

RC 橋性能評価システムの再構築と実橋への適用

山口大学大学院 学生会員 ○伊藤大恭

山口大学大学院 フェロー会員 宮本文穂

山口大学大学院 非会員 田中大輔

1. はじめに

近年、高度経済成長期に架設された橋梁の多くが寿命といわれる架設後 50 年を迎えようとしている^[1]。著者らは、橋梁維持管理システム(以下 J-BMS)のサブシステムの 1 つである RC 橋性能評価システム(Bridge Rating EXpert system : 以下 BREX)^[2]の開発を進めてきた。J-BMS とは、橋梁維持管理における総合的支援システムであり、BREX は専門家の代わりに橋梁の評価を行うエキスパートシステムである。

BREX は定期点検で得られた点検データおよび諸元データをユーザが入力することで部材ごとの耐久性、耐荷性などの性能評価を行うことが出来る。しかし、適切なバージョンアップが行われてこなかったため、最新の OS で動作が保障されない事や、操作性が悪いなどの問題が発生していた。本研究では、このような問題を解決すべく BREX の再構築を行うとともに各種機能の更新を行った。また、実橋データを入力することによって各種の検証を行った。

2. BREX の再構築^[3]

2.1 評価プロセス

BREX では、最終的に「主桁耐久性」、「主桁耐荷性」、「床版耐久性」、「床版耐荷性」の 4 つの性能を 0 から 100 の点数で評価する。図 1 の例に示すように性能評価プロセスは階層構造となっており、点検結果などの下位層の評価結果が上位層の評価に利用される。しかし、点検の手間やコストの関係から性能評価に利用されるデータには、比較が困難な定性データと定量データの 2 つが存在する。そこでシグモイド関数を用いたファジィ集合により、この 2 つのデータを合わせて利用することを可能にした。また、各性能評価に利用されるシグモイド関数や、健全度評価の値は、次節で説明するバックプロパゲーションニューラルネットワークで構築された学習機能の対象とされる。

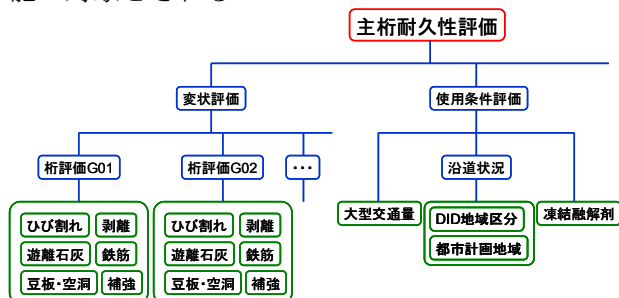


図 1 主桁耐久性評価プロセスの例

2.2 推論部分

推論部分は図 2 に示すように 5 層から成るバックプロパゲーションニューラルネットワークで構成される。入力部が A 層であり、各層のニューロンに分

配し、結合重みを掛け合わせることで出力部の E 層の結果を求める。学習機能により、シグモイド関数の値や、健全度など各種性能評価項目が更新される。

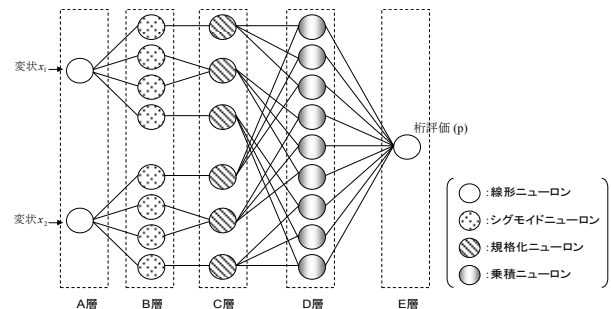


図 2 BREX が用いるニューラルネットワーク

2.3 評価機能

評価機能は部材単位での性能評価を行う。図 3 を例とするフォームからユーザは対象橋梁の点検データや変状データなどの評価に必要なデータを比較的容易に入力することで、評価結果を求めることができる。

図 3 は、点検項目入力画面のスクリーンショットを示している。画面は「共通項目(必須)」と「変状別項目」の2つのタブに分かれている。共通項目には「変状番号」「部材の種類」「部材番号」があり、変状別項目には「橋軸方向位置」「上下位置」「方向」「本数」「幅」「間隔」がある。

図 3 点検項目入力画面例

従来の BREX は、1 ヶ所でも入力ミスをしてしまうと最初の入力からやり直さなければならなかった。そこで変状番号を選択可能にすることでこの問題を解決し、操作の効率化を図った。

評価結果は図 4 に示す「主桁耐荷性」、「主桁耐久性」、「床版耐荷性」および、「床版耐久性」の 4 つの性能評価を表示している。また、評価過程に用いられたルールや使用されたメンバーシップ関数など内部で行われた評価方法は利用者に分かるよう出力として明示することで内部のブラックボックス化の除去を図った。



図4 評価結果画面の例

2.4 学習機能

学習機能はバックプロパゲーション法を用い、教師データを基に学習を行うニューラルネットワークの閾値と、結合重みを修正する。図5に学習前後の誤差変化を示す。ここでX軸座標は学習回数、Y軸座標は誤差値である。

図5より、それぞれ100回の学習を行なった結果、誤差が減少していることが分かる。また、あまり変化の見られないグラフについては学習回数が不足しているか、元々の誤差が少なかったため、学習前後での変化があまり現れなかったと考えられる。

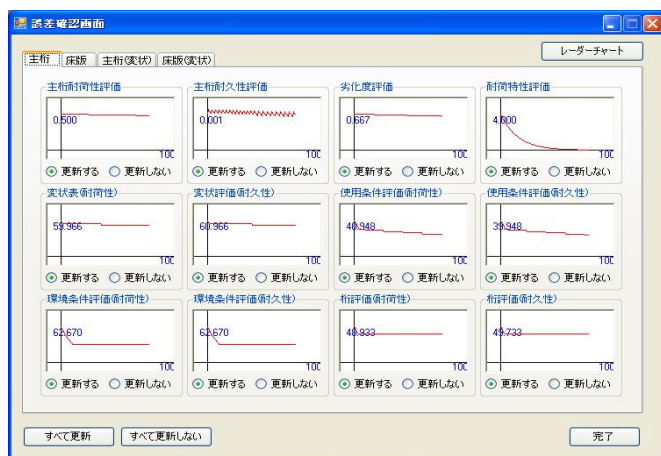


図5 学習誤差確認画面

3. 実橋への適用

2009年度、山口県内の実橋梁K橋の2スパンで複数の点検者による調査が行われた。ここで紹介するのは2社の専門家による調査結果のみだが、全体として、点検者ごとの意見のバラツキが少なく、信頼性が高いデータであると言える。その橋梁調査結果をBREXへの入力データとして、学習前後の誤差を検証した。

表1は、K社とS社の調査結果をそれぞれ入力した際の誤差変化を比較したものである。比較に用いたデータは「主桁耐荷性」、「主桁耐久性」、「床版耐荷性」、「床版耐久性」の4つと、それを求めるため

に利用した変状評価などの各種評価である。同表から、Aスパンのデータを入力した結果、誤差が減り学習したことが分かる。なお、検証はWindows7上で行った。

表1 K橋Aスパン学習誤差結果表

2009年	スパンA						スパンB					
	S社			K社			S社			K社		
	学習前	学習後	誤差変化	学習前	学習後	誤差変化	学習前	学習後	誤差変化	学習前	学習後	誤差変化
主桁耐荷性評価	0.50	0.01	-0.49	0.00	0.00	0.00	1.00	0.01	-0.99	0.00	0.00	0.00
劣化度評価	0.33	0.32	-0.01	0.33	0.32	-0.02	1.33	1.30	-0.04	0.00	0.00	0.00
変状評価	60.97	52.68	-8.28	59.97	51.82	-8.15	60.97	52.68	-8.28	60.97	52.68	-8.28
使用条件評価	41.95	26.03	-15.92	40.95	24.25	-16.70	41.95	26.03	-15.92	40.95	24.25	-16.70
環境条件評価	64.67	31.54	-33.13	63.67	31.05	-32.62	64.67	31.54	-33.13	63.67	31.05	-32.62
耐荷特性評価	1.00	0.01	-0.99	3.00	0.02	-2.98	1.00	0.01	-0.99	3.00	0.02	-2.98
主桁耐久性評価	0.33	0.01	-0.32	0.00	0.00	0.00	0.33	0.32	-0.01	0.00	0.00	0.00
変状評価	61.97	53.54	-8.42	61.97	53.54	-8.42	62.97	54.41	-8.56	62.97	54.41	-8.56
使用条件評価	41.95	26.03	-15.92	39.95	23.66	-16.29	41.95	26.03	-15.92	41.95	26.03	-15.92
環境条件評価	64.67	31.54	-33.13	64.67	31.54	-33.13	64.67	31.54	-33.13	64.67	31.54	-33.13
床版耐荷性評価	0.50	0.01	-0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
劣化度評価	0.00	0.00	0.00	0.67	0.64	-0.03	0.33	0.01	-0.33	0.33	0.01	-0.33
変状評価	60.97	52.68	-8.28	58.97	50.95	-8.01	60.97	52.68	-8.28	59.97	51.82	-8.15
使用条件評価	41.95	26.03	-15.92	38.95	23.07	-15.88	41.95	26.03	-15.92	39.95	23.66	-16.29
環境条件評価	63.67	31.05	-32.62	61.67	28.57	-33.10	64.67	31.54	-33.13	62.67	30.56	-32.11
耐荷特性評価	2.00	0.01	-1.99	5.00	0.03	-4.97	2.00	0.01	-1.99	4.00	0.02	-3.98
床版耐久性評価	0.67	0.01	-0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
変状評価	60.97	52.68	-8.28	58.97	50.95	-8.01	61.97	53.54	-8.42	60.97	52.68	-8.28
使用条件評価	41.95	26.03	-15.92	38.95	23.07	-15.88	41.95	26.03	-15.92	40.95	24.25	-16.70
環境条件評価	64.67	31.54	-33.13	61.67	28.57	-33.10	64.67	31.54	-33.13	63.67	31.05	-32.62
平均	33.78	22.09	-11.70	32.97	21.10	-11.86	33.97	22.26	-11.70	33.53	21.70	-11.83

4. まとめと今後の課題

以下に本研究の成果をまとめる：

- ① BREXの再構築により、利用環境の拡大を図ることができた。
- ② データ入力方法の改善により入力時間の短縮および効率的操作を実現できた。
- ③ 学習前後の比較により、誤差の減少を確認することができた。

次に今後の課題をまとめる：

- ① BREXの出力結果をより有効に利活用するための予算平滑化機能の開発が必要となる。
- ② 入力の効率化や出力結果の蓄積のために、山口県内の橋梁データを一元管理するJ-BMS DBとの連携を図る必要がある。

<参考文献>

- [1] 山口県土木建築部道路整備課，山口県橋梁長寿命化修繕計画，2009.3.
- [2] Kawamura, K., Nakamura, H. and Miyamoto, A: "Development of Concrete Bridge Rating Expert System(BREX) in Japan", Proceedings of the Conference on Life-Cycle Cost Analysis and Design of Civil Infrastructure Systems, ASCE, Honolulu, Hawaii, 2000.8.
- [3] 田中大輔：RC橋性能評価システムの再構築と実橋への適用，山口大学卒業論文，2009.2.