

# 人工生命技術を用いた道路橋 RC 橋脚の詳細設計支援

金沢大学大学院	学生会員	山本 紘久
中央復建コンサルタンツ	正会員	廣瀬 章則
中央復建コンサルタンツ	正会員	中谷 武弘
有限会社 CAE	正会員	伊藤 則夫
金沢大学工学部	正会員	近田 康夫

## 1. はじめに

RC 橋脚の耐震設計における詳細設計では、地震時保有水平耐力法導入以降、業務用ソフトウェアを使っても、多大な繰り返し計算が必要になっている。一方で、たまたま得られた許容解に満足することなく、より質の高い解の検討を行う必要性もある。既存の設計例などの許容解が得られていれば、あるいは、利用できれば、設計パラメータの組合せを変更することで得られる周辺解（候補）をその性質ともに分類し、より良質な解の候補を探索するために SOM を援用することが考えられる。また、既存解が存在しなければ、これまで、経験豊かな技術者の経験と勘に依存して多数のパラメータの組み合わせから、複数の許容解を用意（探す）する必要があるが、より一般的なアプローチとしては、GA が有力なツールとして考えられる。

本報告では、既存許容解が存在した場合に、その周辺解からより質の高い解候補を検討するツールとしての SOM の可能性を示すとともに、GA と連動させることで、既存許容解がない場合にも対応できるシステムの可能性を検討する。

## 2. 研究の流れ

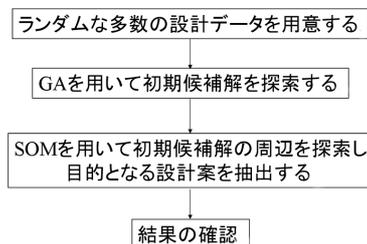


図-1 本研究の流れ

本研究の流れを図-1 に表す。本研究の目的は RC 橋脚の耐震設計支援である。まず SOM, GA の簡単な説明を行う。

**Key Words:** 自己組織化マップ、遺伝的アルゴリズム、橋脚設計支援  
〒 920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20 金沢大学工学部土木建設工学科内 TEL 076-234-4634

表-1 対象橋脚の設計条件

下部構造	張出し式橋脚 ( $H = 10.0\text{m}$ )
基礎構造	場所打ちくい ( $\phi 1.0, L = 19\text{m}$ )
支承条件	地震時水平反力分散方式
地盤種別	II 種地盤
コンクリート材料	$\sigma_{ck} = 24\text{N} / \text{mm}^2$
鉄筋材料	SD345

表-2 比較ケースの設計変数

設計変数	抽出ケース	種類
柱断面寸法	1.5×3.0, 1.5×3.5, 1.5×4.0, 1.8×3.0, 1.8×3.5, 1.8×4.0, 2.1×2.5, 2.1×2.7, 2.1×3.0, 2.5×2.5, 2.5×3.0	11
主鉄筋	D25, D29, D32, D38, D51	5
帯鉄筋・中間拘束筋	D16, D19, D22, D25	4

表-3 対象橋脚の設計条件

柱断面寸法	幅・奥行
横軸方向配筋	主鉄筋段数, 主鉄筋 1 段目 (鉄筋径, ピッチ, 本数, 総断面積), 主鉄筋 2 段目 (鉄筋径, ピッチ, 本数, 総断面積), 横拘束鉄筋 (鉄筋径, ピッチ, 本数, 総断面積)
横軸方向直角配筋	主鉄筋段数, 主鉄筋 1 段目 (鉄筋径, ピッチ, 本数, 総断面積), 主鉄筋 2 段目 (鉄筋径, ピッチ, 本数, 総断面積), 横拘束鉄筋 (鉄筋径, ピッチ, 本数, 総断面積)
保有耐力計算用主鉄筋量 (重複なし)	横軸方向 (1 段目, 2 段目), 横軸直角方向 (1 段目, 2 段目)

SOM は学習データの特徴を学習することで、認識データの特徴を推定することができる。また、多次元から構成されるデータの特徴を学習し、その特徴を二次元の出力マップへ投影するため、比較的容易に多次元の特徴を推定することができる。

GA は、交差、突然変異などの操作を用いていくつかの数列を組み合わせ、データの子孫生成を何世代もにわたって行い、その過程の中で最適な解を見つけていく方法である。

橋脚の設計では表-1～3に示す条件を設定した。

### 3. 自己組織化特長マップ (SOM)

適応結果：結果の一部を図-2に示す。アルファベットは個々のデータを表す。大きな丸はデータの配置されるべき位置，小さな丸はデータ間の相異（距離）を表し，色が濃ければ濃いほど，隣り合ったデータと似通っていないことを表す。①，②などの数字は，小さな丸の色をもとに分けられたグループを表す。

既存設計データの分析：図-2から，データの橋軸方向主鉄筋段数の項目がこのマップに大きく影響を与えていることがわかる。この項目によりマップは1段と2段の大きく2つに分かれる現象が明らかになった。つぎにマップに影響を与えている項目としては，橋軸直角方向主鉄筋段数と断面の幅があげられる。この2つの項目は各グループによってどちらが優先されるか異なるがともに重要な項目だといえる。これらの例はSOMが，入力データを特徴ごとのグループ分けを行っていることを示している。

図-3は，図-2のラベルを地震時保有水平耐力法に基づくものに差し替えたものである。橋軸方向(k)と橋軸直角方向(t)のマップの配置をみると橋軸方向が左下にほうに固まって現れていることが分かる。これは橋軸方向の耐力が橋軸直角方向の耐力よりも低い設計データが集まっているためである。入力したデータは橋梁の設計に用いた各部材の断面幅や鉄筋量が主な項目であり，地震時保有水平耐力法の判定式に含まれる慣性力や地震時保有水平耐力は入力していない。しかしながら，図-3ではその比率の関係が明らかに現れている。すなわちSOMが，入力されたデータ間の特徴をつかみ，学習を重ねることによりグループ化している。したがって，SOMを援用して，同じ許容解であっても異なった特徴(目的)の解探索が可能であることを示している。具体的には，異なる設計パラメータの組合せ(解候補)がこのマップのどの部分と反応するかで，目的に沿った解候補となるかどうかを推定することが可能となる。

### 4. GA

SOMを用いて最適解を見つけ出す場合，あらかじめ，もとななる許容解が必要である。しかし，初期段階でそういった許容解が与えられていない場合には，まずその許容解を求める必要がある，本研究ではその過程をGAを用いて行う。

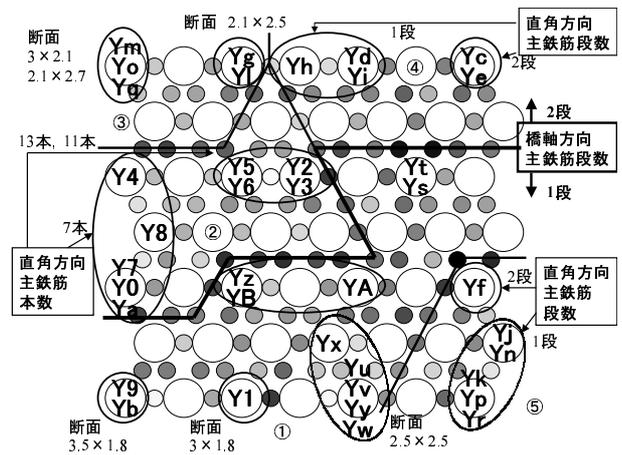


図-2 既存設計橋脚の主要入力データ

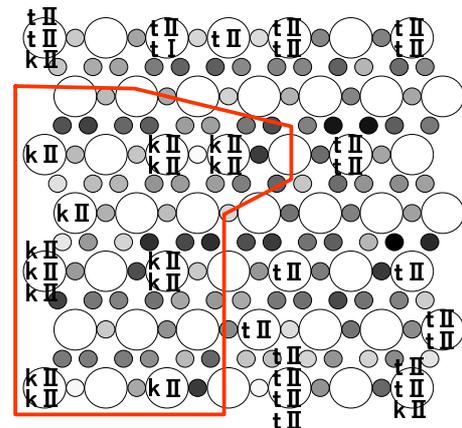


図-3 保有水平耐力法による分類

現時点では線列の評価部分で保有水平耐力法計算過程のDLL化による効率化を行うことができた。

### 5. 結論

SOMは，マップ上での特徴に基づいたデータ分類が可能であることがわかった，したがって設計支援の可能性の一端を示すことができたと考える。

今後の課題は，GAプログラムにおいて，(1)柱及び，底版部分の配筋といった，基礎の安定計算部分以外の橋脚の構成要素の考慮，(2)現実の設計により，沿うようにするため，橋脚の各部位の重量計算，さらにそれらに基づいた材料費の考慮。(3)GAからSOM間のスムーズなデータ受け渡し，等である。今後も上記に述べた問題を改善しつつ，システム化を進めていく予定である

### 参考文献

- 1) 廣瀬彰則，近田康夫，中西孝臣，土木情報システム論文集，Vol.10，2001
- 2) メラニー・ミッチェル，遺伝的アルゴリズムの方法，東京電機大学出版局，1997.7
- 3) 徳高平蔵，藤村喜久朗，山川烈監修，自己組織化マップ応用事例集 SOMによる可視化情報処理，海文堂，2002.10