

## 鋼管膨張型ロックボルトの引抜試験時における 変位計測に関する一考察

○(株)高速道路総合技術研究所 正会員 関 茂和  
 " 正会員 海瀬 忍  
 日新製鋼(株)技術研究所 仲子 武文  
 " 松原 茂雄

### 1. はじめに

岩盤内に定着されたロックボルトの引抜き耐力は、ロックボルトの引抜試験方法【JHS705】により確認することとしている。一般的な定着材式のロックボルトでは、ロックボルト頭部にねじ切り加工がされており、このネジを利用してロックボルトを掴むことが可能で、比較的容易に引抜試験を行うことが可能である。一方、鋼管膨張型ロックボルトでは、ロックボルト頭部は円筒状のスリーブであり、スリーブに食い込ませる歯付きのチャックを用いた引抜試験装置が使用されている。しかし、引抜試験時にチャックが滑りやすいといった課題があった。高耐食性鋼管を用いた鋼管膨張型ロックボルト（以下「高性能ロックボルト」という。）では、引抜試験の改善も合わせて検討し、専用の引抜試験装置を開発した。

本稿では、開発した引抜試験装置の概要や現地の引抜試験結果および試験結果から得られた知見から、今後の高性能ロックボルトの引抜試験方法について述べる。

### 2. 現状の引抜試験における課題

図1は、長さが6mにおける鋼管膨張型ロックボルトのシリンダーストローク変位を測定した引抜試験結果の一例である。通常の異形棒鋼が数mmの変位に対し、鋼管膨張型ロックボルトは20mm弱の変位を示しており、非常に大きな値となっている。鋼管膨張型ロックボルトの引張試験を、6mの長さで試験荷重（150kN）で行った場合、鋼材の伸びは9mm程度となるため、鋼材の伸び以外の要因が考えられる。また、実際に荷重が作用するのはロックボルト頭部のみで、地山内部ほど作用する荷重は低くなり、さらには周辺の地山による拘束も考えられることから、実際の弾性変形による伸びはもっと小さくなる。よって、引抜試験装置の荷重受け部分の変形や、試験装置自体の弾性変形が要因として考えられる。そこで、高性能ロックボルト用の引抜試験装置の開発については、これらを解決すべく検討を行った。

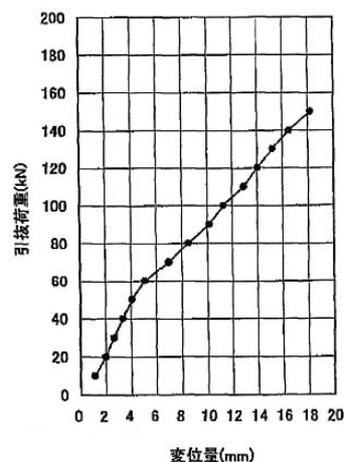


図1 引抜試験結果の一例

### 3. 引抜試験装置の概要

引抜試験装置の開発に際しては、ロックボルト側の構造にも加工を行うこととした。具体的には、図2に示すとおり、ロックボルト頭部（注水側スリーブ）の外周面にその強度低下が問題とならない程度の環状溝を設け、環状溝に嵌め合う環状突起を引張試験装置のケーシング内面のチャック内周面に設けた。そして、ケーシング

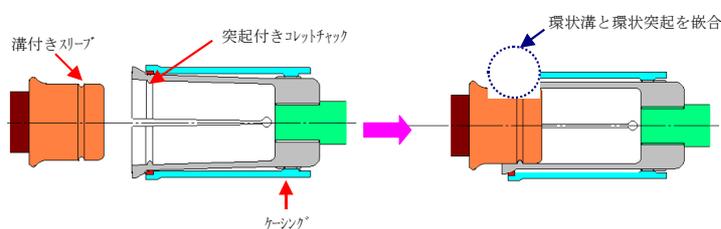


図2 開発した引抜試験装置の概要

によりチャックを締め付け、環状溝と環状突起を嵌め合わせることで、スリーブと試験装置の確実な把持が可能とした。これにより、測定値の精度もよくなり、試験の信頼性が向上する。また、構造上、従来の試験装置に比べて小型であり、搬送・取り扱いが簡素化されるため品質管理が容易となる。

キーワード：鋼管膨張型ロックボルト、引抜試験、変位

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

### 4. 引抜試験結果

前述したとおり、試験に際しては、鋼材の伸び以外の試験装置自体における弾性変形等の要因が考えられることから、**図3～図5**に示すとおり、シリンダーストローク変位とロッド先端変位（絶対変位）を測定した。

測定概要を表1に示す。試験荷重は、110kN 耐力のボルトは 100kN、170kN 耐力のボルトは 150kN とした。また、変位の傾向を把握するため载荷後に荷重除荷を行い、残留変位を測定するとともに、複数回の測定を実施した。**図6**は、110kN 耐力ボルトの引抜試験結果の一例である。

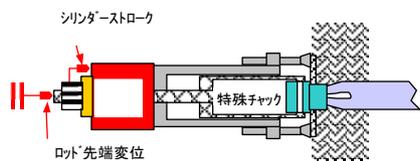


図3 引抜試験方法



図4 ロッド先端変位測定状況

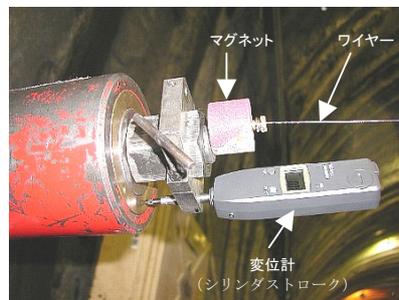


図5 試験方法詳細

シリンダーストローク変位は、1 回目負荷では、試験荷重 100kN において 6mm の変位が生じ、除荷後 4.5mm の永久変位が残留した。2 回目負荷では、試験荷重 100kN において 2.5mm を、また 1mm の永久変位を生じた。ロッド先端変位は、1 回目の除荷後の永久変位は 1mm 以下、2 回目で 0.5mm 以下であった。170kN 耐力ボルトも同様に、シリンダーストローク変位は 1 回目負荷では、試験荷重 150kN において 5.5mm～8mm 生じ、除荷後 2.5mm～4mm の永久変位が残留した。2 回目負荷では、試験荷重 150kN において 2.5mm～5mm を、また 1.5mm～2.5mm の永久変位を生じた。ロッド先端変位は、1 回目の除荷後の永久変位は 1mm 以下、2 回目で 0.5mm 以下であった。荷重-変位の関係は 110kN 耐力、170kN 耐力ともにほぼ直線的なことから、良好な試験が実施できたと考えられる。また、本報告では両トンネルとも比較的不良な地山での事例を示しているが、硬岩地山等でも、同様の傾向であることを確認している。

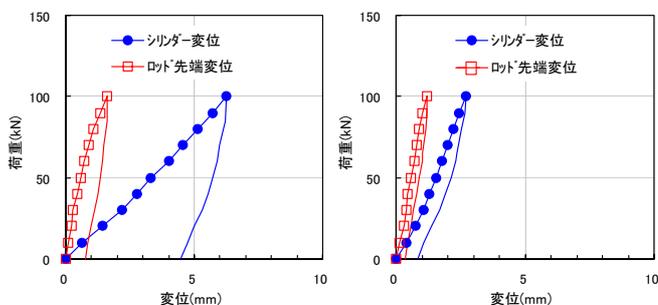
### 5. まとめ

引抜試験におけるロックボルトの変位は、三脚などに設定した不動点と、ロックボルトのスリーブに直結した特殊チャック軸端との距離変化より測定されるロッド先端変位を実変位量として測定することが望ましい。なお、実変位の測定が困難な場合は、引抜試験装置のシリンダーストローク変位を測定し、ロックボルトの変位として代用してもよいと考える。シリンダーストローク変位とロッド先端変位を測定する両者の方法は、測定される変位量は異なるが、品質管理の目的である異常値の発見にも利用可能であると考えられるためである。

今回開発した引抜試験装置では、現行の引抜試験方法にも記載があるが、装置のなじみをよくするために、**図7**に示すとおり、少なくとも一回、試験荷重まで負荷ならびに除荷した後、試験装置のボルト、ナットを締め直す作業を行なったうえで引抜試験を実施する方法が望ましいと考える。

表1 引抜試験の測定概要

トンネル名	地山状況	ロックボルト規格	打設本数
Tトンネル	礫混じり粘性土 (愛鷹ローム層)	2m-110kN	4本
Hトンネル	粘土化帯 (流紋岩の破砕帯部分)	2m-110kN	6本
		3m-170kN	6本



(1)1回目負荷 (2)2回目負荷  
図6 現地引抜試験結果の一例

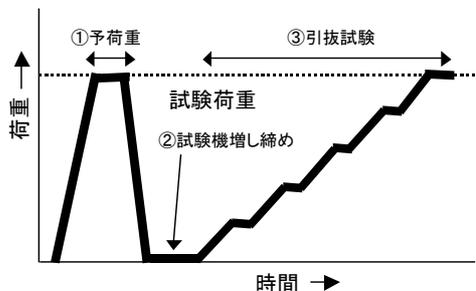


図7 望ましい試験方法のイメージ