 = 5.4912E8</p> <p>→jMy3 = 6.4064E8</p> <p>bMp = 8.82895E8</p> <p>jMu = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu1 = 8.770866703124113E8</p> <p>→jMu2 = 8.165713170731708E8</p> <p>→jMu3 = 1.572032E9</p>
---	--

8-1 接合部剛性 K の計算結果

H-500×300×50×50(SM490)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 83.5</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 31.190376294101743</p> <p>[K=2.5kNm, K/bMy=1090.0]</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 83.5</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 31.190376294101743</p> <p>[K=2.55kNm, K/bMy=945.0]</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 83.5</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 31.190376294101743</p> <p>[K=3.14kNm, K/bMy=1090.0]</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 83.5</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 31.190376294101743</p> <p>[K=3.2kNm, K/bMy=947.0]</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 83.5</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 31.190376294101743</p> <p>[K=3.86kNm, K/bMy=1020.0]</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 83.5</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 31.190376294101743</p> <p>[K=3.92kNm, K/bMy=909.0]</p>
<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 83.5</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 31.190376294101743</p> <p>[K=5.52kNm, K/bMy=1070.0]</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 83.5</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 31.190376294101743</p> <p>[K=5.59kNm, K/bMy=961.0]</p>

H-300×300×10×15(SM490)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.2545</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 56.57789188232409</p> <p>[K=0.625kNm, K/bMy=273.0]</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.2545</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 56.57789188232409</p> <p>[K=0.637kNm, K/bMy=236.0]</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.2545</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 56.57789188232409</p> <p>[K=0.786kNm, K/bMy=272.0]</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.2545</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 56.57789188232409</p> <p>[K=0.8kNm, K/bMy=237.0]</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.2545</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 56.57789188232409</p> <p>[K=0.966kNm, K/bMy=254.0]</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.2545</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 56.57789188232409</p> <p>[K=0.981kNm, K/bMy=227.0]</p>
<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.2545</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 56.57789188232409</p> <p>[K=1.38kNm, K/bMy=267.0]</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.2545</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 56.57789188232409</p> <p>[K=1.39kNm, K/bMy=240.0]</p>

H-390×300×10×16(SM490)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.736128</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 55.29203070318036</p> <p>[K=0.727kNm, K/bMy=317.0]</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.736128</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 55.29203070318036</p> <p>[K=0.741kNm, K/bMy=274.0]</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.736128</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 55.29203070318036</p> <p>[K=0.914kNm, K/bMy=316.0]</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.736128</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 55.29203070318036</p> <p>[K=0.93kNm, K/bMy=275.0]</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.736128</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 55.29203070318036</p> <p>[K=1.12kNm, K/bMy=295.0]</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.736128</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 55.29203070318036</p> <p>[K=1.14kNm, K/bMy=264.0]</p>
<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.736128</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 55.29203070318036</p> <p>[K=1.6kNm, K/bMy=310.0]</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 2.736128</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 55.29203070318036</p> <p>[K=1.62kNm, K/bMy=279.0]</p>

H-440×300×11×18(SM490)

<p>H-396×199×7×11(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 3.895776</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 52.888029368259474</p> <p>[K=0.939kNm, K/bMy=410.0]</p>	<p>H-400×200×8×13(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 3.895776</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 52.888029368259474</p> <p>[K=0.957kNm, K/bMy=354.0]</p>
<p>H-446×199×8×12(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 3.895776</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 52.888029368259474</p> <p>[K=1.18kNm, K/bMy=409.0]</p>	<p>H-450×200×9×14(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 3.895776</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 52.888029368259474</p> <p>[K=1.2kNm, K/bMy=355.0]</p>
<p>H-496×199×9×14(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 3.895776</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 52.888029368259474</p> <p>[K=1.45kNm, K/bMy=381.0]</p>	<p>H-500×200×10×16(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 3.895776</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 52.888029368259474</p> <p>[K=1.47kNm, K/bMy=341.0]</p>
<p>H-596×199×10×15(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 3.895776</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 52.888029368259474</p> <p>[K=2.07kNm, K/bMy=401.0]</p>	<p>H-600×200×11×17(SS400)</p> <p>leff = 313.125</p> <p>m = 75.0</p> <p>k4 = 3.895776</p> <p>k6 = 10.538233955393718</p> <p>k10 = 52.888029368259474</p> <p>[K=2.09kNm, K/bMy=360.0]</p>

H-488×300×11×18(SS400)

H-396×199×7×11(SS400) $l_{eff} = 313.125$ $m = 75.0$ $k_4 = 3.895776$ $k_6 = 10.538233955393718$ $k_{10} = 52.888029368259474$ [K=0.939kNm, K/bMy=410.0]	H-400×200×8×13(SS400) $l_{eff} = 313.125$ $m = 75.0$ $k_4 = 3.895776$ $k_6 = 10.538233955393718$ $k_{10} = 52.888029368259474$ [K=0.957kNm, K/bMy=354.0]
H-446×199×8×12(SS400) $l_{eff} = 313.125$ $m = 75.0$ $k_4 = 3.895776$ $k_6 = 10.538233955393718$ $k_{10} = 52.888029368259474$ [K=1.18kNm, K/bMy=409.0]	H-450×200×9×14(SS400) $l_{eff} = 313.125$ $m = 75.0$ $k_4 = 3.895776$ $k_6 = 10.538233955393718$ $k_{10} = 52.888029368259474$ [K=1.2kNm, K/bMy=355.0]
H-496×199×9×14(SS400) $l_{eff} = 313.125$ $m = 75.0$ $k_4 = 3.895776$ $k_6 = 10.538233955393718$ $k_{10} = 52.888029368259474$ [K=1.45kNm, K/bMy=381.0]	H-500×200×10×16(SS400) $l_{eff} = 313.125$ $m = 75.0$ $k_4 = 3.895776$ $k_6 = 10.538233955393718$ $k_{10} = 52.888029368259474$ [K=1.47kNm, K/bMy=341.0]
H-596×199×10×15(SS400) $l_{eff} = 313.125$ $m = 75.0$ $k_4 = 3.895776$ $k_6 = 10.538233955393718$ $k_{10} = 52.888029368259474$ [K=2.07kNm, K/bMy=401.0]	H-600×200×11×17(SS400) $l_{eff} = 313.125$ $m = 75.0$ $k_4 = 3.895776$ $k_6 = 10.538233955393718$ $k_{10} = 52.888029368259474$ [K=2.09kNm, K/bMy=360.0]