

大阪大学工学部 正員 小松定夫
 日立造船技術研究所 正員 牛尾正之
 大阪大学工学部 正員 〇北田俊行

1. 目的 板の座屈に対する安全率は、最初、Timoshenkoによって1.8と提案された。しかし、DINにおいては、後座屈強度が期待できるという理由で、それを1.35に低下させた。ところが、最近、溶接法の採用により、初期たわみ、残留応力が顕著に現われ、その悪影響が、後座屈強度が期待できないまでに高まり、それが、最近の着外圍の落橋事故の原因の一つとなったものと思われる。そこで、十分な安全性を確保するためには、溶接による初期不整を考慮した基礎的研究の推行が急務となった。本研究は、この種の初期不整を有する補剛された板(以下、補剛板という)に、面内荷重が作用した場合の極限状態付近の性状を、実験的に明らかにし、補剛材の必要最小剛比 α^* を、定性的に把握するとともに、別途に進められている理論的研究の基礎的資料を得ることを目的とする。

2. 実験概要 (1)供試体の設計 図-1に示す供試体を表-1に示す b/t 5種、補剛材の剛比 α は、道路橋示方書、あるいは、DIN(ギエンゲの式)の α^* を基準に種々変化させる。

(2)実験装置 側面支持には、以前著者らが開発した治具を用いて写真-1に示すような実験装置を作製した。載荷辺は、

固定あるいは、単純支持となる耐圧板を作製した。(3)引張り試験 JIS 5

号試験片により行う。(4)残留応力の測定 図-1に示す領域より切断法により残留応力を測定。

(5)初期たわみの測定 初期たわみ測定治具を作製し、治具にセットした状態での供試体の初期たわみを測定。(6)座屈実験 側面は、単純支持、載荷辺は、固定あるいは単純支持にして一様圧縮の座屈実験を行う。

3. 実験結果および考察 現在、道路橋示方書およびDINの規準の限界一杯の補剛材を有する供試体A-1、B-1、C-1、D-1の載荷辺固定の実験を終了したので、ここで報告する。

(1)引張り試験 結果を表-2に示す。

(2)残留応力 残留応力分布の代表的なものを図-2に示す。また、各供試体について $C = F_c / A_w$ (F_c :全圧縮残留応力の合力, A_w :全ビード断面積)を算定し表-3に示す。この値は、Maxhamの実験値 600 kg/cm^2 や、文献[4]の $C = 1000 \text{ kg/cm}^2$ よりかなり小さくなっている。

(3)初期たわみ 道路橋示方書

$$\delta/L \leq 1/1000 \text{ ----- ①}$$

$$\delta/w \leq 1/150 = 0.0067 \text{ ----- ②}$$

表-2 使用鋼材の機械的性質

用材	σ_y kg/cm ²	σ_b kg/cm ²	$E \times 10^6$	ν	伸び %	公称板厚 mm
A-1	3990	5110	2.17	0.26	30	8(7.8)
B-1	3950	4850	2.10	0.26	28	6(6.1)
C-1	3240	4540	2.13	0.24	36	6(5.7)
D-1	3210	4560	2.12	0.24	32	4.5(4.4)

()内は実測値

表-1 供試体の設計

供試体名	b/t	b cm	t mm	材質	リブの設計
A	30.0	24	8	SS41	道示
B	40.0	24	6	SS41	道示、DIN
E	53.3	24	4.5	SS41	DIN
C	58.3	35	6	SS41	DIN
D	77.8	35	4.5	SS41	DIN

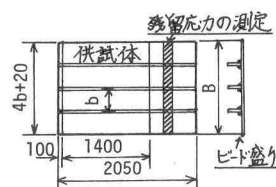


図-1 供試体

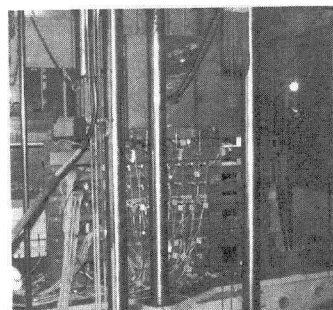


写真-1 全景図

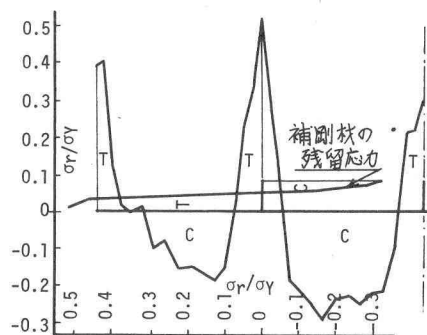


図-2 残留応力分布 (C-1)

表-3 C

供試体	C kg/cm ²
A-1	340
B-1	300
C-1	190
D-1	210

文献[4]の規定 $\Delta x \leq \max\{G/30t \cdot (1+b/500), 1\}$ -----③

$\delta < 2\text{mm}$ ($\delta/L = 0.00/4$) -----④ 各供試体は、規定①③④を満足するが、規定②は、供試体C-1, D-1で満足しない。しかし、供試体C, Dは、 b/t が、道路橋示方書の規格外のものであるから、規定③④を満足すれば十分である。

(4)座屈実験 座屈実験の結果の一部を図-3, 図-4, 表-5に示す。供試体A-1~D-1とも、補剛材間のパネルの座屈が先行し、次に、補剛材が座屈して極限強度に達したと思われる。これは、図-3に示すようなひずみ分布図を見るとよくわかる。すなわち、補剛材は、 $P_{\max}$ まで、十分に働いていたことがわかる。各供試体の平均最大応力 $\sigma_{\max}$ を図-4, 表-5に示す。なお、供試体A-1, B-1は、道路橋示方書の規準を満足するが、示方書の $R (= b/t \cdot \sqrt{G/E \cdot 12(1-\nu^2)/t^3})$ を計算すると、それぞれ、0.775, 0.907 となり、A-1が、ちょうど、示方書の規定 $R \leq 0.7$ という限界を意味する。

(5)補剛材の剛比についての考察 今回の座屈実験は、荷重辺が固定であるため、左図に示す有効座屈長の考え方を導入して考察を行う。

つまり、有効座屈長 $L' = L/2$
 $\alpha = L'/B = L/2B$

この α を用いて、必要最小剛比 m^* を求めると、表-6のようになり、供試体には、 m^* より m 倍の剛比を持つ補剛材が入っていたことになる。これは、Dubas^[5] の実験結果(補剛材の剛比を $m=4$ 程度まで高めれば、補剛材間のパネルの座屈が先行する)とも一致する。

4. あとがき 補剛材間のパネルが先に座屈するような補剛板においては、補剛材を有効幅付きの棒として理想化し、 $P_{\max}$ を求めると、よく実験値と一致する。その詳細については、紙面の都合上、当日申しあげる予定である。なお、これ以外に、荷重辺が、単純支持となる座屈実験も、現在、計画中であるので、これについても、後日、発表する予定である。

最後に、本研究にあたって、いろいろと御協力いただいた日立造船技術研究所の牧本宏氏、当時、大阪大学4回生の矢野修一君(電々公社勤務)、宮崎清司君(大阪大学大学院)に、この紙面をかりて、心からの感謝の意を表します。

表-4 初期たわみ

供試体	$(\delta/W)_{\max}$	$(\delta/L)_{\max}$	Δx [4]	$G/30t \cdot (1+b/500)$
A-1	0.0025	0.00014	1.25 mm	2.15mm
B-1	0.0035	-0.00053	2.2	2.75
C-1	0.0083	0.00089	1.4	4.66
D-1	0.0120	-0.00086	4.1	6.05

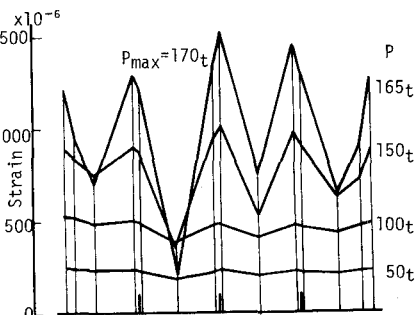


図-3 ひずみ分布(C-1)
(中央断面の表裏平均)

表-5 座屈実験結果

	A-1	B-1	C-1	D-1
$P_{\max}$	324.5t	244t	170t	95t
$\sigma_{\max}(\text{kg/cm}^2)$	3470	3330	1860	1370
$\sigma_{\max}/\sigma_y$	0.87	0.84	0.57	0.43
$\sigma_{\max}/\sigma_y$	1.41	1.41	0.76	0.56

$\sigma_{\max}$: 公称板厚使用 σ_y : 公称降伏点 2400kg/cm²

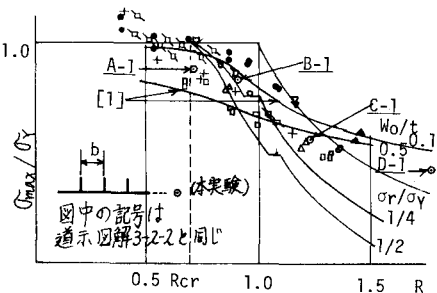


図-4 $\sigma_{\max}-R$ 曲線

表-6 $m, \sigma_{\max}/\sigma_{cr}$

	A-1	B-1	C-1	D-1
γ	24.4	41.7	18.3	17.9
$m=\gamma/\gamma^*$	10.5	10.2	4.3	4.2
$\sigma_{cr}(\text{kg/cm}^2)$	2.3	4.1	4.2	4.2
$\sigma_{\max}/\sigma_{cr}$	3952 ^(*)	3893 ^(*)	2012	1200
$\sigma_{\max}/\sigma_{cr}$	0.88	0.85	0.92	1.14

(*) は DIN の低減係数を用いる

1) 小松, 北田, 宮崎, "残留応力および初期たわみを有する圧縮板の極限強度解析" 1974年土木学会年次講演会概要集

2) E.Gienke, "Über die Berechnung regelmäßiger Kastruktionen als Kontinuum", Der Stahlbau, 1964, Heft 2.

3) 小松, 吉川, 牛尾, "80 キロ鋼の補剛板の極限強度に関する実験", 土木学会論文報告集, 第218号, 1973年10月

4) 1972年2月13, 14日にロンドンで開かれた鋼箱ゲタ橋に関する国際会議で提案された英国の鋼箱ゲタ橋に関する規定(案), 主催(英国の土木学会(ICE), 構造工学会(ISE), 道路協会(IHE))

5) P.Dubas, "Essai sur le comportement postcritique de poutres en caisson raidies", Publication préliminaire, Colloque AIPC, Londres, 25 et 26 mars 1971.