

関西大学工学部

フェロー

三上市蔵

関西大学総合情報学部

正会員

田中成典

修成建設コンサルタント

正会員

樋渡達也

ニュージェック

正会員

〇八代健太郎

1. まえがき 著者らは、高力ボルトの自動緩み検知機¹⁾から採取された加速度波形と反発力波形のデータを基に、ニューラルネットワークのパターン認識機能を用いて、高力ボルトの軸力推定システムを構築²⁾してきた。このシステム²⁾は、鋼橋添接部の様々な構造上の要因に対して適用できるが、高力ボルト（呼び径M22）の締付け長さは40mmまでが対象であった。本研究では、締付け長さ40mm以上の高力ボルトの軸力も推定するために、締付け長さが120mmまでを対象に、締付け長さとのシステムの推定軸力との関係を明らかにする。また、締付け長さがシステムの軸力推定に対して大きい影響を与える場合、締付け長さの情報をシステムの入力層に付加する方法を検討し、締付け長さの情報を認識しながら高力ボルトの軸力の大きさを推定できるシステムの構築を目指す。

2. 実験の計画と実施 本研究では高力ボルト（F10T規格、呼び径M22）を対象とし、10～120mmの締付け長さを考える。そのため、10mmから120mmまではほぼ10mm間隔で高力ボルトの締付け長さが得られるように、実験模型5体を用いて12通りの締付け部材厚を計画した。その計画に基づいて、12通りの締付け長さの高力ボルトを6段階（2, 6, 10, 14, 18, 22.6tf）の軸力で設定し、その段階毎に自動ハンマで打撃して波形データを採取した。

3. 締付け長さとの関係 実験から得られたデータを基に、高力ボルトの締付け長さ別に12通りのシステムを構築した。まず、締付け長さ30mmの学習データを用いて構築したシステムに、締付け長さ30mmの推定データを用いてシステムの検証を行った結果を図1に示す。横軸に導入軸力、縦軸に推定軸力を取った。図中の破線は実験許容誤差を示す。推定値がこの範囲内であれば推定精度が良い²⁾。図1では、学習データと推定データとも締付け長さと同じであるため

推定精度は高い。同システムに締付け長さ10mmのデータを入力した結果を図2に、締付け長さ120mmのデータを入力した結果を図3に示す。どちらも推定精度が極端に低下した。

同様に、12システムを検証した結果を図4に示す。横軸に学習データの締付け長さ、縦軸に推定データの締付け長さをとった。図中の○印は、締付け長さの影響は無く、精度良く軸力推定ができた場合、△印は、影響を多少受けているが許容できる推定軸力が得られた場合、×印は、締付け長さの影響が大きく、精度の良い推定軸力が得られなかった場合を表わす。図から、締付け長さがシステムの軸力推定精度を低下させる要因であることが分かった。

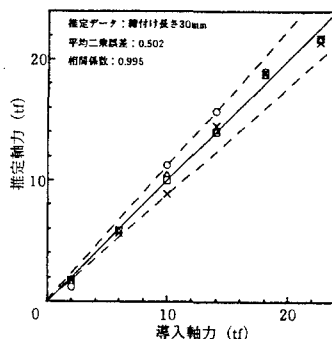


図1

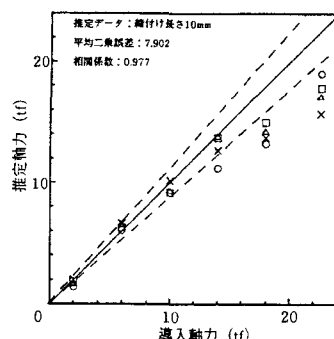


図2

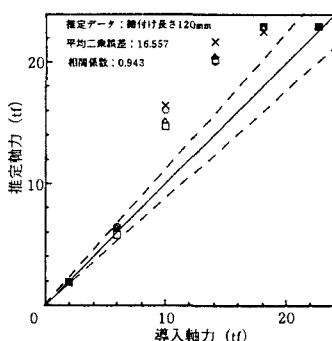


図3

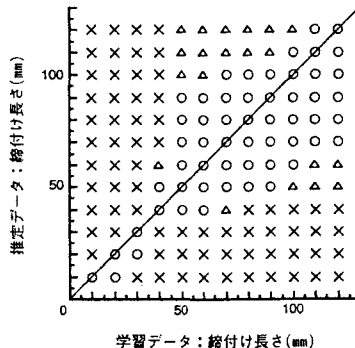


図4

4. 締付け長さを考慮したシステムの構築方法 締付け長さがシステムの軸力推定に大きな影響をおよぼすことが分かったため、それを解消する方法を検討する。これまで、システムの入力層には、1～100ユニットに反発力波

Ichizou MIKAMI, Shigenori TANAKA, Tatsuya HIWATASHI, Kentaro YASHIRO

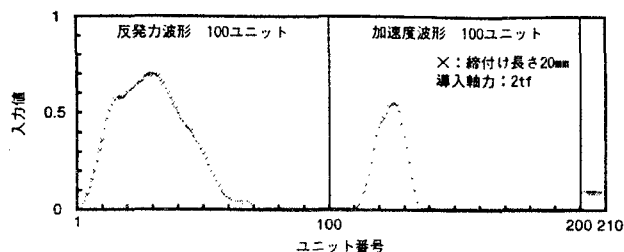


図 5

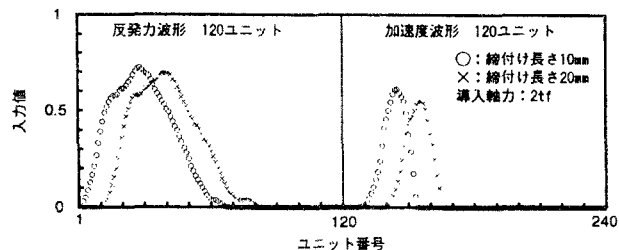


図 7

形データを、101～200ユニットに加速度波形データを与えた。本研究では、入力データに締付け長さの情報を付加し、高力ボルトの締付け長さ10mmから120mmを考慮しながら高力ボルトの軸力を推定できるシステムを構築する。

4. 1 方法① 入力層を10ユニット増加させ、201～210ユニットに締付け長さの情報を与えたシステムを構築した。学習データの入力例(導入軸力2tf, 締付け長さ20mmの場合)を図5に示す。

推定結果の一例を図6に示す。これは、構築したシステムに、締付け長さ30mmの推定データを入力した結果である。図から、推定誤差が大きく、この方法では締付け長さの情報はあまりシステムに反映されなかったことが分かる。

4. 2 方法② 締付け長さの情報の効果を大きくするために、入力層を40ユニットに増加させ、201～240ユニットに締付け長さの情報を与えたシステム

を構築した。しかし、方法①の場合と同様に、締付け長さの情報はシステムに十分に反映されなかった。したがって、締付け長さの情報を単純に入力層に付加する方法は好ましくないと判断した。

4. 3 方法③ 発想をかえて、締付け長さに対応した波形の位相を設けることによって締付け長さの情報を付加したシステムを構築した。学習データの入力例を図7に示す。

締付け長さが30mmの推定データを入力した結果を図8に示す。図から、導入軸力とはほぼ同じ軸力の値が推定されたことが分かる。他の締付け長さに対しても、精度の良い推論結果が得られた。図9に方法①～③で構築した3システムの軸力推論精度(平均二乗誤差)を評価した。図から、締付け長さ10～120mmに対して、推定軸力の誤差が最も小さい方法は③であることが明らかになった。

5. あとがき 本研究では、高力ボルトの締付け長さが軸力の推定におよぼす影響が大きいことを明らかにした。そして、システムに締付け長さの情報を波形の位相で与えれば、その影響を解消できることが分かった。本研究によって、高力ボルトの軸力推定システムの実用化に向けて前進できた。

参考文献 1) 鉄構土木事業部：高力ボルト自動緩み検知機，三井造船技報，No.148，1993.2。

2) 三上・田中・山浦・山本・樋渡・宇高：ニューラルネットワークを用いた鋼橋添接部の高力ボルトの軸力推定システム，構造物の安全性および信頼性，日本学術会議，Vol.3/86-A，1995.11。

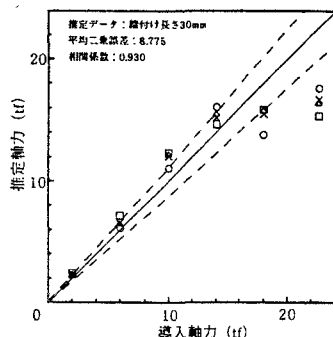


図 6

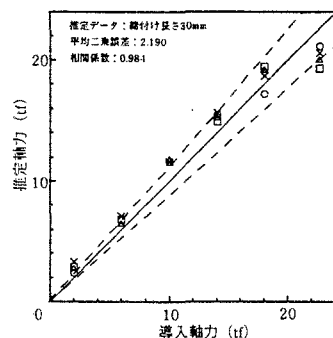


図 8

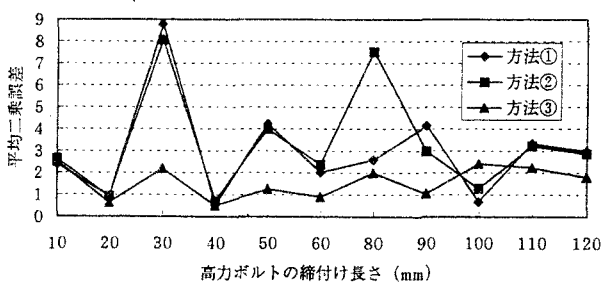


図 9