

鋼薄肉片持柱の終局強度特性に関する研究

大阪市立大学・工学部 正員 中井 博
 大阪市立大学・工学部 正員 酒造 敏廣
 奈良県庁 正員○宮本 慶三

1. まえがき

鋼薄肉の箱形部材で構成されるラーメン構造物は、一般に変断面部材として設計される。本文では、この種のラーメンの面外崩壊挙動を片持柱としてとらえ、鉛直・水平荷重や集中モーメントなどを受ける変断面片持柱の終局強度算定法について検討するものである。近似算定法としては弾性一次理論を用いたP-Δ法（以下、修正P-Δ法という）を検討し、二次理論に基づいた解析結果¹⁾と比較・検討のうえ、その妥当性を考察する。

2. 修正P-Δ法による耐荷力の近似計算法

まず、図-1(a)に示す荷重を受ける片持柱の終局強度を修正P-Δ法に基づいて解析するため、初期不整やP-Δ効果による耐荷力の低下も含めた換算水平荷重Qを、次のように導入する。

$$Q = P \cdot (\psi_0 + \alpha_H + \alpha_N/k_i) / \{1 - (P/P_{ymin}) \cdot \bar{\lambda}_y^2\} \quad \dots(1)$$

ここに、 $\alpha_H = H/P$ 、 $\alpha_N = M/Ph$ 、 ψ_0 :柱の初期部材回転角、 P_{ymin} :柱断面の最小の圧壊荷重。また、 $\bar{\lambda}_y$ は、以下の諸式で定義される片持柱の細長比パラメーターである。

$$\bar{\lambda}_y = \sum \{(h_i/h) \bar{\lambda}_{yi}\} \quad \dots(2)$$

$$\bar{\lambda}_{yi} = \sqrt{P_{yi}/P_{ei}} \quad \dots(3)$$

$$P_{ei} = \pi^2 EI_{cyi} / (2h)^2 \quad \dots(4)$$

ただし、 h_i :第i断面の部材長さ、 I_{cyi} :第i断面の断面二次モーメントである。

つぎに、図-1(b)に示すように、鉛直荷重Pと式(1)の換算荷重Qとを片持柱に作用させて一次理論を適用し、圧縮と曲げとを受ける柱の一断面が全塑性状態に至ったときの荷重を片持柱の終局荷重とする。

3. 初期部材回転角 ψ_0 の取り方

式(1)に含まれる初期部材回転角 ψ_0 は、柱の初期たわみに起因するものであるが、本

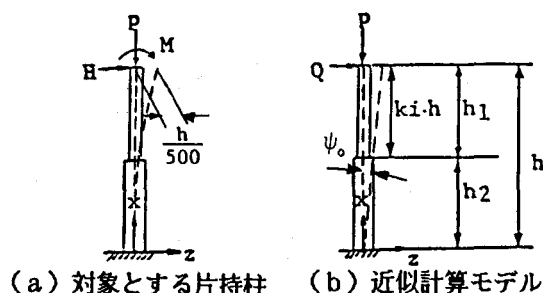


図-1 変断面片持柱

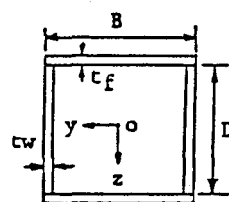


図-2 柱断面図

近似計算法が一次理論に基づいているため、柱の初期たわみだけでなく、残留応力やP- Δ 効果などの非線形性も含める必要がある。

そこで、 ψ および $\bar{\lambda}_y$ を種々変化させ、鉛直荷重のみを受ける等断面片持柱の二次理論に基づいた厳密な弾塑性解析を行った¹⁾。柱の断面寸法としては、 $B=48\text{cm}$, $D=45.6\text{cm}$, $t_r=t_w=1.2\text{cm}$ 、また降伏点 $\sigma_y=2,400\text{kg/cm}^2$ とした。その際、道路橋示方書(JSHB)²⁾の製作基準をもとに柱先端で $h/500$ となる $\cos$ の1/4波形の初期たわみと、圧縮応力度が $-0.4 \cdot \sigma_y$ となる矩形分布の残留応力度を導入した。この解析と近似解析法とによる片持柱の終局強度を、それぞれ P_{u0} および P_u とし、 ψ と $\bar{\lambda}_y$ とによる終局強度比 P_u/P_{u0} の変動を求めた。それを、図-3にプロットする。

この図からわかるように、 $\psi=1/150$ とすれば、近似計算法は解析値に対して $\pm 3\%$ 程度の誤差内で、片持柱の終局強度を精度よく推定できる。このとき、 $\psi=1/150$ の内、 $1/500$ が初期たわみ、残る約 $1/214$ が残留応力やP- δ 効果などに相当すると考えられる。

4. 組み合わせ荷重を受ける変断面片持柱に対する近似計算法の適用

3つの異った断面からなる変断面片持柱に、鉛直荷重 P 、水平荷重 H および集中モーメント M を作用させ、修正P- δ 法と弾塑性二次解析およびJSHBの設計基準による終局強度とを比較した。ただし、断面1,3においては $B=50\text{cm}$, $D=47\text{cm}$, $t_r=t_w=1.5\text{cm}$ 、断面2においては $B=50\text{cm}$, $D=48\text{cm}$, $t_r=t_w=1\text{cm}$, $\sigma_y=3,200\text{kg/cm}^2$ である。柱の細長比パラメーター $\bar{\lambda}_y=0.8$ に対する結果を、図-4に示す。

この図からわかるように、修正P- Δ 法による計算値は二次理論による解析値と比較して $\pm 4\%$ の誤差内でよく一致していることがわかる。一方、JSHBの耐荷力相関式は、近似計算値と比較すると、かなり安全側の終局強度を与えることがわかる。とくに、鉛直荷重が卓越する範囲では、変断面性をうまく考慮できないため、近似計算値および解析値に対して40%もの安全側の結果を与えることが指摘される。

参考文献：1) Nakai, H., Emi, S. and Miki, T.: Proc. of JSCE, Struct. Eng./Earthquake Eng., Vol.3, No.1, April 1986, 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、昭和55年4月

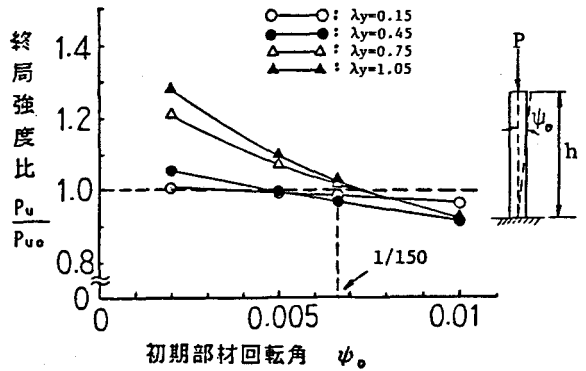


図-3 初期部材回転角 ψ による終局強度の変動

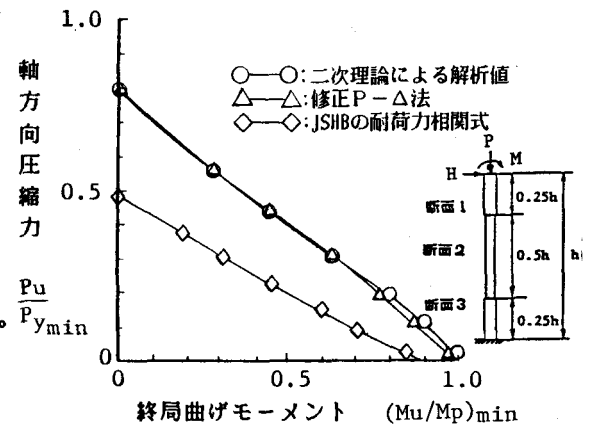


図-4 圧縮と曲げとに関する片持柱の耐荷力相関曲線