

長尺ロックボルトに用いる長さ試験方法の適用性検討

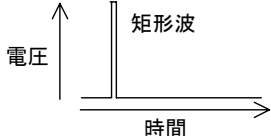
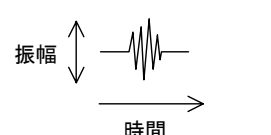
中日本高速道路(株)中央研究所 正会員○海瀬 忍
 中日本高速道路(株)中央研究所 正会員 関 茂和
 中日本高速道路(株)富士工事事務所 正会員 大嶋 健二

1. はじめに

現在、東・中・西高速道路(株)では、ロックボルト工の出来形管理として、ロックボルト工の長さ確認について規定している。確認方法としては、超音波探傷器を用い超音波の反射波を検知することによって長さを測定することとしているが、適用できるロックボルトの長さは4 m以下であった。しかし、第二東名神の大断面トンネルや二車線トンネルの非常駐車帯断面で用いられているロックボルトは、長さ6 mのものが一般的に用いられていることから、4 mより長い長尺用の長さ試験方法の開発が望まれていた。このような背景から、6 m用の長尺ボルトの長さ試験が可能な測定器の適用性確認および開発検討を行ってきたところである。本稿では、新しく開発した測定器の原理、特徴および試験結果ならびに測定に際しての留意点について述べるものである。

2. 原理・特徴

表1に、従来用いられている超音波探傷器と今回、適用性確認および開発した超音波ボルト長さ測定器の特徴を示す。超音波ボルト長さ測定器は、送信パルスにバースト波（連続矩形波を一定時間内に出力）を用いていることから、矩形波やスパイク波より電気エネルギーが大きい。また、探触子が強制振動するため超音波出力が大きく出力される。その結果、振動している時間が長いこと、電流も大きいことから長いボルト

表1 測定器の原理・特徴		
機器種別	超音波探傷器	超音波ボルト長さ測定器
用途	金属中の傷探索、厚み計測等の汎用機器	埋設棒鋼の長さ測定専用機器
測定長さ	4m以下	6m以下
送信パルス	インパルス (矩形波またはスパイク波)	バースト波
特徴・原理	原理上、送信パルスは単打である。その際、探触子が自由振動するため超音波出力が小さい。	原理上、送信パルスは連打である。その際、探触子が強制振動するため超音波出力が大きい。
送信電気パルス波形		
超音波の出力波形		

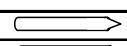
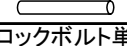
の検出が可能となる。なお、ボルト長が短い場合は、高出力の必要がないため、連打数を少なくして分解能を上げることで検出が可能となる。よって、ロックボルトの長さや種類に応じた分解能と高感度を両立するため6 mまでの測定が可能となる。

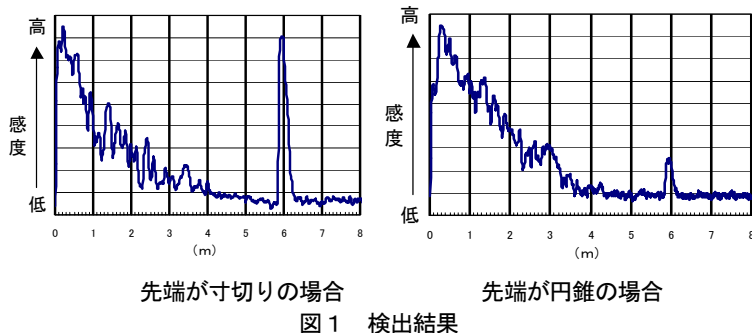
3. 試験結果

(1) 基礎試験

表2に試験種別を示す、すべての場合において、ロックボルト長さを明確に検出することができた。図1は、先端形状の違いによる検出結果である。先端が寸切りの場合はエコー高さが高いのに対し円錐の場合は低いことがわかる。

表2 基礎試験の種別

項目	種別
ロックボルトの種類	ネジ節異形棒鋼
	ねじり棒鋼
先端形状	円錐 
	寸切り 
拘束状態	無垢状態(ロックボルト単体の場合)
	モルタルを充填したモデル供試体



キーワード：トンネル、ロックボルト、長さ試験、非破壊検査

〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 Tel：042-791-1621 Tel：042-791-2380

(2) 現地実証試験

現地実証試験は2箇所のトンネルで実施した。測定に際しては、周波数を特定することが重要であることから、5.0MHz、4.5MHz、3.66MHzの3種類の周波数で検出度合いを確認した。試験概要を表3に、試験状況を図2に示す。通常、試験に先駆けてロックボルト頭部（被検査面）は、平滑かつ打設方向に対して垂直に仕上げる（以下「研磨」という）ことが基本となっている。しかし、Aトンネルのロックボルトは、研磨作業を行うことなくエコーを検出した。一方、Bトンネルでは研磨無しでは全く検知しなかったが、研磨を行うことにより全体の8割で検知した。このことからボルトの種別などにも左右されるが、研磨作業が重要であることがわ

かった。周波数に関しては、図3に示すとおり、両トンネルともに、検出度が高い順に4.5MHz、5.0MHz、3.66MHzとなったことから、今回のボルトに関しては、周波数を4.5MHzにすることで検出が可能ということがわかった。

4. 測定に関する留意点

測定器の開発途上で、従来の測定機器（超音波探傷器）も含めた測定方法に関して、現行試験方法で定めていない以下の事項が判明した。

- ・ 鋼材中の縦波の音速は、材質や成分によって変化するが、形状によっても変化することに注意しなければならない。
- ・ ロックボルト頭部と探触子との音響結合を確実にを行うため、ロックボルト頭部を打設方向に平滑かつ直角に仕上げなければならない。
- ・ ロックボルトに発信した超音波は直進し、反射波は直進して戻ってくることから、ボルト軸と探触子の音軸を直線状に合わせなければならない。
- ・ 探触子と被検査面に空気層が存在すると超音波の透過が大幅に減少するため、探触子と被検査面との間には必ず接触媒質を塗らなければならない。
- ・ ボルト端面より探触子面積が極端に小さい場合は感度が低下し、探触子面積が極端に大きい場合は接触しない面積が無効となり、探触子表面の損傷要因にもなる。よって、探触子の面積はボルト頭部の断面積と同等とする必要がある。

5. まとめ

今回、適用性確認および開発した試験方法で各種試験を行い、長さ6m用のロックボルト長さ試験方法を確立することができたことにより、試験方法について平成17年7月に改訂を行うことができた。なお、施工数は少ないと考えられるが施工空間等の関係で、ロックボルトをつないで施工する場合は、今回導入した試験方法では正確な検査ができないことが判明したため今後の対応を検討していきたい。

また、測定に当たっては今回導入した測定器に限らず、ロックボルトの材質や形状を考慮することは重要であり、確実な研磨作業や正しい探触子の使用方法等を常に意識することで出来形管理の向上につながると考えられる。

最後に今回の試験施工に際して、ご協力を頂いた関係各位に対しまして感謝の意を表します。

表3 実証試験の概要

トンネル名	Aトンネル	Bトンネル
ボルト種別	ねじり棒鋼(170KN) 2本 ねじり棒鋼(290KN) 4本	ねじり棒鋼(170KN) 30本
先端形状	円錐	円錐
試験結果	・すべてのボルトに対して頭部を研磨しない状態でもエコーを検出した。	・研磨することにより約8割のボルトについてエコーを検出した。



図2 試験状況

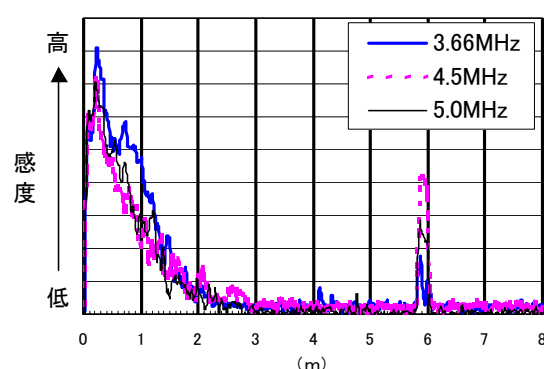


図3 検出結果の一例