

## Ⅲ－B161

拡張テールボイド工法に用いる特殊充填材の検討  
 —MMS T工法における山留工法の開発（その2）—

鹿島 技術研究所 正会員 ○古澤 靖彦 鹿島 東京支店 正会員 岡田 浩司  
 鹿島・大林・奥村 J V 植木 睦央 鹿島土木技術本部 正会員 玉井 達郎

## 1. はじめに

鹿島・大林・奥村 J Vでは、MMS T工法での小断面トンネル間を接続する際の山留工として拡張テールボイド工法を採用して試験工事を実施中であり [1]、ここではテールボイドに充填する硬化体材料の開発経緯について報告する。

## 2. 特殊充填材料に要求される性能

本工法では、拡張テールボイド部に充填された硬化体が直接地山を支えるため、所定硬化性能の確実な発揮、接続部掘削時の欠陥発生・進展の防止、脆性的な挙動の回避など、工事の安全性を確保するための諸性能が最も重要な要求性能となる。また、地上で材料を製造してマシンまで管内圧送すること、拡張部以外のセグメントと地山間の狭隘な空間にも確実に充填されること、充填された後は速やかに硬化することなど、通常のシールドトンネル工事における裏込注入材に要求される性能も満たす必要があった。さらに後行トンネル掘進時は、ラップする拡張部の充填材が掘削されるため、硬化後の掘削容易性という構造性能とは相反する性能も要求される。つまり、表－1に示すような多岐にわたる要求性能を満足する特殊な充填材を開発する必要があった。

## 3. 開発の手順と結果

流動性の高い主材料を地上で作製してマシンまで管内圧送し、充填部直前で急結性を促す液体とショット混合してゲル硬化させる二液性の材料を用いることを基本方針とした。開発は、はじめに室内試験によって配合を選定し、引き続きスケールアップした圧送性・充填性・掘削性の確認試験の手順で実施した。

## ①室内試験

室内試験では、表－1に示す要求性能に関連する物性の目標値を満足するような充填材料の素材種類と配合を検討し、結果的に表－2に示す素材・配合が選定された。

## ②確認試験

引き続き、圧送性・充填性・掘削性を直接確認するためのスケールアップ実験を行った。

表－1 特殊充填剤への要求性能と関連物性・配合要因

| 充填材料の状態 | 要求性能      | 関連物性と目標値                                                                       | 物性に大きな影響を及ぼす配合要因  |
|---------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 硬化前     | 流動性       | 主材の粘度 みかけ<2000cps、P ロート<12sec                                                  | 水量、固化材種類、分散剤の種類・量 |
|         | 圧送性       | 主材の粘度 みかけ<2000cps、P ロート<12sec                                                  |                   |
|         | 材料分離抵抗性   | 主材のブリージング率<5%（4時間経過後）                                                          | ベントナイト種類・量        |
|         | ショット混合性   | 主材の粘度 みかけ<2000cps、P ロート<12sec                                                  | 水量、固化材種類、分散剤の種類・量 |
|         | 経時変化保持性   | 主材粘度 P ロート<12sec製造後4時間保持                                                       | 分散剤の種類・量          |
|         | 充填性       | 10sec<ショット混合後のゲルタイム<60sec                                                      | 結合材種類・量、急結助剤種類・量  |
| 硬化後     | 耐荷性       | 圧縮強度>3N/mm <sup>2</sup> 、せん断強度>0.6N/mm <sup>2</sup><br>文献 [2] の設計強度 封かん養生材令28日 | 結合材種類・量           |
|         | 高靱性       | 曲げタフネス                                                                         | ファイバー種類・量         |
|         | 掘削性       | 圧縮強度<10N/mm <sup>2</sup>                                                       | 結合材種類・量           |
|         | ひび割れ進展防止性 | —                                                                              | ファイバー種類・量         |
|         | 掘削時の欠け防止性 | —                                                                              | ファイバー種類・量         |

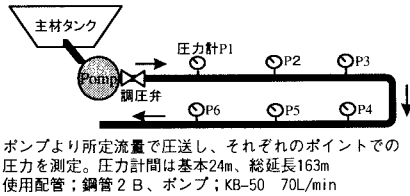
キーワード：MMS T工法、拡張テールボイド工法

連絡先：〒182-0036東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島技術研究所 TEL0424-89-7022 FAX0424-89-7024

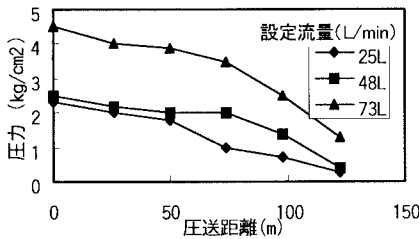
表－2 選定された配合（単位kg/m<sup>3</sup>）

| 主材  |       |           |          |       |         | 急結剤*6 |
|-----|-------|-----------|----------|-------|---------|-------|
| 水   | 固化材*1 | フライアッシュ*2 | ベントナイト*3 | 分散剤*4 | 7日PAー*5 |       |
| 607 | 350   | 400       | 15       | 3     | 3       | 116   |

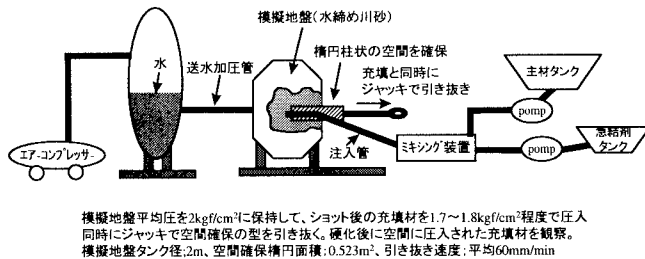
\*1住友大阪セメント社製スミシール（スラグ含有固化材） \*2セメント用JIS適合品 \*3赤城産#250  
\*4花王社製ボイズ530 \*5昭和電工製マスキ－2.0dr、繊維長6mm \*6低粘度特殊水ガラス



図－1 圧送性確認試験概要

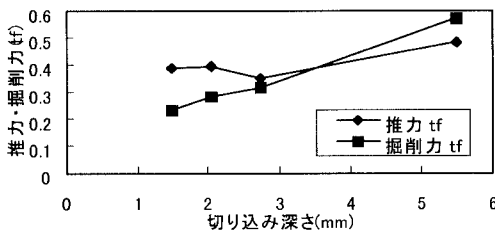


図－2 圧送性確認試験結果（圧損傾向）



模擬地盤平均圧を2kgf/cm<sup>2</sup>に保持して、ショット後の充填材を1.7～1.8kgf/cm<sup>2</sup>程度で圧入同時にジャッキで空間確保の型を引き抜く。硬化後に空間に注入された充填材を観察。模擬地盤タンク径:2m、空間確保横断面積:0.523m<sup>2</sup>、引き抜き速度:平均60mm/min

図－3 充填性確認試験概要



図－4 掘削性確認試験結果

図－1に主材の圧送性確認試験の概要を示す。ここでは、主材を所定の距離圧送するための所要圧力、配管仕様、材料分離の有無などが主な検討事項となる。図－2

に試験結果の一例を示す。これより、送り出し部で5kgf/cm<sup>2</sup>程度の圧力を確保すれば、圧損を伴うものの通常仕様の配管で150m程度は十分圧送できることが確認された。また、圧送中に管内閉塞を生じることもなかった。

図－3に充填性確認試験の概要を示す。ここでは、土圧を想定した加圧模擬地盤槽内にショット混合した充填材を圧入し、土圧に抵抗して良好な充填性（必要形状の確保）が保たれるかの検証が重要となる。結果として、土圧と同程度以上の注入圧を確保すれば安定して充填でき、硬化後の充填材の状態も良好であることが確認された。

掘削性確認試験では、直径1200mmの回転円盤に実際の工事に用いるカッタービットを配置した掘削機模型を作製し、硬化した充填材に押し当てながら回転掘削して実際の掘進段階を模擬した。試験要因は、充填材の圧縮強度、回転数、掘削ラップ長（弦長）であり、掘削の際の掘削力（回転トルクから換算）と推進力から掘削性が判断される。

結果の一例として、切り込み深さ（推進速度／カッター回転数）と掘削力・推進力の関係を図－4に示す。切り込み深さが大きくなるほど、掘削力・推進力ともに増加することがわかる。なお、硬化体の圧縮強度は4～7N/mm<sup>2</sup>の範囲で掘削性に影響を及ぼさなかった。これより、回転数を上げて切り込み深さを小さくすることで、この程度の強度の硬化体は問題なく掘削できることが確認された。

#### 4. おわりに

現在、ここで報告した特殊充填材料を用いたMMS T工法は、首都高速道路公団による高速川崎縦貫線の試験工事で順調に施工している。本充填材料には、火力発電所で石炭を燃焼する際の副産物であるフライアッシュが多量に用いられており、環境に配慮した材料ともいえる。今後は、廃棄泥水の有効利用などを検討し、より環

境に配慮しコストダウンもはかれる材料を開発してゆく予定である。

（参考文献）

- 1) 山中宏之他：拡張テールボイド工法の設計、土木学会第53回年次学術講演会概要集、vol. III、投稿中、1998.10