

I-A83

超音波を用いた高力ボルト軸力測定に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生員 上野幹二 京都大学大学院 フェロー 小林昭一
 大阪市立大学 正 員 山口隆司

1. はじめに

高力ボルトは橋梁等の接合部において広く用いられ、その導入軸力は荷重伝達に大きく影響している。従って、設計時のボルト軸力が正しく導入されているか否かが維持・管理の面から重要である。

本研究では、荷重変化に伴う超音波の伝播時間をシングア라운드装置を用いて高精度に計測し、伝播速度の変化から軸力の推定を試み

ることを目的としている。著者らは、あらかじめボルトの初期長さがわかれば、縦波のみを用いて高力ボルトの軸力推定が可能であることを既に確認している¹⁾。従って、縦波と横波の伝播速度の変化を利用したボルト初期長さの情報を必要としない推定法を新たに確立するための基礎的実験として、縦波と音速の異なる横波を用いて引張載荷実験を行い、その伝播速度と応力の関係を調べることにした。

2. 実験の概要

図1に示すような実験システムを用いて引張試験を行った。供試体の一覧を表1に、ひずみゲージ貼り付け位置及び超音波トランスデューサーの設置位置を図2に示す。載荷する最大荷重は高力ボルトの標準導入軸力を基準に250(kN)とした。荷重変化に伴う超音波(横波)の伝播時間は、伝播速度が高速のため高精度で測定する必要がある。従って本研究では、伝播速度高精度測定装置の1つであるシングア라운드装置を用いた。シングア라운드装置は、トランスデューサーによる超音波の送・受信を多数回(100~10000回まで可能)繰り返し、そのつど得られる積算値から伝播時間の平均値を求めるものであり、積算値を計測することで高精度化を図っている²⁾。

表1 供試体形状の計測結果

供試体名	ボルトヘッド	首下長さ	全長	余長
M22-L110-1	14.100	110.250	124.350	6.000
M22-L110-2	14.200	110.700	124.900	6.000
M22-L130-1	14.225	130.600	144.825	6.000
M22-L150-1	14.125	151.025	165.150	6.000
M22-L150-2	14.400	150.950	165.350	6.000
M22-L150-3	14.375	151.275	165.650	6.000

単位:(mm)

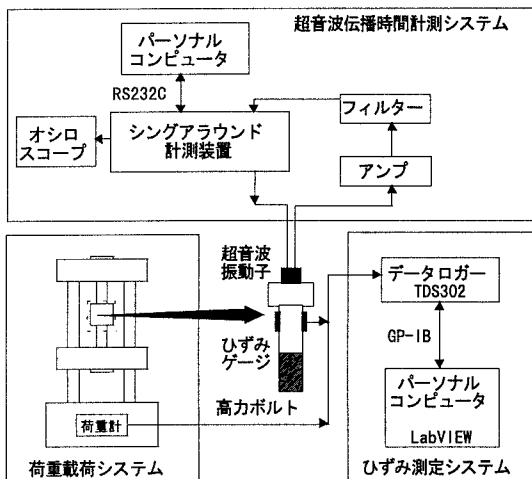
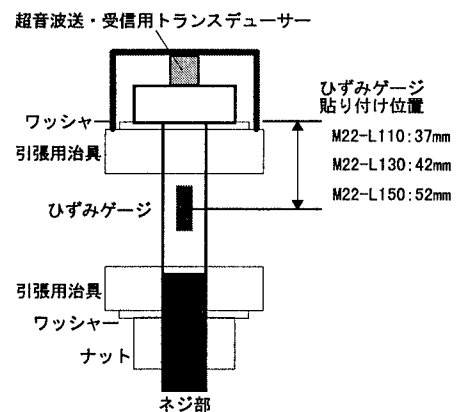


図1 高力ボルト軸力測定システム

図2 ひずみゲージ貼り付け位置および
超音波トランスデューサー設置位置

超音波(横波)、高力ボルト、非破壊軸力測定、シングア라운드計測装置、音弾性効果

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 環境地球工学専攻地圏工学講座 Tel 075-753-5115 Fax 075-753-5116

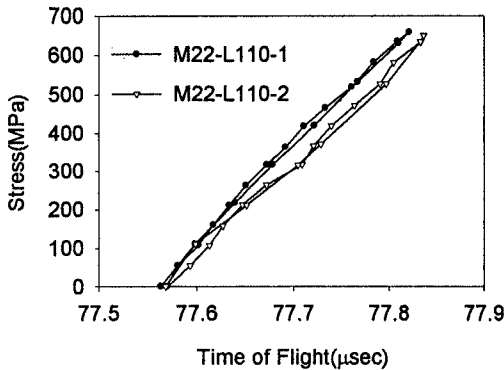


図3-(a) 応力-伝播時間関係
(首下長さ: 110 (mm))

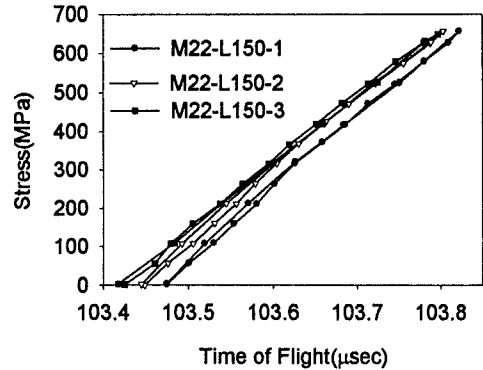


図3-(b) 応力-伝播時間関係
(首下長さ: 150 (mm))

3. 実験結果と考察

得られた応力-伝播時間関係を図3-(a),(b)に示す。これより応力と伝播時間が比例関係にあり、荷重の増大に伴い伝播時間が増大していることがわかる。しかし、著者らが既に行った縦波の応力-伝播時間関係¹⁾と比較すると、伝播時間のばらつきが大きいと思われる。これは、横波の振動方向が縦波と異なっており、減衰が大きいためと考えられる。

次に、これらの結果をもとに伝播速度の変化率を表す音弾性定数(K)を決定した。音弾性定数(K)の決定には、高力ボルトの軸力を一次元応力状態と仮定し、 $\frac{V-V_0}{V_0} = K\sigma$ で表される一次元の音弾性法則を用いた。

なお、 σ は応力、 V_0 は初期(無応力時)の超音波伝播速度、 V は引張荷重載荷時の超音波伝播速度である。各供試体の音弾性定数を図4に示す。音弾性定数についても、縦波¹⁾と比べてばらつきが大きい。

本研究ではこれらの実験結果をもとに、ネジ部長さ約48.5(mm)、余長6(mm)の場合の横波の音弾性定数を、 $1.8429 \times 10^{-6} (1/N/mm^2)$ と決定した。この値は、著者らが既得縦波の音弾性定数と比較して10分の1であり、横波の伝播速度の測定、および音弾性定数の決定は縦波より難しいと言える。

4. あとがき

本実験より、横波は縦波と振動方向が異なるため、超音波の減衰が大きく計測しにくいことがわかった。

また、より高い精度で計測を行うために、超音波送・受信用トランスデューサーの接触条件を常に均一となるように接触用の治具を改善させることが重要であると考えられる。

今後は、これらの点を考慮した実験を行った上で音弾性定数を再検討し、ボルト初期長さの情報を必要としない応力推定法、すなわち非破壊高力ボルト軸力推定法を確立する予定である。

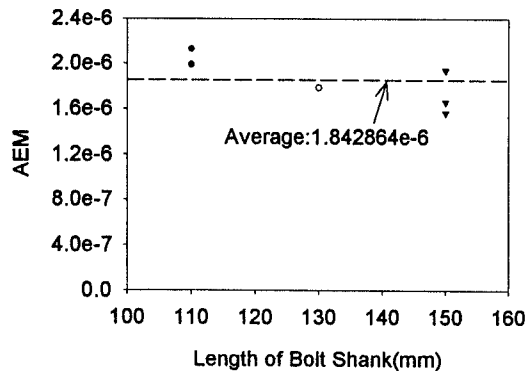


図4 音弾性定数一覧

参考文献

- 1) 上野幹二, 小林昭一, 山口隆司, 畑中清: 超音波を用いた高力ボルト軸力測定に関する基礎的研究, 平成9年度関西支部年次学術講演概要, 土木学会関西支部, I-43-2, 1997.5.
- 2) 福岡秀和: 音弾性の基礎と応用, オーム社, 1993.