

I - 36

低降伏比高張力鋼を用いた薄肉短柱の強度と変形能について

大林組 正員 ○日野雅夫
熊本大学 学生員 西 昭洋

熊本大学 正員 山尾 敏孝
熊本大学 正員 崎元 達郎

1. まえがき

最近、製鉄メーカーでは、高張力鋼の降伏点以降の応力-ひずみ関係にある程度コントロールできる製鋼技術が開発されてきている。これは、従来の高張力鋼が引張強さに対して降伏応力が大きい、つまり降伏比（YR）が大きいのに対して、低くできることがこの新しい鋼材（LYR鋼）の特徴である。この鋼材の強度や変形能を有効に活用するにはどのような応力-ひずみ関係を有したらよいか、種々の断面に対しての検討が必要と思われる。本研究では、解析対象として一様圧縮を受ける溶接H形鋼短柱と箱形断面鋼短柱を考え、ひずみ硬化開始ひずみの変化または降伏比の変化による最大強度及び変形能特性について、従来のSM58鋼とLYR鋼の比較を行った。

2. 解析方法： 文献1)に示されている板要素の有限変位弾塑性解析法及び計算方法を用いて解析を行った。使用鋼材は、実験ならびに文献3)を参考にして、表1にその諸性質を、図1に応力-ひずみ関係を示す。図1において、従来型高張力鋼（SM58）をB-1とし、その曲線と比較するためにD-1曲線を決定した。また、降伏応力は同じでひずみ硬化開始ひずみを変化させたタイプ（A-2、A-3、A-4）と、ひずみ硬化開始ひずみは同じでYRを変化させたタイプ（A-3、B-3、C-3）を使用した。解析対象はそれぞれの平面で、変形が対称であると仮定してH形断面、箱形断面ともに1/4を解析対象とした。H形断面図及び箱形断面図を図2、図3に示す。解析には図4、5、6にそれぞれ示すような初期たわみ及び溶接残留応力の初期不整を考慮した。H形鋼短柱の解析モデルの断面寸法を表2に示す。

表1 鋼材の諸性質

鋼材	B-1	A-2	A-3	A-4	B-3	C-3	D-1
降伏応力 σ_y (tf/cm ²)	6.075	4.590	4.590	4.590	4.100	5.100	4.590
ヤング率 (tf/cm ²)	2100	2049	2049	2049	2049	2049	2049
歪み硬化開始歪み ϵ_s (%)	1.400	0.500	1.000	1.500	1.000	1.000	0.500
歪み硬化曲線の係数 n	0.8914	0.9257	0.8079	0.7491	0.7556	0.8955	0.8960
降伏比 (YR)	0.0753	0.0962	0.1320	0.1519	0.1742	0.0794	0.1368
	0.88	0.75	0.75	0.75	0.67	0.83	0.63

ひずみ硬化を曲線で近似した式 $(\sigma/\sigma_y) = m(\epsilon/\epsilon_s)^n$

表2 H形鋼の断面寸法諸元

Specimens	b (cm)	t _f (cm)	h (cm)	t _w (cm)	b _t (cm)	h _w (cm)	l ₀ (cm)
PSH-A	4.95	0.45	7.65	0.45	5	15	14.32
B	4.95	0.45	9.90	0.45	5	20	7.55
C	9.45	0.45	5.40	0.45	10	10	9.19
PSH-D	9.45	0.45	7.65	0.45	10	15	10.99
E	9.45	0.45	9.90	0.45	10	20	13.05
F	9.45	0.45	12.15	0.45	10	25	16.20
PSH-G	12.15	0.45	12.15	0.45	13	25	16.50
H	14.85	0.45	12.15	0.45	16	25	17.95
I	14.85	0.45	14.40	0.45	16	30	19.96
PSH-A1	9.45	0.45	16.65	0.45	10	35	13.81
2	14.85	0.45	16.65	0.45	16	35	22.43
3	20.25	0.45	16.65	0.45	22	35	24.92
PSH-B1	9.45	0.45	23.40	0.45	10	50	18.46
2	14.85	0.45	23.40	0.45	16	50	21.79
3	20.25	0.45	23.40	0.45	22	50	31.95
PSH-C1	9.32	0.45	23.30	0.32	10	70	16.40
2	14.72	0.45	23.30	0.32	16	70	16.56
3	20.12	0.45	23.30	0.32	22	70	19.59

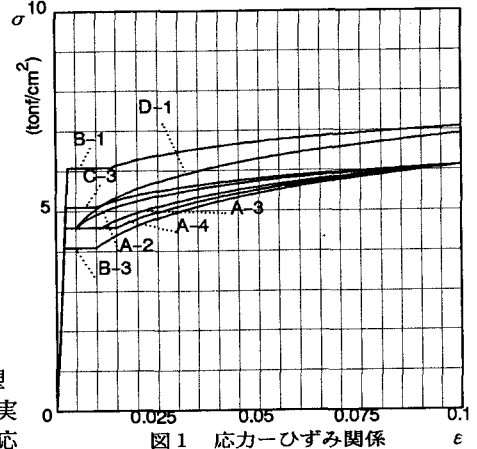


図1 応力-ひずみ関係

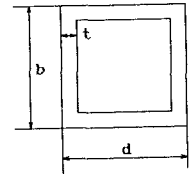
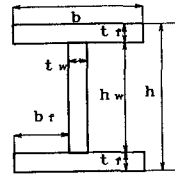


図2 H形断面図 図3 箱形断面図

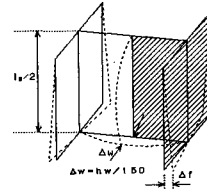


図4 初期たわみ図

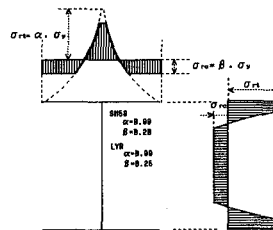


図5 残留応力図

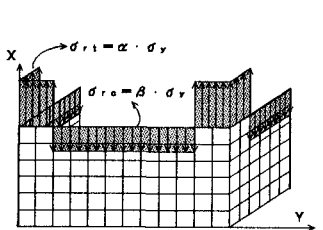


図6 残留応力図

3. 解析結果と考察：

(1) H形断面鋼短柱：図8は、降伏応力と降伏比は同じでひずみ硬化開始ひずみを変化させた場合の結果の一例を示したものである。縦軸には荷重 P を降伏荷重 P_y で、横軸には軸変位 U を降伏軸変位 U_y で無次元化して示した。PSH-C, G, Iの幅厚比が小さいタイプでは、最大強度に達した後の挙動にひずみ硬化開始ひずみの差に若干の影響がみられる。しかしPSH-BのA-2は、PSH-BのA-3、A-4と比べて最大強度に達する前からひずみ硬化の影響を顕著に受け最大強度が変化して大きくなっているのが分かる。図9は、ひずみ硬化開始ひずみは同じで、降伏比を変化させた場合の結果の一例を示したものである。縦軸には荷重 P を公称降伏荷重（公称応力 $=4600\text{Kg/cm}^2 \times \text{全断面積}$ ） P_{ys} で、横軸には軸変位 U を公称降伏軸変位 U_{ys} で無次元化して示してある。図より、降伏比が高いものの方が変形能力が良くなっており、降伏比の変化による影響は降伏応力の大きさにしかみられなかった。図10は、横軸に構成板要素の相互の影響を考慮した幅厚比パラメータ R_{fw} ²⁾を、縦軸に解析から求めた最大荷重を降伏荷重 P_y で無次元化して示したものである。図中の式は構成板要素の相互の影響を考慮した幅厚比パラメータ R_{fw} を用いた最大強度推定式で、ひずみ硬化が生じない範囲では今回の解析結果と良い対応を示しているが、ひずみ硬化が生ずるような幅厚比の小さい短柱の強度では若干差が生じている。

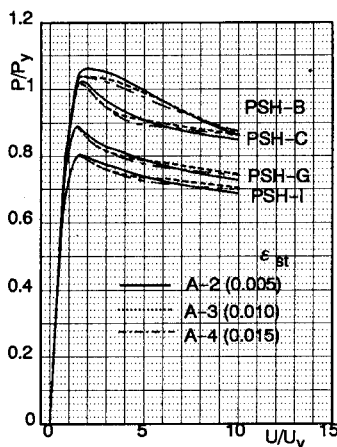


図8 荷重—軸変位曲線

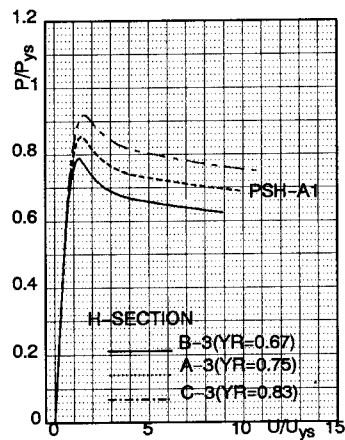
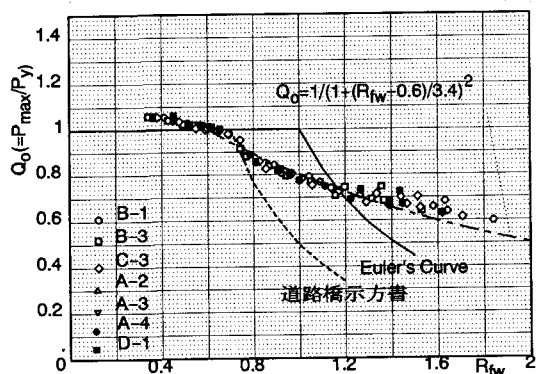


図9 荷重—軸変位曲線

図10 最大強度と R_{fw} の関係

(2) 箱形断面鋼短柱：図11はB-1とD-1との比較を行った図で、縦軸に荷重 P を降伏荷重 P_y で、横軸には軸変位 U を降伏軸変位 U_y で無次元化して示してある。幅厚比パラメータ R が大きい場合にはB-1とD-1はさほど変化はみられないが、幅厚比パラメータ R が小さい場合にはD-1の方が、最大強度に達する前からひずみ硬化の影響を受け最大強度が大きくなっており、変形能力もB-1より優れていることが分かる。図12は同幅厚比でのひずみ硬化開始ひずみを変化させた場合の荷重—軸変位曲線を示したもので、図11同様に無次元化してある。幅厚比パラメータ R が大きい場合には、さほど変化はみられないが、 R 小さい時には、最大強度に達するまでかなりの違いがみられ、ひずみ硬化開始ひずみの影響をかなり顕著に受けていることが分かる。なお、他の結果については講演当日発表予定である。

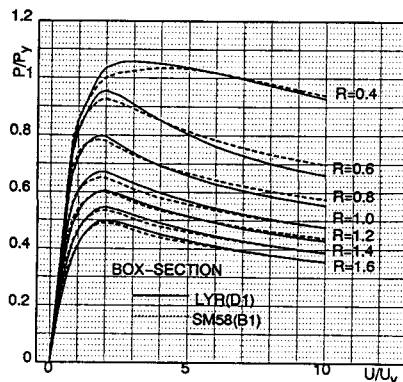


図11 荷重—軸変位曲線

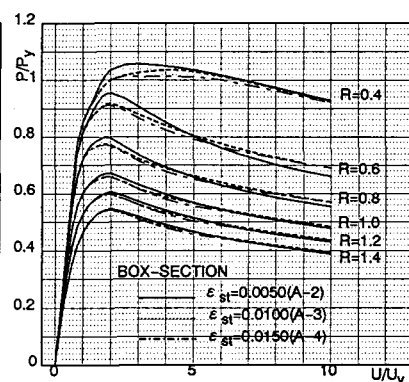


図12 荷重—軸変位曲線

参考文献：1)山尾、崎元：板要素とはり要素の結合による・・・、構造工学論文集、VOL. 32A, 1986. 3

2)山尾、坪瀨、崎元：圧縮と曲げを受ける薄肉H形・・・、構造工学論文集、VOL. 36A, 1990. 3

3)福本（研究代表者）：鋼構造の機能性向上から見た・・・、研究成果報告書、平成4年3月