

降伏点応力を制御したときの鋼柱の耐荷力と変形性能のばらつき

名古屋大学大学院 学生員 岩本 正和

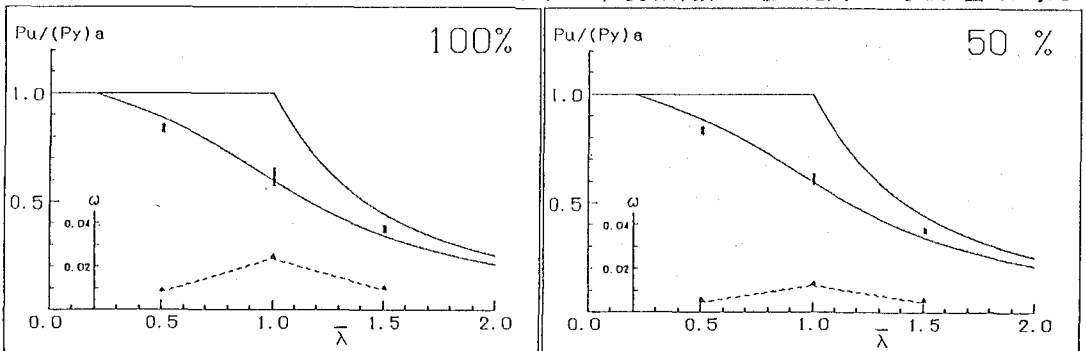
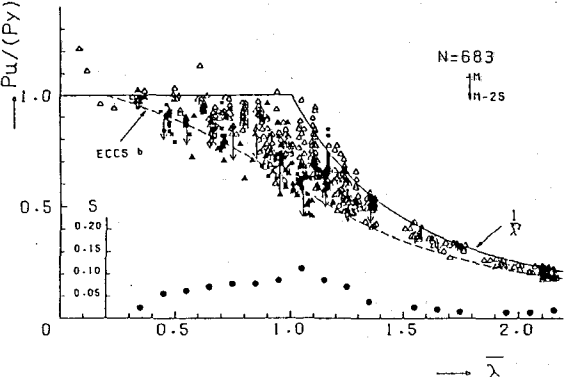
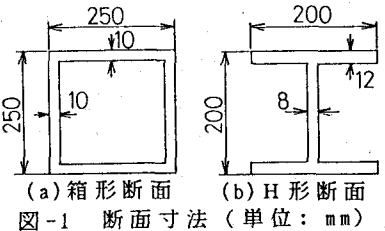
名古屋大学工学部 正 員 伊藤 義人

新日本製鐵 正 員 桑村 仁

1. 序論： 構造強度の変動性に影響を与える要因のなかで、降伏点応力のばらつきが部材の耐荷力に及ぼす影響が大きいと言われている。一方、近年、製鋼技術の発展により、降伏点応力のばらつきの制御が可能となってきた。そこで、残留応力と初期たわみをもつ鋼柱を対象として、降伏点応力のばらつきを制御することにより、中心軸圧縮鋼柱の耐荷力にどのような影響を与えるかを、弾塑性有限変位解析を用いてシミュレーションを行う。

2. 解析手法： 研究室で作成されている構造実験データベースNDSSより、降伏点応力が対数正規分布に従うと仮定し、モンテカルロシミュレーション法を用いる。3種の長さの鋼柱（降伏点応力がばらつきの中央値である $(\sigma_Y)_m$ のとき、それぞれ $\bar{\lambda}=0.5$, 1.0, 1.5に対応する長さのもの）において、現在の降伏点応力のばらつきを100%としたとき、このばらつきを75%, 50%に制御したときの耐荷力の変動を各々30個の疑似乱数を発生させて弾塑性有限変位解析を行う。鋼柱の残留応力、初期たわみは、現実の構造物において最悪値とされている最大圧縮残留応力 $\sigma_{rc}=0.3\sigma_Y$ （ σ_Y ：降伏点応力）、柱の中央の初期たわみの大きさを $L/1000$ （ L ：部材長）を確定値として用いることにする。解析に用いた箱形断面、H形断面の断面寸法を図-1に示す。また、図-2に、NDSSからのECCS(b)カーブに対応する実験結果（実測の降伏荷重で無次元化）を検索して表示したものを示す。

3. シミュレーション解析結果： 求められたH形断面の耐荷力を座屈曲線上に表示したものを図-3、図-4（それぞれ100%と50%のばらつき）に示す。図の下部には、変動係数 ω の値を記入してある。図-3に示し



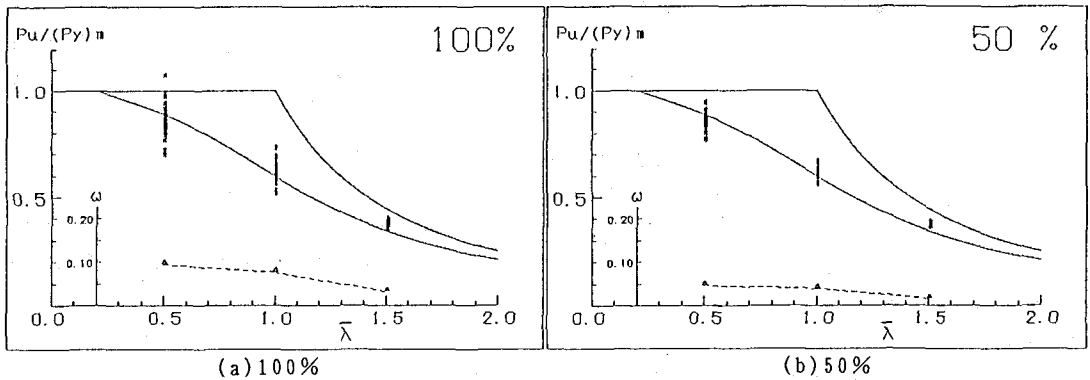


図-4 H形断面の耐荷力のばらつき ($(P_y)_m$ で無次元化)

たばらつきは、個々の柱の耐荷力を、解析に用いた個々の降伏点応力に断面積を乗じて求めた降伏荷重 $(P_y)_m$ で無次元化したもので整理したものである。ただし、降伏点応力のばらつきによる細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ のばらつきは、溶接箱形断面、H形断面に対応するECCS(b)カーブを基準にし、それぞれ $\bar{\lambda}=0.5, 1.0, 1.5$ のところに補正したものである(図-5参照)。一方、図-4は、同じH形断面の個々の柱の耐荷力を降伏点応力分布の中央値に断面積を乗じて求めた一定の降伏荷重 $(P_y)_m$ で無次元化して整理したものである。また、これらの図には、対応するECCS(b)カーブと、それぞれの無次元化された耐荷力のばらつきの変動係数 ω を点線

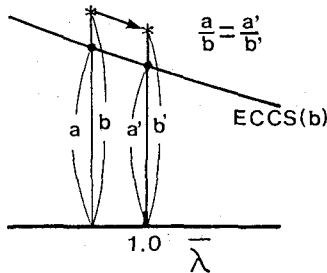


図-5 細長比の違いの修正方法

で結んで示す。降伏荷重 $(P_y)_m$ で無次元化された耐荷力のばらつきの図-3の100%のものと、図-2の実験結果を比較すると、今回の解析により得られた結果の方が変動係数は小さくなっている。 $\bar{\lambda}=1.0$ のところを例に挙げると、図-2の実験データの変動係数は図-3の解析結果のものの約5倍である。これは、実際には、降伏点応力のばらつきの他にも残留応力、柱の初期たわみ、断面形などの初期不整にもばらつきが存在するためである。また、

表-1 シミュレーション解析結果の統計値 (H形断面)

$\bar{\lambda}$	ばらつき(%)	m	$s \times 10^{-2}$	$\omega \times 10^{-2}$	m-2s
0.5	$P_u/(P_y)_m$	100	0.8251	0.6598	0.7996
		75	0.8253	0.5336	0.6465
		50	0.8256	0.3734	0.4522
	$P_u/(P_y)_m$	100	0.8406	7.912	9.412
		75	0.8363	5.847	6.991
		50	0.8327	3.858	4.633
1.0	$P_u/(P_y)_m$	100	0.5992	1.411	2.355
		75	0.5987	1.071	1.789
		50	0.5982	0.7190	1.202
	$P_u/(P_y)_m$	100	0.6039	4.621	7.653
		75	0.6023	3.490	5.795
		50	0.6006	2.337	3.892
1.5	$P_u/(P_y)_m$	100	0.3653	0.3393	0.9289
		75	0.3653	0.2579	0.7060
		50	0.3653	0.1748	0.4785
	$P_u/(P_y)_m$	100	0.3682	1.144	3.125
		75	0.3681	0.8644	2.362
		50	0.3659	0.5810	1.588

実測の降伏荷重で無次元化した実験結果(図-2)に対応する降伏荷重 $(P_y)_m$ で無次元化した図-3をみると、実験結果と同様に、 $\bar{\lambda}=1.0$ のところが最もばらついている。表-1に無次元化された耐荷力のばらつきの平均値m、標準偏差s、変動係数 ω 、そして、強度の下限とされるm-2sの値を示す。このm-2sについてみると、ばらつきを75%、50%に制御したときに、それぞれ、最大、+5.4%、+10.7%上昇している。

また、箱形断面についても同様な傾向であった。

4. 結論： 得られた主な結論を以下に示す。

- 1)箱形断面、I形断面では、降伏点応力を制御したときの耐荷力の変動性は、ほぼ、同じ傾向である。
- 2)降伏点応力のばらつきを現在の約半分にしたときに、鋼柱の下限強度は最大約10%程度上昇することが期待でき、設計に対して有利となり得る。

<参考文献>

- 1)YOSHITO ITOH:ULTIMATE STRENGTH VARIATIONS OF STRUCTURAL STEEL MEMBERS, DISSERTATION, 1984