

阪神高速道路公団 正員 吉川 紀 大阪市立大学工学部 正員 中井 博
同 上 正員 中村一平 (株) 横河技術情報 正員 古田秀博

1. まえがき 最近、土木構造物にも大いに利用が期待されている鋼管柱にコンクリートを充てんした合成柱³⁾に関する諸検討結果は、文献1)~2)ですでに詳しく報告されている。それによると、ドイツ(DIN18806)³⁾では、軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける短柱の相関曲線を基にし、長柱の場合には座屈を考慮してそれを修正する方法をとっている。また、英国(BS5400)⁴⁾では、軸方向圧縮力の影響を考察した曲げモーメントに対する照査式で設計を行う指針が示されている。本文は、軸方向圧縮力と曲げモーメントとが同時に作用する短柱から長柱に至るまでの合成柱の耐荷力相関曲線を、初期不整の考慮のもとに、柱-たわみ曲線法(CDC法)^{5),6)}を用いて直接求めようと試みたものである。そして、ここでは多数のパラメトリック解析を通じて得られた結果について報告する。

2. パラメトリック解析

(1)解析パラメータ 耐荷力相関曲線に影響を与える材料(鋼材、コンクリート)、鋼管の初期不整(残留応力、初期たわみ)、合成柱の形状寸法(断面形状および鋼管の荷重分担係数、矩形断面における縦横比、部材長)に着目して解析を行った。解析に用いたパラメータを表-1に示す。

(2)パラメトリック解析結果 各種パラメータによる解析結果のうち、代表的なものを以下に示す。ただし、以下では、すべて軸方向圧縮力 P/P_p と曲げモーメント M/M_p との相関曲線として表わす。こゝに、 P_p は圧壊荷重、 M_p は全塑性抵抗曲げモーメントである。

a)鋼材とコンクリートとの合成効果が耐荷力に与える影響: 鋼材とコンクリートの合成効果を評価するために、鋼断面のみ、コンクリートのみ(ただし、コンクリートの引張強度を圧縮強度の1/10と仮定)および合成した場合について解析した結果を図-1に示す。この図から、それぞれ単独の柱の耐荷力曲線を重ね合わせたものよりも、

相当に大きな耐荷力を合成柱は有することがわかった。単に重ね合わせたものを点線で示す。したがって、鋼材とコンクリートとが完全に一体化するような設計を行う必要がある。

b)鋼管の荷重分担係数(δ)が耐荷力に与える影響: パラメータ δ を種々変化

させた場合の耐荷力相関曲線を図-2に示す。この図より、パラメータ δ が小さいほど、すなわち鋼管部分が小さいほど、コンクリートと鋼材との合成効果が発揮されることがわかる。

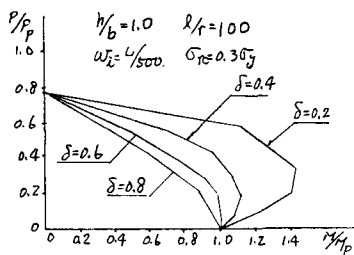


図-2 鋼管の荷重分担係数(δ)による相関曲線の変動

表-1 解析パラメータ

項 目	パラメータ
鋼材の降伏点(σ_y) kgf/cm^2	2400, 3600, 4600
コンクリートの圧縮強度(σ_{ck}) kgf/cm^2	240, 270, 300
残留応力(σ_{rc}) kgf/cm^2	$0.2\sigma_y$, $0.3\sigma_y$, $0.4\sigma_y$
初期たわみ(w_i)	$L/500$, $L/1000$
断面形状(矩形 h/b の比) ¹⁾²⁾	0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6
鋼管の荷重分担係数(δ) [*]	0.2 ~ 0.9
部材長(L) m	10, 15, 20, 70

$$^* \delta = A_s \sigma_y / N_{pL}, \quad N_{pL} = A_s \sigma_y + A_c \sigma_{ck}$$

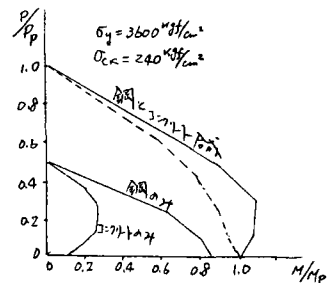


図-1 鋼とコンクリートとの合成効果の変動

c)初期たわみが耐荷力に与える影響: 初期たわみ(w_i)と耐荷力との関係を調べた結果を図-3に示す。この図から⁷⁾道示で制限されている値の2倍の値($L/500$)を用いても、耐荷力に与える影響はかなり小さいことがわかる。

d)残留応力が耐荷力に与える影響: 計算結果を図-4に示すがc)と同様に耐荷力に及ぼす影響は少ない。

e)細長比(λ)が耐荷力に与える影響: 図-5に示すように、細長比 $\lambda = 30 \sim 100$ の合成柱について例示したが、か

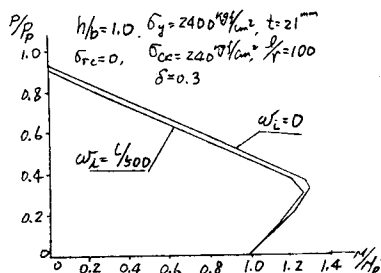


図-3 初期たわみによる相関曲線の変動

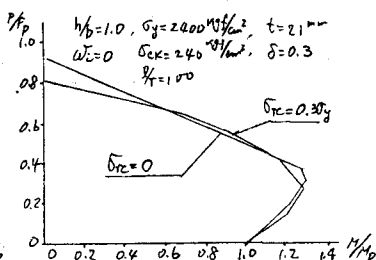


図-4 残留応力による相関曲線の変動

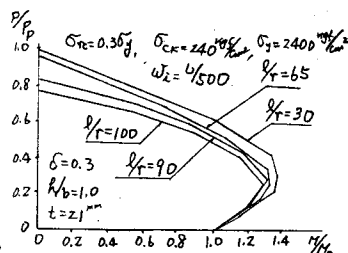


図-5 細長比による相関曲線の変動

なり耐荷力の差異が認められる。

(3) CDC 法と BS および DIN の規定に従って求めた耐荷力との比較 BS 5400 Part 5 および DIN 18806 Teil 1 の規定より求められた耐荷力と本文で用いた CDC 法により求めた耐荷力とを比較したものを表-2 に示す。

この表から 3 者間には大きな差異がないと考えられるが、実験値は CDC 法による値に近い結果を与えた。また、文献(3)~4)では、長柱の座屈は式の中に考慮されていないので、ECCS の柱の耐荷力曲線を用いて計算する必要があり、その手続きが煩雑である。

表-2 CDC 法, BS, DIN による耐荷力の比較

断面形状	解析方法	CDC 法	BS	DIN	備考
角断面 $t = 3.2 \text{ mm}$ SM50		t 23.5	t 28.8	t 25.6	$l = 2,244 \text{ mm}$ (実験値 24.0)

一方、CDC 法は上述のように長柱の座屈が考慮されているので、得られた相関曲線から軸方向圧縮力と曲げモーメントを直接に読みとることができ、設計に利用するのに便利である。

3. 軸方向圧縮力と軸曲げを受ける合成柱の実用的相関曲線 以上のパラメトリック解析結果を整理し、軸方向圧縮力 P と曲げモーメント M_y および M_z を受ける合成柱の実用的な相関曲線を検討してみた。その結果、次式を導びくことができた。

$$\alpha(P/P_p)^2 + \beta(P/P_p) + M_y/M_p + (M_z/M_p) \leq 1.0$$

ここに、 α および β は、図-6 に示すように、鋼管の荷重分担係数によって左右されるパラメータである。

4. まとめ 鋼管の荷重分担係数が小さい、すなわち鋼管部分が少ない合成柱ほど、コンクリートと鋼との間の合成作用が発揮できることがわかった。

また、鋼とコンクリートとの合成効果を計ることにより、それぞれを単独に使った合成柱より耐荷力の増大が期待できる。初期たわみの影響については、道示の 2 倍の値としても耐荷力の低下が少ないので、合成柱の場合、鋼管の製作精度は道示よりかなり緩和できるものと思われる。そして、残留応力の耐荷力に与える影響も僅少であった。しかし、細長比の差異による耐荷力の変化はかなり現われるので、軸方向圧縮力の卓越する合成柱では、現行の道示に従う細長比による耐荷力を考慮する必要がある。

今回は、角形断面の解析結果の 1 例を示したが、発表当日、円形断面ならびにその他のパラメータの影響についても報告する予定である。

参考文献 ①中井、吉川：コンクリートを充てんした鋼製橋脚の耐荷性に関する実験的研究、土木学会論文集、第 344 号/1-1、1984.4 ②中井、北田、吉川：コンクリートを充てんした鋼製角形柱の鋼板要素の一設計法、土木学会論文集、第 356 号/1-3、1985.4 ③DIN 18806, Teil 1, Tragfähigkeit von Verbundstutzen, Berechnung und Bemessung, Sep. 1981 ④British Standards Institution, BS 5400 Part 5, March, 1980. ⑤中井、吉川、畠田、由井：軸方向圧縮力と曲げモーメントを受ける合成柱の耐荷力、橋梁と基礎、1984 年 4 月 ⑥H. NAKAI, O. YOSHIKAWA: A Study on Ultimate Strength of Concrete Filled Steel Beam Column by CDC Method, Memoris of the Faculty of Engineering, Osaka City University, Vol. 24, Dec., 1983. ⑦日本道路協会：道路橋示方書・同解説(Ⅰ共通編, Ⅱ鋼橋編) 昭和 55 年 2 月

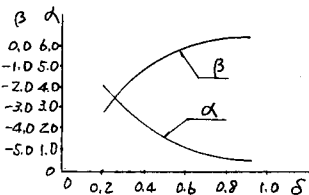


図-6 パラメータ α および β の値