

道路橋RC橋脚設計照査システムの開発

中央復建コンサルタンツ（株）正会員○中谷 武弘
 中央復建コンサルタンツ（株）正会員 廣瀬 彰則
 （有）シー・エー・イー 正会員 伊藤 則夫
 金沢大学 工学部 正会員 近田 康夫

はじめに

近年の社会・経済状況や国民の評価観の変化への対応と社会生活・経済活動の安全が重視される中で、橋梁構造物には、構造面・設計面ともに非常に複雑なプロセスが要求されることとなっている。一方で、コンピュータの発達・情報ネットワーク技術の普及によりソフトウェア化の進展をもたらした結果、設計に対する視点・能力・経験の差に伴う設計担当技術者の多様化により、「設計解」の不安定性を引き起こしている。本研究は、ニューラルネットワークの一種である自己組織化特徴マップ（SOM）を用いて、道路橋RC橋脚の耐震設計の合理化と設計照査システムの開発を目的とするものである。

1. 道路橋RC橋脚の設計における最適化の問題点

道路橋RC橋脚の耐震設計手法は、平成8年度の道路橋示方書全面改訂¹⁾により、その躯体の非線形挙動である靱性の評価が重要となり、具体的な構造詳細決定過程で用いる設計変数が大幅に増加した。これにより、設計作業には非常に複雑なプロセスが要求されることとなり、与えられた設計条件・設計空間内において最適部材断面の探索段階では多くの試行錯誤を繰り返すのが実情である。この場合、その入力値の設定においては設計者の経験と勘に依存する部分が多く、設計作業の軽減のためには設計初期値の設定が重要な要素となるほか、得られた結果の最適性に関する検証手法が課題となっている。

一連の研究²⁾では、将来の性能照査型設計への移行をにらんで、要求性能に対して最適かつ合理的な橋脚断面の代替案を効率的に提案するためのシステムづくりの一環として、実際の設計事例に基づいて、いくつかの設計変数に関する影響度解析を行った結果、設計実務者の経験と勘に基づく設計変数の選択が必ずしも構造を最適化するに至っていないことが判明し、意思決定段階における支援システムの必要性を明らかとした。

2. 設計・照査支援システムの必要性

橋梁の耐震設計法研究分野における信頼性理論の適用については、地震動の不確定さや橋の変形性能の算定法の精度が不十分であることから、十分な研究が必要とされているところである。

一方で、耐震設計実務を対象としては、信頼性理論、確率論的手法あるいは最適設計手法の考え方をういた研究が進んでいる²⁾。特に橋梁下部工の耐震設計においては、設計変数が大幅に増加したため、設計の各段階における要求項目に対する最適断面の探索ならびに結果の検証が非常に難しくなっており、設計段階における候補の経済性、耐震性などに代表される要求性能に照らした評価を、より簡単に確認できるシステム構築の必要性が高まっている。

このような背景のもと本研究では、多くの設計実績を蓄積し、SOMによる分析を行うことで新たな設計データの照査を支援するシステム構築を試みた。

3. RC橋脚耐震設計へのSOMの適用例

SOMの有効性を検証するために、鉄筋コンクリート橋脚の柱断面に着目し、橋脚の高さを変化させたデータの作成を試みた。具体的に本研究のデータとして用いた橋梁モデルの設計条件のうち、すべてのデータ

キーワード：道路橋，RC橋脚，耐震設計，設計照査，自己組織化特徴マップ（SOM）

中央復建コンサルタンツ（株）〒533-0033 大阪市東淀川区東中島4-11-10 TEL06-6160-3335, FAX06-6160-1241

についての共通条件を表－1に示す．また，実際のデータ作成における，鉄筋コンクリート橋脚の設計変数を表－2に示す．なお，上部構造については，高架橋として一般的な支間長25.0mの多径間連続PC中空床版橋を想定している．

これらの設計変数を使用して，震度法，地震時保有水平耐力法の全設計項目を判定し，SOMの学習に用いる71橋脚データを抽出した．これらの主要入力データを図－1に示す．また，各設計データごとに，地震時保有水平耐力法の設計項目の中で決定度が最大となる項目を図－2に示す．ここで，各ラベルの先頭文字，kは橋軸方向，tは橋軸直角方向を表す．

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たためである．

入力したデータには橋脚の設計に用いた各部材の断面寸法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－2ではその比率の関係が明らかに現れている．このことはSOMによって，入力されたデータからデータ同士の特徴をつかみ，学習を重ねることによりグループ化された結果であり，設計結果の力学的な特徴による分類がマップ上で行われたことになる．

おわりに

SOMを用いて，あらかじめ準備したRC橋脚の設計データを分類し，得られた特徴マップを新たな設計・照査のための支援ツールとして利用することの可能性について検討した．現状の橋梁下部工設計データは非常に多様で，かつ各データ間の相関が複雑であるため，これまで最適設計手法を適用することは困難と考えられていたが，SOMを利用して多くの設計データを蓄積し学習・分析することで，学習用データとしては入力していない力学的な特徴にまで踏み込んだ判定が可能となることを確認した．

このアルゴリズムに多くの設計実績を蓄積・学習させることで，通常の手法等により作成された設計結果をこのシステムに入力し，分類・判定させ，その設計結果が要求性能に対してどのような完成度を有しているかを評価する「設計照査システム」に向けた研究を行い，その有用性を確認した．

【参考文献】

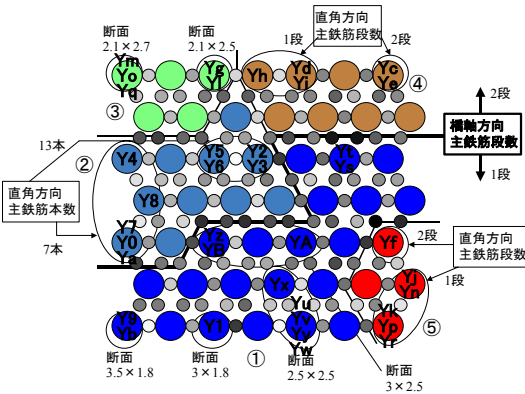
1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1996. 12
2) 廣瀬彰則，近田康夫：道路橋 RC 橋脚設計への SOM の援用に関する研究，構造工学論文集，Vol. 47A, pp. 219-225, 2001. 3. ほか
3) 山田善一：耐震構造設計論，京都大学学術出版社，pp. 181-190, 1997.

表－1 対象橋脚の設計条件

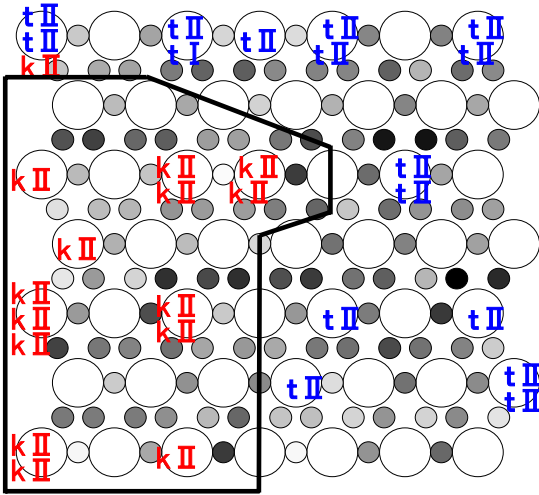
下部構造	張出し式橋脚 (H=9.0m, 10.0m, 11m)
基礎構造	場所打ちぐい (φ1.0m, L=19m)
支承条件	地震時水平反力分散方式
地盤種別	Ⅱ種地盤
コンクリート材料	$\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$
鉄筋材料	SD345

表－2 設計変数

設計変数	抽出ケース	種類
柱断面寸法	橋軸：1.8～2.5m 直角：2.1～4.0m	8
主鉄筋	D22～D51	6
帯鉄筋	D16～D25	4



図－1 設計橋脚の主要入力データ



図－2 地震時保有水平耐力法による分類