

多目的関数を考慮した橋梁用防護柵の最適設計システム

○名古屋大学大学院社会基盤工学専攻	学生会員	伊藤 誠慈
名古屋大学大学院社会基盤工学専攻	フェロー会員	伊藤 義人
名古屋大学大学院社会基盤工学専攻	学生会員	吉野 彰宏
(株)住軽日軽エンジニアリング	正会員	高堂 治

1. 諸言 車両用防護柵は、安全性能を確保するための重要な交通安全施設であるとともに、2004年の防護柵の設置基準が改訂以降は、より良好な景観形成に配慮することが求められるようになった。しかし、現行の防護柵の設置基準では、安全性能を照査する方法のみが規定されており、他の性能に関する規定が明確になされていない。また、多面的な要求性能を同時に満たし評価事項を最小化する設計手法は確立されておらず、設計者の経験などを頼りに、試行錯誤や繰り返し作業を行うことは非常に非効率であり、設計者にとっては大きな負担である。

本研究では、多目的遺伝的アルゴリズムを用いて、多面的な要求性能を満足しながら最適な形状を効率的に探索する「防護柵の性能照査型最適設計システム」を考案、開発することで、防護柵設計の新しい手法を示すことを目的としている。

2. 設計システムフロー 本研究で提案する設計システムのフローを図1に示した。ここで、遺伝的アルゴリズムとは、生物の進化の手法を模倣した最適化手法で、選択・交叉・突然変異を繰り返すことで、大域的最適解の探索と短時間でより良い解を求めることの二つのバランスをうまくとることを可能とする大きな特徴を持つ。さらに、本研究では複数の目的関数を取り扱うため、多目的最適化問題として設計フローを構築する必要がある。多目的最適化とは、複数の評価基準を同時に考慮しながら最適解を探索する問題のことであり、「ある評価値を改善するためには、少なくとも他の1つの評価値を改悪せざるをえないような解」の集合である Pareto 最適解を求めることを目的とする。このような組み合わせの爆発を発生させる設計問題を解くための手法として多目的遺伝的アルゴリズムは現在最も有効な手法である。

本研究で扱う防護柵の目的関数は、経済性と景観性と環境対応性の3つを目的関数として設定する。経済性環境性(CO₂排出量)として防護柵に使用する鋼材重量を指標とする。本来、構造コストは人件費や施工費が重要であるなど、鋼材重量と必ずしも一致しないことはよく知られているが、CO₂排出量などと同時に考慮するため、重量を指標とした検討を行う。ただし、構造重量の中でもアンカーボルトなどの付加的な部材は考慮外としている。景観性の評価として、眺望性の高さを測る遮蔽率を使用する。遮蔽率は、図2に示すように防護柵の1スパンの長さである2.0mと、最も高い防護柵を基準とした高さ1.2mの平面空間における防護柵の全投影面積の割合であり、遮蔽率が低いほど眺望性が高くなり景観性に優れた防護柵と言える。また、要求性能である安全性能については、防護柵の設置基準に法り、その構成部材である支柱の極限支持力と横梁の極限曲げモーメントの組み合わせが図3に示す部材選定グラフの各種領域内に含まれることを、静荷重試験結果により確認する方法を用いる。

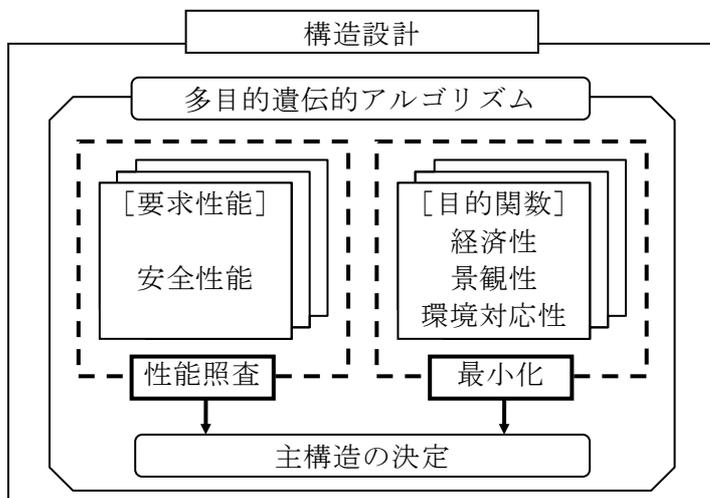


図1 性能照査型最適設計システム

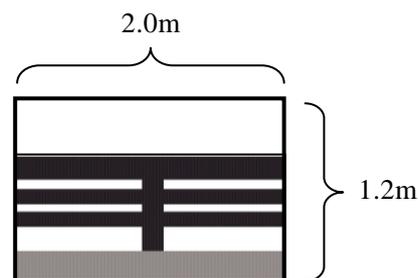


図2 遮蔽率

キーワード 橋梁用防護柵, 遺伝的アルゴリズム, 最適化設計

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学部7号館 伊藤義人 (Tel: 052-789-2737)

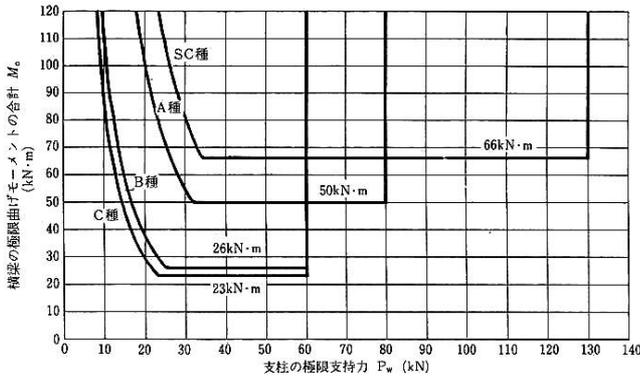


図3 部材選定グラフ

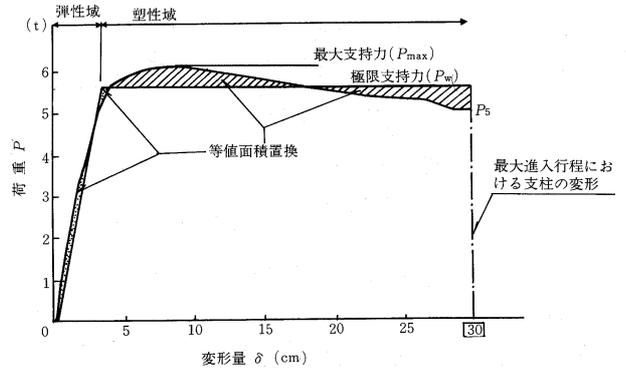


図4 部材選定グラフ

支柱の極限支持力と横梁の極限曲げモーメントとは、支柱は高さ 800mm の位置を 300mm、横梁は支点間隔 2000mm の中央を 200mm 変形するまで载荷し、その際の荷重-変位関係から図 4 に示すように等面積置換することによって得られる強度である。

3. 設計システムの実行と検証 定義した設計システムが現実的に有効に活用できるか検証する。解法として、Srinivasらによって提案された NSGA2 を採用した。対象とする防護柵は、北海道の F 橋に設置された防護柵を参考とした A 種橋梁用鋼製防護柵である。設計変数については、防護柵支柱と横梁の部材性能をいくつかのグループに分け、各グループの部材情報を設計変数とする。図 5 の計算モデルにおいて、部材性能を支柱の断面性能 4 種類、支柱の傾斜角 4 種類、横梁 3 本の各断面性能 6 種類としてグループ化を行った。設計計算における諸条件については表 1 に示す。

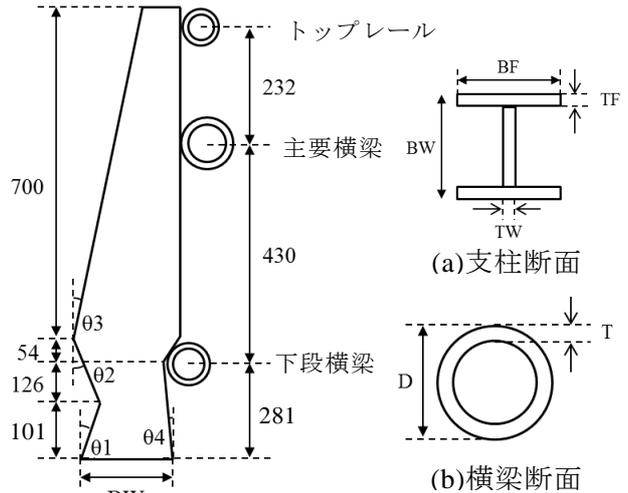


図5 計算モデル

図 6 に得られた Pareto 解集合と、参考にした防護柵の構造コストおよび遮蔽率の結果を示す。図 5 より、コストと遮蔽率の Pareto 解がトレードオフ曲線を形成していることが分かる。また、N タイプと比較しても、Pareto 解集合平均値は、コストについてはほぼ同等の値、遮蔽率については約 3.6% 低く抑えられており、妥当性のある計算が行われたと言える。また、得られた Pareto 解集合と参考とした防護柵の支柱の極限支持力および横梁の極限曲げモーメントの結果を図 7 に示す。Pareto 解集合の極限支持力および極限曲げモーメントは、図 3 内の A 種部材選定域内にプロットされており、条件設定していた A 種防護柵のとしての安全性能を満足している。また、境界付近にプロットされていることから目的関数を最小化するために、より合理的な設計解を選定したと言える。

参考文献 1) 伊藤義人, 鈴木達: 橋梁用防護柵の性能照査型統合設計システム, 土木学会論文集, No.731/I-63, pp.353-366 (2003).

表 1 最適化諸条件

設計変数	14
個体数	50
アーカイブ数	50
世代数	500
交叉率	0.8
突然変異数	0.1
選択方法	エリート選択
制約条件	A 種部材選定器内

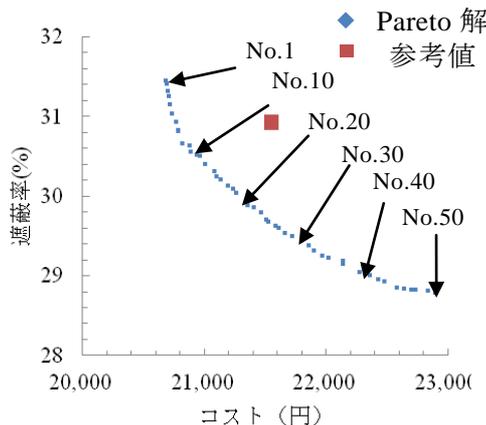


図6 Pareto 解集合

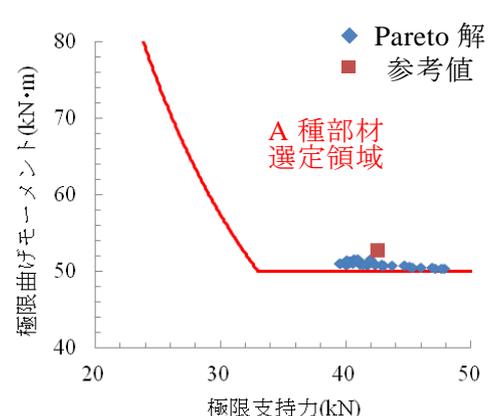


図7 極限支持力-極限曲げモーメント