

III-375

可除式ロックボルトの開発

東京都立大学	正員	山本 稔
久保田鉄工(株)	正員	木川 富男
久保田鉄工(株)		堀木 雅之

1. まえがき

近年、NATMの急速な進展に伴って、都市内においても山岳工法によるトンネル工事や法面工事にロックボルトが使用される場合が増えて来た。これらの使用実績に基づき、ロックボルトの使用効果に対する理解がすすむにつれ、ロックボルトは、シールド工事においても軟弱地盤中の急曲線施工や、トンネル覆工の一部を切抜ける工事などに補助的に利用する途が考えられるようになった。

かかる場合、第三者所有の敷地下に侵入してロックボルトを打設すれば、利用後不要になったロックボルトを除去することを要求されることになると思われる。それは、もし将来同じ場所に地下工事を実施する場合、その障害にならないようにすることが必要になるからである。

複雑な利害がからんでいる都市内の建設工事ではNATM工法の普及とともに、このような要求が生じてくることは容易に予想されることである。除去可能な機構をもつ可除式ロックボルトの開発は、このような背景のもとに行ったものである。

2. 可除式ロックボルトの機構

このように可除式ロックボルトは引抜抵抗が大きい、簡単に除去できるという相反する特性を同時にもつことが要求される。このような事情をふまえて開発した可除式ロックボルトの方式は次の通りである。

(1) ねじふし鉄筋のねじを利用する方式

この方式はロックボルトにねじふし鉄筋を用い、そのねじを利用して、引抜抵抗を生ぜしめると同時にロックボルトの除去に当っては、ねじをゆるめながらロックボルトを抜くものである。

ねじふし鉄筋の利用に当っては断面が楕円形になっているため、これを除去するには鉄筋断面が円形になるように粘土で肉盛修正しなければならない。また、ボルトと注入材であるセメントミルクとの付着を防ぐためにボルトにあらかじめ離型材を塗布する必要がある。

(2) 丸鋼の先端に径大の金物をねじ固定した方式

この方式は、ロックボルトに丸鋼を用い、その先端に丸鋼より径大の金物をねじ固定し、引抜抵抗は先端の金物の支圧力でもたせ、除去は丸鋼を回転して金物のねじをゆるめてこれを分離し、引抜く方式のものである。丸鋼とセメントミルクの付着を防ぐためにボルト軸にあらかじめ離型剤を塗布しておくことが必要である。

(3) ボルト先端に径大の金物をねじ固定し、ボルト軸部をシースする方式

ロックボルトの先端にボルトより径大の金物をねじ固定し、ボルトの軸部を塩化ビニールホースなどによりシースし、引抜抵抗は先端の金物の支圧力でもたせ、除去はボルトを回転して金物のねじをゆるめてこれを分離し、引抜く方式である。

引抜時のボルトとシースの摩擦を小さくするためボルトにグリスなどを塗布してシースに挿入する。

3 試験方法

可除式ロックボルトの性能を試験するに先だち、その予備試験として0.5m長さのものについてまず試験し、その結果をふまえ、必要に応じて改良を加えた上、2m長さのものについて試験する。試験に用いるロックボルトはすべて布パッカー付の注入式であり、注入材は水セメント比が48%のボルトランドセメントミルクとする。鋼管をボルト孔にみたてて、まずこれにロックボルトを挿入し、セメントミルクを手動のグラウトポンプによりボルト孔内に注入して、7日間養生の後、ボルト引張試験とボルト除去試験を行う。ボルト引張試験における引張荷重は、その材料の保証されている降伏点荷重13.5Tにほぼ近い10Tまで載荷して引抜抵抗を確認の後、引続いて同一供試体でボルト除去試験を行う。

供試体の種類は（イ）ねじふし鉄筋のねじを利用する方式のもの。（ロ）丸鋼の先端に径大の金物をねじ固定した方式のもの。（ハ）ボルト先端に径大の金物をねじ固定し、ボルト軸をシースする方式のものである。（ハ）に用いるシースは塩化ビニールパイプ $\phi 30 \times 26$ と塩化ビニールホース $\phi 30 \times 25$ 、 $\phi 36 \times 30$ の3通りであり、ボルトはD22のねじふし鉄筋と $\phi 28$ の丸鋼を用いる。

4. 試験結果と考察

（1）ねじふし鉄筋のねじを利用する方式と、丸棒の先端に径大の金物をねじ固定した方式については、0.5m長さのものにおいて、引張荷重10Tで抜けず、その時の変位4.5mmであり、またロックボルトの除去も比較的に容易で両者ともほぼ満足する結果を得た。しかし、2m長さのロックボルトについては両者とも引抜抵抗は十分であったが、除去することができなかった。前者についてはボルト除去時に円形修正用の粘土がねじ部につまり、摩擦力が増大してボルトを回転できないため、除去することができなかった。

また、後者については先端の金物と分離することはできたがボルトが軸方向に多少のそりをもつものであったため、ロックボルトを引抜くことはできなかった。以上の結果より、ボルト除去にはシースを必要とすることがわかった。

（2）ボルト先端に径大の金物をねじ固定し、ボルト軸部をシースする方式については、0.5m長さのものはいづれも引張荷重10Tで抜けず、十分な引抜抵抗をもち、しかも、ボルト除去もできた。シースに塩化ビニールホースを使用した場合、注入圧によりシースの断面形状がボルト断面形状にそって楕円状に変形するため、ボルト径に対してシースの内径に適度の余裕がないとボルト除去が難しいことがわかった。シースに塩化ビニールホースと塩化ビニールパイプを用いたが、前者の方がボルト先端の金物にとりつける場合、ホースの先端を簡単に拡張できシールできること、ボルト除去後の工事に支障を与えないことなどで優れる。したがって、2m長さのものの試験はシースに塩化ビニールホース、ボルトにねじふし鉄筋と丸鋼を用いた。ねじふし鉄筋は引張試験、ボルト除去とも問題なく、満足する結果を得たが、丸鋼についてはシースとボルトの隙間が小さかったため、ボルト除去が難しかった。

表-1 可除去ロックボルト引張とボルト除去試験結果

番号	ボルト 長さ(mm)	ボルト種類	ボルト断面 性状	先端金物	シースの種類	引張試験 荷重(T)	ボルト除去状況
1	500	ねじふし鉄筋 D22	油粘土円形 肉盛 ○	—	—	10	パイプレンチでねじを戻しながら引抜いた。
2		丸 $\phi 28$ 鋼	離型材塗布	$\phi 65$ 筒型	—	10	パイプレンチでねじを戻して先端金物を分離した後、手で引抜いた。
3	2,000	ねじふし鉄筋 D22	油粘土円形 肉盛 ○	—	—	10	パイプレンチでやっと回転するだけで引抜けなかった。
4		丸 $\phi 28$ 鋼	離型材塗布	$\phi 65$ 筒型	—	10	パイプレンチで回転もできず、引抜けなかった。
5	500	ねじふし鉄筋 D22	グリース塗布	$\phi 60$ 筒型ビット	塩化ビニールパイプ $\phi 30 \times 26$	10	パイプレンチでねじを戻し、先端金物を分離した後、手で軽く引抜いた。
6		ねじふし鉄筋 D22	グリース塗布	$\phi 60$ 筒型ビット	塩化ビニールホース $\phi 30 \times 25$	10	先端金物を分離した後、手で抜けず。
7		ねじふし鉄筋 D22	グリース塗布	$\phi 60$ 筒型ビット	塩化ビニールホース $\phi 36 \times 30$	10	先端金物を分離した後、ボルトをホースと同一芯楕円にして、手で引抜いた。
8		丸 $\phi 28$ 鋼	グリース塗布	$\phi 65$ 筒型	塩化ビニールホース $\phi 36 \times 30$	10	先端金物を分離した後、手で軽く引抜いた。
9	2,000	ねじふし鉄筋 D22	グリース塗布	$\phi 60$ 筒型ビット	塩化ビニールホース $\phi 36 \times 30$	10	先端金物を分離した後、ボルトをホースと同一芯楕円にして、手で引抜いた。
10		丸 $\phi 28$ 鋼	グリース塗布	$\phi 65$ 筒型	塩化ビニールホース $\phi 36 \times 30$	10	ボルトとホースの隙間が少なく、密着しており、手で引抜けず。

5. 結 論

注入式ロックボルトを応用した可除去ロックボルトはボルトにねじふし鉄筋、シースにボルト径に対し適度の隙間をもつ塩化ビニールホース、 $\phi 60$ 程度の先端金物を用いれば、ボルトの引抜抵抗、ボルト除去とも問題のないことがわかり、実用化への目途がついた。