

コンクリート充填鋼管柱多柱式合成橋脚の極限解析

九州大学 正 員○黒田 一郎 九州大学 学生員 唐 嘉琳
九州大学 正 員 日野 伸一 九州大学 正 員 太田 俊昭

1. まえがき

著者らは、橋脚の省力化施工法の一つとして、コンクリート充填鋼管柱(以下、CFT柱)を用いた多柱式合成橋脚を提案してきた¹⁾。本構造の基本的な力学メカニズムは相互に補剛材で結合されたCFT柱による多柱杭と同様のものである(図-1)。それゆえ、本構造は、水平荷重を受けた場合に1本のCFT柱主部材が最大曲げモーメントに達しても他の柱に曲げモーメントが分配され、その後崩壊に至るまでの耐荷力と変形性能の保持が期待される。

また、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別々に評価する累加強度式とは異なる曲げ性状を示す^{2, 3)}が、このことが多柱式橋脚自体の変形性能に及ぼす影響は明らかにされていない。

そこで本報では、上記の点を明らかにすることを目的として、CFT柱を用いた多柱式合成橋脚の極限解析を行なう。

2. 解析の概要

解析対象のCFT柱多柱式合成橋脚を図-2に示す。この解析対象は、橋脚主部材として直径1800mm、肉厚20mmの鋼管(SKK490)を用いた6本柱であり、充填コンクリートの強度は300kgf/cm²とした。補剛材としては直径600mmの中空鋼管(SKK400)を用い、その肉厚は10mm、8mm、6mmの3通りに変化させて検討していた。これらの主部材および補剛材の寸法は、別途に行なわれた多柱式合成橋脚の施工性を考慮した最適設計⁴⁾の結果を参考にして設定したものである。

解析対象としたCFT柱の曲げモーメント-曲率関係($M-\phi$ 関係)を図-3に示す。これは、鋼管による拘束効果を考慮した計算によって著者らが求めたものである^{2, 3)}。なお、凡例に示すN/Noは軸力比(軸力/最大軸力)である。

極限解析は、はり要素を用いた2次元有限要素

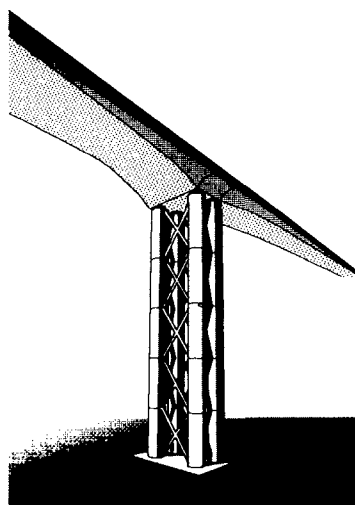


図-1 多柱式合成橋脚の概念図

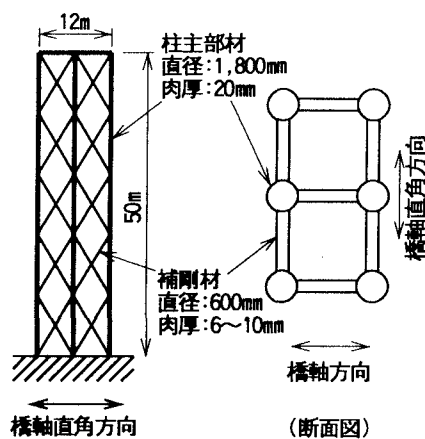


図-2 解析対象

法を用いて行なう。

橋脚主部材はその曲げモーメント M と曲率 ϕ が図-3に示すCFT柱の $M-\phi$ 関係に従うようにはり要素の曲げ剛性を各荷重増分毎に決定する。曲げモーメント M が最大値 M_{max} を超えた後は曲率 ϕ の増加に従って徐々に減少していくがその勾配

は軸力比 N/N_0 が大きいほど急になる(図-3 参照)。

補剛材はその曲げ剛性を無視して図-4に示すような軸力部材として取り扱う。すなわち引張域では軸力 N が降伏軸力 N_y に達した後は N_y を維持したままひずみが増加し、一方、圧縮域では降伏強度 N_y に達した後はひずみの増加に従って直線的に軸力が低下することとし、降伏強度 N_y に達する以前の段階では座屈は起こらないと仮定する。

なお、荷重は多柱式合成橋脚の頂部に水平方向に作用するものとする。

3. 解析結果

図-5に多柱式合成橋脚の荷重-水平変位関係を示す。図中の●印は補剛材の一つが最初に降伏強度 N_y に達する点を、○印はすべての補剛材が降伏強度に達する点を、×印は橋脚主部材の基部が最大曲げモーメント M_{max} に達する点である。

図よりいずれのケースにおいても橋脚高さ中央付近の補剛材の初期降伏に伴い、それまでの線形的な荷重-変位関係から、非線形域に移行することがわかる。肉厚6,8mmのように比較的補剛材剛度が低い場合には、全補剛材の降伏時または降伏後に最大荷重に到達し、かつ、その後橋脚主部材の基部が最大曲げモーメント M_{max} に達し徐々に耐力を失っていく。これに対し肉厚10mmの補剛材剛度が高い場合には、全補剛材が降伏に至る前に橋脚主部材基部が最大曲げモーメント M_{max} に到達する傾向がみられる。

また、最大荷重は補剛材の剛度が高くなるほど大きくなるが最大荷重以後の荷重低下の勾配は補剛材剛度が大きいものほど急激である。ちなみにこの間の柱主部材の軸力比 N/N_0 は、補剛材肉厚10mmの場合で約40%、6mmの場合で約30%である。

参考文献

- 1) 唐、黒田、日野、太田：多柱式橋脚の動的力学特性に関する研究、平成7年西部支部
- 2) 唐、黒田、日野、太田：拘束効果を考慮した円形コンクリート充填鋼管柱の曲げ圧縮特性の解析、平成9年西部支部
- 3) 唐、日野、黒田、太田：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、No.11、1996.9

ひずみ関係のモデル化、鋼構造論文集、Vol.3、No.11、1996.9

4) 志々田、唐、太田、日野、三原：コンクリート充填鋼管柱を用いた多柱式合成高橋脚の最適設計法の開発、平成8年全国大会

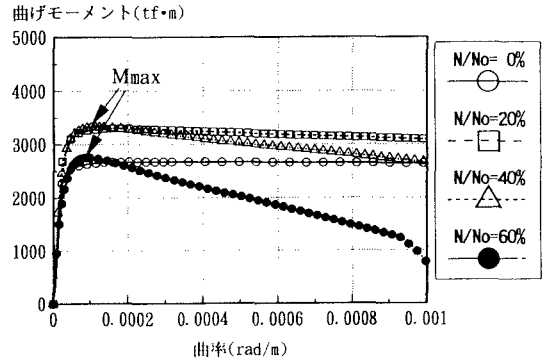


図-3 曲げモーメント M -曲率 ϕ 関係

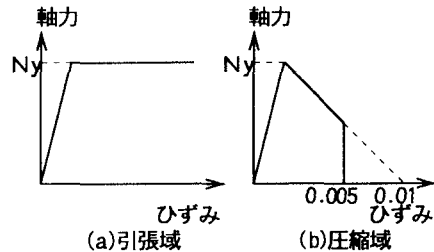


図-4 補剛材の軸力-ひずみ関係

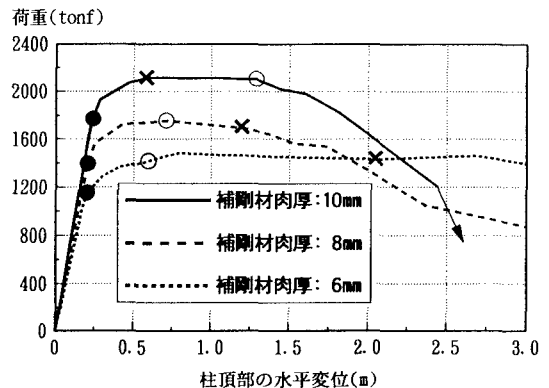


図-5 荷重-水平変位関係