

I-146 補剛された板の圧縮耐荷力に関する実験的研究(第2報)

川崎製鉄(株) 正員 ○金子 忠 男
 建設省 正員 井上 啓 一
 新日本製鉄(株) 正員 雨宮 栄一郎

1. 緒言 補剛された板は外荷重に対して合理的な断面剛性が得られるため、圧縮材としてあるいは曲げ材として汎用されている。圧縮力を受ける鋼製補剛板はたとえば吊橋の主塔、高速道路高架橋の橋脚、トラス、アーチ、ラーメンなどの圧縮部材、プレートガーダーの圧縮フランジなどに供用されており、これらは現行では「道路橋示方書」あるいは「鋼鉄道橋設計標準」などに定められる規定に従って設計されている。通常、これらの圧縮補剛板は工場溶接により製作されるが、この過程において初期たわみや熱残留応力などのいわゆる初期不整が導入される。これらは当然のことながら補剛板の座屈耐荷力を低減させる原因となるが、上記設計規定ではそのうち溶接熱による残留応力の影響が部材断面を構成する板要素についてのみ考慮されている。しかるに補剛材としてのリブに関してはそれが考慮されておらず、リブ剛性のいかんによっては補剛材全体が弾塑性域に達した場合に必ずしもその所要剛度が確保されるとは限らない。実際、文献によれば非弾性域において溶接熱残留応力に起因するリブ剛度の低下のために、設計規準に拠って製作された補剛板でもその座屈耐荷力が10%前後低下すると指摘されている。したがって本研究は前報に引きつづき非弾性域におけるリブ剛度の低下による補剛板の座屈耐荷力の低減率を4枚の補剛板で形成される箱型断面柱を用い、種々の座屈に関するパラメーターについて実験的に究明するものである。

2. 実験概要

Table 1 に供試体の諸寸法を

示すが、供試体1~15は前報で取り扱ったものであり、16~31が今回計画したものである。また、供試体の有する座屈パラメーター、リブ剛度などの特性値はTable 2 に示すとおりである。今回の実験目的は、まず、座屈パラメーターRを0.4から0.7まで0.1きざみで変化させ、通常「道路橋示方書」で規定される最小必要剛比 r_0 のリブを有する補剛板の座屈耐荷力低減曲線を求めるために16, 19, 20, 27の4供試体を製作した。計画したR値に対し、製作後のR値

Table 1 Details of Specimen

Specimen No.	Stiffened Plates			Rib		Aspect Ratio $\alpha = \frac{a}{b}$	Width Thickness Ratio $\lambda = \frac{b}{t}$	Stiffness Ratio $\frac{I}{I_0}$	Area Ratio $\frac{A}{A_0}$
	Length a (mm)	Width b (mm)	Thickness t (mm)	Width b _s (mm)	Thickness t _s (mm)				
1	400	169	6	0	0	2.37	28.1	—	—
2	500	236	6	0	0	2.12	39.4	—	—
3	700	337	6	1	27	2.08	56.2	5.95	0.080
4	1400	472	6	1	55	2.97	78.7	35.90	0.063
5	600	304	6	2	19	1.97	50.6	2.30	0.117
6	1700	506	6	2	58	3.36	84.3	39.26	0.115
7	3900	709	6	2	107	5.50	118.1	293.3	0.252
8	3900	1012	6	2	113	10	3.85	168.7	0.186
9	1700	506	6	2	67	3.36	84.3	60.51	0.132
10	1700	506	6	2	87	3.36	84.3	176.7	0.229
11	3900	709	6	2	107	10	5.50	293.3	0.252
12	3900	709	6	2	130	11	5.50	578.7	0.337
13	3900	709	6	2	155	13	5.50	1159.1	0.474
14	1100	404	6	3	35	2.72	67.4	10.81	0.087
15	3600	674	6	3	97	5.34	112.4	184.0	0.192
16	—	—	—	48	6	—	8.98	0.068	—
17	1058	529	8	84	8	2.0	66.1	64.19	0.159
18	—	—	—	104	8	—	121.82	0.197	—
19	—	—	—	66	6	—	18.68	0.075	—
20	1322	661	8	88	8	2.0	82.6	59.04	0.133
21	—	—	—	108	9	—	122.78	0.184	—
22	—	—	—	59	6	—	35.14	0.099	—
23	1190	595	6	69	6	2.0	99.2	56.22	0.116
24	—	—	—	80	8	—	116.83	0.179	—
25	1388	694	6	72	6	2.0	115.7	54.75	0.104
26	—	—	—	84	8	—	115.92	0.161	—
27	2777	1389	6	84	6	2.0	231.4	43.47	0.0605
28	1058	529	8	84	8	2.0	66.1	64.19	0.159
29	1322	661	8	88	8	2.0	82.6	59.04	0.133
30	1190	595	6	64	6	2.0	99.2	59.82	0.143
31	1388	694	6	68	6	2.0	115.7	61.50	0.131

* Mark : hybrid structure

はTable 2 に示すように使用鋼材の降伏応力のばらつきや製作誤差などにより必ずしもねらい通りでなく、それぞれ0.43, 0.55, 0.78, 0.92となっている。さらに「道路橋示方書」の最小必要剛比 r_0 とDIN 4114で規定されている同類の最小剛比 r^* との補剛効果を比較対照するために同じR値を有する供試体17, 20, 23, 25を製作するとともに、 $r = 2r^*$ なるリブ剛度を持つ供試体18, 21, 24, 26を付加し、同一R値下における補剛特性をも調査できるようにした。供試体28~31は16~26と等R値を有し、リブ剛比が $r = r^*$ ではあるが、補剛される板の鋼種をSS 41, リブ鋼種をSM 50 Yとしたハイブリッド構造である。なお、今回の計画では全供試体にわたってリブ本数は2本、板の辺長比は2.0と一定にした。载荷にあたっては1000トン構造物試験機を用い圧縮力を導入した

が、その際、耐圧板と供試体端面とは
メタルタッチとし、可能な限り均等荷
重となるように留意した。

3 実験結果および考察

各供試体の圧縮耐力 P_{max} およびこ
れを各供試体の降伏荷重 P_y で除した
値を **Table 2** の最後の 2 欄に示す。
一般の柱や板の座屈荷重の求め方
については種々の方法が提案されてい
るが、本実験においては圧縮耐力と座
屈荷重との差は僅小であることから、
圧縮耐力をもって座屈荷重とし、各座
屈パラメーター R について無次元表示
した座屈荷重 P_{max}/P_y をプロット
すれば、**Fig. 1** のようになる。

図中黒丸は本実験の結果であり、白ぬきで示し
たものは前報で述べた結果である。

Table 2 および **Fig. 1** から $R < 0.6$
の供試体は座屈がその供試体の降伏を越えた時
点で生じており、 $0.6 < R < 1.0$ の供試体
ではそのほとんどが、降伏荷重に達する前に座
屈することが判る。後者の場合、座屈荷重の
降伏荷重に対する低減率は最大で約 30% に
達しているが、その傾向は R 値が 1.0 に近ず
くほど増大する。 $R > 1.0$ なる弾性座屈の
場合には供試体 8, 27 から判るようにオイラ
ーの座屈曲線からの座屈荷重低減率は R 値が増
加するに従い、単調減少し、 $R = 1.3$ の近傍
で零になるものと推察される。さらに R 値が増大すれば、逆に座
屈荷重は座屈曲線よりも高めになることが判明する。これらの結
果から無補剛板に対し方書で規定される限界 R 値に対応する補剛
板のそれは $R = 0.6$ の近傍にあると推定されうる。次に供試体
のリブ剛度と座屈荷重の関係を示せば、**Fig. 2** のようになり、
これから $R \geq 0.78$ ではリブ剛度が増大するほど座屈荷重も大き
くなるが、 $R \leq 0.54$ ではリブ剛度の増大に対し、座屈荷重の増大
はそれほど期待できないことが判明する。**Fig. 3** は供試体
と同寸法を有する補剛板の残留応力の測定結果の一例であるが、リ
ブ溶接近傍で 20 kg/mm 程度の引張、パネル内で 20 kg/mm
程度の圧縮残留応力を生じているが、加工時のひずみ除去作業によ
りその分布が攪乱されていることが判る。最後に本研究は(財)
国土開発技術研究センター耐震技術開発委員会における昭和 50 年
度研究テーマの一環として実施したことを付記する。

Table 2 Rib Stiffness and Experimental Value

Specimen No.	R	No. of Ribs	Thickness Ratio t/t_0	$f_{0.1}$ (JRA)	f_0 (JRA)	$f_0/f_{0.1}$	f^* (DIN)	f^*/f_0	$f^*/f_{0.1}$	f^*/f^*	Yield Stress σ_y (kg/mm ²)	Yield Force P_y (kg)	Bearing Force Product	P_{max}/P_y
1	0.56	0	—	—	—	—	—	—	—	—	28.6	112	12.6	1.13
2	0.78	0	—	—	—	—	—	—	—	—	28.6	158	14.3	0.92
3	0.54	1	0.70	5.947	5.960	1.00	27.02	0.22	0.22	0.22	28.6	28.6	24.6	0.96
4	0.78	1	0.98	35.90	36.04	1.00	40.44	0.89	0.89	0.89	28.6	28.6	35.8	0.91
5	0.31	2	0.42	2.298	2.289	1.00	46.94	0.05	0.05	0.05	28.6	28.6	23.1	1.02
6	0.56	2	0.70	39.26	39.81	0.99	175.4	0.22	0.23	0.26	28.6	28.6	42.3	0.88
7	0.79	2	0.98	293.3	291.2	1.01	319.5	0.92	0.91	2.98	29.9	75.9	67.7	0.85
8	1.12	2	1.41	242.1	243.6	0.99	244.4	0.99	1.00	31.0	29.9	101.9	65.8	0.63
9	0.59	2	0.70	60.51	39.61	1.52	135.8	0.45	0.29	31.0	31.0	47.2	41.1	0.79
10	0.58	2	0.70	176.7	39.81	4.44	175.4	1.01	0.23	31.0	32.6	55.4	48.4	0.82
11	0.84	2	0.98	293.3	291.2	1.01	319.5	0.92	0.91	31.0	39.9	86.5	72.7	0.80
12	0.82	2	0.98	578.7	291.2	1.99	402.6	1.44	0.72	31.0	29.3	85.8	72.5	0.79
13	0.82	2	0.98	1159	291.2	3.98	547.8	2.12	0.53	31.0	26.1	94.4	82.0	0.82
14	0.33	3	0.42	10.81	10.87	0.99	214.0	0.05	0.05	27.9	27.9	33.7	34.6	1.07
15	0.53	3	0.70	184.0	184.0	1.01	1006	0.18	0.18	27.9	32.6	75.1	64.9	0.87
16	0.43	2	0.55	8.98	9.22	0.97	501.9	0.18	0.18	28.0	38.7	54.4	56.0	1.03
17	0.42	2	0.55	64.19	13.19	4.87	63.36	1.01	0.21	28.0	28.0	61.7	79.6	1.29
18	0.43	2	0.55	12.18	14.84	8.21	63.36	1.92	0.23	28.0	28.0	65.4	80.5	1.23
19	0.55	2	0.69	18.68	19.56	0.96	51.19	0.36	0.38	28.0	38.7	69.2	60.3	0.90
20	0.54	2	0.69	59.04	23.54	2.51	59.63	0.99	0.39	28.0	28.0	73.2	79.8	1.09
21	0.54	2	0.69	122.8	27.00	4.55	59.63	2.06	0.45	28.0	30.8	81.4	84.7	1.04
22	0.78	2	0.83	35.14	34.26	1.02	94.72	0.64	0.63	38.7	38.7	63.3	45.6	0.72
23	0.78	2	0.83	56.22	35.87	1.57	57.14	0.98	0.63	38.7	38.7	64.4	48.3	0.75
24	0.78	2	0.83	116.8	42.10	2.78	57.14	2.04	0.74	38.7	29.0	66.4	51.4	0.69
25	0.92	2	0.96	54.75	50.20	1.09	55.37	0.99	0.91	38.8	38.8	74.5	64.7	0.88
26	0.91	2	0.96	115.9	57.91	2.00	55.37	2.09	1.05	38.8	29.0	77.0	58.4	0.84
27	1.83	2	1.93	43.47	44.18	0.98	46.42	0.94	0.95	38.8	38.8	137.1	52.1	1.38
28	0.42	2	0.55	64.19	13.19	4.87	63.36	1.01	0.21	28.0	41.3	70.2	84.2	1.20
29	0.53	2	0.69	59.04	23.54	2.51	59.63	0.99	0.39	28.0	41.3	81.4	80.3	1.02
30	0.80	2	0.83	59.82	38.57	1.55	61.12	0.98	0.63	38.8	41.3	70.0	57.4	0.82
31	0.92	2	0.96	61.50	53.80	1.14	59.27	1.04	0.91	38.8	41.3	80.3	63.4	0.79

* Mark: hybrid structure

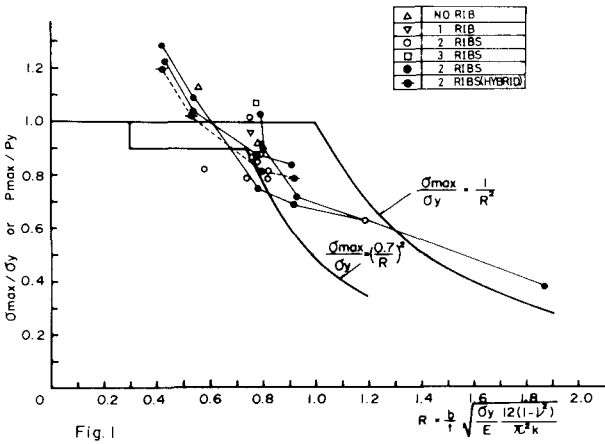


Fig. 1

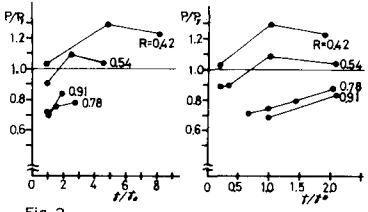


Fig. 2

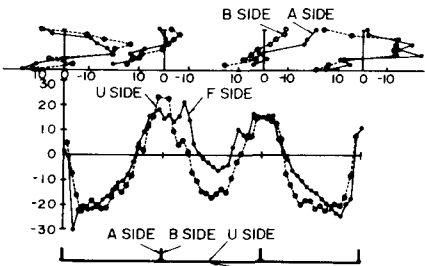


Fig. 3 RESIDUAL STRESSES (kg/mm²)