

CS-154

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
実用化に関する研究

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 山浦忠彰 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、ニューラルネットワークを用いて架設時や供用時の鋼橋添接部の高力ボルトの軸力を推定するためのシステム¹⁾を構築してきた。このシステムは、ある特定した条件下で構築されているため、ボルト位置、ボルト列数、ボルト中心間隔などのパラメータの影響が不明である。システムを実用化するには、これらの不明な点を解明する必要がある。そこで、種々のパラメータの影響を解明するための実験を計画²⁾した。本研究では、この実験で得られた結果を報告するとともに、既存システム¹⁾の実用化に向けて、パラメータの影響を検討する。

2.実験 4体の試験体を用いて、表1に示す24種類の実験を計画²⁾した。この実験から、表2に示すように種々のパラメータの影響を調べることができる。

例えば、表2のボルト中心間隔の影響を調べるには、実験番号3と5で得られた波形データ（表2②）を比較する。波形データを採用する方法は、実験番号3

（図1上部）では、まずBolt No.11の高力ボルトの軸力を2tfに設定して5個の波形データを採用する。6, 10, 14, 18, 22.6tfの軸力に対しても5個ずつの波形データを採取し、計30個の波形データを採る。同様に、Bolt No.13, 15, 21, 23, 25の高力ボルトからもそれぞれ30個の波形データを採取し、合計180個の波形データを得る。これら波形データを学習データとして、システムを構築する。実験番号5（図1下部）では、Bolt No.11, 13, 21, 23の高力ボルト

表1 実験モデル

MODEL	実験番号	対象部位	ボルト列数		ボルト中心間隔(mm)		板厚(mm)		添接板の板厚(mm)	ボルト首下長さ(mm)	ボルト締付け長さ(mm)
			応力直角方向	応力方向	応力直角方向	応力方向	フランジ	ウェブ			
1	1	MT	2	3	120	75	12	9	9	65	27
	2	MT	2	3	120	75	12	9	9	75	27
	3	ST	5	2	100	75	12	9	9	65	27
	4	ST	5	2	100	75	12	9	9	75	27
	5	SB	5	2	75	75	12	9	9	65	27
	6	MB	2	4	75	75	12	9	9	65	27
2	7	MT	2	4	120	75	17	9	9	65	27
	8	ST	5	3	100	75	17	9	9	65	27
	9	MB	3	3	120	75	17	9	9	65	27
3	10	MT	2	3	120	75	22	12	9	75	30
	11	ST	5	2	100	75	22	12	9	75	30
	12	MB	2	4	80	75	22	12	9	75	30
4	13	MT	2	3	120	75	26	12	12	75	36
	14	ST	5	2	100	75	26	12	12	75	36
	15	FT	—	—	50	55	12	9	9	70	30
1	16	FT	—	—	50	55	12	9	9	75	30
	17	FT	—	—	50	55	17	9	9	75	35
	18	FT	—	—	50	55	22	12	14	80	50
3	19	FT	—	—	50	55	26	12	12	80	50
	20	FB	2	4	80	75	12	9	9	70	30
	21	FB	2	4	80	75	12	9	9	75	30
2	22	FB	2	4	80	75	17	9	9	75	35
	23	FB	2	4	80	75	22	12	14	90	50
	24	FB	2	4	80	75	26	12	12	90	50

MT:上側のモーメントプレート ST:シャーププレートの上側 FT:上フランジ(ただし、ボルト配置は千鳥)
MB:下側のモーメントプレート SB:シャーププレートの下側 FB:下フランジ

表2 実験の計画

パラメータ	学習データ	推定データ
ボルト位置	実験番号8	実験番号8 ←①
ボルト中心間隔	3	5 ←②
	1	6
ボルト列数	3	8 ←③
	1	7
	1	9
ボルト首下長さ	3	4 ←④
	1	2
ウェブの板厚	4	11
	2	10
添接板の板厚	11	14
	10	13
シャーププレートとモーメントプレートウェブとフランジ千鳥と並列	3	1
フランジの板厚	12	21
	20	15
	16	17
	21	22
締付け長さ	17	18
	22	23
ボルト首下長さ	15	16
	20	21
フランジと添接板の板厚の比	18	19
	23	24

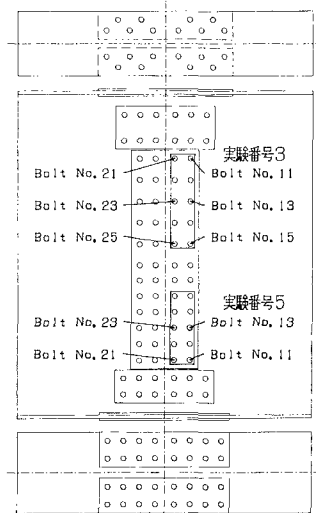


図1 MODEL1の試験体

トを試験対象とし、合計120個の波形データを採取する。これら推定データをシステムに入力し、推定される軸力の値を導入軸力の値と比較する。

3.実験結果 4つのパラメータ（ボルト位置、ボルト中心間隔、ボルト列数、ボルト首下長さ）の影響を調べた結果を図2～図5に示す。横軸を導入軸力、縦軸に推定軸力を採った。図には、導入軸力（2, 6, 10, 14, 18, 22.6tf）に対する推定軸力の平均二乗誤差を併記した。また、図の点線は、所定の軸力を導入する際に生じる誤差と波形データをアナログからデジタルに変換する際に生じる誤差との合計³⁾を表しており、推定軸力がこの範囲（平均二乗誤差2.717）内であれば、パラメータの影響はないとみなせる。

図2と4では、導入軸力に対する推定軸力の誤差は小さい、したがって、ボルト位置、ボルト列数は、軸力推定に影響を与えないといえる。図3では、平均二乗誤差が3.819で2.717より大きい、ほとんどの導入軸力に対して軸力が安全側と危険側の両側にばらついて推定されているため、ボルト中心間隔の影響はないと考えてもよいであろう。図5は、軸力が安全側に推定されているが、誤差は大きいので、ボルト首下長さは、軸力推定に影響を与えることが分かる。

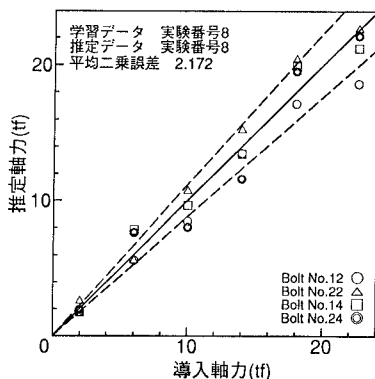


図2 ボルト位置の影響（表2①）

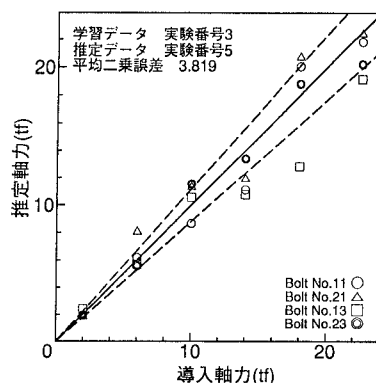


図3 ボルト中心間隔の影響（表2②）

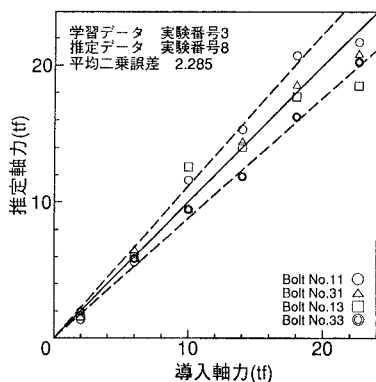


図4 ボルト列数の影響（表2③）

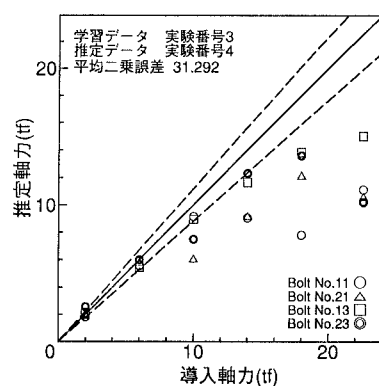


図5 ボルト首下長さの影響（表2④）

4.あとがき 本研究では、既報²⁾の計画に沿った実験の中間報告として、ボルト位置、ボルト中心間隔、ボルト列数、ボルト首下長さの影響について検討した。ボルト位置、ボルト中心間隔、ボルト列数は、軸力推定に影響をおよぼさないが、ボルト首下長さは影響をおよぼすことが分かった。今後、残りのパラメータの影響を調べるとともに、影響をおよぼすパラメータを考慮できるシステムを構築する必要がある。

本研究を遂行するにあたり、三井造船の山本和利氏に多大な協力を得たことを記して感謝の意を表する。

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.

2)三上・田中・山浦・山本・樋渡：鋼橋添接部の高力ボルトの導入軸力推定システム構築のための実験，土木学会第49回年次学術講演会，1994.9.

3)三上・田中・樋渡・宇高：鋼橋における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ー自動ハンマの調整ー，土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，1995.5.