

I-2

断面形状の違いによる構造部材の等価初期
不整への影響に関する一考察

東京都立大学 正 員 野上邦栄
 東京都 川岸雄一郎
 静岡県 杉山 令
 東京都立大学 正 員 成田信之

1. まえがき

ラーメン構造物の安全性は、一般に微小変位理論による線形解析の基、部材単位の照査式を満足することにより確保している¹⁾。しかし、最近計算機、および構造解析理論の進歩が著しい現状を踏まえ、鋼を主たる使用材料とする構造物の比較的たわみの有限性が問題となる鋼構造物に対しては、現在行っている微小変位解析より多少高度な弾性有限変位解析を設計技術者に要求することにより、設計手順の単純化、合理化を計るよう改善した設計法が提案されている^{2),3),5)}。

この設計法では、等価初期不整が重要な設計因子の一つであるが、これまでの研究成果においては、部材の等価初期たわみの大きさを道路橋示方書（以後、道示と呼ぶ）¹⁾の柱の基準耐力曲線に基づいて決定している⁴⁾。そこで、ここでは断面形状に対応した柱の耐力力をより厳密に評価できる複数耐力力曲線を用いることにより、等価初期不整への影響を検討している。

2. 等価初期不整

等価初期不整には、初期たわみを採用する。この等価初期たわみ形状は、構造全体系の固有値解析を行い、その最小固有値に対する座屈モードに合わせて与える。また、その大きさ (w^0 あるいは v^0) は、仮定した等価初期たわみの大きさに対して弾性有限変位解析により各断面の応力度 σ を求め、その最大応力度 σ_{max} が初期降伏応力度 σ_y に達するまで荷重 P を修正し、収束した時の荷重が限界強度 P_u に一致するまで等価初期たわみを修正して繰り返すことにより決定できる。

3. 耐力力曲線

柱の耐力力は、鋼種、材料強度、製作法、断面形状、残留応力の大きさなどで大きく変動することが知られており、道路橋示方書の1本の代表曲線 (JSHB) を用いる他に、ECCS, 座屈設計ガイドラインでは、これらの要因ごとにグループ化した複数耐力力曲線を設定している。ここでは、ECCS の各耐力力曲線に対応した表-1 のような断面形状を設定し、柱の等価初期たわみの大きさを計算した。なお、ECCS-d 曲線に対応する断面が JIS コードに存在しないため、ここでは JIS 断面のフランジ厚のみを変更した断面を用いた。

1 軸曲げを受けるはり一柱の強度相関式には、次式を適用した。

$$\left(\frac{C_m M_1}{M_u}\right)^2 = \left(1 - \frac{P}{P_u}\right) \left(1 - \frac{P}{P_\phi}\right), \quad P_\phi = \frac{GJ}{\gamma^2} \left(1 + \frac{\pi^2 EI_w}{GJL^2}\right) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 P_u は $M=0$ での終局軸圧縮荷重、 M_1 , M_u は端モーメント、 $P=0$ での終局モーメント、 C_m , γ , GJ , EI_w , L は各々等価モーメント係数、断面2次半径、純ねじり剛性、そりねじり剛性、部材長である。

4. 数値計算例

図-1 は、単純支持された溶接箱型断面柱について、JSHB 曲線と ECCS-b 曲線の等価初期たわみを比較した結果である。換算細長比の変化に対して、JSHB の結果と同様の傾向を示しており、 $w^0/L = 0.0027$ の一定値で十分な精度で耐力力を評価できる。同様にして他の断面についても計算を行い、得られた等価初期たわみをまとめたのが表-1 である。各 ECCS 曲線による等価初期たわみの大きさは、JSHB 曲線に比べて少し低い値にはなるが、ECCS-a 以外ほぼ良い一致を示した。したがって、柱の等価初期たわみに与える断面形状の影響は小さく、しかもその大きさは、 $w^0/L \approx 0.003$ で与えられる。

次に、1 軸曲げを受けるはり一柱の面外等価初期たわみについて、断面-1 (100×192×8×5) の断面形状を基本に腹板高を2倍に変化させた断面-2 により検討した。境界条件は単純支持、鋼材は SM400 である。面外等価

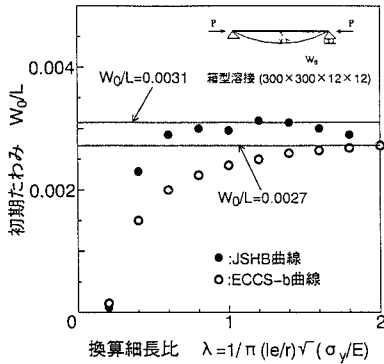


図-1 柱の等価初期たわみ

表-1 柱の断面形状に対応する耐荷力曲線による等価初期たわみ

断面形状		耐荷力曲線	w^0/L
圧延I型	300×582×17×12	ECCS-a	0.0014
		JSHB	0.0031
	400×400×21×13	ECCS-b	0.0023
		JSHB	0.0031
	432×498×110×45	ECCS-d	0.0037(max)
		JSHB	0.0026(max)
溶接I型	250×1000×20×10	ECCS-b	0.0024
		JSHB	0.003
溶接箱型	300×300×12×12	ECCS-b	0.0027
		JSHB	0.0032

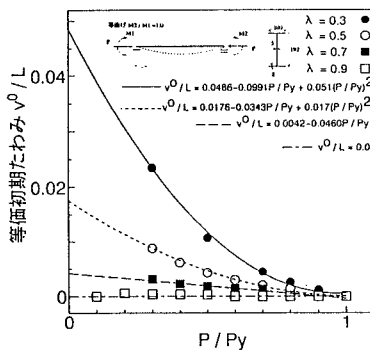
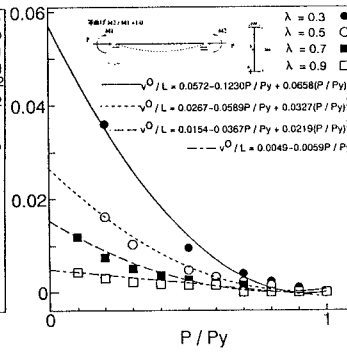
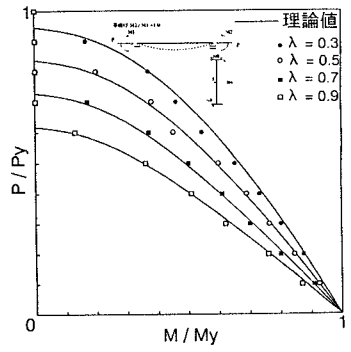


図-2 断面-1の等価初期たわみ



(a) $P-v^0$ 曲線



(b) 相関曲線

図-3 断面-2の等価初期たわみ

初期たわみ形状 v^0 は、正弦波の半波を与えた。

図-2 は、等曲げを受ける断面-1のはり一柱において、換算細長比 $\lambda (= \sqrt{M_y/M_{cr}}, M_{cr}$ ：横倒れ座屈モーメント) をパラメータにした $P-v^0$ 曲線である。 $\lambda \geq 0.9$ の部材では $v^0/L=0$ となり、等価初期たわみを必要としない。これは、式(1)の強度式で決まらず、初期降伏条件が限界となるためである。また、 λ および P が小さくなるにしたがって等価初期たわみが大きくなり、各 λ に対して v^0 は P の2次式および1次式で近似できた。同様に、断面-2についての $P-v^0$ 曲線を示したのが図-3(a)である。図-2と同様の傾向を示しているが、初期たわみの値はより大きくなっている。また、この近似式を用いて弾性有限変位解析を行い、初期降伏時の荷重値と強度相関式を比較したのが図-3(b)である。解析値が良い一致を示している。

なお、面外等価初期たわみとして、ここで提示した軸力に関する近似式は実務上不便であることから、今後 λ など他のパラメータを検討し、実設計に配慮した等価たわみ式を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1990.2
- 2) 長谷川・西野：線形化有限変位解析による構造物の設計法の提案，土木学会第44回年次講演会，1989.10
- 3) 野上・林・高木・成田：弾性有限変位解析に基づく設計における骨組構造の等価初期不整について，構造工学論文集，Vol.40A，1994.3
- 4) 野上・成田：はり一柱の等価初期たわみに及ぼす荷重パラメータの影響，構造工学論文集，Vol.41A，1995.3
- 5) 織田・宇佐美：骨組構造物の座屈設計法の比較と評価，構造工学論文集，Vol.40A，1994.3