

CS-181

コンクリート充填鋼管柱を用いた多柱式合成橋脚の終局挙動の解析

マエダ技術第1部 正員 ○唐 嘉琳

九州大学工学部 正員 日野伸一 太田俊昭

九州大学工学部 正員 黒田一郎 山根立行

1. まえがき

新しい高橋脚の構造形式として、コンクリート充填鋼管柱(以下、CFT柱と略す)を用いた多柱式合成橋脚(図-1参照)が提案され、これまで試設計等による基礎研究が行われてきた¹⁾。多柱式合成橋脚は複数のCFT柱を支材によって立体的に連結した下部構造である。本構造は、地震時に大きな水平荷重を受けた場合に一本のCFT柱が最大耐力に達しても他柱に曲げモーメントが再分配され、崩壊に至るまでの優れた変形性能が期待できる。一方、鋼管の拘束効果が発揮されるCFT柱は、鋼管とコンクリートを個別に評価する累加強度式とは異なる曲げ圧縮性状を示すが、このことが本橋脚自体の変形性状に及ぼす影響は明らかにされていない。

以上の背景より、本報では多柱式合成橋脚の終局挙動に及ぼす構造諸元の影響について解析的に検討する。

2. 解析概要

解析対象とした橋脚高さ50mの多柱式合成橋脚モデルを図-2に示す。主柱は $\phi 1800 \times 20$ mmの鋼管(SKK490)を用いた4本CFT柱であり、充填コンクリートの強度は 300 kgf/cm^2 とした。支材としては $\phi 1000 \times 14$ mmの中空鋼管(SKK400)を用いた。解析パラメータとして、①支材組数(3, 4, 5組)、②充填高さ(0, 30, 50m)、③軸力比(0, 0.1, 0.2)、④支材の径厚比を取り上げた。全体解析に先立ち、CFT柱断面の各軸力比に対する曲げモーメントと曲率関係($M-\phi$ 関係)を、鋼管による拘束効果を考慮したコンクリートと鋼管の応力-ひずみ関係²⁾を用い、平面保持則及びVon Mises降伏条件の仮定のもとに、断面分割、変位増分法により求めた。また、支材とする中空鋼管に対しては、曲げ剛性を無視し軸力部材として鋼管の応力-ひずみ関係³⁾を用いて $N-\varepsilon$ 関係を求めた。次に、全体構造の終局挙動に対する解析は、はり要素を用いた2次元有限要素法を用いて行った。非線形解析において主柱の断面が最大曲げ耐力に達した後に、塑性ヒンジ長さ L_p ³⁾を考慮して塑性ヒンジを橋脚基部に設けた。

鋼管の拘束効果を考慮した橋脚主部材の各軸力比 N/N_o (N :部材に作用した軸圧縮力、 N_o :CFT柱の圧縮耐力)における $M-\phi$ 関係を図-3に示す。

3. 結果および考察

また主柱の軸力とそれに対応す

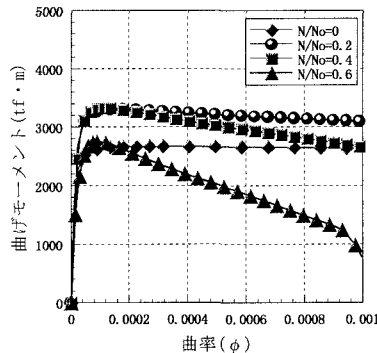
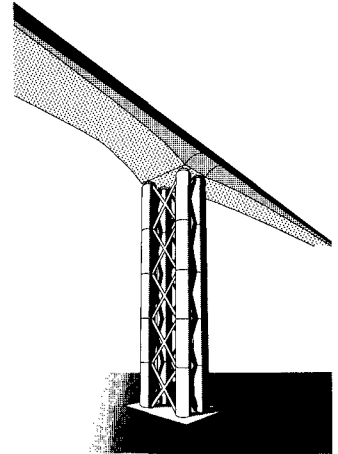
図-3 主柱の $M-\phi$ 関係

図-1 多柱式合成橋脚概念図

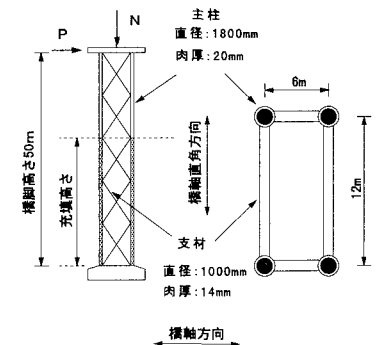
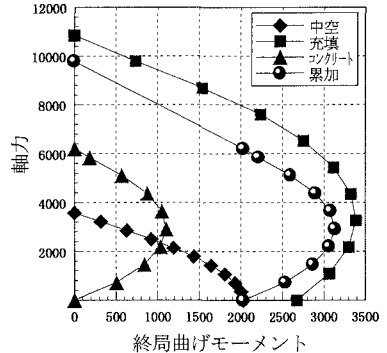


図-2 構造諸元

図-4 主柱の $M-N$ 関係曲線

キーワード：合成柱、高橋脚、コンクリート充填鋼管、多柱式、極限解析

連絡先：〒810-0004 福岡市中央区渡辺通り2-4-8 (株) マエダ (TEL : 092-735-0062, FAX : 092-735-0064)

る曲げ耐力の相関曲線（N-M相関曲線）を図-4に示す。比較のために、中空鋼管柱、コンクリート柱及びそれらを累加したN-M相関曲線も示す。これらの図より、曲げモーメントMが最大値Mmaxを越えた後、曲率 ϕ の増加に従って徐々に減少していくが、その勾配は軸力が大きいほど急になることがわかる。また、軸力比0.4程度でCFT柱の曲げ耐力は最大になっていることがわかる。

図-5～図-7にそれぞれコンクリート充填高さ、軸力比、支材組数が多柱式合成橋脚の荷重-変位関係に及ぼす影響を示す。図中の●、○印は橋脚主柱に塑性ヒンジが発生した点を、■、□印は支材の一つが最初に降伏する点を、▲、△印は最大荷重を、×印は支材の破断点を示す。また記号の横の要素番号は、要素図（図-8）に対応している。これらの図より、中空鋼管柱のTYPE-1は最大耐力後に急激に耐力を失っているのに対し、主柱にコンクリートを部分充填したTYPE-0は最大耐力後もその耐力を維持しており、本構造において部分充填が適していることが確認できる。また軸力比による耐力性能についての顕著な差は認められない。これはCFT柱のM- ϕ 関係を合成橋脚でも反映した結果といえる。さらに支材の組数が多いほど耐力及びじん性も高くなることが確認できた。

以上の解析結果より、各供試体の耐力力および変形性能を定量的に評価すると、表-1のとおりである。ここでは変形性能すなわち塑性率を δ_{95}/δ_y で評価するものとする。なお、 P_y 、 δ_y は橋脚主柱に初めて塑性ヒンジが生じた荷重および変位を示す。また δ_{95} とは、最大水平荷重 P_{max} の95%の荷重 P_{95} に対応する変位である。

4. まとめ

主柱基部にコンクリートを部分充填し、基部に塑性ヒンジ形成後に支材の降伏を誘導するように設計することにより、多柱式合成橋脚は優れた耐力力とじん性を保有することが可能である。

<参考文献>

- 1) 太田俊昭ほか：コンクリート充填鋼管柱を用いた多柱式合成高橋脚の力学特性、九州大学工学集報、vol.69 No1、pp.35-42、1996.1
- 2) 唐嘉琳ほか：コンクリート充填円形鋼管柱と対象とした鋼管とコンクリートの応力ひずみ関係のモデル化、鋼構造論文集、vol.3 No11、pp.35-46、1996.
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編、1996.2.

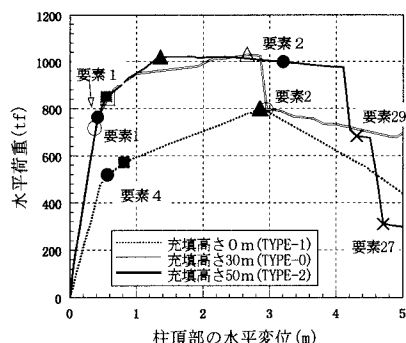


図-5 充填高さの影響

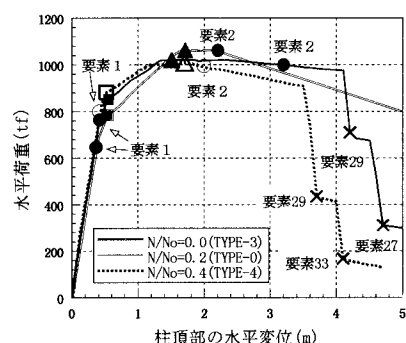


図-6 軸力比の影響

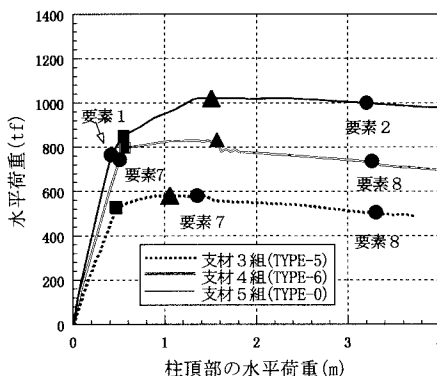


図-7 支材組数の水平変位

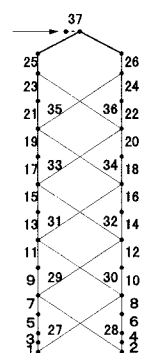


図-8 要素図

表-1 変形性能の評価

諸元		TYPE	荷重 (tf)			水平変位 (m)			δ_{95}/δ_y
			P_y	P_{max}	P_{95}	δ_y	δ_{max}	δ_{95}	
N/No=0.2	充填高さ0m	TYPE-1	517	801	761	0.57	2.85	3.22	5.65
	充填高さ30m	TYPE-0	763	1020	969	0.42	1.36	4.21	10.02
	充填高さ50m	TYPE-2	716	1031	980	0.38	2.66	2.96	7.79
充填高さ30m	N/No=0	TYPE-3	644	1063	1010	0.37	1.66	2.73	7.38
	N/No=0.2	TYPE-0	763	1020	969	0.42	1.36	4.21	10.02
	N/No=0.4	TYPE-4	798	1010	960	0.42	1.70	2.65	6.31
N/No=0.2	支材3組	TYPE-5	579	580	551	1.36	1.06	2.41	1.77
	支材4組	TYPE-6	742	826	785	0.52	1.52	3.27	6.29
	支材5組	TYPE-0	763	1020	969	0.42	1.36	4.21	10.02