

変形追従型ロックボルトの引抜メカニズムに関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○岩野圭太, 岡田侑子, 犬塚隆明, 伊達健介, 横田泰宏, 小泉 悠
(株)ケー・エフ・シー 正会員 井本 厚, 岡部 正, 田中祐介

1. はじめに

海外のトンネルや鉱山では, 地山の変形に追従することで支保に作用する地圧を軽減させる変形追従型支保を採用する事例が見られる¹⁾. このような支保は, 高地圧が想定される長大トンネルで高剛性の支保であっても座屈などにより急激にその機能を失う恐れがある場合に, 有効な手段の1つとなりうると考えられる. そこで著者らは, これら支保工の変形追従性とそのメカニズムを把握することを目的に, 2種類の変形追従型ロックボルトに着目し, 室内引抜試験を実施した. いずれのボルトも鋼材が伸長することによって変形に追従する機能を持っており, その性能を引抜試験によって評価した.

2. Secura ボルトの引抜メカニズム

Orica 社製 Secura ボルト(図-1)について室内引抜試験を実施した. 本ボルトは全長 3.0m, $\phi 23.5$ の異形棒鋼であるが, 手前から 1.0m はプラスチックスリーブが被覆されており, 定着材のモルタルと縁切りされた区間となっている. また先端約 30cm には複雑な溝形状が施されており, モルタルがよく絡み, アンカーの役目を果たす機構を有している. 地山を模擬した鋼管にボルトを挿入し, モルタルで全面定着させた. 養生後(モルタル強度 30N/mm^2) に実施した引抜試験の結果(荷重-変位曲線)を図-2 に示す. 荷重-変位曲線は, バイリニアの形を示しており, 曲線の折れ点は 270kN 程度であった. その後は引抜荷重 270kN 以上の高耐力を保ったまま, 約 90cm の変形量にまで追従することが確認できた.

試験後にプラスチックスリーブを解体し, ロックボルトの複数の節の間隔を確認したところ, 試験前の節間隔に対して約 7.5% 広がっていたことが分かった(写真-1). スリーブ部の全長 1.0m に対して伸び約 7.5% に相当する変位量 75mm は, グラフの折れ点以降のボルト全体の変位量とほぼ同じであることから, 荷重-変位曲線が折れ点に到達した以降は, スリーブ部が一様に伸長し, 変形に追従する機構であることが確認できた.

3. D ボルトの引抜試験

次に実施した D ボルト(Dynamic Bolt)は, 元々鉱山で亀裂性岩盤における抜け落ちや山はねを対象として開発されたロックボルトであり, レジン等の即効性の高い充填材でアンカー部分が固定され, スムース部が伸長することにより変形に追従する機構で岩盤の抜け落ちを防止する機能が期待されている(図-3). アンカー部

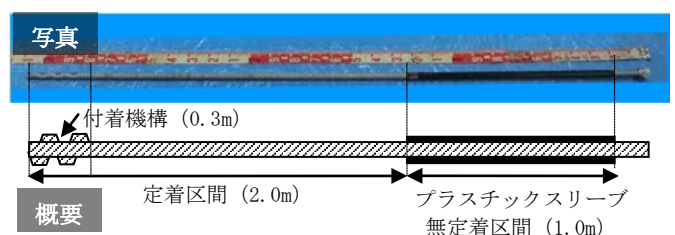


図-1 Secura Bolt 概念図

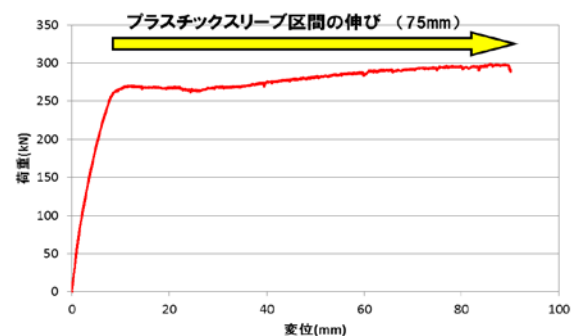


図-2 室内引抜試験結果

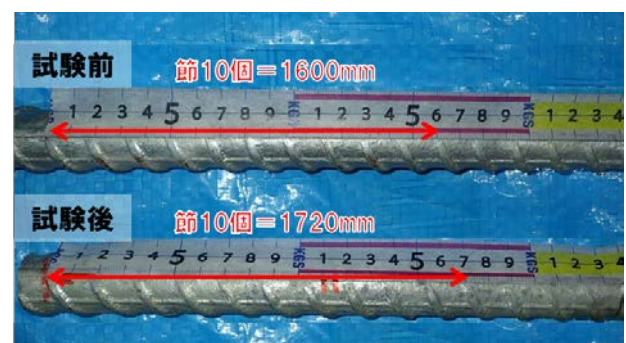


写真-1 試験前・試験後の節間隔の比較

キーワード 山岳トンネル, 大土被り, 支保, ロックボルト, 引抜試験

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 岩盤・地下水 Gr. TEL042-489-6593

は棒鋼を互い違いに押しつぶしたような形状になっており、定着材とよく密着する。一方、スムーズ部はφ22の節なし棒鋼であり、ボルト～定着材間での摩擦を極力低減し、滑動するように設計されている。

今回の試験では、中心位置にアンカー部を1箇所設けた全長500mmのボルトを使用し、地山を模擬した鋼管に、山岳トンネルのロックボルトと同様にモルタルにて全面定着させた。また、試験後にモルタルの破壊形状を観察するため、鋼管は半割れ構造とした(写真-2, 図-4)。18時間養生後(モルタル強度10 N/mm²)に試験を開始し、変位75mmに到達した時点で試験を終了した。引抜試験の結果(荷重-変位関係)の一例を図-5に示す。変位がアンカー1個分の半分弱に相当する約25mmの時点で最大荷重60kN程度を示した。その後、なだらかに荷重が減少するが、変位75mmに達した時点においても約50kNを保持している。また、半割れの鋼管を外し、供試体を解体したところ、ボルト全体でアンカー1個分に相当する変位が生じているにもかかわらずアンカー位置のモルタルにひび割れは見られなかったうえ、同位置のモルタルは他の場所に比べて湿っていることが分かった。さらにモルタルを切断し観察した結果、アンカー部が1個分の長さ(=約70mm)だけモルタルを押しつけながら移動した跡が確認できており、同部がモルタルを圧密し、水分を押し出しながら移動したものと推測される(写真-3)。以上より、今回実施した若材齢のモルタルを定着材とした場合の引抜き試験では、当初うたわれていたようなアンカーが固定され、スムーズ部が伸張するという機構とは異なり、アンカー部がモルタルを押しつけ、その抵抗を受けながら移動する現象が新たに確認できた。今後は、モルタルの強度と引抜強度の関係を把握することが重要であると考える。

4. まとめ

2種類の変形追従型ロックボルトに着目し、室内引抜試験を行った。いずれもアンカーを有し、ボルト自身が伸張するタイプのボルトであったが、それぞれの異なる機構に伴う荷重-変位関係とその変形追従メカニズムについて知見を得ることができた。この知見をもとに、大変形が想定されるトンネルへの適用を図るべくさらに研究を進めて行く予定である。

参考文献

- 1) Kovari, Design Methods with Yielding Support in Squeezing and Swelling Rocks, World Tunnel Congress(2009)

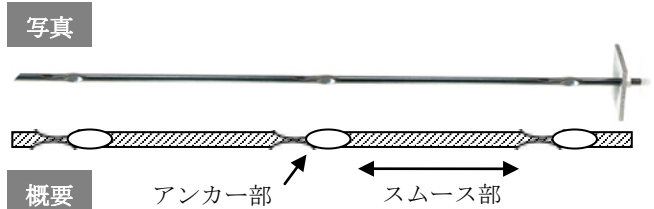


図-3 Dボルトの概要

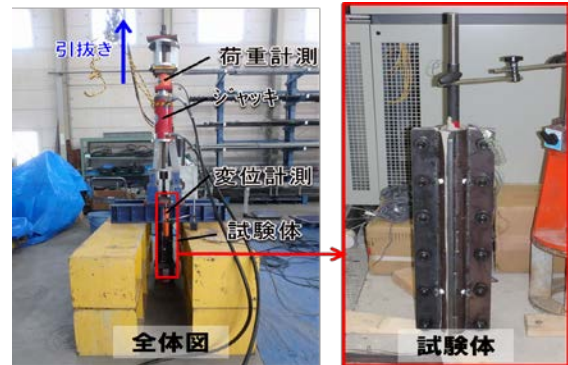


写真-2 試験状況・試験体状況

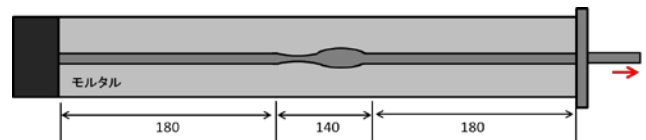


図-4 引抜試験の概要図

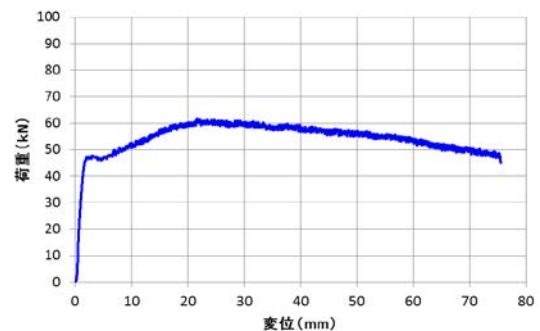


図-5 試験結果(荷重-変位関係)



写真-3 試験後供試体状況