

可塑性を有するトンネル覆工背面空洞注入材の配合特性および施工システム検証実験

大成建設 土木技術開発部 正会員 坂本 淳
 大成建設 名古屋支店 正会員 領家 邦泰
 大成建設 土木技術研究所 正会員 府川 徹
 立花マテリアル 横浜出張所 石井 宏明

1. はじめに

矢板工法により建設されたトンネルでは、長期間にわたる地下水による背面地山の侵食や建設当時の施工法等により、その覆工背面に空洞が存在することが多いとされている¹⁾。このような空洞の注入材としては所定の空間のみ限定注入することが可能で、水に対する分離抵抗性も十分な材料が求められるが、筆者らは、特殊な材料を使用せずセメント系固化材やベントナイト系可塑性材など汎用的な材料から構成され、所要の性能を満足する可塑性注入材を開発した²⁾。本報告は、本材料の配合特性に関する室内検討試験結果、および実規模施工システムの検証実験結果について報告するものである。

2. 可塑性注入材の配合

本研究で対象とした可塑性注入材は表 - 1 に示すように、3 種 の材料（A～C材）から構成される。A材は水、セメント系固化材 などから成るセメントペースト、B材は水、ベントナイト系可塑性材 などから成る可塑性材である。さらに、C材は水、起泡剤から成る気泡材であり、本注入材の単位容積質量を調整するために添加されている。既報²⁾で報告した知見を基に、可塑性や強度などの品質が良好な配合条件としてこれらの構成材料をA材：B材：C材 = 3:5:2の割合で混合し、全材料混合後の水セメント比 = 168%、単位容積質量 = 1.1t/m³となる配合を本研究では基本配合とした。

3. 配合特性に関する室内検討試験

本試験では、B材およびC材の混合比率が本材料の品質に及ぼす影響を検討するため、前記の基本配合に対して各材料を表 - 2 に示す混合比率で混合し、フロー、単位容積質量、および圧縮強度を測定した。可塑性は JHS A 313 規格のフローコーン（80×80mm）を用い、フローテーブル（JIS R 5201 規格）による 15 回打撃前後のフロー値により評価した。圧縮強度は 50×100mm の供試体を用いて温度 20 の室内で封かん養生し、アムスラー型強度試験機により測定した。

B材の混合比率と可塑性との関係を図 - 1 に示す。同図に示すように、B材の混合比率が小さくなるとフロー値は若干大きくなる傾向がみられたが、±10%程度の混合率の変動が生じてても可塑性に顕著な変化はみられなかった。次に、C材の混合比率と単位容積質量との関係を図 - 2 に示す。当然のことながら、気泡材であるC材の混合比率が多いと単位容積質量は低下する傾向がみられた。また、図 - 3 に示すように圧縮強度も同様にC材の混合比率に大きく影響を受け、C材の混合比率変動に伴ない、基本配合の強度に対して0.5～2.5倍程度の変動がみられた。したがって、実施工においてはC材の混合率管理や全材料混合後の単位容積質量の品

表 - 1 可塑性注入材料の構成材料

材名	構成材料名	品質
A材	水	水道水
	セメント系固化材	密度3.16g/cm ³ ， 比表面積3,300cm ² /g
	分散剤	主成分：変性リグニンとナリカホン酸化合物の複合体， 密度1.27g/cm ³
B材	水	水道水
	ベントナイト系可塑性材	主成分：ベントナイト， 密度2.50g/cm ³
	けい酸ナトリウム系可塑性剤	密度1.36g/cm ³
C材	水	水道水
	起泡剤	主成分：加水分解蛋白質， 密度1.14g/cm ³

表 - 2 室内検討試験における各材の混合比率

A材	B材	C材	備考
30	50	20	基本配合
24	60	16	B材多
36	40	24	B材少
20	50	30	C材多
40	50	10	C材少

注) 表中の数字は混合容積率 (%) を示す

キーワード トンネル覆工背面空洞，可塑性，注入材

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL 045-814-7219

質管理が、本材料の品質を確保する上で重要になるものと考えられる。

4. 施工システム検証実験

本材料の実施工システムとして図 - 4 に示すシステムを想定し、A 材および B 材の圧送距離を 500m とした検証実験を行った。A 材および B 材の製造にはシールドトンネルの裏込め材の製造に一般に用いられている機材を使用した。また、各材料の圧送にはスクイズ式ポンプ（最大吐出圧 2.5MPa）を用い、配管径は 50mm とした。

同図に示すように、A～C 材の混合は以下の手順で行った。すなわち、A 材および B 材は個別のミキサおよびポンプにより製造・圧送した。A 材については 500m 圧送された試料をアジテータで一旦仮受けし、別のポンプで再度圧送する配管の途中で C 材をスタティックミキサ（長さ 0.3m）により混入させた。さらに、A 材と C 材を混合したものは B 材の圧送配管延長線上に設置されたスタティックミキサ（長さ 2.5m）を介して B 材と混合させることにより、全材料を混合する方式とした。

全材料混合後の注入材については、可塑性、単位容積質量、および圧縮強度の確認を行った。また、既往の研究¹⁾を参考に、内部に種々の障害物を設けた U 字溝型枠への充てん性試験も行った。

実験の結果、本システムにより製造された注入材の 15 回打撃前後のフロー値は 92mm および 169mm、単位容積質量は 1.2t/m³ であり、筒先で採取した試料の材齢 11 日の圧縮強度は 1.7N/mm² であり、室内試験の結果とほぼ同等であった。さらに、U 字溝型枠への充てん性も良好であったことから、目標どおりの品質が得られたものと考えられる。今後は充てん性試験で U 字溝型枠へ充てん・固化させた本材料をコア抜きし、単位容積質量や圧縮強度を測定する予定であり、これらの試験結果については講演会時に発表する予定である。

5. まとめ

本研究で検討した施工システムの適用により、構成材料を長距離圧送した先で混合することにより得られた可塑性注入材は、所要の品質を有することが確認された。

謝辞

本研究の実施にあたり、ナック（株）および三信建設工業（株）の皆様には御協力を頂いたことを感謝致します。

参考文献

- 1) 大嶋ら：トンネル覆工背面に用いる空洞注入材の材料特性について，日本道路会議論文集，Vol.24，pp.190-191，2001
- 2) 坂本ら：可塑性を有するトンネル覆工背面空洞注入材の材料特性に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1865-1870，2003.7

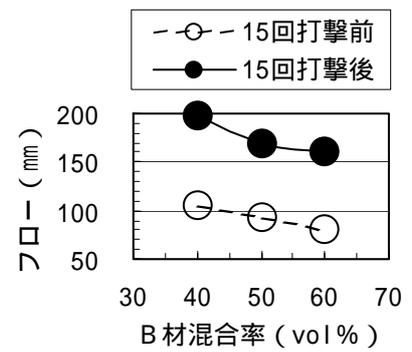


図 - 1 B 材混合率と可塑性の関係

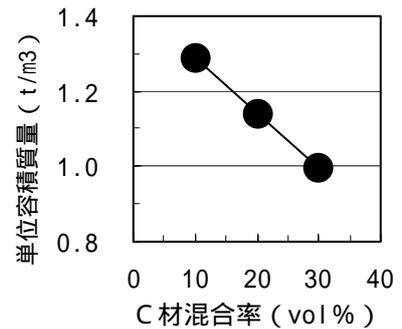


図 - 2 C 材混合率と単位容積質量の関係

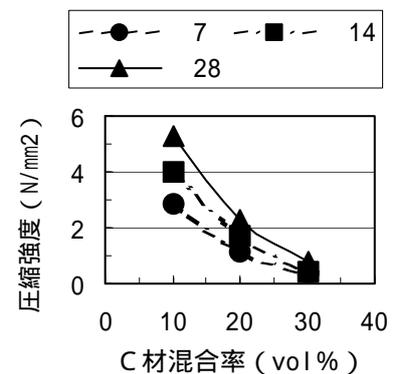


図 - 3 C 材混合率と圧縮強度の関係

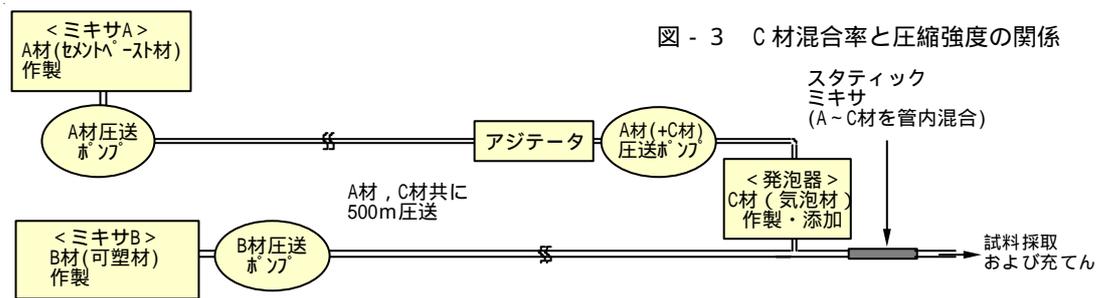


図 - 4 実施工システムの検証実験 概要図