

トンネル耐震対策における裏込め注入工事の施工に関する一考察

JR 東日本 新潟支社 正会員 ○鋪屋 幸一 高橋 克紀
石津 健治 安達 哲也
中村 宏 堀山 功

1. はじめに

平成 16 年の新潟県中越地震により、震源断層に近接した新幹線鉄道トンネルで、覆工崩落等の大規模な被害が発生した(写真-1)。当社では、地震発生後に、部外の学識経験者を交えた「新潟県中越地震鉄道トンネル被害原因調査等検討会」を設置し、鉄道トンネルの耐震対策について検討を行い、平成 20 年度から、全社的に新幹線トンネル耐震対策を本格着工した。

本稿では、トンネル耐震対策の工種のひとつである、裏込め注入工事について、合理的な施工方法を検討して実施している事例について紹介する。

2. 裏込め注入工事の施工上の課題

新潟県中越地震後、平成 20 年度のトンネル耐震対策の本格着工前から、新幹線トンネルにおいて、計画的に中越地震の復旧修繕工事を進めてきており、トンネル覆工背面への裏込め注入工事を実施していた。

裏込め注入は、トンネル覆工をコアドリルで削孔し、注入管設置までを事前作業として実施し、後日注入を実施する(写真-2 図-1)。

中越地震後の復旧修繕工事を実施中に、裏込め注入工事で明らかになった問題点を表-1 に示す。課題を以下に総括する。

- ① 削孔および注入管設置時は、削孔時にトンネル支保工に支障することで、再度削孔が必要になる。
- ② 注入施工時は注入作業が 1 晩で終了しない場合、翌日以降に再削孔し新たな注入孔を作る必要がある。

3. 課題解決への取組み

新幹線トンネルの夜間作業間合いの中で、実作業時間は 90 分程度である。このため、施工のスピードアップのためには、不必要な削孔作業を無くす(減じる)ことが必要不可欠であり、その取組み内容を以下で述べる。

3-1. 注入管設置時について

トンネル建設時の支保工に支障しないで、注入孔を削孔するためには、支保工の位置を事前に特定する必要がある。そこで、トンネル耐震対策箇所を対象に、削孔前に電磁波調査を実施し、支障物を特定する方法を検討した。

電磁波調査の開始前に、財産図上で調査したところ、鋼製支保工はトンネル覆工表面より 0.7m の深さの位置にあり、幅 0.2m(200H)で、線路方向に 0.8m 間隔で図化されていた。次に図-2 の電磁波調査データの例からは、トンネル覆工内部約 0.7m の位置に、連続した支保工を確認できる。また、拡大図に示すとおり、支保工の幅は約 0.2m であった。但し、線路方向の配置は、33m の延長に 42 箇所の支保工があり、平均 33/42



写真-1 新潟県中越地震における被害事例



写真-2 注入用の削孔状況

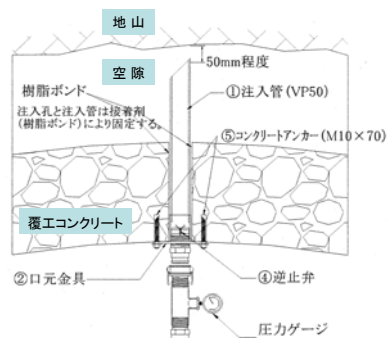
図-1
注入管設置概要
(注入施工時)

表-1 注入施工上の課題

作業	①注入管設置時	②注入時
事象	削孔時にトンネル支保工に支障し、注入管が設置できない。	確認孔から注入材が出なかったり、注入圧が上がらないため 1 晩で注入作業が完了せず、次回も同じ箇所での注入が必要。
対処法 (課題解決前)	トンネル支保工に支障した場合、近傍に新たに注入孔を作るために再削孔する。	同一箇所から再注入したい場合、近傍に新たに注入孔を作るために再削孔する。

キーワード：トンネル 注入 電磁波

連絡先 〒950-8641 新潟市中央区花園 1-1-1 東日本旅客鉄道株式会社 新潟支社 設備部工事課 TEL025-248-5176

=0.786mの間隔となることから、財産図上の0.8m間隔とは異なることが分かる。仮設の支保工が、線路方向に図面のとおり配置されていない場合、図面を頼りに削孔すると、支保工に当たって削孔をやりなおす場合が多い。支保工1箇所ごとに、電磁波調査データを基に、丁寧に線路方向の位置を事前に特定しておくことが、不必要な削孔をしないために重要である。当該区間では、電磁波調査データを活用し、支保工に支障すること無く削孔することができた。

3-2. 注入施工時

注入管は、図-1のように設置する。1晩で所定の注入が終了しない場合、同一箇所でも再注入することになるが、別の注入孔を作るための削孔を行わないようにするためには、注入管を再利用する必要がある。

表-2に注入管再利用方法について検討した結果を示す。注入作業の最後に、水を用いて注入管を洗浄することが最も現実的な対応方法であると考え、検討を進めた。検討過程を以下に述べる。

3-2-1. 裏込め注入材の検討

水で注入管を洗浄するためには、水が介在しても分離しない注入材料が必要である。そこで、

① 的確に覆工裏の空洞を充填できて、地山への逸脱が防止できる材料

② 水が介在しても材料分離しない材料

の2点を満たす注入材として、JETMS（2液混合型可塑性モルタル）を選定した。¹⁾

3-2-2. 注入管洗浄時の送水方法の検討

次に、注入管の洗浄に必要な送水量と送水時間を検討した。トンネル耐震対策で使用しているL=1.0mとL=2.0mの2種類の注入管（現場ではトンネル覆工厚および空隙の大きさで長さを変えている）を対象に、送水量を100ℓ/min、150ℓ/min、200ℓ/minと変化させ、注入材で充填された注入管が洗浄される様子を、保守基地内で送水試験を行い観察した。

送水試験結果を表-3に示す。これより、送水量150ℓ/minとして、L=1.0mでは90秒間、L=2.0mでは120秒間、送水する方法が洗浄後の仕上がりも良好で、一番有効であった。現地の施工においても（写真-3）、同一の注入管で翌日も注入できた。

4. まとめと今後の展望

これまでの検討で得られた知見を以下にまとめる。

- ① 注入管設置時に支障物の位置を特定するにあたり、電磁波測定結果を有効に使える事が分かった。
- ② 注入管の洗浄には、150L/minの送水量で注入管延長が1.0mの場合は90秒間、2.0mの場合は120秒間送水することが有効であった。

平成20年の本格着工時には、本知見を生かして施工できるようにして、不必要な削孔を大幅に削減しながら、施工を進めている。また電磁波探査は、ロックボルト削孔前の調査としても有効であり、実施工に活用している。

【参考文献】

- 1) 新堀敏彦・渡邊明之・松田芳範：「可塑性裏込注入材（JETMS）の開発と施工」第35回地盤工学研究発表会 2000.6

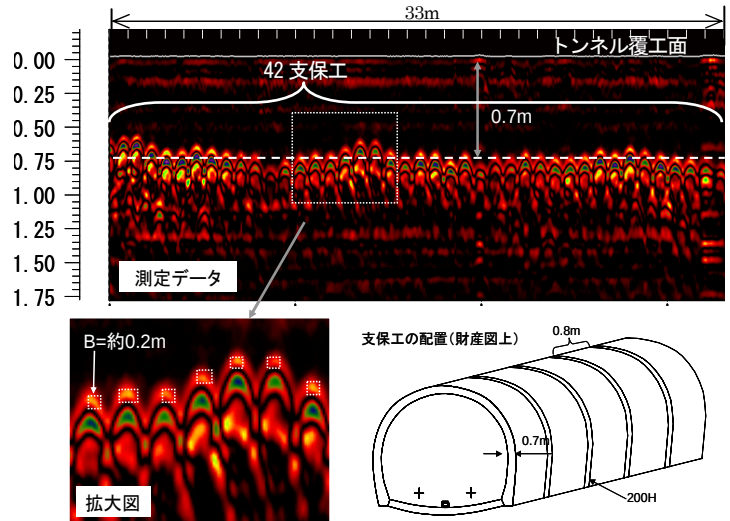


図-2 電磁波調査結果と支保工位置の特定

表-2 注入管再利用方法の検討

No.	再利用方法	概要	判定
1	注入管内の注入材を吸引	注入管の構造改良が必要	△
2	空気圧送で管内の注入材を圧送	コンプレッサー等の設備が新規で必要	△
3	水で管内の注入材を圧送	注入材を水に変えるだけで、既存のヤード設備で対応可能	○

表-3 送水方法の検討

No.	送水量	注入管長さ		洗浄後の結果
		L=1.0m	L=2.0m	
1	100ℓ/min	120秒	180秒	洗浄後、注入管内に注入材料が残った
2	150ℓ/min	90秒	120秒	洗浄後、注入管内がきれいになった
3	200ℓ/min	60秒	90秒	送水時の圧力が強く、地山の反力によりトンネル覆工に影響する可能性あり



写真-3 注入状況