

ニューラルネットワークを用いた高力ボルト軸力推定システム

片山ストラテック 正員 小林 剛 山 口 大 学 正員 宮本文穂
 片山ストラテック 正員 石原靖弘 山 口 大 学 正員 中村秀明
 日本構研情報 正員 狩野正人 山 口 大 学 山下雅和

1. まえがき

我が国では建設後 30 年以上経過した橋梁が多くみられ、橋梁の維持管理が問題となってきたことから効率的な維持管理システムが必要とされている。鋼橋の維持管理技術では、腐食や疲労に着目した研究が主であり、その他の鋼橋構成要素に関する耐久性についてはあまり研究例が見当たらない。そこで本研究では鋼橋の主要な要素の 1 つである高力ボルト摩擦接合を対象とした耐久性評価システムの開発を行ったので研究成果の一部を報告する。

2. システムの全体概要

高力ボルト摩擦接合の耐久性を評価する指標となるのは主すべりを限界状態と考えれば、すべり耐力、すなわちボルト軸力とすべり係数の積によって評価できる。既存継手のボルト軸力は初期導入軸力のばらつきとその後の経年変化によって設計値から変動しており、すべり係数も経年変化により変動することが知られている。高力ボルト摩擦接合耐久性評価システムは図-1 に示すように①高力ボルトデータベースシステム、②軸力低下推定システム、③すべり係数推定システム、④耐久性評価システムの 4 つのサブシステムから構成される。本報告では①、②について言及する。

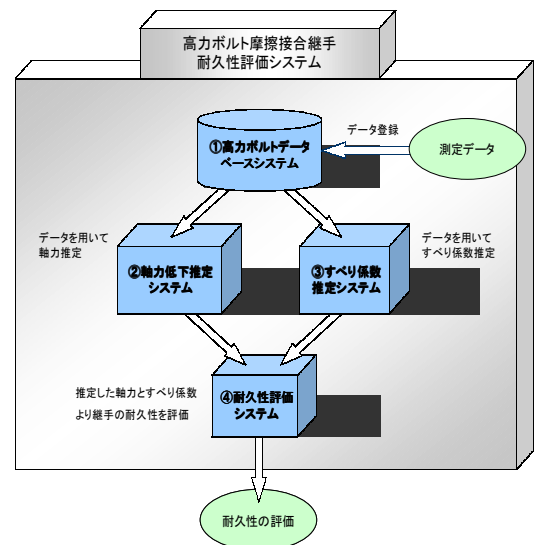


図-1 高力ボルト摩擦接合継手
耐久性評価システムの概要

3. データベースシステムの概要

著者らはこれまで多くの高力ボルト摩擦接合継手に関する測定を行いそれらのデータを蓄積してきた²⁾。今後もデータを蓄積し、データ量が膨大となることが予想されるため、これらのデータを効率的に整理・保存し、必要時に的確な情報を参照できるデータベースシステムを構築した。

本データベースシステムの機能は図-2 に示すように①データ参照機能、②データ処理機能、③検索機能の 3 つから構成され、ユーザーに分かりやすいように②に関しては新規登録・変更・削除機能を、③に関しては項目検索・条件検索機能を設定した。本データベースシステムによりデータを一元的に管理できるようにした。

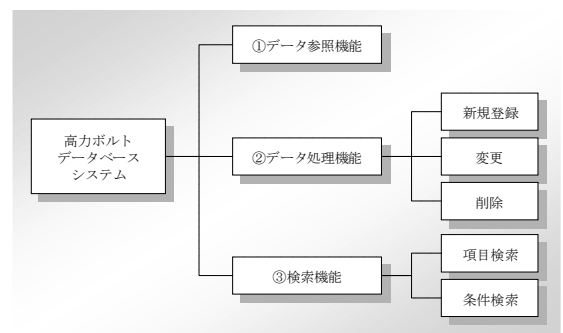


図-2 高力ボルトデータベースシステム

4. 軸力低下推定システムの構築

既往の研究¹⁾では軸力低下モデルに Maxwell モデルを用いていたが、今回は実測値より新たな軸力低下モデルを求めた。すなわち、軸力残存率 (%) N_r 、時間 t (hour) を用いて式-(1)で表わすものとした。このモデルと実測値の軸

$$N_r = \begin{cases} 100 & 0 \leq t < 0.01 \\ 100 - a \cdot \ln(t) + a \cdot \ln(0.01) & t \geq 0.01 \end{cases}$$

式-(1)

キーワード：高力ボルト摩擦接合、耐久性、軸力低下、データベース、ニューラルネットワーク

連絡先：片山ストラテック株式会社 橋梁設計部 技術課 〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 6-2-21
 TEL 06-6552-1235 FAX 06-6551-5648

力経年変化とを比較しその妥当性を検証した．結果を図-3に示す．提案したモデルは実測値と比較的によく一致していることがわかる．

上記の軸力低下モデルと階層構造ニューラルネットワークを用いて高力ボルト軸力低下推定システムを構築した．図-4にシステムの構造を示す．階層構造ニューラルネットワークの入力項目は表-1に示すように継手の状態を表す部位，交通荷重，ボルト種別，ボルト首下長さ，錆量，表面処理の6項目である．ニューラルネットワークの出力項目は軸力低下モデルにおける勾配を表す係数 a である．このシステムにより継手の状態に対応した軸力低下曲線の勾配を推定することが可能である．

次にシステムの検証を行った．全46データを用いてシステムを学習させ，学習後のシステムに対して検証用データのボルト軸力を比較した．図-5に比較結果を示す．システムの推定値は，精度良く推定できることがわかる．しかし，カテゴリー項目の少ないデータに関しては，実測値とシステム推定値がかけ離れてしまうものもあり（例えば表面処理が無機ジンクリッチペイントなど），さらにデータの蓄積が必要である．

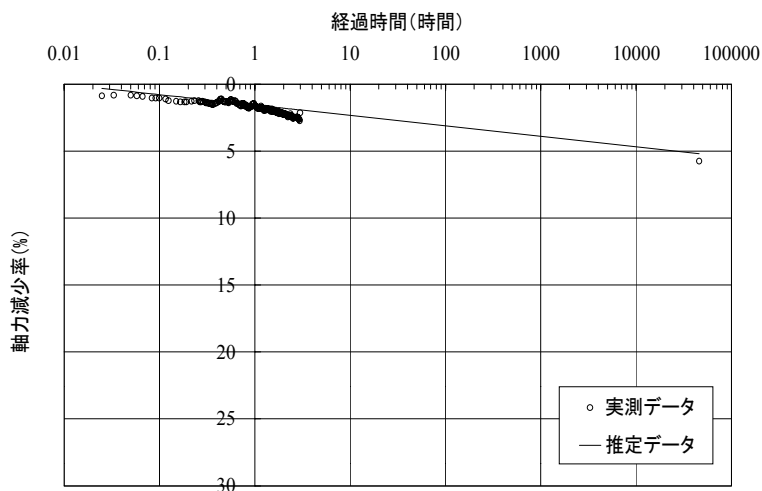


図-5 学習データと検証用データの比較

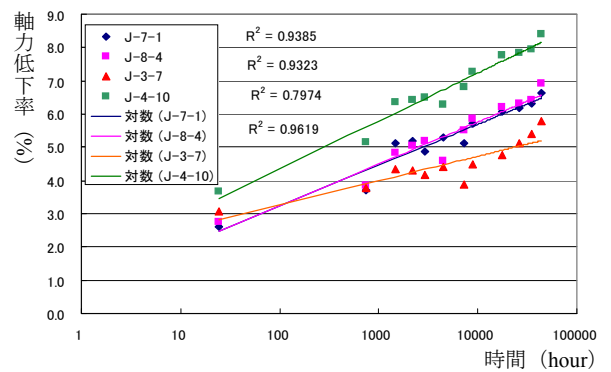


図-3 軸力低下モデルと実測値の比較

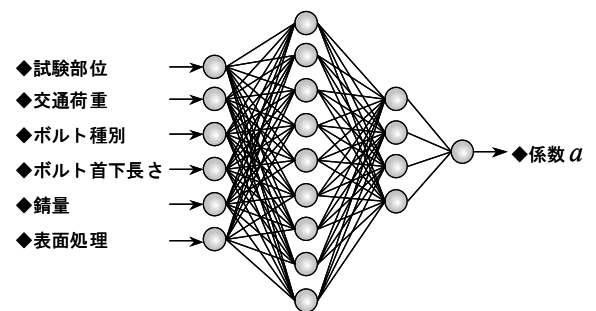


図-4 軸力低下推定システムの構造

表-1 入力項目とカテゴリー

入力項目	カテゴリー	採用	値
試験部位	下フランジ	○	0.0
	上フランジ	○	0.5
	ウェブ	○	1.0
交通荷重	大 (幹線道路)	○	0.0
	中 (地方道路)	○	0.5
	小 (歩道橋)	○	1.0
ボルト種別	六角型高力ボルト	○	0.0
	グリップ型高力ボルト	○	0.5
	トルシア型高力ボルト	○	1.0
首下長さ	短 (65mm以下)	○	0.0
	中 (70mm～95mm)	○	0.5
	長 (100mm以上)	○	1.0
錆量	多	○	0.0
	中	○	0.5
	少	○	1.0
表面処理	無機ジンクリッチペイント	○	0.0
	有機ジンクリッチペイント	○	0.333
	溶融亜鉛メッキ	○	0.666

5. あとがき

本研究は既設橋における高力ボルト摩擦接合部の耐久性評価を行うことを目的にニューラルネットワークを用いた軸力低下推定システムの開発を行いその検証結果について報告した．システムを有効なものにするためにはデータ数がまだまだ不足しており，今後ともデータベースを充実させたいと考えている．最後に本研究は関西道路研究会 道路橋調査研究委員会 耐久性小委員会（委員長：谷平勉 近畿大学教授）の活動成果をもとにシステム構築を行ったものであり，委員各位には記して感謝の意を表する次第である．

《参考文献》

- 1) 狩野正人，亀井正博，石原靖弘，小林剛，谷平勉：ニューラルネットワークを用いた高力ボルト軸力低下特性の要因分析，土木学会第54回年次学術講演会講演概要集，I-A194,1999.9
- 2) 関西道路研究会道路橋調査研究委員会：耐久性小委員会報告書，1998.3