

透水性を有する地盤注入モルタルの配合検討

大木建設(株)技術研究所 正会員 高田賢司
 長岡技術科学大学 フェロー 丸山久一
 長岡技術科学大学大学院 学生員 葛綿 智
 大木建設(株)技術研究所 正会員 平澤雅己

1. はじめに

泥岩地山の鉄道トンネルにおいて、コンクリート路盤下に地下水が滞水し、そこに列車通過による繰り返し荷重がかかることによって地山が泥土化し、路盤の変状を生じていることが問題となっている。この変状箇所の補修対策として、透水性を有する注入材料の充填が考えられる。

筆者らが開発を進めている透水性を有する注入モルタル（以下、透水モルタル）をこのような変状箇所へ適用するにあたっては、1)地山と同等の強度確保、2)強度の早期発現、3)水中（滞水箇所）への打設が可能であることが求められる。本文ではこれらの要求に対し実験的に行った検討について述べる。

表-1に今回の検討において使用した材料の一覧を示す。実験は既往の研究に準じて、流動性および強度、透水性について試験を行った。ここでは、強度、透水性の関係について示す。

表-1 使用材料

材料（記号）	種類、物性、主成分等
セメント（C）	早強ポルトランドセメント 密度 3.14g/cm ³ 、比表面積 4580cm ² /g
	超速硬セメント ¹ 密度 3.01g/cm ³ 、比表面積 4690cm ² /g
細骨材（S）	信濃川産川砂 表乾密度 2.60g/cm ³ 吸水率 1.93%、粗粒率 2.04
起泡剤（Fa）	アニオン系界面活性剤
発泡剤（Al）	特殊表面処理アルミニウム粉末
増粘剤（Ad）	水溶性セルロースエーテル
高性能減水剤（Sp）	ポリカルボン酸系
凝結遅延剤（Ct） ¹	クエン酸
可塑化材（SR） ²	水溶性硫酸塩

1：早期強度発現に対する検討で使用

2：水中打設に対する検討で使用

2. 強度増加に対する検討

既往の研究¹⁾では圧縮強度 1.0N/mm²（材齢 7日）以上、透水係数 1.0×10⁻²cm/sec 以上を目標としていた。しかし、ここでは泥岩と同等の強度と中位の透水性を確保するものとして、圧縮強度 2.0N/mm²（材齢 7日）以上、透水係数 1.0×10⁻³cm/sec 以上を目標とすることとした。

表-2に強度増加検討実験の配合を示す。配合は、既往の研究の配合を基に、所定の流動性を確保でき、強度増加が可能と考えられるものを選定し、発泡剤添加率を変化させて比較検討を行った。

図-1に圧縮強度と透水係数の関係を示す。配合ケース4の配合のみが目標とする性能を満足する結果となった。

3. 早期強度発現に対する検討

鉄道トンネルにおける補修作業を考えると、夜間に施工、明朝には供用できることが求められる。そこで、材齢 3時間の圧縮強度を 2.0N/mm²以上、かつ透水係数を 1.0×10⁻³cm/sec 以上とすることができるかどうかについて検討した。

早期に強度を発現させる方策としては、セメントを早強ポルトランドセメントから超速硬セメントに変更することとした。超速硬セメントを使用するにあたっては凝結時間を調整するために凝結遅延剤を併用した。

表-2 実験配合(その1:強度増加検討実験)

配合 ケース	W/C	S/C	Fa/C	Al/C	Ad/W	Sp/C
	%	%	%	%	%	%
1	55	3.0	3.0	0.3	0.005	1.5
2	75	3.5		0.6		0.5
3	75	4.0		1.2		1.5
4	65	3.5				1.5

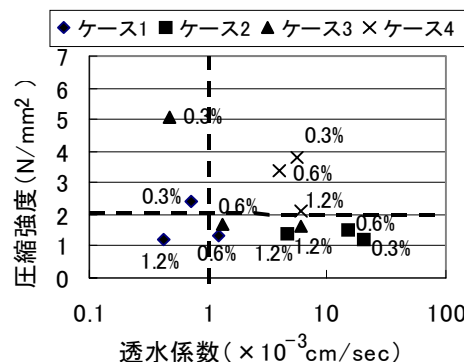


図-1 透水係数と圧縮強度の関係(その1)

キーワード：空洞充填材、透水性材料、強度増加、早期強度発現、水中打設

連絡先：〒270-1402 千葉県白井市平塚 2668-3 Tel：047-492-5362 Fax：047-492-5319

表 - 3 に早期強度発現検討実験の配合を示す。配合ケース 5 では強度増加検討で目標性能を満足した配合を基本とし、凝結遅延剤の添加率を変化させた検討を行った。しかし、超速硬セメントの使用により、発泡剤の反応が起こらないことが確認されたことから配合ケース 6 では透水性を改善させる目的で起泡剤添加率を増加させた場合について検討を行った。

図 - 2 に圧縮強度と透水性の関係を示す。配合ケース 5 では $Ct/C = 0.6\%$ および 0.9% の配合のみが 3 時間後に圧縮強度試験を行うことができ、このうち 0.6% の配合は 2.0 N/mm^2 を上回った。しかし、透水係数は 10^{-4} cm/sec のレベルであり、目標の性能を得られなかった。配合ケース 6 では起泡剤添加率の増加による透水性の向上はみられず、圧縮強度は低下した。

4. 水中打設に対する検討²⁾

昨年度行った実験では、水中で供試体を作製すると、セメント分の流失および気泡の拔出しによって、透水性および強度が低下してしまう結果となった。この対策として、増粘剤添加率を増加、水セメント比を低減そして可塑化材を使用することとした。

表 - 4 に水中打設検討実験の配合を示す。配合ケース 7 では起泡剤添加率の影響、配合ケース 8 では発泡剤添加率の影響について検討を行った。

図 - 3 に圧縮強度と透水性の関係を示す。供試体は水中で作製したものである。配合ケース 7 の $Fa/C = 6.0\%$ および 12.0% は圧縮強度 2.0 N/mm^2 以上、透水係数 $1.0 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 以上を満足する結果となった。

5. まとめ

- (1) 強度増加の検討では水セメント比 65%、砂セメント比 3.5 とすることにより目標とする強度、透水性を得ることが確認できた。
- (2) 早期強度発現は超速硬セメントを使用することにより実現できたが、透水性に問題が残り、これを改善する必要がある。
- (3) 水中打設検討では、可塑化材を使用し、水セメント比 55%、砂セメント比 2.0、増粘剤添加率 1.2% として、起泡剤添加率、発泡剤添加率を調整することにより、目標とする強度、透水性を得られることが確認できた。
- (4) いずれにおいても試験数が少ないため、今後データの積み重ねをしていくことが必要である。

【参考文献】

- 1) 安田ほか：裏込めおよび埋め戻し充填材としての透水性を有する注入モルタルの開発，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.22，No.2，pp1279-1284，2000
- 2) 葛綿ほか：透水性を有する地盤注入モルタルの開発に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.24 投稿中，2002

表 - 3 実験配合(その2:早期強度発現検討実験)

配合 ケース	W/C	S/C	Fa/C	Al/C	Ad/W	Sp/C	Ct/C
	%		%	%	%	%	%
5	65	3.5	3.0	1.2	0.005	1.5	0.6 ~3.0
6	65	3.5	3.0 ~6.0	0	0.005	1.5	0.6

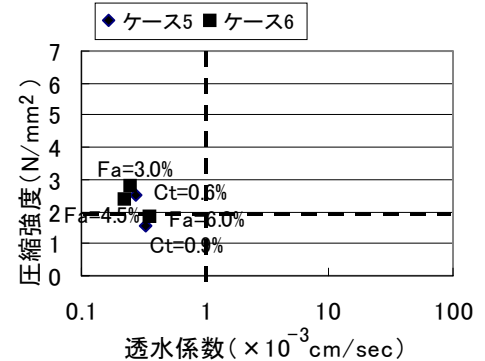


図 - 2 圧縮強度と透水係数の関係(その2)

表 - 4 実験配合(その3:水中打設検討実験)

配合 ケース	W/C	S/C	Fa/C	Al/C	Ad/W	Sp/C	SR
	%		%	%	%	%	g/l
7	55	2.0	3.0 ~12.0	0	1.2	1.5	30
8	55	2.0	3.0	0.3 ~1.2	1.2	1.5	30

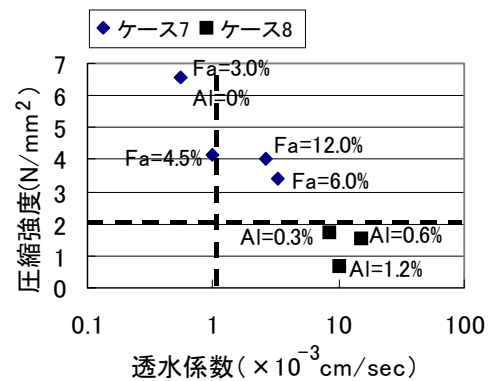


図 - 3 圧縮強度と透水係数の関係(その3)