

軟弱地山における大断面トンネルの ADECO-RS 工法的施工について

フジタ 正会員 ○野間 達也 山口 耕二 米澤 和人
長野県長野建設事務所 藤池 弘 岩下 康之 北澤 敬康

1. はじめに

イタリアで開発された ADECO-RS 工法は、軟弱な地山のトンネル掘削に適用される工法であり、①長尺鋼管先受けや鏡ボルト等を使用して積極的に切羽前方地山を改良する、②軟弱な地山でも基本的に全断面掘削を採用し、早期閉合によりトンネルの安定性を確保する、③早期閉合を確保することによりロックボルトはあまり使用しない、④切羽前方の挙動を計測により把握し設計に反映させる、といった点に特長がある¹⁾。

現状では ADECO-RS 工法を全面的に日本に導入することには困難であるが、部分的に導入することは可能であり筆者らも取り組んでいる²⁾。今回は掘削断面が上下半で 165m²、インバートを含めると 190m²という大断面トンネルであり、かつ掘削対象地山の圧縮強度が 2MPa 程度以下という軟弱な地山に対して部分的に ADECO-RS 工法的手法を導入した結果について報告する。

2. 対象トンネル

対象としたトンネルは現在長野市で建設中の河川のバイパストンネルとなる久米路第2河川トンネルであり、**図-1**に地質縦断図、**図-2**に代表的な加背割りを示す。**図-1**に示すように、坑口から全長 176.5m のうち約 110m はトンネル上半に膨張性を示す凝灰質泥岩の出現が予想され、またトンネルの土被りは全線 3D 以下と薄いことより、この部分に対してはトンネル上半外周には 27 本の小口径長尺鋼管先受け (長さ 12.5m、ラップ長 3.5m)、上半断面には 27 本の GFRP 管長尺鏡ボルト (長さ 13.5m、ラップ長 4.5m) を打設する設計であった。ただし、設計を見直した結果、長尺鏡ボルトのラップ長を 6m 以上確保する必要性が認められたため、基本的に長さ 16.5m、ラップ長 7.5m として施工した。また、坑口より 110m 進行した段階でも地質状況の変化は認められず、最終的にトンネル全長にわたり鋼管先受け (一部パイプルーフ)・鏡ボルトを打設した。

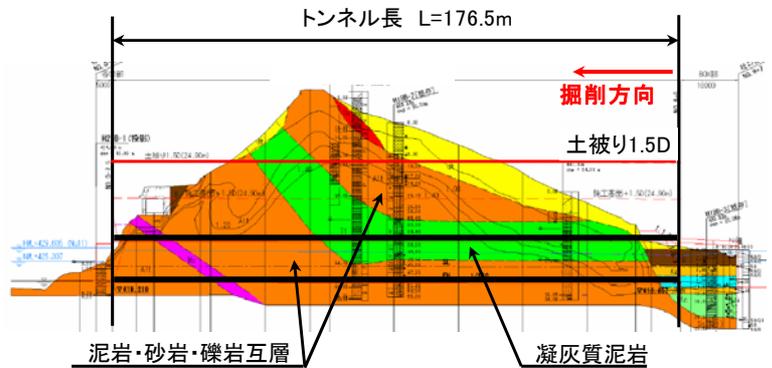


図-1 地質縦断図

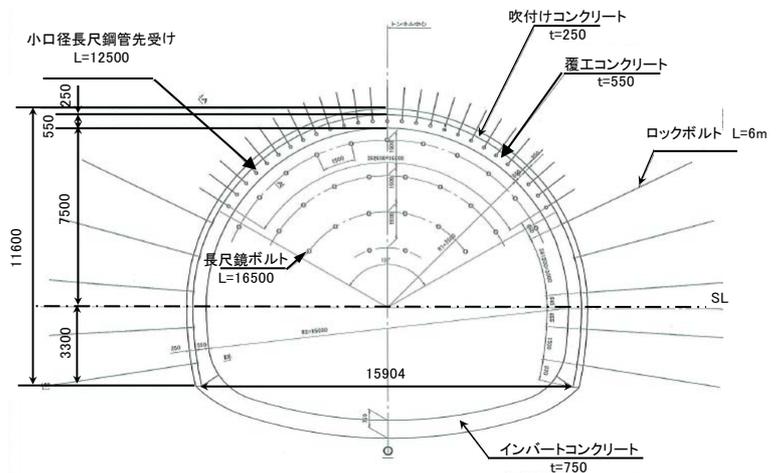


図-2 代表的な加背割り

3. 切羽前方計測

切羽前方変位計測には、スイス Solexperts 社製の Sliding Deformeter を採用した。この Sliding Deformeter の詳細についてはここでは割愛するが、切羽前方の地質確認も兼ねるためにφ100mm のビットを使用してロータリーパーカッションワイヤーライン工法を用いて切羽より 50m 穿孔後、1m ごとに切りかけを有する外径 60mm の塩ビ製の計測用ケーシング管を挿入し、ケーシング管の外側と孔壁間を低強度グラウト材により充填する。グラウト材硬化後、ケーシング管は地山の

キーワード 切羽前方変位計測、早期閉合、長尺鏡ボルト

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4 目 25-2 株式会社フジタ建設本部トンネルシールド部 TEL03-3796-2298

変形に追随し、結果的に当初 1m 間隔であった切りかけは変位するため、この変位量を Sliding Deformete を使用して計測する。

4. 計測結果

図-3 に前方変位計測結果を示す。図に示されているように、切羽前方変位の卓越した部分とトンネルの変状は一致している。図より、本トンネルでは切羽前方変位が 0.3% (変位にして 45mm) になると注意

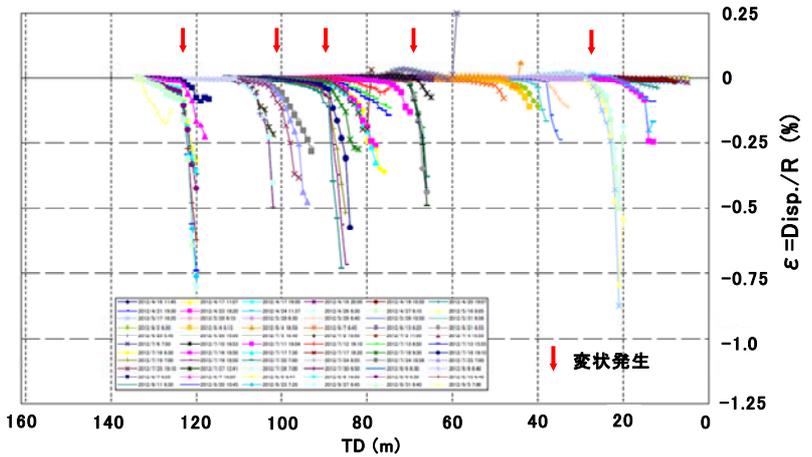


図-3 切羽前方変位計測結果

レベル、0.5% (変位にして 75mm) になると危険レベルに相当すると考えられる。このデータは、早期閉合の時期の決定等にも反映させることにより活用した。

5. 早期閉合について

このような土被りの薄く軟弱地山において大断面トンネルを掘削したため、特に天端沈下に伴うトンネルの変状がしばしば見られた。このため、当初は上半を掘削終了後に下半を掘削する予定であったが、63m 掘削した段階で下半掘削、および H200 のインバートストラット設置後に厚さ 250mm の吹付けコンクリート打設による吹付けインバート閉合を実施した。さらに、変状対策として増ロックボルトや上半仮補強リブの設置などの対策も講じたが、吹付けインバート閉合が最も効果的であることが認められた。このため、図-4 に示すように吹付けインバートによる閉合時期を徐々に早くしていき、最終的には上半掘削後 1.5D 以内にインバートを閉合した。図-5 に早期閉合前の天端沈下計測の一例を、図-6 に早期閉合後の天端沈下計測の一例を示す。図に示されているように、早期閉合により沈下量は半減していることが分かる。なお、上半のベンチ長を短くすればさらに早期閉合も可能であるが、本トンネルは断面が大きいため、施工上 25m 程度のベンチ長は不可欠であった。

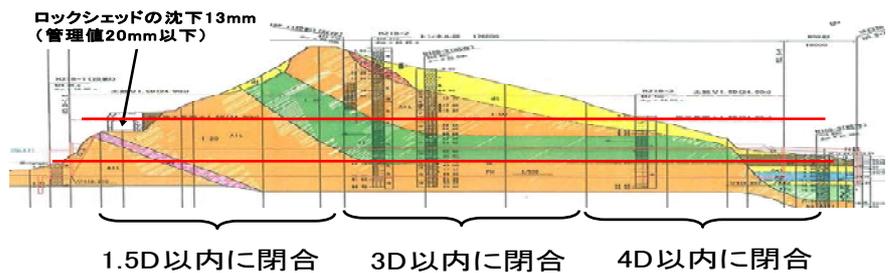


図-4 吹付けインバートによる閉合時期

6. おわりに

軟弱地山における大断面トンネルにおいて、全面的に切羽前方を補強する、可能な限り早期閉合とする、切羽前方の挙動を把握する、という ADECO-RS 工法的施工を実施し、良好な結果が得られた。

今後も、同種のトンネルに対して積極的に採用する予定である。

参考文献 1)Pietro Lunardi : Design and Construction of Tunnels Analysis of Controlled Deformation in Rock and Soils (ADECO-RS), Springer, 2008. 2)野間他 : 切羽前方を補強した D 地山における ADECO-RS 的施工, トンネル工学報告集, 2010.

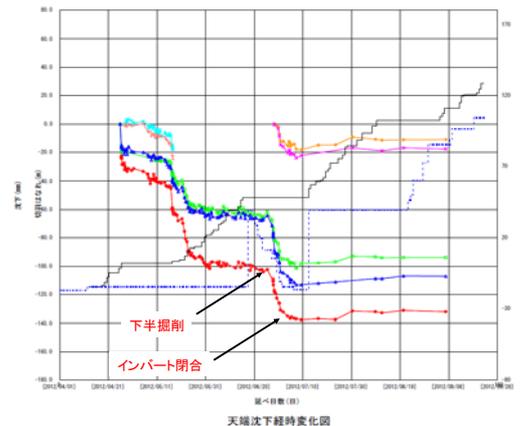


図-5 早期インバート閉合前の天端沈下

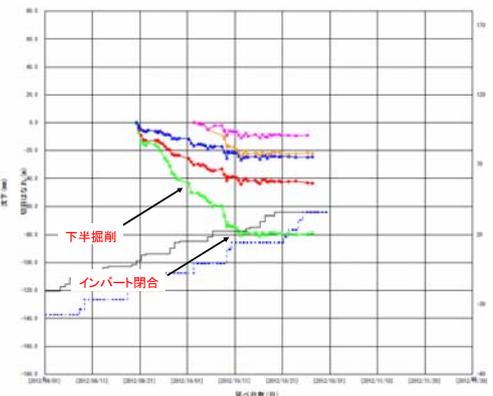


図-6 早期インバート閉合後の天端沈下