

I - A163

多柱式合成高橋脚の予備設計に関する基礎的研究

九州共立大学工学部 正会員 三原 徹 治
九州大学大学院 学生会員 志々田武幸
九州大学工学部 正会員 太田 俊 昭
九州大学工学部 正会員 日野 伸 一
第一復建機技術開発室 正会員 千々岩浩八

1. 緒 言 現在, 鋭意建設中の第2東名自動車道などの新規高速道路の多くは, 我が国の国土条件により, 従来よりも相当険しい山岳地帯を通過する山岳道路となることが予想される. とりわけ急峻な谷部では, 従来の橋脚よりもはるかに高い, 50mから100m以上に達する高橋脚を有する橋梁の建設が必要になると考えられる. また, 施工環境においても労働時間の短縮, 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が各方面で実施されている. 「コンクリート充填鋼管柱ブロック工法による多柱式高橋脚¹⁾」は省力化施工が可能な高橋脚として, 著者らが開発中の新構造のひとつであり, 図-1にそのイメージ図を示す. 本構造に限らず構想段階にある構造物の実用化を検討する場合, 検討すべき項目が広範多岐にわたるため想定されるあらゆる場面を対象とすることは検討に要する時間および費用の面からも困難であり, 検討対象を絞り込むことが必要となる.

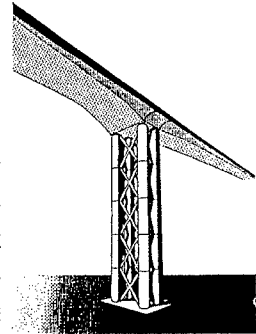


図-1 イメージ図

本研究は, 上記多柱式合成高橋脚を対象として, 構想段階にある構造物の静的解析手法が確立された時点において実用化へ向けた検討対象の絞り込み, いわゆる予備設計の構造諸元の合理的な選定に関して多目的最適化手法を活用する一手法を提示するものである. その方法とは, まず, 設計において支配的な橋軸方向構造の設計基本式を, 静的解析をベースに材料費および溶接を対象とした施工性の2目的を有する離散的な多目的最適化問題として定式化する. 次に, 満足化トレードオフ法におけるスカラ化手法²⁾によって単一目的問題に変換し, 交配個体選択GA³⁾によって解くものである.

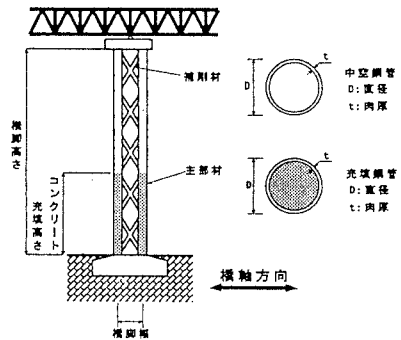


図-2 橋軸方向構造の模式図

2. 2目的最適設計問題

(1)原設計問題: 図-2に示す橋脚モデルにおいて, 橋脚高さ=50m, 橋脚本数=4本, 橋軸方向橋脚幅=6m, 主部材1ブロックの部材長=10m, 補剛材最大長=12m, 鋼管材料=SKK490, 充填コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck}=300$ kgf/cm²とし, 設計変数には主部材及び補剛材の直径および板厚, 補剛材による補剛形式, コンクリート充填高さをを選び, 材料費用および溶接施工費用を表す2つの指標を目的関数に設定すると, 設計基本式は式(1)のように定式化できる.

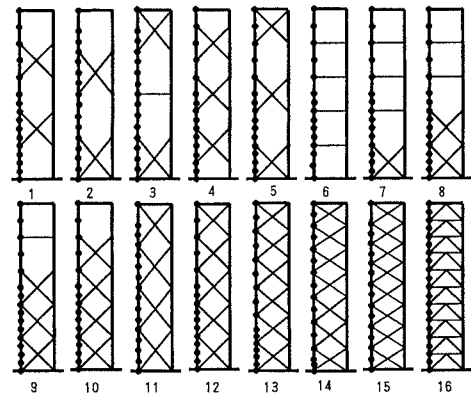


図-3 補剛形式の離散値データ

$$\{W \rightarrow \min., Y \rightarrow \min. \mid G_j \leq 0\} \quad \text{----- (1)}$$

キーワード: 多柱式合成高橋脚, 多目的最適化, 離散的最適化, 遺伝的アルゴリズム

〒807 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8九州共立大学工学部土木工学科 TEL:093-693-3230 FAX:093-603-8186

ここに、 W は材料費指標、 Y は溶接施工性指標、 G_j は制約条件で、許容応力度法による応力度制約、主部材と補剛材の径における幾何学的制約を示す。式(1)は全ての設計変数が離散変数（後述する数値計算例では、主部材および補剛材の直径・板厚を組合せて、それぞれ128種の離散値データを準備し、補剛材による補剛形式（図-3参照）およびコンクリート充填高さにはそれぞれ16種の離散値データを設定した。組合せ総数は4,194,304）であるので離散的2目的最適化問題である。

(2)満足化トレードオフ法におけるスカラ化手法による単一目的問題への変換：式(1)に示す2目的最適化問題のPareto解を探索するために満足化トレードオフ法におけるスカラ化手法を用いて単一目的問題へ変換する。この際、変換された問題の目的関数の設定が問題となるが、ここでは式(2)のように設定した。ここに、 Z は問題全体の満足度、 Z_w, Z_Y は式(3)に示すように式(1)の2目的のそれぞれに関する満足度であり、添字 S は理想点、添字 A は希求水準を示す。

$$\{Z = \max(Z_w, Z_Y) \rightarrow \min. \mid G_j \leq 0\} \quad \text{----- (2)}$$

$$Z_w = (W - W_s) / (W_A - W_s), \quad Z_Y = (Y - Y_s) / (Y_A - Y_s) \quad \text{----- (3a, b)}$$

式(2)の解法に G_A を適用するため、4種の設計変数に対して22ビット（＝7＋7＋4＋4）構造の線列を設定した。

3. 数値計算および考察 理想点を $W_s = Y_s = 0.0$ とし、希求水準に $W_A = 2500 \sim 4000$, $Y_A = 800 \sim 1200$ の組合せを与え、離散Pareto解を交配個体選択 $G_A^{32)}$ によって探索した結果を表-1および図-4に示す。表-1では得られた離散Pareto解を Y 値の降順に並べ、I～Ⅷの解番号を付している。また、図-4に示す擬連続Pareto解は、式(2)に示す問題が仮に連続の問題であれば、その解においては $Z_w = Z_Y$ が得られることになるので、離散Pareto解の満足度の平均値を擬連続満足度として算出したものである。

図-4より、 $W = 3134$, $Y = 864$ の解（解Ⅴ）を境に離散Pareto解の傾向が変化していることがわかる。 $W \geq 3134$ （解Ⅴ～Ⅷ）では Y 値はほぼ一定で、トレードオフの関係が明瞭ではないが、 $W \leq 3134$ （解Ⅰ～Ⅳ）においては Y 値が小さくなれば W 値が増加するというトレードオフ関係が明瞭である。また、 $W \leq 3134$ では離散Pareto解は擬連続Pareto解より全般に W が大きい側にシフトしており、離散Pareto解において材料費指標 W が支配的であることがわかる。さらに、 $W \leq 3134$ の解（表-1の解Ⅰ～Ⅳ）に出現した設計変数値は、主部材に9種、補剛材に24種、補剛形式と充填高さの組合せに5種のみであり、これらをすべて組合せても、その総数は1,080（当初の組合せ総数に対する比率は0.026%、これらの組合せの中には実行不能なものも含まれるので実数はさらに小さくなる）に絞り込まれることがわかる。特に補剛形式と充填高さの組合せを5種に限定できたことは、従来は感覚的に行っていた動的力学特性の検討などにおける検討ケースの選定に、合理的な判断材料を与える意味があり、本手法の有用性を示す一例と評価することができる。

表-1 橋軸方向構造の解

区分	主部材		補剛形式	補剛材		充填高さ	Y値	W値
	径 m	肉厚 mm		径 m	肉厚 mm		p	p
I	1.7	20	11	1.2	8	25.0	1239	2998
II	1.7	20	11	1.1	9	25.0	1179	2998
III	1.6	24	12	0.6	10	20.0	1043	3105
IV	1.6	24	12	0.7	9	20.0	974	3122
V	1.8	22	12	0.5	10	20.0	864	3134
VI	1.9	22	12	0.5	10	20.0	877	3302
VII	2.0	22	12	0.5	10	20.0	889	3471
VIII	2.4	20	4	0.7	10	20.0	885	3901

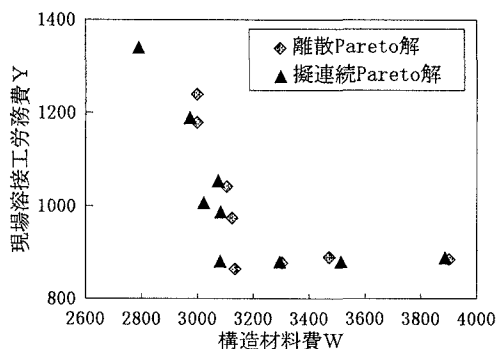


図-4 W～Y関係

参考文献 1)唐, 太田ら: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年度年次学術講演会概要集, 1996. 2)中山, 谷野:多目的計画法の理論と応用, 計測自動制御学会, 1994. 3)千々岩, 三原, 太田:離散的最適構造設計への交配個体選択 G_A の適用に関する一考察, 構造工学論文集, Vol. 42A, 1996.