

**CS-155 鋼橋添接部の高力ボルトの軸力推定ニューラルネットワークシステムの
推定精度の向上策に関する研究**

関西大学工学部 フェロー 三上市藏 関西大学総合情報学部 正会員 田中成典
 三井造船 山本和利 関西大学大学院 学生員 樋渡達也
 関西大学大学院 学生員 ○宇高輝彦

1. まえがき 著者らは、三井造船で開発された自動ハンマを用いて、鋼橋添接部の高力ボルトの導入軸力を推定するシステム¹⁾を構築してきた。しかし、自動ハンマを使ったたたき試験によって採取された波形データを既存システムに適用した場合、推定軸力は導入軸力に対して誤差を生じる。これは、自動ハンマと高力ボルトの接面が不安定な状態にあるため、採取された波形データに不具合が生じているからである。本研究では、自動ハンマを高力ボルトに装着してから何回目の打撃に採取された波形データが信頼性の高いデータかを調査し、最終的な波形データの選択方法と推定軸力の算出方法を考案する。

2. 実験データの収集 図1に示す各試験対象の高力ボルト (Bolt No. 11,13,15,21,23,25) には、ひずみゲージを添付し、ひずみの値から導入軸力を算出する。各試験対象の高力ボルトの軸力を2tfに設定してたたき試験を10回ずつ行い、それぞれ6回目から10回目までの各5データ、計30データを2tfにおける学習データとする。同様にして、各軸力6,10,14,18,22.6tfに対して30個ずつの波形データを採取し、合計180個の波形データを全学習データとする。

次に、各試験対象の高力ボルト (Bolt No.11,13,23) の導入軸力を2,6, 10,14,18,22.6tfに順次設定して、各高力ボルトで10回ずつたたき試験を行い、計180個の波形データを採取し、システムに適用して、軸力を推定させる。

3. 波形データの信頼性 図2に導入軸力6tfに対する各試験対象の高力ボルト (Bolt No.11,13,23) の推定軸力の誤差を示す。横軸に自動ハンマを高力ボルトに装着してからの打撃回数を、縦軸に導入軸力に対する推定軸力の誤差 (tf) を取った。図3に打撃回数と、各試験対象の高力ボルト (Bolt No.11,13,23) における推定軸力の平均二乗誤差の平均との関係を示す。

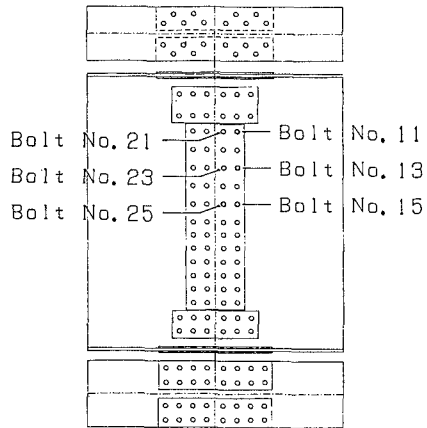


図1

図4に、打撃回数と、軸力2,6,10,14,18,22.6tfにおける推定軸力の平均二乗誤差の和との関係を示す。図4から、全ての軸力に関して最も信頼のおける波形データは、自動ハンマを高力ボルトに装着してから打撃8回目で得られたものであることが分かる。また平均二乗誤差の合計が小さかった打撃回数の上位5つは、4,7,8,9,10回目である。ここで、図4

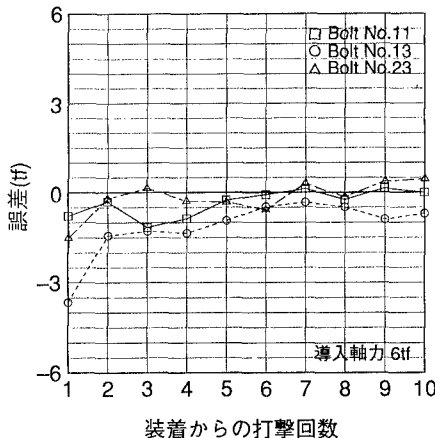


図2

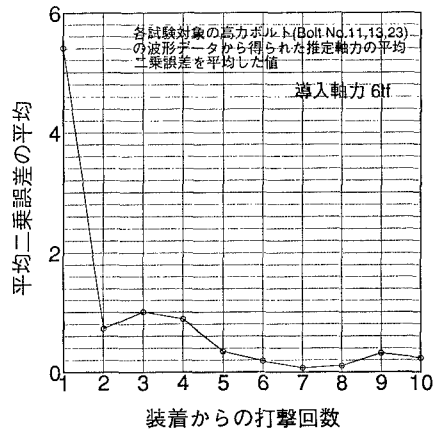


図3

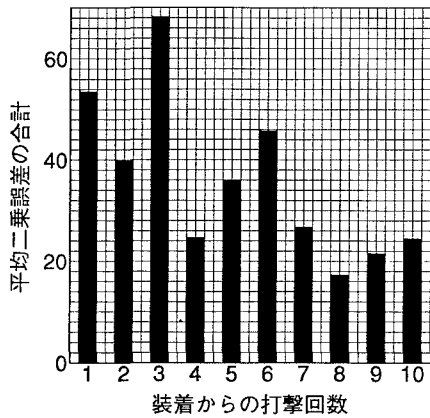


図4

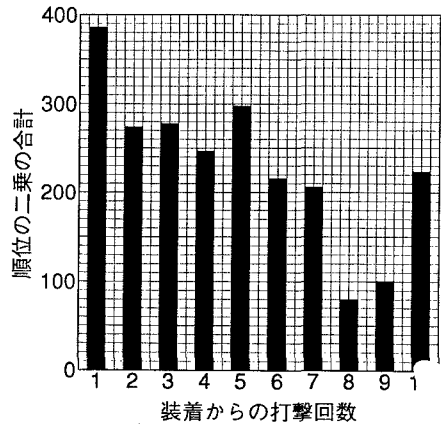


図5

の縦軸を各軸力の平均二乗誤差の小さいものから順位付けし、その二乗和であるとした場合、図5が得られる。図5から、全ての軸力に関して信頼のおける打撃回数の上位5つは、6~10回目であることが分かる。すなわち、全ての推定軸力に対して、平均二乗誤差が小さいのは装着後の打撃回数4,7,8,9,10であるが、装着後の打撃10回のうちで、相対的に推定精度が良いのは、6~10回目であることが分かる。

4. 波形データの選択方法と推定軸力の算出方法 図6に、Bolt No.13の6通りの導入軸力に対する推定軸力を示す。図中、推定軸力の各導入軸力に対する平均二乗誤差を示した。①は、自動ハンマを高力ボルトに装着後の打撃1~5回目の推定軸力を平均した値、②は、自動ハンマを高力ボルトに装着後の打撃6~10回目の推定軸力を平均した値、③は、自動ハンマを高力ボルトに装着後の打撃8回目の推定軸力、④は、自動ハンマを高力ボルトに装着後の打撃6~10回目の推定軸力のうち、最大値と最小値を省いて平均した値である。①に比べて②の方が推定精度が良い。すなわち、装着後の打撃1~5回値よりも、6~10回値の方が良い。②に比べて④の方が推定精度が良い。すなわち、選んだ推定軸力をただ平均するよりも、最大値と最小値を省いて平均する方が良い。③と④の間に推定精度に顕著な違いは見られない。また、8回目の打撃で得られた波形データのみを用いて軸力を推定するのは危険である。他の試験対象の高力ボルト (Bolt No.11,23) の実験結果に対しても同様のことがいえる。

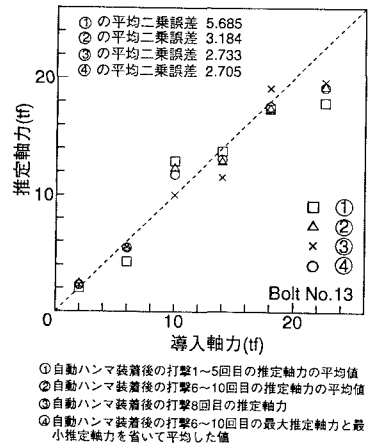


図6

これらの結果から、観測された波形データの中から軸力推定に用いるデータを選択する方法として、自動ハンマを高力ボルトに装着してから打撃6~10回目に採取された波形データを用いることにする。そして、選択された波形データに対する推定軸力のうち最大値と最小値を省いて残りを平均した値をその高力ボルトの推定軸力とする。

5. あとがき 本研究では、高力ボルトの軸力の推定精度を向上させる方策を検討するため、採取した波形データの信頼性を考察し、波形データの選択方法と推定軸力の算出方法を検討した。その結果、自動ハンマを高力ボルトに装着してから打撃6~10回目の波形データを選び、その波形データによる推定軸力のうち最大値と最小値を省いて残りを平均した値をその高力ボルトの推定軸力とすれば、最も精度のよい推定軸力が得られることが分かった。

最後に、本研究を遂行するに当たり、三井造船の山浦忠彰氏から多大な協力を得た。ここに、感謝の意を表する。

参考文献 1) 三上・鹿野・田中・神戸：ニューラルネットワークのパターン認識機能を応用した鋼橋添接部の高力ボルトの残存軸力推定システム，第1回ファジィ土木応用シンポジウム講演論文集，1993.11.