

大規模地下空間の地山充填材に関する性能把握試験

前田建設工業(株) 正会員 田中倫之 正会員 飯島 健
 正会員 野田兼司 正会員 前田和亨

1.はじめに

シールドトンネル延長内に、非常駐車帯など、一般本線断面よりも大きな断面を持つ空間を構築するためには、中間立坑から別マシンにより大断面を掘削する工法や、地盤改良後に断面を切り広げる工法などが用いられることが多い。また、同一の大きな断面によりシールド掘進を行うケースもしばしば見受けられる。従来から用いられるこれらの工法は、非効率的であり、多額な費用と長い工期を要する。そのため、一般本線断面に対し、任意の区間において拡幅断面を構築できる工法に対するニーズが高まっている。

著者らはこれらの状況を鑑み、任意の場所でシールドトンネル断面の部分拡幅が安全に施工可能な工法について研究を行い、「M-ESS工法 (Maeda Enlargement Section Shield tunneling)」の開発を行ってきた。本工法は、拡幅部の掘削後に生じる空間に特殊な材料(地山安定材)を充填させてその空間を一時的に保持し、その後、拡幅セグメントをトンネル坑内から押出すことで拡幅断面を構築するものである。そのため本工法では、一時的に地山を保持する地山安定材が重要な役割を担っており、多様な性能が要求される。本報は、地山安定材の要求品質について検討を行い、その要求水準を満足する地山安定材を開発したので報告するものである。

2.工法の概要

「M-ESS工法」は任意の場所でシールドトンネル断面の部分拡幅を行う工法である。その施工方法は、まずシールド機の側部に搭載した泥水圧式の拡幅部掘削機で地山を掘削し、特殊な地山安定材を充填することで地山の一時的な保持を行う。その後に拡幅セグメントを坑内から押出すと同時に地山安定材を回収し、構造を一体化させることで拡幅部を構築する工法である。施工手順の概念図を図-1に示す。このような施工工法を採用することにより、当工法は以下の特徴を持つ。

- ・ トンネル内からの補助工法を用いず、大深度・高水圧下での安全な部分拡幅が可能である。
- ・ 拡幅部以外の区間は標準の円形断面であるため工事を最小限に抑えられる。
- ・ トンネル延長上、何箇所でも任意の場所で部分拡幅が可能である。

3.地山安定材の要求性能

拡幅部掘削後、拡幅セグメントが押出されるまでの間は地山安定材が掘削部の空間を保持することとなる。そのため、工事の安定性、確実性、施工性の面から地山安定材には様々な性能が要求される。ここでは地山安定材に要求される性能について示す。

地山安定材の充填は拡幅部掘削機の格納時に行われることとなるが、拡幅部掘削機と地山の間は掘削時に用いられた泥水で満たされている。そのため地山安定材は泥水と確実に置換可能かつ、拡幅空間部への充填性が良好となる比重及び流動性が求められる。

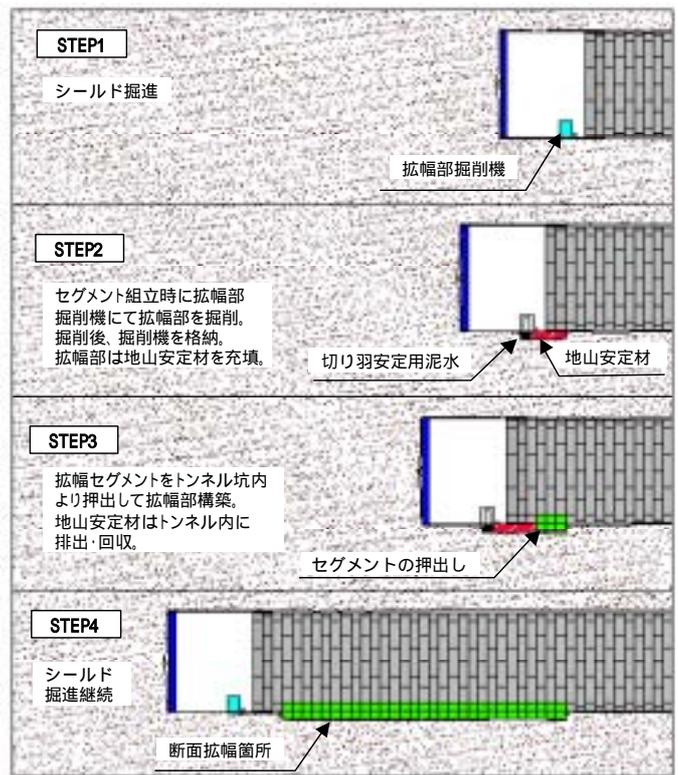


図-1 「M-ESS工法」施工手順図

キーワード 大深度地下、シールドトンネル、拡幅空間、充填材、室内試験

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株)技術研究所 TEL:03-3977-2241

表-1 地山安定材の要求性能

要求品質	内容	室内試験	要求水準	試験結果
)充填性	泥水と確実に置換でき、掘削部への充填性が良好であること	・泥水との置換試験 ・比重測定	・置換率100% ・ ≈ 1.15 程度以上	・置換率100% ・1.20～1.25
)地山の保持性	地山や礫の肌落ちを防止できるせん断強度を有すること	ポータブルベーンせん断試験	ベーンせん断強度 0.3～0.6kN/m ²	2.8kN/m ²
)物理的な安定性	地下水等で希釈されないこと	長期希釈性確認試験	水に希釈されない	目視による確認 OK
	ブリージングがほとんど生じないこと	ブリージング試験	ブリージングが生じない	ブリージング率 0.5%
)回収性	拡幅セグメント押し出し時に回収が容易な流動性を持つこと	スランプ試験	スランプ量15～20cm	18cm
)硬化性	・拡幅セグメント押し出し時に硬化していないこと ・拡幅終了後に硬化を開始すること	ブリージング試験の試料を目視観察	・10日間程度硬化しないこと ・一定期間経過後に自硬性を示すこと	90日後に硬化を確認

「充填式シールド急曲線工法技術マニュアル」¹⁾を参照して設定

次に、地山安定材が拡幅空間部を保持している間に、拡幅空間部の地山表面が剥落すると地山の崩壊を引き起こす可能性がある。また剥落した礫等は拡幅セグメント押し出し時に障害となり、工事の確実性を損なう恐れがある。そのため、拡幅空間部保持中の地山安定材の性能としては地山の剥落を防止可能なせん断強度を有することが必要となる。また拡幅空間部保持中は、地下水への希釈抵抗性が強いことやブリージングが小さいこと等の物理的な安定性を有することが必要となる。

地山安定材は拡幅セグメント押し出し時に回収を行う。そのため、地山安定材には容易にトンネル内部に回収される流動性を有する必要がある。また地山安定材回収時、余掘り部などに未回収となる範囲が生じるためトンネルの長期的な安定性が危惧される。そこで地山安定材は一定期間経過後に自硬性を示すものが望ましい。

以上のように挙げられた地山安定材の要求性能を表-1 にまとめる。

4. 室内試験の内容

表-1 に示した地山安定材の要求品質を確認するために行った室内試験の内容を以下に示す。

)充填性：泥水と地山安定材の置換性を調べるために、泥水で満たされた容器に地山安定材を注入しその置換率を測定した。

)地山の保持性：ポータブルベーンせん断試験により、ベーンせん断強度を測定した。

)物理的な安定性：水への希釈抵抗性に関しては長期希釈性確認試験（静水中に地山安定材を投入し、水の濁りを目視により観察）を行った。またブリージングに関してはブリージング試験を行った。

)回収性：地山安定材回収時に必要な流動性の指標としてスランプ量に着目し、スランプ試験を行った。

)硬化性：ブリージング試験に用いた試料を経過観察することにより硬化状況を確認した。

5. 試験結果

室内試験の結果を表-1 内に併せて示す。今回開発した地山安定材は全ての要求品質に対してその要求水準を満たしており、「M-ESS 工法」への適応性が高いものと考えられる。

6. まとめ

「M-ESS 工法」において拡幅空間部の一時的な保持に用いられる地山安定材の要求性能について検討を行った。また各種室内試験により今回開発した地山安定材がこれらの要求水準を満たすことを確認した。今後は実施工を想定した試験や実機の詳細設計を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 下水道新技術推進機構：充填式シールド急曲線工法技術マニュアル、p28～29、2000.3