

V-40

低土被りトンネルの設計施工について

— 東北新幹線、細越トンネル —

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部 盛岡支社

正会員 長谷川 利晴 ○
正会員 中村 純治
非会員 杉山 幹男

1. はじめに

細越トンネルは、現在建設中の東北新幹線八戸・新青森間のうち新青森駅に最も近い、平成15年10月に貫通した延長3,010m（東京起点669km030m～672km040m）のトンネルである。

その終点方では、土被りが7m～15m程度と小さくなっている。また、この箇所では陸上自衛隊小谷演習場を通過しており、戦車等の重車両のトンネル上通過、塹壕訓練による地上からの掘さくにより、他の箇所よりトンネルへの上載荷重の増減が大きくなる等、自衛隊演習場特有とも言えるべき問題があり、施工上何らかの対策を取る必要があった。本稿では、こうした演習場区間におけるトンネルの設計施工について報告する。

2. 制約条件と対策

自衛隊側との協議により、いくつかの制約条件に対応する必要があった。ここで、主な制約条件およびそれへの対策を記す。

- ①工事終了後にトンネル直上部での戦車通過、塹壕訓練（塹壕掘さくと掘さく後の重機乗入れ）が可能であること
→上載荷重の増減によるトンネルへの影響を軽減し、また塹壕訓練による掘さくを行えるようにするために、掘さくに先行してトンネル上部に盛土をし、また二次覆工を鉄筋補強する。（第3項、第4項で説明）
- ②トンネル上部で交差する2か所の道路については、工事終了前でも重車両の通過を可能にすること
→トンネル施工中でも重車両が通過するため、トンネル掘さくに先立って地上部よりRASコラム工法による道路の補強を行う。（盛土は行わない）（第5項で説明）

3. 盛土工

前項①の対策のうち、トンネル上部への盛土については、覆工コンクリートの補強を出来るだけ小さくし、重車両通行への耐荷重を確保し、塹壕訓練に必要な深さも確保できるように盛土高を考慮した。まず、鉄道側が必要とするトンネルの保護層5mと自衛隊側が求めている塹壕掘さく深さ7mを合わせて、塹壕訓練のために最低限必要な土被りは12.0mとなる。また、(1)トンネル上部への戦車荷重と(2)塹壕掘さく後の重機荷重、各々の戦車荷重によるトンネルの変状を抑えるために必要な土被りを、鉄道総研発行の「既設トンネル近接施工対策マニュアル」に基づいて、「トンネル上部の構造物基礎」を参考にして検討した。

(1) 戦車荷重

このマニュアルでは、トンネルに変位や変形等の影響が及ばないと考えられる「無条件範囲」に収めるためには、天端より5m上での予想増加荷重を0.75tf/m²に収めればよいとしてある。90式戦車の帯状荷重は7.17tf/m²であるので、この荷重が0.75tf/m²になるには0.105倍に分散する必要がある。右図の荷重分散図より、4×B（Bは戦車荷重の幅、0.62m）=2.5mの深さで無条件範囲に収まるので、5m+2.5m=7.5mの土被りが必要となる。

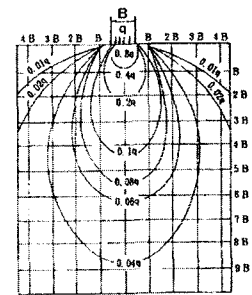


図1. 帯状荷重の荷重分散

(2) 塹壕掘さく後の重機乗入れ

次に、塹壕掘さくを7m行った後に何m土被りが残っていれば、重機荷重に耐えられるか検討を行った。検討方法は、(1)と同様である。重機（バックホウ）の荷重は3.75tf/m²で、0.200倍に分散すればよいので、塹壕掘さく後の土被りは2×B(1.32m)+5m=6.32m必要であり、トンネル上部の土被りが7m+6.5m=13.5m必要と分かった。以上(1)、(2)より、土被りを13.5mと決定した。

4. 二次覆工の補強

塹壕掘さくによる除荷の影響については、覆工の補強で対応する。以下で、盛土区間における覆工の鉄筋補強についてFEM解析により検討した結果を述べる。

FEM 解析においては、塹壕訓練によって 7m 掘さくした時と、その後にバックホウが乗入れた時について解析を行った。掘さく条件としては、最も条件が厳しいと思われる切土法尻がトンネルセンターの真上に来る場合を想定した。手順としては、荷重の増減を与えた時の応力分布を求め、応力が極大となる箇所については、曲げモーメントと軸方向応力を求める。次にこの 2 つの値に関して、断面破壊に対する終局限界状態、およびひび割れに関する使用限界状態の検討を行うものである。

解析の結果、塹壕掘さくによる除荷の影響が大きいことが分かったため、その場合について検討する（右図）。発生する引張応力は、覆工とインパートとの境界付近、および覆工アーチ肩部の内面と外面の表面部分で大きくなったため、これらの箇所を補強できるように配筋の検討を行った。覆工とインパートとの境界付近については、D16@250 の複鉄筋補強とすることにした。覆工アーチ肩部については、断面破壊の恐れはないが、使用限界状態の解析において、ひび割れの起きる可能性があることが分かったため、ひび割れに対する補強を検討することにした。覆工内空側については、耐久性等の問題からひび割れを許容せず、D16@250 の鉄筋で補強することとする。覆工外側については、仮に表面にひび割れが発生したとしても、このひび割れは許容ひび割れ幅に収まるため補強しない。

これらの結果から、巻厚は 30cm とし、覆工部分は内空側に D16@250 の単鉄筋で補強を行い、インパートとの境界付近については D16@250 の複鉄筋で補強することとした。

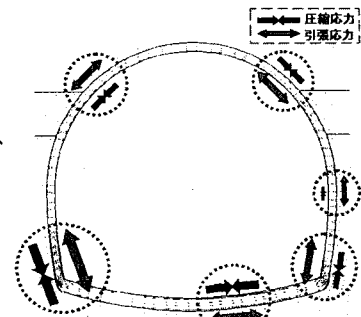


図 2. 主応力図（破線丸は主応力極大箇所）

5. 道路の補強

トンネルと交差する道路の補強の工法として考えられるものを以下の表で比較検討した結果、掘さく時の補助工法が必要無く、二次覆工の補強も必要なく、また、工期が短く費用も低く押さえられる RAS コラム工法を採用することにした。

表 3. 道路補強工法の比較

工法名	仮橋構築	地盤改良案(1) RASコラム工法	地盤改良案(2) JACSMAN工法 + CD工法 (複合攪拌工法) (ケーシングドライバ工法)
概要図			
工事概要	車両荷重がトンネルに影響しない様、トンネルを跨ぐ様に橋構を架ける	地盤を削孔、先端部からスラリー状改良材を吐出、混合攪拌して改良体造成	(A)貫入時に混合攪拌、引抜時高圧噴射 (B)掘削残土を材料にソイルセメントで杭造成
得失	トンネル掘さくの補助工法は別途必要 リース品のため価格が変動 補強・補修が比較的容易	地盤からの改良範囲が広がる トンネル掘さくの補助工法が不要 トンネル通過後、再施工は困難 薬剤のロスなく確実に混合できる	地盤からの改良範囲が広がる トンネル掘さくの補助工法が不要 トンネル通過後、再施工は困難 N値の大きい地盤で施工できない
費用	△	○	△
工期	△	○	△
評価	△	○	△

RAS コラム工法は、深層地盤を化学的に改良する深層混合処理工法で、薬剤のロスが少なく確実に混合できる機械攪拌工法である。この工法には、上部への排泥がスムーズで側方変位の軽減が図れる、他の機械攪拌工法よりも排泥量が少ないといった特長もある。

RAS コラムは、平成 14 年 9 月～11 月に施工し、施工後、品質確認のために一軸圧縮試験を行ったところ、設計基準強度 (2.23MN/m²) を満足しており、道路上を重車両が通過しても十分な強度を持っていることが確認できた。

6. おわりに

このトンネルの施工においては、自衛隊演習場内を低土被りで通過するという事で、自衛隊側との長期間の協議、演習場特有とも言うべき厳しい条件が課せられた中での施工であったが、平成 15 年 10 月に無事に貫通を迎えることができた。

最後に、本稿作成に際してご協力いただいた関係各位に厚く御礼申し上げる次第である。