

コンクリート充填鋼管柱を用いた多柱式合成橋脚の弾塑性挙動

九州大学大学院 学生員 ○山根 立行

九州大学大学院 正 員 日野 伸一, 太田 俊昭

防衛大学校 正 員 黒田 一郎

第一復建(株) 正 員 唐 嘉琳

1. まえがき

近年, 第二東名高速道路をはじめとする道路橋に対して, 施工の省力化, 工費縮減および耐震性等の構造特性の向上を目的とした各種の橋梁上・下部工の開発が行なわれている. 著者らは橋梁下部工の新しい構造形式の一つとして, 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)を提案しており, これまで試設計等による基礎研究を行ってきた¹⁾.

本構造は, 主柱材であるCFT柱とそれら相互を連結する補剛支材からなる立体骨組構造であり, 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, 他の主柱材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される. しかし, 本構造の崩壊に至るまでの耐力・変形挙動に関しては未だに解明されていない状況にある.

本報告は, CFT柱を用いた多柱式合成橋脚(橋脚高さ110m)の弾塑性有限要素解析を行い, コンクリート充填高さおよび補剛支材の強度が変形性能に与える影響について調べたものである.

2. 橋脚モデルと解析概要

解析対象とした橋脚高さ 110m の多柱式合成橋脚モデルを図-2に示す. この橋脚モデルは 3 径間連続鋼トラス橋を想定して試設計したものであり, 9本の柱を正方形配置した多柱形式となっている. 主柱材には $\Phi 2000 \times 30$ の鋼管(SKK490)を用い, 鋼管中に充填するコンクリートの強度は 29.4MPa とした. 補剛支材の中空鋼管は SKK400 を用いた.

解析パラメータとしては, 主柱材の充填高さ(20, 40, 60, 110m)と補剛支材($\Phi 700 \times 12$, $\Phi 700 \times 14$)の2項目を取り上げた.

全体解析に先立ち, CFT単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(図-3). また, 補剛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材の断面が最大曲げ耐力に達した時点で, 塑性ヒンジが発生するものとし, さらに塑性ヒンジ長さ L_p ³⁾を考慮して橋脚基部および充填部と中空部の境界面に塑性ヒンジ要素を設けた.

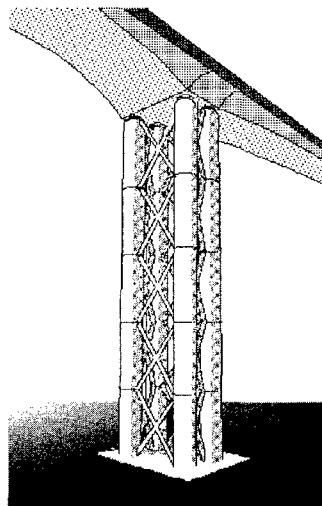


図-1 概念図

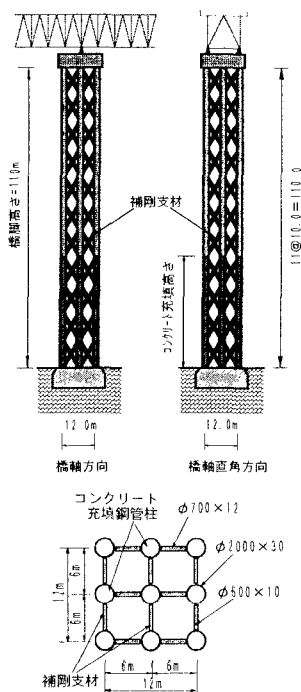


図-2 橋脚モデル

3. 結果および考察

図-4は補剛支材に $\Phi 700 \times 12$ を、また図-5は補剛支材に $\Phi 700 \times 14$ をそれぞれ用いた場合についてコンクリート充填高さを変化させたときの水平荷重-水平変位関係を示したものである。図中の●,○印は主柱材に塑性ヒンジが発生した点を、■,□印は補剛支材の一つが最初に降伏する点を示す。また記号の横の番号は要素図(図-6)に示す破壊箇所に対応している。

図-4より、コンクリート充填高さが高くなればなるほど、耐力および変形性能が増加することが分かる。しかし、充填高さ40m以上になると顕著な耐荷性能の向上はなくなる。施工性や橋脚死荷重の増加等を考えると、一概に全充填するのがよいとは言えない。

一方、図-5より、補剛支材の肉厚を大きくすることで充填高さ60m、110mのケースで40mのケースに比べて耐力、変形性能共に向上していることがわかる。このことから補剛支材と主柱材の剛性のバランスを考慮して配置することが重要だと考えられる。

以上の解析結果より、各供試体の耐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 $\mu_{95} = \delta_{95} / \delta_y$ で評価するものとする。なお P_y , δ_y は何れかの主柱材または補剛支材が最大曲げモーメントに達したとき若しくは軸力で降伏したときの柱頭部の水平耐力および変位である。また δ_{95} とは、最大水平耐力 P_{max} の95%の荷重に対応する変位である。

4. まとめ

主柱材と補剛支材のバランスを考えて設計することが、多柱式合成橋脚の耐力と変形性能を向上させる上で重要である。

<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を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.

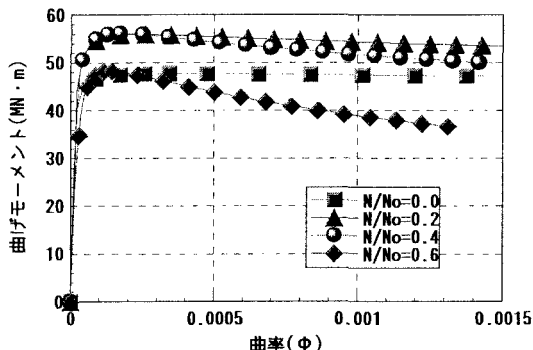


図-3 CFT柱のM- Φ 関係

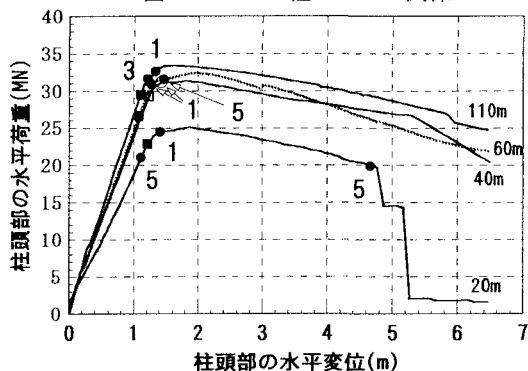


図-4 柱頭部の荷重-変位関係(支材 $\Phi 700 \times 12$)

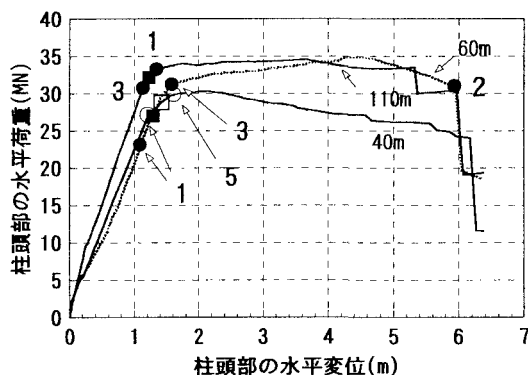


図-5 柱頭部の荷重-変位関係(支材 $\Phi 700 \times 14$)

表-1 変形性能の評価

諸元		最大耐力		塑性率
		P_{max} (MN)	δ_{max}	μ_{95}
支材 $\Phi 700 \times 12$	充填高さ20m	25.09	1.87	2.25
	充填高さ40m	31.32	1.84	2.65
	充填高さ60m	32.41	2.03	2.50
	充填高さ110m	33.38	1.56	2.88
支材 $\Phi 700 \times 14$	充填高さ40m	30.32	2.12	2.49
	充填高さ60m	34.87	4.45	4.24
	充填高さ110m	34.55	3.67	4.61

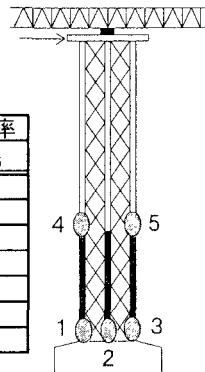


図-6 要素図