

I-A 461 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

九州大学大学院学生会員 志々田武幸 唐 嘉琳
九州大学工学部 正会員 太田俊昭 日野伸一
九州共立大学工学部 正会員 三原徹治

1. まえがき

最近の高速道路網の整備では、50mを超える高橋脚橋梁の建設が必要になっている。また、建設工事においては労働時間の短縮、高所作業の軽減を含む現場施工の省力化・省人化及び安全性の向上を図ることを主眼とした種々の試みも各方面で実施されている。著者等が提案する「コンクリート充填鋼管柱を用いた多柱式高橋脚（MSC橋脚）¹⁾」（図-1）も高橋脚の省力化工法を目的として開発中の新構造形式の一つである。本構造は次節に述べるような種々の特長を有するが、実用化には、当面、力学特性の解明および設計法の確立が求められ、そのための標準的な概略設計について検討が必要となる。しかも、この標準設計は経済性を兼ね備えていることが望まれる。この観点から、本研究は、経済性指標の最小化を図るMSC橋脚の最適設計法を提案し、その妥当性を検証するものである。

2. MSC橋脚の特長

MSC橋脚は、ブロック化された鋼管柱を立体的に接合した後に、内部をコンクリートで充填した多柱式構造で、施工性及び耐震性の向上をめざしたものである。本構造の期待される特長を以下に列記する。

- ①多柱式構造により、橋脚の軽量化、耐力と耐震性の向上が図れる。
- ②鋼管にコンクリートを充填した合成柱は、鋼管とコンクリートの累加強度以上の強度が期待でき、より高い剛性と優れた耐荷特性を持つ。また、地震荷重のような繰り返し荷重に対しても大きなエネルギー吸収能力が期待できる。
- ③プレキャストブロック化により、型枠・配筋工程などの現場施工の簡略化、省人化、工期の短縮化が図れる。
- ④鋼管柱及び補剛材などの主要構造要素を工場で製作できるため、品質の信頼性の向上が図れ、量産化による製作コストの低減が可能となる。

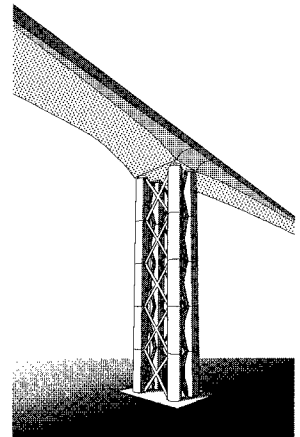


図-1 多柱式高橋脚の概念

3. 最適設計法

(1)最適設計問題の課題

図-2に示す橋脚モデルのうち、橋脚本数：4本、橋脚高さ：50m、橋脚幅：6m（橋軸方向）、12m（橋軸直角方向）に固定し、主部材の管径・肉厚、橋軸方向および橋軸直角方向補剛材の管径・肉厚、補剛材の配置、形状、コンクリート充填高さを設計変数に選ぶ。また、構造設計の安全性、施工性などを保障する制約条件としては、許容応力度設計法に基づく応力度制約、補剛材径が主部材径を越えないなどの幾何学的な側面制約を考慮した。最後に、最適性の規準となる目的関数には次に示す2種を設定した。すなわち、*Obj1*は主要材料の材料費を基礎とする関数、*Obj2*は*Obj1*に施工性を考慮したもので、いずれ

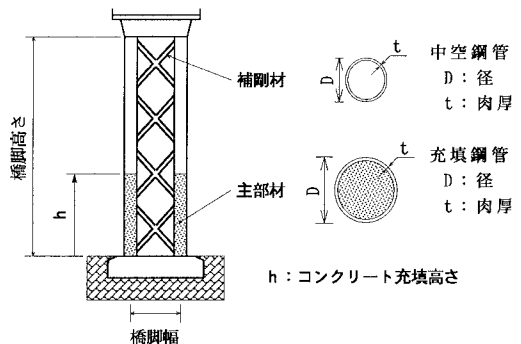


図-2 橋脚モデル

も最小化する必要がある。ここに $P[x]$ は費用 x の影響を考慮した経済性指標関数である。

$$Obj1 = P[\text{コンクリート材料費, 鋼材材料費}] \quad \text{----- (1)}$$

$$Obj2 = P[\text{コンクリート材料費, エキストラ価格を含む鋼材材料費, 現場溶接工費}] \quad \text{--- (2)}$$

(2)最適化手法

コンクリート充填高さを除く設計変数はすべて離散変数であるので、コンクリート充填高さも離散データとして与えることとし、問題全体を離散的最適化問題に変換する。その解法には交配個体選択GA²⁾を用いた。

4. 数値計算例

式(1),(2)に示す2つの目的関数による最適設計を行った。このとき、鋼管にはSKK490を用い、充填コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck}=300\text{kg/cm}^2$ 、主部材の部材長10m、補剛材の最大長12mとした。

表-1に各目的関数による計算結果を、図-3にそのときの最適形状を示す。Obj1の場合は、主部材と補剛材の剛性がバランスした結果が得られている。一方、施工性を考慮したObj2では、構造全体として補剛材が減少し、主部材の剛性が増加することにより、Obj1値に相当する値は施工性を考慮しない場合に比較して約9.2%大きい。これは、溶接箇所の多い補剛材を減少させることによって目的関数の減少を図った結果であり、設定した目的関数に応じた設計を求めることができる点において、提案法の妥当性が確認された。今後は、さらに詳細な施工性と動的力学特性を考慮した最適化を課題としたい。

【謝辞】

本研究に際し、建設省奥田秀樹氏（当時九大大学院生）、および第一復建（株）千々岩浩巳氏にご協力をいただいた。また、本研究の一部は、平成7年度鋼材倶楽部「土木鋼構造教育助成」の援助を受けた。ここに記して、謝意を表します。

【参考文献】

- 1)唐ら：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，平成7年度年講
- 2)千々岩，三原，太田：離散型最適構造設計への交配個体選択GAの適用に関する一考察，構造工学論文集，Vol.42A，1996。

表-1 最適設計結果

目的関数	Obj1	Obj2
主 部 材	$\phi 1400 \times 24\text{mm}$	$\phi 2100 \times 18\text{mm}$
補 剛 材	橋 軸 方 向	$\phi 1200 \times 8\text{mm}$ $\phi 600 \times 10\text{mm}$
	橋 軸 直 角 方 向	$\phi 500 \times 6\text{mm}$ $\phi 400 \times 7\text{mm}$
コンクリート充填高さ	20m	20m
Obj1 値	2999.6	3276.0*
Obj2 値	—	4385.2

*鋼材のエキストラ価格を含む。

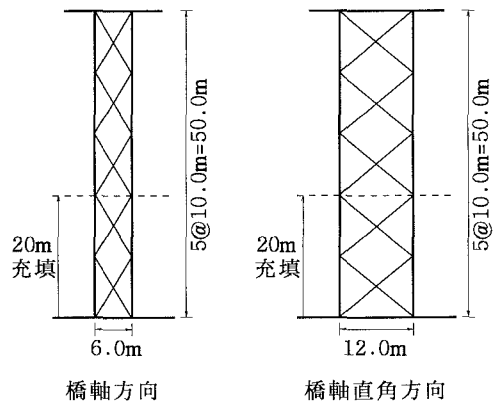


図-3(a) Obj1 による最適形状

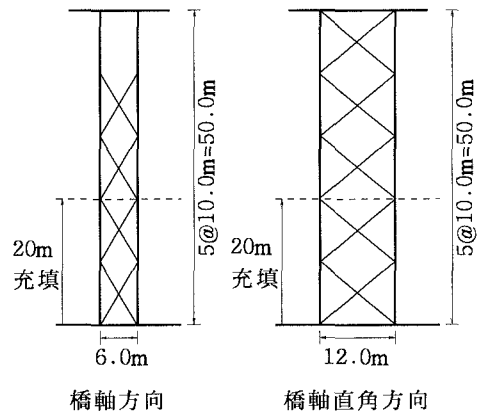


図-3(b) Obj2 による最適形状