

高力ボルト摩擦接合継手耐久性評価システムにおけるデータベースシステムの開発

山口大学大学院 学生会員○山下雅和
山口大学工学部 正会員 中村秀明

片山ストラテック(株) 正会員 石原靖弘
山口大学工学部 正会員 宮本文穂

1. はじめに

鋼橋の維持管理を行う際には、添接部の高力ボルトの緩み具合を把握することが重要となり、著者らは従来より高力ボルト摩擦接合継手耐久性評価システムの構築を目指している。継手の耐久性を評価するためには、継手に関する現場での測定データおよび点検データが時系列的に整理されている必要があり、高力ボルト摩擦接合継手用のデータベースの構築が必要となる。本研究では耐久性評価のために必要なデータを時系列的に整理できる高力ボルトデータベースシステムの開発を行った。さらにデータベースに格納されているデータを用いて軸力低下を推定した。

2. 高力ボルト摩擦接合継手耐久性評価システムの概要

本システムは、高力ボルトによる摩擦接合継手の耐久性評価をするもので、4つのサブシステムから構成されている（図-1 参照）。

①高力ボルトデータベースシステム

このデータベースは、継手の耐久性を評価するために必要なデータを時系列的に格納している。格納されているデータは、②の軸力低下システムや③のすべり係数推定システムへ供給される。

②高力ボルト軸力低下推定システム

このサブシステムでは、ニューラルネットワークにより継手に関する各種データ（継手試験部位、交通荷重、ボルト種別、首下長さ、錆の状態）を入力することにより軸力の低下を推定する。ニューラルネットワークの学習に必要な教師データは、①のデータベースより引き渡される。

③すべり係数推定システム

継手の状態（錆の状態、表面処理等）からすべり係数の推定を行う。

④耐久性評価システム

②で求めたボルト軸力と③で求めたすべり係数から継手のすべり荷重を求め、高力ボルト摩擦接合継手の耐久性を評価する。

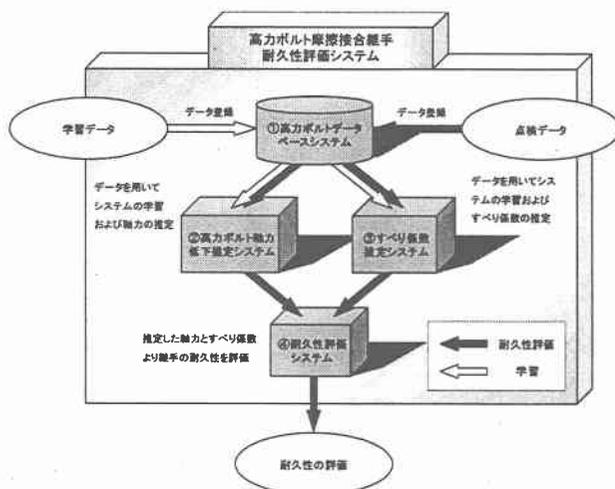


図-1 システムの概要

3. 高力ボルトデータベースシステム

高力ボルトデータベースシステムの目的は、耐久性評価に必要なデータを時系列的に格納することである。データベースに格納するデータ項目については、データ項目数が多くならないように、耐久性評価に必要な項目のみを専門家の意見を参考にピックアップした。また、このデータベースの特徴は、ボルト軸力低下推定システムで必要となるニューラルネットワーク学習用データの作成機能を有している点である。図-2 にデータのテーブル関連図を示す。

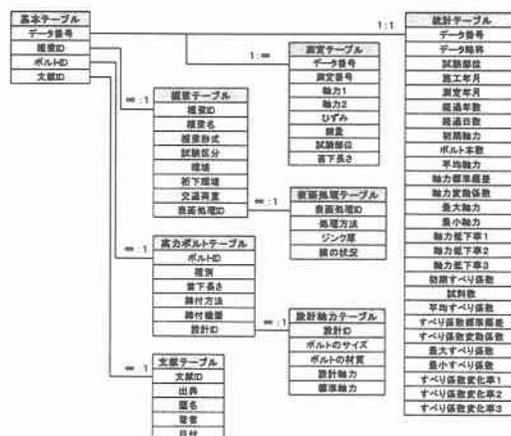


図-2 テーブル関連図

4. 高力ボルト軸力低下推定システム¹⁾²⁾

今回開発した高力ボルト軸力低下推定システムは、階層構造ニューラルネットワークを用いて軸力低下曲線を推定するシステムである。このシステムでは軸力低下曲線を式(1)で表現している。

$$N' = e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

ここで、 N' は軸力低下率、 t は時間(年)、 τ は緩和時間である。ニューラルネットワークは試験部位、交通荷重、ボルト種別、首下長さおよび錆の5つを入力とし、この入力に対して緩和時間 τ を出力する(図-3参照)。ニューラルネットワークによって得られた緩和時間 τ より、システムは軸力低下曲線を導出する。

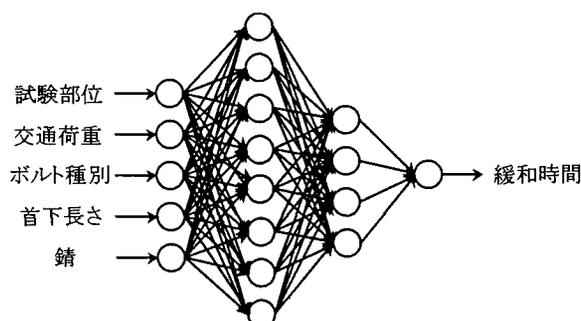


図-3 ニューラルネットワーク構造

5. 高力ボルト軸力低下推定システムとの連携

高力ボルトデータベースシステムの特徴は、高力ボルト軸力低下推定システムで必要となるニューラルネットワークの学習データ作成機能を有している点である。ここでは、実際に軸力推定までの流れについて説明する。

はじめに、軸力推定を行う前にニューラルネットワークを学習させ識別能力を与えなければならない。ニューラルネットワークの学習には、学習データが必要となるためこれを作成する作業を要するが、高力ボルトデータベースシステムの学習データ作成機能によりデータベース中のデータから自動的に学習データを作成することが可能である。次に、学習データ作成機能によって自動的に作成された学習データを用いて、高力ボルト軸力低下推定システムのニューラルネットワークを学習させる。このときユーザがニューラルネットワークの構造、学習回数、学習定数などの設定を行い学習を開始する。ニューラルネットワークが正確に学習できたかどうかは、学習後に表示される精度検証グラフを参照することで理解することができる。ここで、学習結果が妥当な場合、ニューラルネットワークによる軸力の推定が可能となる。学習後の高力ボルト軸力低下推定システムに対して、軸力を推定したい継手の試験部位、交通荷重、ボルト種別、首下長さおよび錆の状態を入力すれば、ニューラルネットワークが緩和時間を推定し、式(1)よりボルト締付直後から30年後までの軸力の変化をグラフとして出力する(図-4参照)。

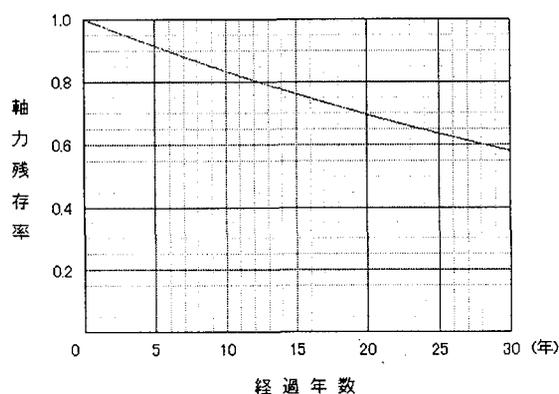


図-4 軸力低下曲線の例

6. まとめ

本研究では、耐久性評価のために必要なデータを時系列的に整理して蓄積する高力ボルトデータベースシステムの開発を行った。さらに、データベースに格納されているデータを用いて、高力ボルト軸力低下推定システムの学習を行い、軸力低下曲線の推定までの一連の作業を行うことで、高力ボルトデータベースシステムの開発による重要性和有効性を示した。

【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. pp388-389
- 2) Ishihara, Kobayashi, Kano, Kamei, Tanihira: Data Base to Evaluate the Durability of High Strength Bolted Joint, PSSC98, 1998.10.