

トンネル覆工背面空洞充填用軽量モルタルの基本物性

東急建設(株) 技術研究所 正会員 伊藤 正憲、早川 健司、瀬野 康弘
土木技術設計部 正会員 鈴木 祥三

1. はじめに

矢板工法により施工された既設のトンネルには、覆工背面と地山との間に空洞が存在し、覆工の安定性が懸念される場合がある。対策として、この空洞を充填する方法が適用されている。充填材料としては、CB モルタル、エアームタルや樹脂系の材料等が使用されている。エアームタルは施工中にエアーが消滅する等の問題があり、樹脂系材料は、コスト面で問題があった。最近では、ベントナイトや特殊樹脂等を使用した材料も開発されている¹⁾。これらの多くは、地圧を均等に伝達できる程度の強度(1~2N/mm²)の充填材料である。しかし、覆工コンクリートの厚さが設計通りに確保されていない場合には、覆工コンクリートと同程度の強度を有する材料で欠損部分を補うことが望ましい。

本報では、トンネルの空洞充填材料として①覆工への負荷を軽減するため軽量であること(密度1.3t/m³以下)、②強度20N/mm²以上であること、③水への分離の少ないこと等を目標として、環境に配慮した材料である廃ガラス軽量骨材を使用した裏込め軽量モルタルの流動性の変化、強度等の基本物性について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本検討で使用した軽量モルタルの材料を表1に、配合表を表2に示す。W/Cは40、45、50%、軽量骨材は500リットル/m³、目標フロー値160±10mm、目標空気量6±1.5%とした。

2.2 軽量骨材のプレコーティング

廃ガラスから製造される軽量骨材は、耐アルカリ性能および吸水性能の改善を目的として、セメント混和用ポリマーエマルジョンでコーティング処理してから使用した。処理方法は、軽量骨材をポリマーエマルジョンに3分間浸漬、その後、遠心脱水処理5分間とした。この処理により、軽量骨材の吸水率は約55%改善された。

2.3 試験方法

実施した試験項目と方法を表3に示す。本軽量モルタルの施工では、ポンプ圧送が想定される。そこで、本検討では、非排水状態とした加圧ブリーディング試験容器(φ125mm×180mm)にモルタルを充填し、所定の圧力(0.05~0.5N/mm²)で3分間保持した後、流動性の変化をフロー試験、空気量試験を実施し評価した。

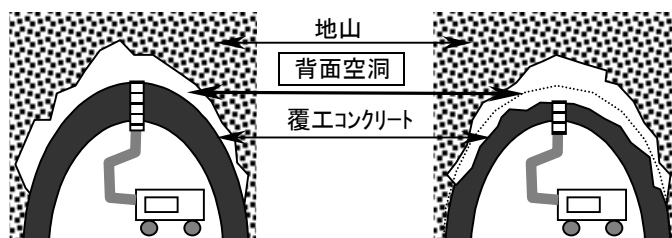


図1 覆工厚が確保されている場合
(目標強度1~2N/mm²程度)

図2 覆工厚が確保されていない場合
(目標強度20N/mm²程度)

表1 使用材料

種類		諸元
セメント	C	早強ポルトランド [*] 密度3.13g/cm ³
軽量骨材	S	ガラス-粘土鉱物系 径1.2~2.5mm 処理前: 絶乾密度0.65g/cm ³ 、吸水率4.9% 処理後: 絶乾密度0.69g/cm ³ 、吸水率11.2%
減水剤	Ad1	ポリカルボン酸系
消泡剤	Ad2	ポリエーテル系
増粘剤	Ad3	セルロース系

表2 配合表

要因	水準	減水剤添加率
W/C(%)	40、45、50	W/C(%) C×(%)
Svol(リットル/m ³)	510	40 1.1
消泡剤	C×0.15%	45 0.6
増粘剤	C×0.25%	50 0.4

表3 試験項目および方法

試験名	準拠規格	備考
密度、吸水率試験	JIS A 1134	コーティング処理前/後
フロー試験	JIS R 5201	経時: 0、30、60、90分(20℃) 加圧: 0.05、0.1、0.3、0.5N/mm ²
圧縮強度試験	JIS A 1108	材齢3、7日、標準水中養生
水中供試体作成	JSCE-F-504	材齢7日で強度試験実施 標準水中養生

キーワード: トンネル背面空洞, 軽量モルタル, 強度, 単位容積質量, フロー値, 圧力

連絡先: 〒229-1124 神奈川県相模原市田名字曾根下 3062-1 TEL:042-763-9507/FAX:042-763-9503

3. 結果および考察

3. 1 流動性の変化

図3に練混ぜ後からの静置時間とフロー値の関係を、図4に圧力とフロー値の関係を示す。コーティング処理した軽量骨材を使用したモルタルの90分までのフローロスはほとんどなかった。このことは既往の研究²⁾でも明らかのように、ポリマーによるコーティング処理と増粘剤の添加により、骨材内部への吸水がある程度抑制されたことによるものと考ええる。一方、ポンプ圧送を模擬して加圧した場合には、 0.1N/mm^2 までのフローロスは10mm以内であったが、 0.3N/mm^2 以上の圧力が作用した場合には、骨材内部への圧力吸水および空気量の低下等によりフローロスが30mm程度と大きくなった。裏込軽量モルタルをトンネル背面空洞に充填する場合、覆工に対して有害な圧力を作用させることはできない。よって、一般的に充填材の圧送圧力は 0.2N/mm^2 以下で管理される場合が多く¹⁾、この程度の圧力下では、本軽量モルタルも圧送に十分な流動性を確保できるものと考ええる。

3. 2 硬化物性

図5にC/Wと圧縮強度および単位容積質量の関係を、図6に各条件下で作成したW/C45%の圧縮強度および単位容積質量を示す。いずれの配合においても単位容積質量は目標とした 1.3t/m^3 程度以下となった。気中作成供試体の圧縮強度は、水セメント比が小さくなるに従い大きくなる傾向にあり、W/C45%で 26N/mm^2 程度の強度が得られた。

一般的にトンネル覆工背面の空洞には地下水等が流入していることが多く、さらに、覆工厚が設計通りに確保されていない場合、充填材の強度は覆工コンクリート程度(20N/mm^2)が必要となり、また、水中打設による分離を極力抑える必要がある。本軽量モルタルの場合、図6に示すように水中打設による強度低下は約20%程度(水中気中強度比81%)であり、目標強度を確保するのに必要な水セメント比は45%以下であることが確認できた。なお、いずれの配合においても増粘剤の添加により水中打設時にセメント粒子等が洗い出されることはなかった。

4. まとめ

トンネルの背面空洞を充填する材料として軽量骨材を使用したモルタルについて検討を実施した。その結果、軽量骨材を事前にポリマーでコーティング処理し、増粘剤を使用することにより、流動性の変化を極力抑えたモルタルを製造することが可能であり、また、室内試験ではあるが、水中に打設した場合でも、単位容積質量 1.3t/m^3 以下、強度 20N/mm^2 程度が得られることなどが確認できた。今後も本軽量モルタルの耐久性試験、実機のポンプ圧送性試験等を実施していきたいと考えている。

<謝辞>本研究を実施するにあたり(株)ジェフエックの山代氏、昭栄薬品(株)長野氏、クリスタルクレイ(株)須永氏には大変お世話になりました。ここに記して感謝の意を表します。

<参考文献>

1)橘、河野、朝倉:トンネル覆工背面新充填材料の開発、コンクリート工学論文集、第11巻第3号、pp.129~138、2000.9

2)柳井、坂田ほか:軽量骨材コンクリートのポンプ圧送性改善に関する実験的検討、第54回土木学会年次講演会概要集、pp.300~301、1999.9

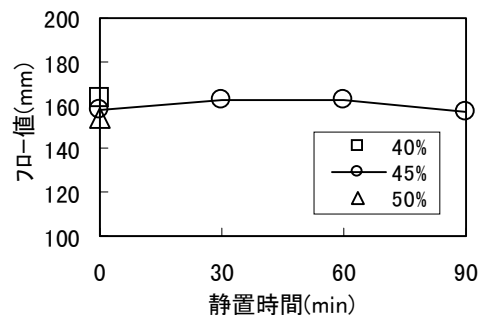


図3 静置時間とフロー値の関係

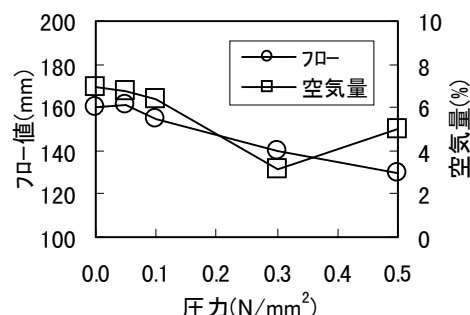


図4 圧力とフロー値、空気量の関係

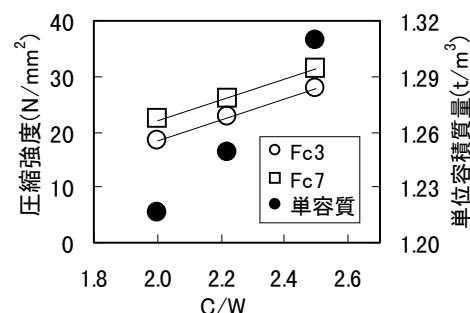


図5 C/Wと強度、単位容積質量の関係

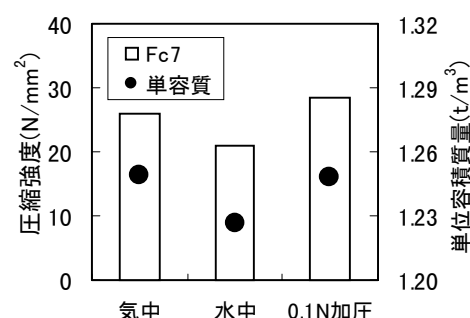


図6 各条件下の強度、単位容積質量