

川崎重工業株式会社 正員 ○ 大垣 賀津雄
 大阪市立大学工学部 正員 酒造 敏廣
 大阪市立大学工学部 正員 中井 博

1. まえがき

薄肉箱形部材で構成される鋼製ラーメン構造物を設計する際、現行の道路橋示方書(JSHB)¹⁾では有効座屈長を用いた梁-柱の耐荷力相関式が用いられている。ところが、有限変位の影響が無視できないスレンダーな柱を持つラーメンや変断面部材からなる特殊形状のラーメンに対しては、具体的な耐荷力算定法は示されておらず、煩雑な非線形解析を行うべきであると解説されている。

本文では、鉛直と水平の組み合わせ荷重を受けるこの種のラーメンを対象に、一次理論を用いた耐荷力の近似算定法²⁾(以下、修正P- δ 法という)を検討する。そして、これと弾塑性有限変位解析(F.E.M.)³⁾および各国の設計基準など⁴⁾との比較を通じて、修正P- δ 法の妥当性について考察するものである。

2. 修正P- δ 法による耐荷力の近似計算法

(1) 換算水平荷重の導入

Fig.1(a)に示すように、鉛直と水平の組み合わせ荷重(P_r, H_r)を受ける多層ラーメンの耐荷力算定法の中に、一次理論では考慮できない初期不整やP- δ 効果による耐荷力の低下を考慮するため、同図(b)に示すように換算水平荷重 Q_r を導入する。

$$Q_r = (H_r + \sum_{s=1}^{m+1} P_{r,s} \psi_s) / \{1 - (\sum_{s=1}^{m+1} P_{r,s} / P_{e,r})\} \quad \cdots (1)$$

ここに、 ψ_s は柱の初期部材回転角であり、鉛直荷重のみを受けるラーメンのF.E.M.解析との比較²⁾から、 $\psi_s = 1/150$ としている。また、 $P_{e,r}$ ：ラーメンの各階層の弾性座屈荷重⁴⁾、 $\sum_{s=1}^{m+1} P_{r,s}$ ：多層ラーメンの第 r 階層上に作用する鉛直荷重の総和。

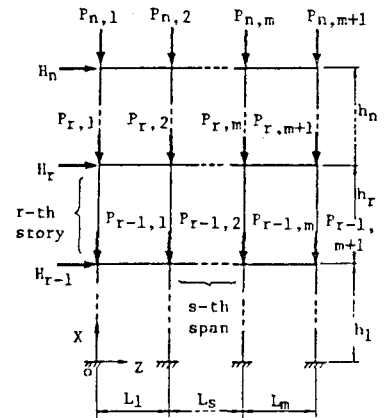
(2) 限界強度の求め方

鉛直荷重 P_r と上式による換算水平荷重 Q_r とをラーメンの各層に作用させ、弾性一次解析を行う。すると、ラーメンの限界荷重は、軸方向力と曲げモーメントが作用する部材断面の終局状態⁵⁾に相当する鉛直・水平荷重として求められる。

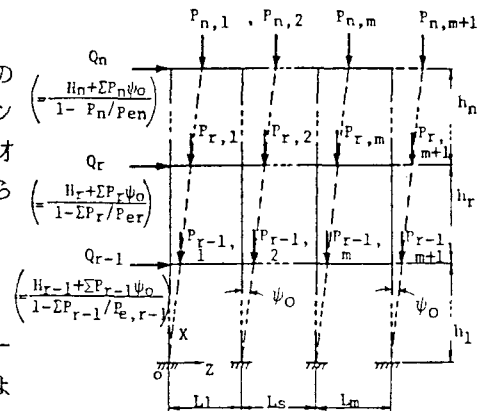
3. F.E.M.解析と修正P- δ 法、JSHB¹⁾およびDIN 18800

Teil II⁴⁾との比較

Fig.2に示すように、変断面部材からなる1層門形ラーメンのF.E.M.解析を行い、これと修正P- δ 法とJSHBおよびDIN 18800 Teil IIにおける耐荷力算定法とを比較した。部材断面寸法などはTable 1に示すとおりであり、柱の細長比パラメータ λ_y は0.38および0.93の2種類としている。これらの結果を鉛直と水平の限界強度($P_{cr}/P_y, H_{cr}/H_p$)の相関曲線として、Fig.3に示す。ここに、 P_y ：柱の圧壊荷重、



(a) 組み合わせ荷重(P, H)を受ける多層ラーメン



(b) 修正P- δ 法による耐荷力算定モデル

Fig.1 組み合わせ荷重を受ける多層ラーメンの初期部材回転角 ψ_s と換算水平荷重 Q_r

Table 1 組み合わせ荷重を受ける変断面門形ラーメンの断面寸法および各種パラメーター

項目 Case	骨組寸法(mm)		断面 番号	断面寸法(mm)				パラメーター			降伏点 σ_y (MPa)	限界断面力	
	h	L		B	D	t_r	t_w	$\bar{\lambda}_y$	R_{rw}	k_{p1}		P_y (MN)	H_p (MN)
1	2,000	1,000	①	200	150	5.00	5.00	0.38	0.705	0.827	294	1,209	154
			②	200	150	6.67	6.67		0.527	0.917	294		
2	3,000	1,000	①	150	90	4.50	4.50	0.93	0.597	0.884	343	741	48
			②	150	90	6.00	6.00		0.446	0.951	343		

注； B, t_r ：箱形断面のフランジ・プレートの幅と板厚

D, t_w ：箱形断面の腹板の高さと板厚

$\bar{\lambda}_y$ ：柱の細長比パラメーター($=\sqrt{P_y/P_{cr}}$)

R_{rw} ：箱形断面の幅厚比パラメーター⁵⁾

k_{p1} ：箱形断面の局部座屈に対する低減係数⁵⁾

H_p ：水平荷重のみを受けるラーメンの第一塑性ヒンジ荷重。

この図から、 $\bar{\lambda}_y=0.38$ のとき、DIN 18800の方法と修正P- δ 法との結果はほとんど一致し、F.E.M.解析との誤差は、大きくても3 %程度であることがわかる。また、JSHBの方法は、水平荷重のみが作用するときに、F.E.M.解析に対して15%程度安全側の結果を与えているが、比較的よい結果を与えている。

一方、 $\bar{\lambda}_y=0.93$ のスレンダーなラーメンになると、DIN18800では鉛直荷重が卓越する範囲で対象外となるが、修正P- δ 法のF.E.M.解析に対する誤差は、すべての範囲で 5%以内であり、精度のよい近似計算法であるといえる。また、JSHBの方法はF.E.M.解析に対する誤差が最大40%にも達しており、スレンダーなラーメンに対しては、かなり安全側の結果を与えることがわかる。

4. まとめ

スレンダーなラーメンの耐荷力算定法としては、JSHBの方法よりも修正P- δ 法の方が有効であることがわかった。各種形式のラーメンについて検討した結果の詳細は、当日報告する。

参考文献

- 1)道路橋示方書、昭和55年2月
- 2)中井・酒造・大垣：土木学会関西支部年次学術講演会、昭和61年5月、I -62
- 3)Nakai, H., Miki, T. and Ohgaki, K.: Memoirs of O.C.U., Vol. 26, Dec. 1985, pp. 233~249
- 4)DIN 18800 Teil II, April 1981.
- 5)Nakai, H., Kitada, T. and Miki, T.: Proc.

of JSCE, Struct. Eng./Earthquake Eng., Fig.3 修正P- δ 法、F.E.M.解析、および、各種設計示方書による門形ラーメンの限界強度曲線の比較

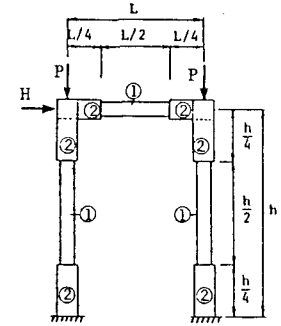
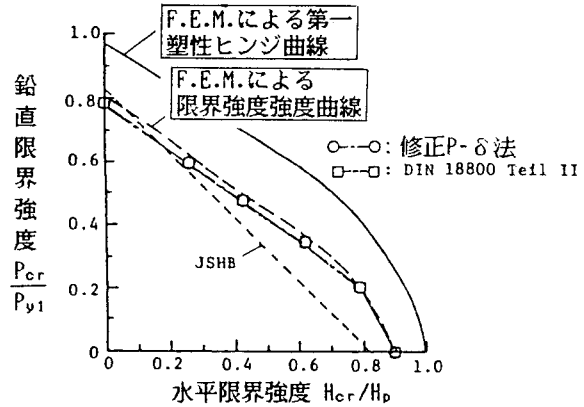
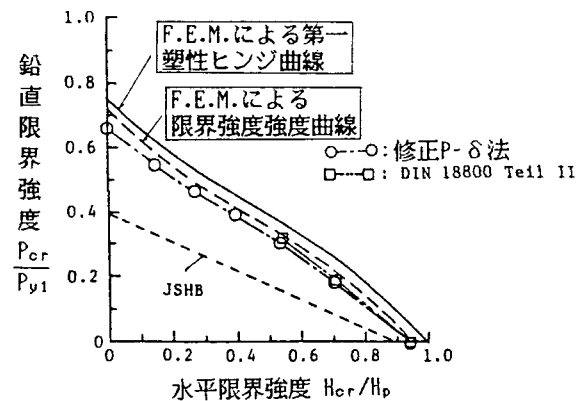


Fig.2 解析モデル


(a) $\bar{\lambda}_y=0.38$

(b) $\bar{\lambda}_y=0.93$