

I - 543

ニューラルネットワークによる
塩害を受けるRC構造物の健全度評価

鳥取大学工学部 正会員○白木 渡 鳥取大学工学部 正会員 松保重之
東京電力(株) 正会員 安田 登 東電設計(株) 正会員 河村知之
三井造船(株) 川野賢司

1. まえがき

近年、塩害による鉄筋の腐食、アルカリ骨材反応などが原因と思われるコンクリート構造物の損傷が数多く発見され、社会問題になっている。このような背景から、コンクリートの耐久性の評価に関する調査、研究がこれまでに数多くなされてきたが、その損傷パターンの多様性、メカニズムの複雑さ、ならびにデータ不足が原因で、いまだ統一した評価法は見出されていないのが現状である。

ところで、このような研究で取り扱われるデータは、あいまい性を含み、その数も膨大で、項目も非常に多岐にわたっている。そこで本研究では、あいまい性を含む多量のデータに関する評価の問題に有効なニューラルネットワークシステムを適用し、塩害を受けるRC構造物の健全度評価システムを構築する。さらに、その構築されたシステムに感度解析を適用し、RC構造物の健全度に及ぼす影響因子の分析を行う。

2. ニューラルネットワークの特徴

- 1) 膨大なデータ量を取り込んで瞬時に判断させることができる。
- 2) あいまい性を含んだデータの取り扱いが可能である。
- 3) 自己組織化能力により、コンピュータに解こうとする問題の定義やプログラムを与える必要はなく、訓練すべきデータを十分に与えてやればよい。

3. 東京電力(株)における健全度評価基準および健全度評価システムの構築

ニューラルネットワークによる健全度評価システムの構築のために、データの提供を受けた東京電力(株)では、コンクリート構造物の劣化レベルを表-1のように設定しており、「健全度評価基準一覧¹⁾」を基準として、検査技師が健全度評価を行っている。そして一般には、健全度Ⅲ以上になった場合に補修を行っている。本研究で構築する健全度評価システムの入力項目には、健全度評価のために検査技師が調査している項目の一部(表-2参照)を用いた。出力項目としては、検査技師により判定された健全度Ⅰ～Ⅳを用い、学習させ、システムを構築した。

健全度Ⅰ	健全
健全度Ⅱ	軽微な被害
健全度Ⅲ	中程度の変状
健全度Ⅳ	大きな変状

4. 健全度評価システムの検証

ニューラルネットワークによって構築された健全度評価システムの有効性を検証するために、システムの構築の際に、学習用データとして用いなかったデータ14個の健全度を判定させた。その結果が表-3である。表-3において、番号は検証用データの番号を、健全度は検査技師が判定した健全度を表わしている。また、健全度Ⅰ～Ⅳは健全度評価システムによって算出された確信度である。14個のデータのうち、12個のデータについてうまく判定しているが、No.9、No.10のデータについては誤った判定をしている。学習用データでは、ひび幅が0.0mm、錆汁が無で、剥離・剥落が比較的小さい場合は、健全度Ⅱと判定されている。No.9はこのパターンとよく似ているために健全度Ⅱと判定されたと考えられる。また、No.10は、ひび幅が1.0mmと大きく、錆汁は有である。学習用データで、このようなパターンの場合は健全度Ⅲと判定されている。よってNo.10は健全度Ⅲと判定されたと考えられる。

表-2 入力項目

ひび幅	測定値(mm)
錆汁	無・有
鉄筋露出	無・有
遊離石灰	無・有
漏水	無・有
ずれ	無・有
剥離・剥落	測定値(m ²)
浮き	測定値(m ²)
ひびモード 部材軸直交	無・有
ひびモード 鉄筋に沿う	無・有
ひびモード その他	無・有
ひび深さ	表面・中間・貫通
ひび本数	1本・複数

5. 感度解析

5.1 1次元感度解析

構築したシステムを用いて1次元感度解析を行った結果が図-1、図-2である。図-1より、ひび幅は健全度Ⅲの判定に大きな影響を与え、ひび幅が大きくなると健全度Ⅲと判定されることがわかる。また、図-2より、錆汁の有・無は健全度Ⅲの判定にあまり影響を与えないことがわかる。

5.2 2次元感度解析

ひび幅と剥離・剥落という2つの要因の健全度Ⅲに対する影響を調べるために、2次元感度解析を行った結果が表-4である。表-4より、剥離・剥落が 0.0m^2 のときは、ひび幅が 0.6mm 以上になれば健全度Ⅲと判定され、ひび幅が 0.0mm のときは、剥離・剥落が 1.0m^2 になっても健全度Ⅲと判定されないことがわかる。この解析結果は「健全度判定基準¹⁾」に反している。これは、実際の健全度は「健全度判定基準¹⁾」

表-3 システムによる判定結果

番号	健全度	健全度Ⅰ	健全度Ⅱ	健全度Ⅲ	健全度Ⅳ
1	Ⅲ	0.152	0.370	0.582	0.151
2	Ⅲ	0.006	0.056	0.944	0.006
3	Ⅲ	0.006	0.049	0.951	0.006
4	Ⅱ	0.002	0.961	0.03	0.002
5	Ⅲ	0.003	0.401	0.602	0.003
6	Ⅲ	0.007	0.048	0.952	0.006
7	Ⅲ	0.005	0.092	0.908	0.005
8	Ⅱ	0.001	0.999	0	0.001
9	Ⅲ	0	0.999	0	0.001
10	Ⅱ	0.006	0.049	0.951	0.006
11	Ⅲ	0.007	0.046	0.953	0.007
12	Ⅱ	0.008	0.850	0.145	0.008
13	Ⅲ	0.006	0.059	0.941	0.006
14	Ⅲ	0.006	0.058	0.942	0.006

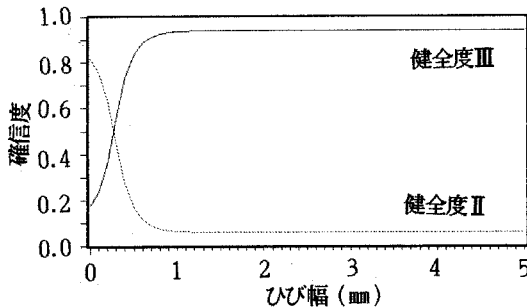


図-1 ひび幅の健全度Ⅲに対する影響

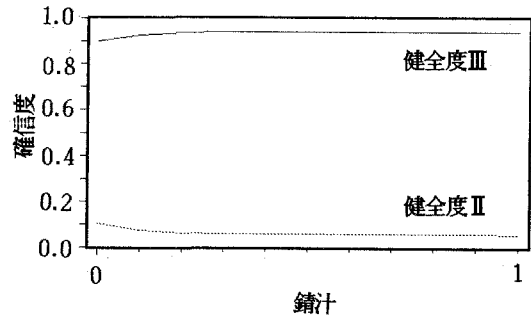


図-2 錆汁の健全度Ⅲに対する影響

表-4 ひび幅と剥離・剥落の健全度Ⅲに対する影響
ひび幅 (mm)

	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0.0	0.050	0.203	0.566	0.844	0.941	0.971	0.982	0.987	0.990	0.992	0.993
0.1	0.068	0.266	0.647	0.877	0.951	0.974	0.984	0.988	0.991	0.992	0.993
0.2	0.093	0.343	0.718	0.902	0.958	0.977	0.985	0.989	0.991	0.992	0.993
0.3	0.128	0.429	0.777	0.920	0.964	0.980	0.986	0.989	0.991	0.993	0.993
0.4	0.173	0.519	0.824	0.935	0.969	0.982	0.987	0.990	0.992	0.993	0.994
0.5	0.232	0.604	0.861	0.946	0.973	0.983	0.988	0.991	0.992	0.993	0.994
0.6	0.303	0.682	0.890	0.955	0.976	0.985	0.989	0.991	0.992	0.993	0.994
0.7	0.383	0.747	0.911	0.962	0.979	0.986	0.989	0.991	0.993	0.993	0.994
0.8	0.472	0.801	0.929	0.967	0.981	0.987	0.990	0.992	0.993	0.994	0.994
0.9	0.559	0.842	0.941	0.972	0.983	0.988	0.991	0.992	0.993	0.994	0.994
1.0	0.642	0.876	0.951	0.975	0.984	0.989	0.991	0.992	0.993	0.994	0.994

によったものとなっていない場合が多く、検査技師の経験で判定されている場合が多いことを示している。

6. あとがき

本研究では、塩害を受けるRC構造物の健全度評価を、ニューラルネットワークを用いて行うことを試みた。本研究の結果から、塩害を受けるRC構造物の健全度評価へ

の、ニューラルネットワークの有効性が明らかになった。そして、劣化に及ぼす影響因子の分析や、劣化のメカニズム解明の1つの方法として、感度解析が有効な手段となり得ることが示された。将来、さらに学習用データの整備、検討を行えば、より有効で実用的なシステムの構築が期待できる。

(参考文献) 1) 東京電力(株)建設部：火力・原子力発電所土木関係設備保守管理規定，1989.3.1