

鋼柱の全体及び局部座屈の連成座屈実験*

永 藤 壽 宮**

1. ま え が き

近年、構造解析において、電子計算機の発達に伴い、橋梁本体及び各部材の力学的合理化断面が、多くなり、薄肉量化が、進められている。

しかしながら、1969年11月の第4 Danube 橋（オーストリア）に始まり、次々に、落橋事故が、続出した。それらの点に共通しているのは、薄肉補剛板が、広範囲に使用され、圧縮フランジ、支点上ダイアフラム等に、採用されているという事であり、薄肉補剛板の圧縮耐荷力不足が、原因をなし、全体座屈ないし、全体崩壊を誘発している点が、あげられる。近年において、耐荷力における大きなファクターである初期不整（初期たわみ、溶接などによる残留応力 etc.）を取り上げ、局部座屈問題を取り扱っているが、全体座屈と局部座屈の相関性についての研究は、余り取り扱われていない。また我が国の道路橋示方書でも、その相関性について改訂がなされたが、理論的根拠が明白でない。したがって、本研究は、全体座屈と局部座屈が、連成して生ずる様な、溝形断面及び箱形断面柱の圧縮耐荷力実験を行い、極限強度と連成強度について考察した結果を報告し、理論適用の材料とする。

2. 供試体の選定

鋼種は、SS41 とし、箱形断面についての局部座屈強度は、小松等による圧縮板の耐荷力曲線、全体座屈は、ECCS の複数柱強度曲線を用いて、両座屈強度が、等しくなるという点と、及び耐圧試験機の能力300 t、ヘッドクリアランス2.8mの制約条件を満たす様に、基本供試体Bの断面構成及び長さを決定した。更に基本供試体と同一断面で長さが、基本供試体の1.09倍の供試体A及び0.89倍の供試体Cを作製した。溝形断面についても、同様に行ったが、ここには、供試体Cをあげるだけにする。溝形断面については、両端固定、箱形断面については、両端ピン支承とした。ピン支承については、設計荷重90 tとして、弱軸方向回転可能なピン支承を設計、作製した。溝形及び箱形の断面諸元を図1に示す。又、ピン支承に

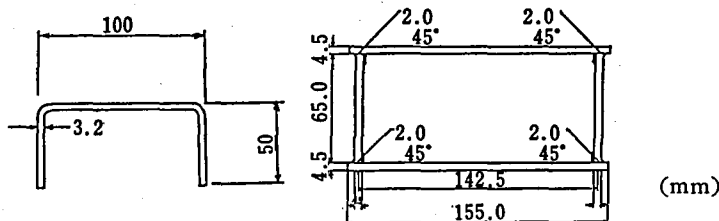


図1 断面諸元

* 昭和60年5月 土木学会関西支部において発表
** 土木工学科講師 本研究は、大阪大学小松定夫教授、西村宜男講師との共同研究である
原稿受付 昭和60年9月30日

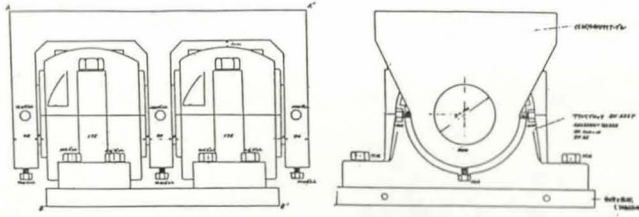


図2 ピン支承

については、図2に示す。又、実験用供試体をピン支承に取り付けた実験状況を写真1に示す。

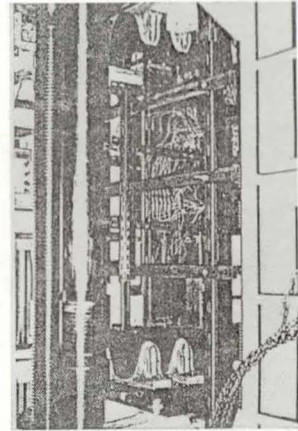


写真 1

3. 材料試験

引張試験片は、圧縮実験用供試体と同一鋼材から切り出した JIS 5 号片を用いた。その結果は、表1に示す通りである。なおそれぞれの値は、各断面4本ずつ試験を行った平均値をとってある。

表1 材料試験結果

	$\sigma_{y,u}$	$\sigma_{y,l}$	σ_T	σ_B	E	ν	δ
I	3120	3010	4040	2920	2.08	0.273	38.8
II	2832	2804	3795	2670	2.14	0.260	30.4

4. 残留応力度測定

残留応力度は、試験用短柱供試体で、切断法により、測定した。それぞれ、溶接前に、ひずみゲージをはり、溶接後、ひずみを測定し、それぞれ、切断したあと、ひずみを再測定して、算出したものである。その結果は、図2に示す。

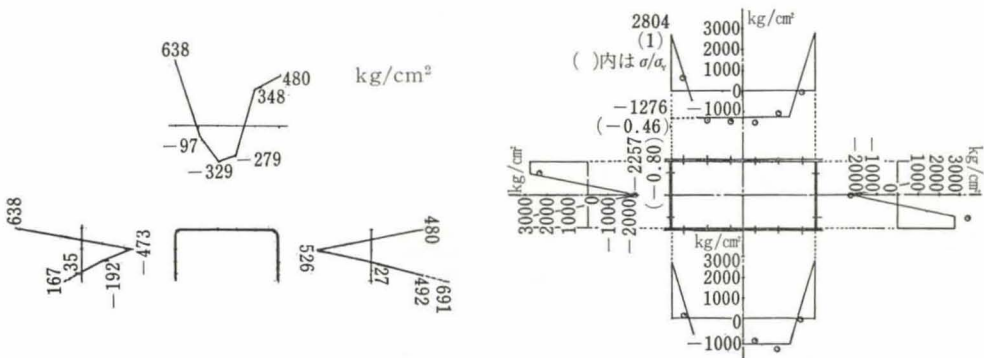


図3 残留応力度分布

5. 初期たわみ測定

初期たわみ測定は、測定用ジグを開発し、柱の初期たわみ、板の初期たわみ、及び、初期ねじれ角を、それぞれ変位計 (1/100mm) を用いて、測定された。その結果を表2に示す。

表2 供試体の初期たわみ

	span	$w_{c,x} (w_{c,x}/L)$ max	$w_{c,y} (w_{c,y}/L)$ max	$w_p (w_p/b)$ max	θ (rad) max
凸	1300	0.17(1/7600)	0.21(1/6200)	0.78(1/60)	0.73×10^{-3}
IIA	1844.9	0.83(1/2200)	0.81(1/2200)	1.41(1/100)	—
IIB	1693.2	0.92(1/1800)	0.25(1/7000)	1.13(1/130)	—
IIC	1509.5	0.85(1/1800)	0.53(1/2800)	1.34(1/110)	—

6. 長柱実験

荷重偏心が、発生しない様、推定極限強度の1/3程度の荷重レベルにおいて、調整用ゲージにより、それぞれの値が、それら平均値の5%以内に収まる様に、スペーサーで調整した。

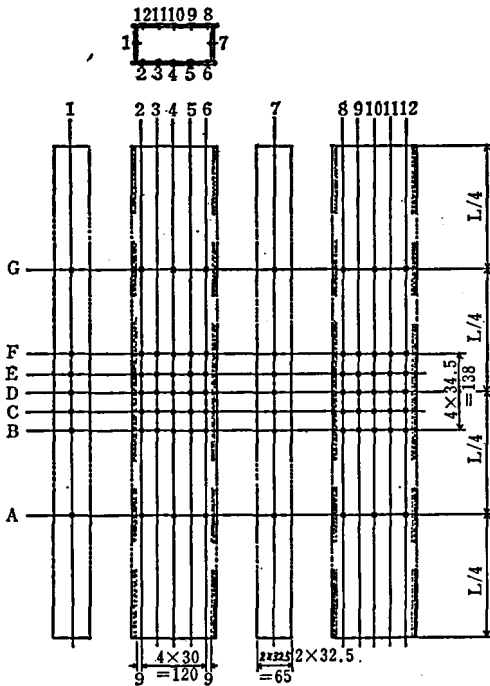


図4 ひずみ測定点 (ボックス断面)

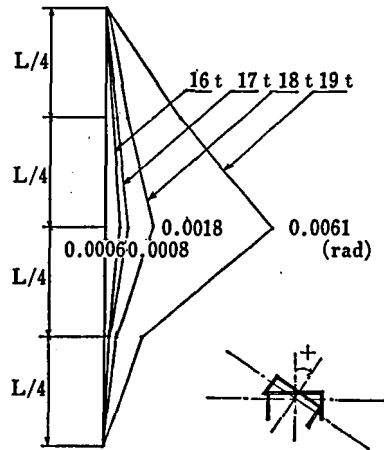


図5 ねじれ角分布

局部座屈が、発生する箇所を変位計で、ある程度予測し、その部分に、変位計等を集中させ、局部座屈性状を観察した。ひずみ測定点は、図4に示す通りである。

7. 実験結果

溝形断面柱については、初期たわみ形状が、ねじれ成分を含み、また一軸対称開断面特性から、図6に示す様に、荷重の増加に伴い、徐々にねじれ変形が増大し、終局状態において、せん断中心回りに回転するねじれ座屈現象を生じ、(図5)ほとんど同時に、柱の中央のウェブに横断面方向に、1波形の局部座屈を起こした。上述の傾向は、他の供試体にも、一致して、観察できた。

箱形断面柱については、全体座屈が、先行するケースについても必要であったが、残留応力度の影響により、3体とも、局部座屈が先行し、図7～図8で示す様に、その後、若干の荷重増加後、全体座屈が、発生し全体崩壊に到った。箱形断面についての座屈強度の比較は、表3に示す。

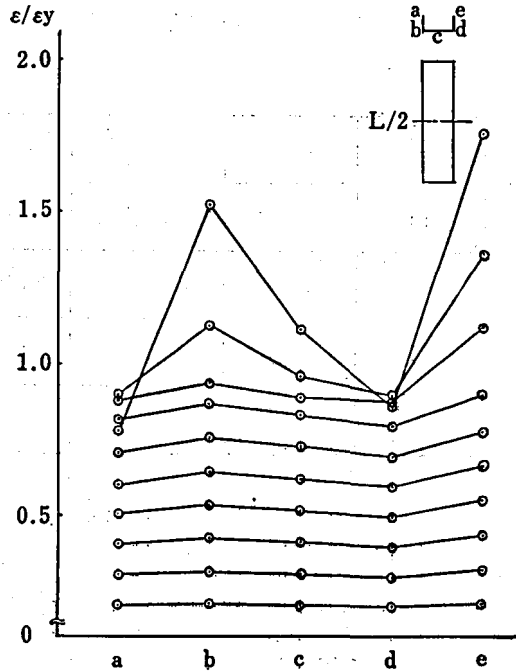


図6 中央断面垂直ひずみ分布(軸)

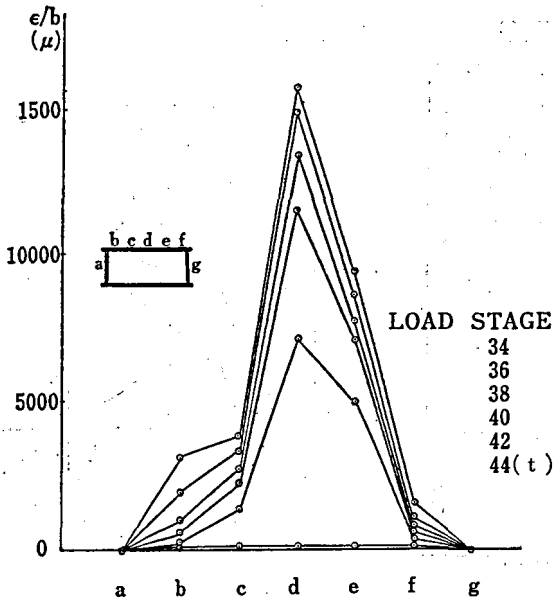


図7 座屈部分の曲げひずみ分布

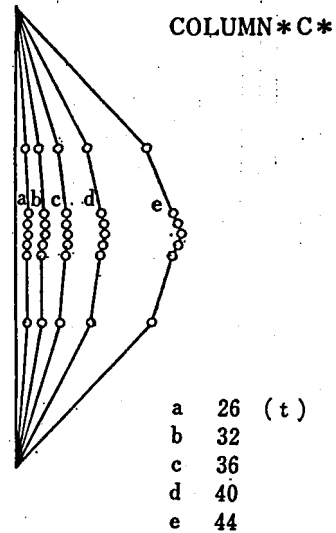


図8 柱としての変位

8. 結 論

溝形断面：

- ねじれ座屈とそれに伴う局部座屈が、観察された。

箱形断面：

- 局部座屈形状は、軸方向にはほぼフランジ巾の波長を持ち、2～3波のモードが、柱の中央付近に発生した。
- 局部座屈が先行し、その後、全体座屈を起こして崩壊したが、局部座屈の発生が、ただちに全体の柱の崩壊につながらず、全体座屈は、局部座屈荷重の1.18～1.33倍の荷重レベルで生じた。

表3 座屈強度の比較

Box	Local Buckling		Overall Buckling	
	theory	exp.	theory	exp.
A	0.84	0.60	0.83	0.71
B	0.84	0.60	0.84	0.72
C	0.84	0.60	0.85	0.73

9. 参 考 文 献

- (1) 小松定夫, 北田俊行：初期不整を有する圧縮板の極限強度特性に関する研究, 土木学会論文報告集第270号 昭和53年2月 p. 1～p.14