

H形短柱の連成座屈挙動について

熊本大学 工学部 正 員 山尾 敏孝

熊本大学 工学部 〇学生員 荒木 栄次

熊本大学 工学部 正 員 崎元 達郎

1. まえがき: 薄肉閉断面部材が圧縮や曲げを受ける場合、構成板の局部座屈と部材の全体座屈との連成座屈が問題とな、てくるが、著者らはその一解析手法として結合解析法を開発した。¹⁾そして連成座屈実験を行ってその耐荷力や座屈挙動を調べてきた。しかし部材の連成座屈強度を求めるには、局部座屈強度を知る必要があり、現在のところ短柱実験を行う以外に、簡単に求める方法は見当たらない。そこで本研究では、まず板要素相互の連成座屈挙動やその耐荷力を明らかにするため、H形断面を有する短柱を供試体を選び、幅厚比を変化させて耐荷力実験を行なった。さらに、文献1)で誘導した板要素の有限変位弾塑性解析法を用いて、短柱供試体の解析を行い、この解析法の妥当性について検討したので、その結果について報告する。

2. 短柱実験の概要: 実験で使用した鋼材は、4.4

mm, 3.2mm厚のSS-41であり、それぞれの引張試験の結果を表-1に示す。供試体は溶接集成のH形断面で、フランジ・ウェブの板要素の相互作用を調べるために幅厚比を変化させた計7体であり、供試体諸元は、表-2に示すとうりであった。また、部材断面の溶接集成による残留応力は別途に製作した残留応力測定用供試体を用いて、機械切断による応力解放法により測定した。この残留応力の分布は、フランジの両端、ウェブ中央で圧縮となり、フランジ最大圧縮残留応力及び、ウェブ部の平均圧縮残留応力は、表-3の様であった。初期たわみの測定は、定盤上で変位計をスライドさせ、フランジ・ウェブとも6等分点で、部材軸方向には5cm間隔で測定した。結果は表-3に示すように、各供試体の板要素の最大初期たわみ4が示方書の製作精度²⁾(b/150以下)を満足した。また載荷は写真-1に示すように、油圧式100t試験機による中心圧縮の平押しで、供試体の端部は11mm厚の鋼板を溶接しフランジ・ウェブ板要素の載荷辺が固定の条件となるようにした。また、供試体の下部には荷重が均一に載荷できるように斜円盤により調整した。変位の測定は、図-1に示すような位置に変位計を取り付けウェブとフランジの変形状態と、中央断面及び両端部から50mm離れた断面4箇の位置に1軸ゲージを配してひずみを測定した。

3. 実験結果: 実験で得られた最高荷重 P_{max} および最大初期たわみ等を表-3にまとめて示す。図-2は、横軸に最大応力を降伏応力で無次元化した σ_{max}/σ_y を、

表1 鋼材の諸性質

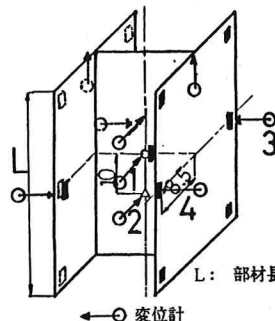
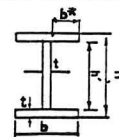
板厚 t(mm)	ヤング率 E (kg/cm ²)	降伏応力 σ_y (kg/cm ²)	降伏ひずみ $\epsilon_y (\times 10^{-6})$	引張強さ σ_m (kg/cm ²)	伸び率 %	ポアソン比 ν
4.4	2.09×10^6	2550	1260	3430	45.0	0.28
3.2	1.99×10^6	2250	1150	3384	45.0	0.27

表2 供試体諸元

供試体	t(mm)	b(mm)	h'(mm)	L(mm)	b*/t	h'/t	R
SH-1	4.38	180.0	180.0	700.0	20.05	41.09	0.762
SH-2	4.37	150.0	225.0	600.4	16.66	51.49	0.954
SH-3	4.39	185.2	225.0	700.4	20.59	51.25	0.950
SH-4	3.14	80.0	160.0	300.5	12.24	50.96	0.910
SH-5	3.12	105.1	160.0	420.1	16.34	51.28	0.915
SH-6	3.18	129.9	160.0	540.2	19.92	50.31	0.898
SH-7	3.11	130.8	192.0	529.9	20.53	61.74	1.102

$$R = \frac{h'}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E} \frac{12(1-\nu^2)}{\pi^2 k}} \quad (k=4)$$

L: 部材長



○ 変位計
■ ひずみゲージ

図-1 供試体及び変位とひずみの測定位置

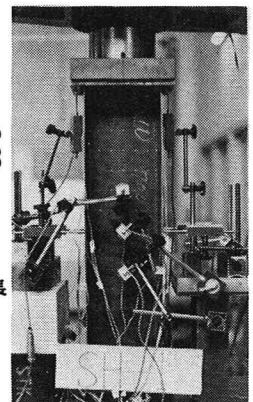


写真-1 実験装置

表-3 実験結果

供試体	最大初期 たわみ Δ/b	圧縮残留応力 σ_{rc}/σ_y		P_{max} $\times 10^3$ kgf	σ_{max}/σ_y
		web	flange		
SH-1	1/1450	0.32	0.56	53.5	0.887
SH-2	1/970	0.57	0.71	49.0	0.838
SH-3	1/750	0.36	0.55	50.5	0.758
SH-4	1/1100	0.53	0.43	24.0	1.062
SH-5	1/490	0.40	0.57	27.5	1.058
SH-6	1/520	0.38	0.52	27.5	0.916
SH-7	1/1500	0.36	0.41	25.0	0.788

横軸には降伏応力で無次元化したウェブの等価幅厚比 R をとり、短柱の実験値をプロットしたものである。示方書の0.5/ R^2 の曲線に比べると、すべてその曲線より上側に位置していることがわかる。しかし、SH-1では、フランジ幅が広く、またSH-2は残留応力が比較的に大きいため耐力力が小さく出たと考えられる。載荷後の供試体を写真-2に示す。

4. 有限要素法による解析結果との比較： 解析対象は短柱全体とし、初期にわみの測定点と節点が対応するように、フランジ・ウェブともに6分割、長さ方向に14分割した。材料定数は表-1に示す引張試験の結果を、残留応力は測定結果を自己釣り合い条件と、二軸対称補正により修正した値を用いている。また、圧縮外力は一様変位の変位制御により与えている。

図-4 (a),(b)は、供試体SH-1の解析結果と実験結果の荷重-変位の関係をウェブ・フランジそれぞれについて比較したものである。(a),(b)とも実線が解析値であり、破線が実験値を示している。なお図中の番号は、図-1に示す変位計の番号であり、その点での荷重-変位曲線である。図-4 (a)を見ると、実験値と解析値との間で変位量に差はあるが、途中で変位の方が反転している様子などが、よく解析されているといえる。図-4 (b)は、中央断面のフランジ両端部でのたわみ性状を示すが、ウェブの座屈変形に伴って、フランジが、一端では断面の外側へ、他端では断面の内側へ変形する様子が見える。これらの結果より、耐力力は実験値より多少大きめ(107%)に出ているが、変位の進行に伴って、その変形状態特に局部座屈の発生前後の変形性状をよく追跡していると思われる、この解析法の妥当性が確認された。

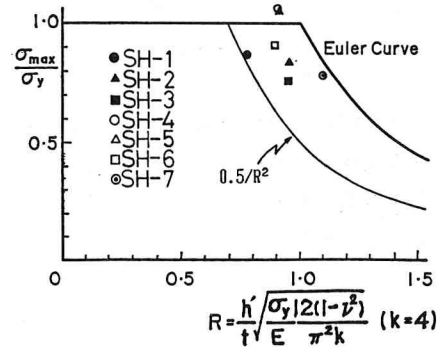


図-2 最大耐力

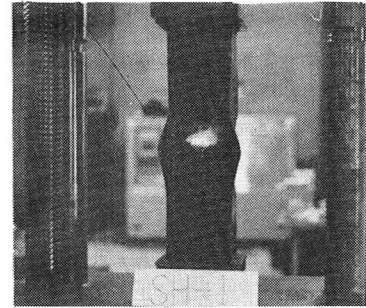
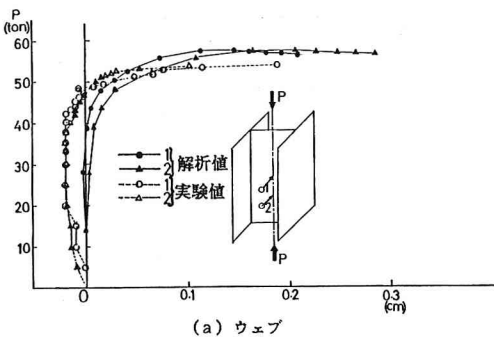
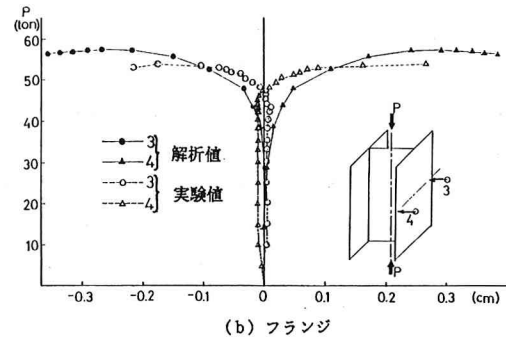


写真-2 実験後の変形状態 (SH-1)



(a) ウェブ



(b) フランジ

図-4 荷重-変位曲線 (SH-1)

—参考文献—

- 1) 山尾・崎元：「極要素とはり要素の結合による…」、構造工学論文集 16/1.324, 1986.3
- 2) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説」, 昭和55年2月
- 3) 鈴木・金子：「鋼構造部材構成極要素相互の…」、日本建築学会論文報告集, 第323号, 昭和58年1月