

VI-110

トンネル覆工背面充填用新材料の開発

清水建設	技術研究所	正会員	橘	大介
鉄道総合技術研究所	構造物技術開発事業部	正会員	小西	真治
清水建設	土木本部	正会員	河野	重行
ラサ工業	地下開発営業部		空西	正夫
日本触媒	高分子研究所		増田	善彦

1. まえがき

既設トンネル覆工背面には、施工時および施工後に発生した空洞が存在する 경우가多く、トンネルの構造安定上、問題になることがある。このようなケースでは、この空洞に裏込め充填材料を充填して、トンネルの安定化を図る必要がある。従来の裏込め充填材料としてはエアモルタルやウレタン樹脂などがあるが、所定の空洞への充填が困難であったり、製造コストが高すぎるなどの欠点がある。これらの欠点を解決するために、新充填材料の開発が必要と考えられる。本報告では、経済性と高品質を兼ね備えた新充填材料の設計コンセプトと基本性能の概要に関して述べる。

2. 新裏込め充填材料の設計コンセプト

2.1 裏込め充填材料の要求性能

図-1に示すようなトンネル覆工背面などに適用する裏込め充填材料が具備すべき要求性能は、① 側方流動やクラックなどへの逸脱が少なく空洞部天端まで注入（以下、限定注入という）が容易であること、② 湧水などの水に対する分離抵抗性が高いこと、③ 充填材として十分な強度（ $f_c = 1 \sim 2 \text{ N/mm}^2$ 程度以上）を有すること、④ 既設覆工への負荷低減のため、軽量（比重 $1.3 \sim 1.6$ 程度以下）であること、⑤ 施工・品質管理が容易であること、⑥ 設備規模が小さくてすむこと、⑦ 施工コストが安価で経済的であることなどである。エアモルタルでは①、②の事項や圧送充填時のエアの消失など、ウレタン樹脂では⑦の事項や覆工にかかる圧力の管理の難しさなどの観点から、必ずしも十分な性能を有しているとは言えず、開発する新充填材料では高次元で①～⑦の事項をバランスよく満足することが重要となる。

2.2 新裏込め充填材料に使用する材料および配合の考え方

本裏込め充填材料の使用材料は、各種室内配合実験結果から、セメント、ベントナイト、高吸水性樹脂、急結剤および水とした。セメントの役割は、十分な強度の確保である。その高い膨潤性とこれを用いた充填材料のフレッシュ性状に着目して選定したベントナイトの役割は、軽量化、限定注入性や材料分離抵抗性の向上である。高吸水性樹脂および急結剤は、ベントナイトの役割を少ない添加量で補助するとともに、施工性や初期物性の改善のために使用した。配合上の特徴は、モルタルにおける細骨材の代わりにベントナイトを多量（単位セメント量の $1 \sim 1.5$ 倍程度）に使用することにより、単位水量を 700 kg/m^3 以上（水セメント比 200% 程度以上）と極めて大きくできることである。また、このような配合においても充填材料のフレッシュ性状は、身近な例でいうとマヨネーズのような状態を呈し、降伏値が比較的大きくても（フロー値が小さくても）わずかな力で容易に

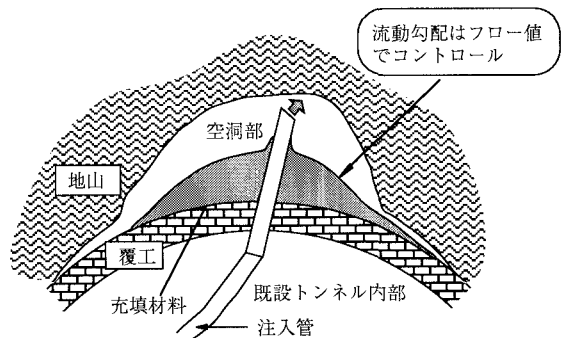


図-1 トンネル覆工背面空洞部裏込め充填

キーワード：トンネル，裏込め充填材料，限定注入，材料分離抵抗性，充填性

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 TEL 03-3820-5513 FAX 03-3820-5955



写真-1 新充填材料のフレッシュ性状

変形することから限定注入に適していると言える。さらに、本充填材料は、水中での分離抵抗性も大きいなどの特徴も有していると言える。

2.3 施工上の留意点

本充填材料は降伏値および塑性変形能がともに大きく、微粉末材料で構成されていることから、特に練混ぜ、圧送に用いるミキサやポンプなどの製造・施工機械の仕様に十分な注意を払う必要がある。すなわち、ミキサに関しては、コンクリートやモルタルを練り混ぜる通常のミキサでは短時間で均一に練り混ぜることは困難であり、回転数が大きくかつ対流作用によって練混ぜが可能なタイプのものが必要になる。さらに、排出口からの排出も困難になるため、ミキサ底部の構造にも配慮が必要になる。また、ポンプに関しても、通常エアモルタルの圧送に使用するスクイズポンプでの圧送は困難であり、ピストンタイプなどのポンプの選定が必要になる。以上のように適切な製造・施工機械を選定することなどによって、施工は極めて容易なものとなる。

3. 実験結果の概要

本充填材料を用いた実験の状況を写真-1～3に示す。フロー試験状況が示すように、コーン引き抜き直後の試料はほとんどコーンの原形を留めているが、フローテーブル落下後の試料は大きく流動・変形していることが分かる。水を張った水槽底面からモノポンプを用いて圧送した試験では、充填材が水槽内部に設けた枠内に隔々まで充填され、水もほとんど懸濁していないことが分かる。すなわち、充填性や材料分離抵抗性が極めて良好であると言える。また、土中に充填材料を打ち込み、養生後、土中より採取した試料は、均一な組織を有する硬化物になっており、所要の強度も確保されていた。本充填材料の諸物性の一例を示すと、フロー値＝190mm、比重＝1.4、材齢28日圧縮強度＝3 N/mm²、変形係数E₅₀＝0.2 kN/mm²程度である。

4. まとめ

本研究により、高品質でかつ比較的経済的な新裏込め充填材料を開発することができたと考えられる。今後は、最適な使用材料の選定・組合せや配合に関して検討を重ねる予定である。



写真-2 充填性と材料分離に対する抵抗性

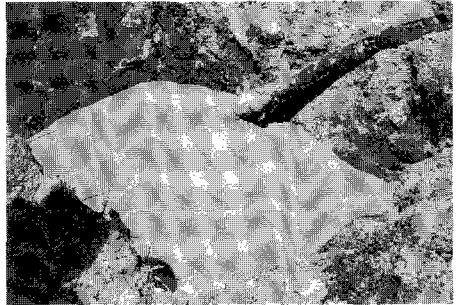


写真-3 圧送・打込み実験