

鋼管膨張型ロックボルトの膨張性地山での支保挙動

独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 竹津 英二
 独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 林 信行
 大林・大豊・松村・田中 特定建設工事企業体 松原 外喜雄
 レヴェックスコンサルタント(株) 正会員 石松 辰博

1. はじめに

我が国の山岳トンネル工事におけるロックボルトはモルタル定着型が一般的で、硬岩から土砂地山、更には膨張性地山まで広く使用されている。

これに対して、鋼管膨張型ロックボルトはモルタル等の定着材を用いず、水圧で強制的に地山に定着させる機構であることから、湧水が多い地山等に使用される例は多いものの、パターンボルトとして適用する場合、母材自体の腐食および軟岩～膨張性地山に対する長期的な定着力の確保等の問題から、採用事例は多くない。

本書では、北陸新幹線飯山トンネル（板倉工区）工事で実施した計測に基づき、膨張性地山での鋼管膨張型ロックボルト（以下、「S-bolt」と称す。）とモルタル定着型ロックボルト（以下、「M-bolt」と称す。）との軸力発生状況の差異について考察し、「S-bolt」の有効性について検討する。

2. 計測対象地山条件と使用計測機器

「S-bolt」と「M-bolt」の比較を行った地山は、新潟県に広く分布する新第三紀泥岩で計測位置は土被り170m、推定一軸圧縮強度は 2 N/mm^2 程度で内空変位が150～250mm生じた膨張性地山区間である。計測地点付近は0.5D（D：トンネル直径10m）程度で断面閉合し、二次支保を1～2D程度で閉合する、いわゆる「多重支保工法」で施工した区間である。

ロックボルトは、変位の早期抑制、内圧効果等を期待して「S-bolt」をパターンボルトとして施工している。

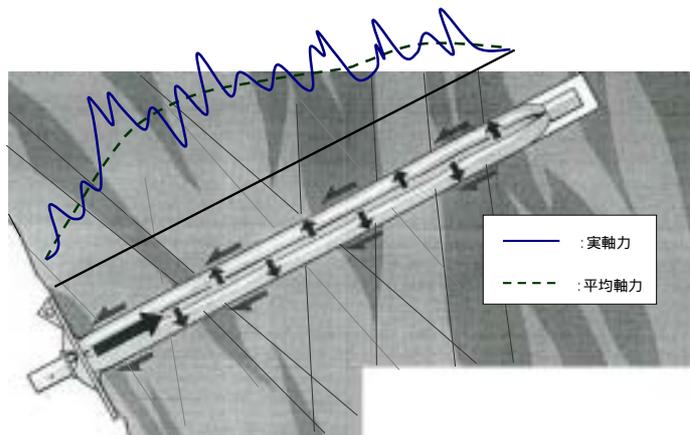


図-2.1 鋼管膨張型ロックボルトの軸力分布模式図

一般に「S-bolt」は水圧により強制的に地山に定着される。その結果、削孔内の硬軟、亀裂の発達状況、削孔径の均一度合等で、ロックボルトの定着力が異なる。このため「S-bolt」の軸力分布は図2.1のように凸凹の大きな分布形状を示していると考えられる。このような軸力分布形状を示す場合、ひずみゲージ等を直接貼付する方式で計測を行うと、計測結果は貼付位置により大きく異なることになる。本計測では平均的な軸力が電氣的に測定できる方式の計測器を使用している。

3. 「S-bolt」と「M-bolt」の支保状況の評価

図-3.1は一次支保工断面閉合直前および二次支保工閉合後での「S-bolt」と「M-bolt」の軸力分布を示したものである。図-3.2は軸力の経時変化を示したものである。

これらから以下のことが認められる。

- 1) 「S-bolt」は「M-bolt」より初期からの軸力増加が大きく、最大値で約2倍の軸力が生じている。
- 2) 「M-bolt」は一次支保断面閉合前の早い時点で、軸力の増加が停止している。
- 3) 「S-bolt」の軸力分布は4区間の平均軸力で見た場合でも凸凹の分布形状を示している。

キーワード：鋼管膨張型ロックボルト / 膨張性地山 / 支保効果

連絡先： 〒213-0026 川崎市高津区久末 2134 TEL 044-755-9390 FAX 044-740-7841

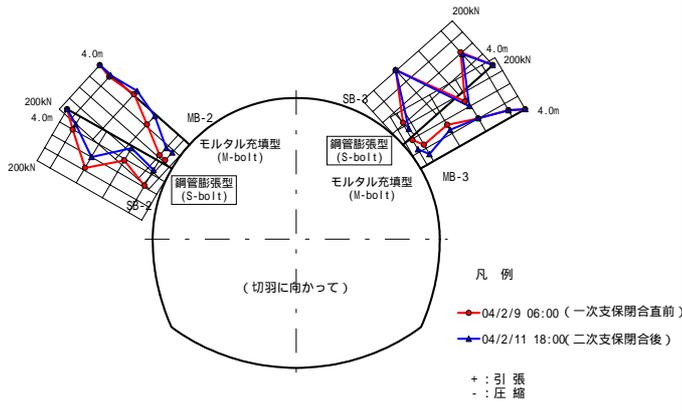


図-3.1 「S-bolt」と「M-bolt」の軸力分布比較

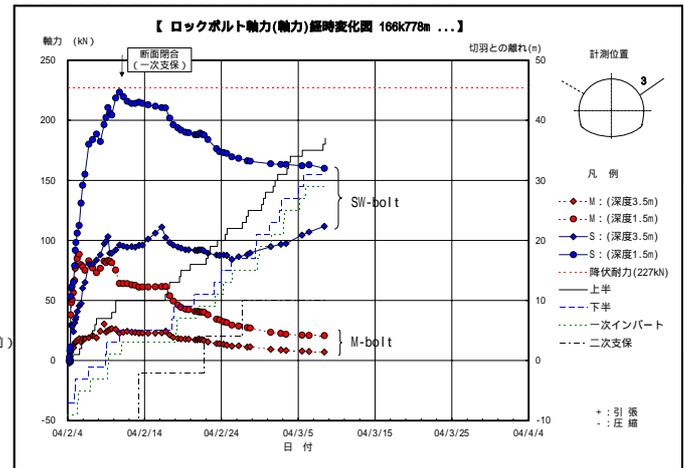


図-3.2 「S-bolt」と「M-bolt」の軸力発生状況

上記のことから以下のことが推察される。

- 1) 「S-bolt」は打設直後から地山に対して内圧効果を発揮している。
- 2) 「M-bolt」はモルタルの硬化に伴い定着力を發揮するが、変位が大きい場合、地山とロックボルト間で滑り等のせん断のズレが大きく、附着切れが生じ、地山変位を抑制する効果は「S-bolt」に比べて小さい。
- 3) 「S-bolt」は孔内の地山・削孔状況で定着力が異なり、図-2.1のような凸凹の軸力分布状態で支保効果を發揮している。

次に、ロックボルトの地山変位の拘束状況を把握するために、ロックボルト打設範囲での地中のひずみ量とロックボルトのひずみ量の比に着目する。図-3.3は地中変位測定での区間ひずみ(壁面～4m間)とロックボルトの全長(4m)で生じた平均ひずみの比(以下、ひずみ比と称す。)の変化を示したものである。

これによると、「S-bolt」の方が「M-bolt」よりひずみ比が大きく、時間的なひずみ比の減少もほとんど見られない。これに対し、「M-bolt」はひずみ比が小さく、徐々にその値も減少していることがわかる。すなわち、「S-bolt」は短中期的にも所要の定着力を保持し、内圧効果を發揮しているのに対し、「M-bolt」は本トンネルのように初期変位が大きい条件下では、

ロックボルトの定着材であるモルタルが若材令時に破壊・損傷し、その後にモルタルが硬化・強度発現した場合でも、十分な定着力を發揮できないことを示している。

4.まとめ

初期変位速度の大きい膨張性地山での「M-bolt」(モルタル定着型ロックボルト)は、モルタルの若材令時にモルタルが破壊し、十分な定着力を發揮できない場合がある。これに対して、「S-bolt」(鋼管膨張型ロックボルト)は打設直後から所要の定着力を發揮し、短中期的にもその定着力はほとんど減少せず、支保効果を發揮していることが確認できた。

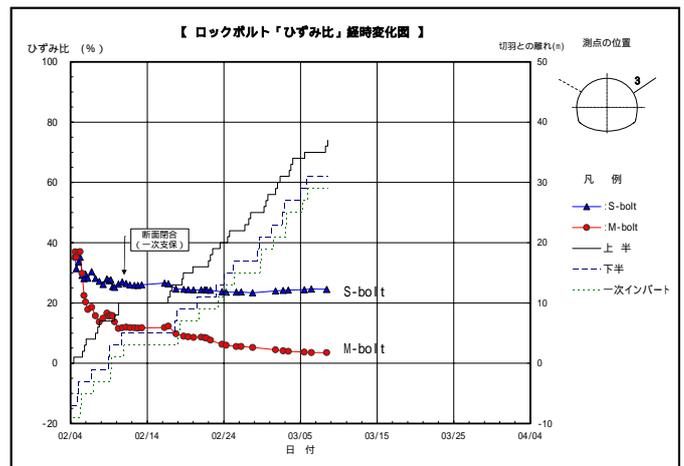


図-3.3 「S-bolt」と「M-bolt」のひずみ比の変化

<参考文献> B.Stillborg,1994,“PROFESSIONAL USERS HANDBOOK FOR ROCK BOLTING”, J.Rock and Soil Mechanics,Vol.18