

VI-284

新しいグラウト材の研究開発（その4）
—— シリカライム注入試験 ——

日本基礎技術(株)技術本部 正会員 寺戸 康隆
西松建設(株)技術研究所 正会員 松井 健一
正会員 原田 耕司
電気化学工業(株)特殊混和材部 小菅 啓一

1. まえがき 筆者らはシリカフュームと反応材としての消石灰の混合材を解砕機（分散機）と分散剤添加工程によって浸透性のよい高分散化低粘性（超）微粒子グラウトを開発した^{1), 2), 3)}。グラウトをシリカライム、製造法および注入方法をシリカライム工法と称することにした³⁾。本工法の特徴は混合攪拌に分散機を使用していることである。また、分散化を効率的、省力的に行うには媒体のボールの材質、使用量および粒径、回転数等が関係する。これらについて検討・吟味を行った結果、前回の結果³⁾ よりもかなり短時間に同等の粒度と浸透性を得ることができるようになった^{4), 5)}。本稿は主にこれらの結果をまとめたものであるが、現在現場で予備注入試験を実施してきているのでその結果についても一部をふれることにした。

2. 室内注入試験 図-1 は注入試験装置の概要図である。材料についてはシリカフュームはエルケム940U、消石灰はデンカ5.4 μ を使用した。分散機は三井鉱山製のハンディミルを使用し、これによって製造したシリカライムをエア圧によって $\Phi 300$ の模型砂地盤（豊浦標準砂, $k=(1\sim 2)\times 10^{-2}$ cm/s）に注入した。結果を表-1に示す。水比は300%と200%、注入圧力は0.2 kgf/cm²で行ったが、いずれも完全浸透した。このときの平均粒径、粘性、平均注入速度およびブリージング率は、水比300%、200%でそれぞれ6.30 μ m, 5.5cP, 3.9 ℓ /分, 0%, 6.82 μ m, 6.0cP, 1.7 ℓ /分, 6.7%であった。スラリーの粒度分布はレーザー回折粒度分析装置、粘性は回転粘度計で測定した。図-2 は表-1 欄ケース2のスラリーの粒度分布例である。グラウタビリティ比は $D_{15}/D_{85}\approx 14$, $D_{10}/D_{95}\approx 11$ であった。

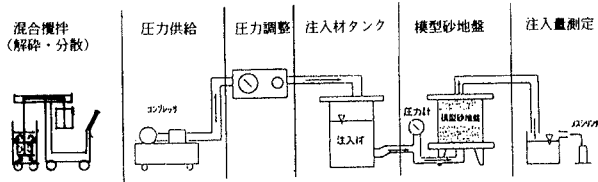


図-1 注入試験装置の概要図

図-3 はシリカライムの解砕時間、平均粒径および簡易浸透性試験器による浸透性の関係を示す。解砕は水比が濃い場合は薄い場合よりもやや時間がかかるが、それほど差はなくカーブの傾向は変わらない。解砕時間は10分付近に大きな変化点があり、これ以上の時間が必要であることを示す。平均粒径

表-1 シリカライムの注入試験結果（模型地盤： $\Phi 300$ の標準砂、分散機：HM-5）

ケース	水比 W %	時間 t 分	スラリーの物性値				模型地盤の透水性				スラリーの注入実績	
			粘度 η cP	密度 ρ g/cc	粒径 D_{50} μ m	間隙率 n %	水頭 h cm	単位 流量 q ℓ /分	透水係数 k cm/s	圧力 h m	到達時間 分-秒	注入速度※ 最終注入量 分-秒 ℓ /分
1	300	30	1.16	5.5	6.30	39.2	50	2.23	1.9×10^{-2}	200	3-00	3.89
						0.89					24分経過後終了	0.13
						0.77						10.64
2	200	45	1.23	6.0	6.82	40.9	50	1.84	1.6×10^{-2}	200	3-30	1.66
											22-20	0
												8.45

表-2 連続分散によるシリカライムの浸透性（模型地盤： $\Phi 50$ の標準砂、分散機：VM-5）

ケース	水比 W %	処理 時間 t 分	スチール ボール 径 ϕ mm	スラリーの物性値				水の浸透性		スラリーの浸透性		グラウタビリティ比	
				液温 t $^{\circ}$ C	密度 ρ g/cc	粘性 η cP	粒径 D_{50} μ m	時間 分-秒	浸透速度 v cm/s	時間 分-秒	浸透率 %	D_{15}/G_{85}	D_{10}/G_{95}
1	200	11	80	22	1.22	8.3	6.73	1-51	7.8×10^{-2}	—	43%	11.4	7.6
2	200	6	85	26	—	9.5	6.53	1-40	8.7×10^{-2}	2-20	100%	11.5	7.7
3	200	3	85	29	—	42.0	4.68	1-50	7.9×10^{-2}	—	76%	12.2	8.0
3'	200	3	85	—	—	9.6※	—	1-44	8.4×10^{-2}	1-46	100%	—	—

7.7 μ m を境にしてこれ以下では100%の浸透・流下が示される。表-2 は連続式分散機（写真-1）を使用したときのスラリーの平均粒径と簡易浸透性試験器（模型地盤：標準砂）による浸透性の結果を示す。連続処理流量は3段階で比較した。流量を下げるのと解砕タンクでのスラリー滞留時間が長くなり分散化が進んで粘性が増す傾向にある。水比200%で連続処理流量 6 ℓ /分のときのスラリーの平均粒径は6.53 μ m（マイクロトラックで測定）、粘性は9.5cP であり、簡易浸透性試験器（模型地盤：標準砂）による浸透性は100%であり、このときのグラウタビリティ比は $D_{15}/D_{85}\approx 12$, $D_{10}/D_{95}\approx 8$ であった。

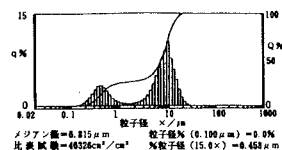


図-2 シリカライムの粒度分布例

3. 現場予備注入試験 今後の試験施工の計画・仕様検討に当たり、自然地盤への浸透性、注入形態、注入圧力と注入速度の適用性、注入完了状況、施工法の適用性、シリカライムスラリーの貯蔵安

定性、機械の作動性等についての予備知識を得るため、関東ローム(立川ローム)の表層部、深度2.0～3.0mの1m区間(地下水なし)を対象にして注入試験を実施した。試験パターンを図-4に示す。

注入孔は3孔設け、施工法はそれぞれ(単)ステージ工法、ロッド引き抜き工法、二重管ダブルパッカー工法を適用した。また、ステージ注入孔で注入前の透水試験を実施し、二重管ダブルパッカー注入孔から1mの距離にチェック孔を設け注入後の透水試験を実施した(試験法は孔内静水圧試験法を適用、加圧はエアによった)。注入機器のレイアウトを図-5に示す。透水試験の有効圧力-単位透水流量図($p-q$ 図)を図-6に示す。

地盤の透水係数はロームとしては予想外に大きく $k=5 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ にあった。シリカライム(シリカフェウムと消石灰は等量配合、分散剤はA剤を0.25%前添加、M剤を前後でそれぞれ2.0%添加)の水比は300%とし、解砕時間は1バッチ10分とし、製造したスラリーを1.5 m³タンクに貯留した(サンドポンプで時々アジテート)。粘性は直後で5cP、1日後で7cP、簡易浸透性試験器の浸透率は1日後でも100%浸透した(浸透速度 $8.7 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ 。また、1日後のブリージング率は0%)。

ステージ注入孔G1は0.1kgf/cm²、5.0ℓ/分で安定した注入状況にあり、注入は419ℓを消費した時点で終了した。二重管ダブルパッカー注入孔G3は主に最深度の注入バルブから注入を行った。このバルブでは0.5～1.0kgf/cm²、約5ℓ/分ではほぼ安定した注入状況が見られ、注入は704ℓを消費した時点で終了した。分散機はハンディミル(1バッチ正味40ℓ)を使用したのて練り上がり注入量を制限した。1日経過後のチェック孔の透水試験では、透水係数は $k=5 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ にあった。試験場所は今後養生したのちはぎとって観察することになっている。

4. まとめ 試験結果をまとめると、次のようなことが言える。

- (1) シリカライムは砂質地盤にも浸透性のよいグラウトである。標準砂に対する浸透条件は、平均粒径 $7 \mu\text{m}$ 未満、粘性10cP未満が示される(グラウトビリティ比は $D_{15}/D_{85}=12 \sim 14$, $D_{10}/D_{95}=8 \sim 11$)。
- (2) シリカライムは少なくとも1日放置しても時々アジテートすれば、粘性と浸透性は注入に影響するほど変化しない。
- (3) 微粒子材料の高分散化には超高速ミキサー(約1800r.p.m.)でも限界があり、解砕による分散化方式が非常に有効である。
- (4) シリカライムの特徴は高浸透性のほかに長期安定性、低強度、低ブリージング等が挙げられる。
- (5) 関東ロームに対する予備注入試験では、0.5～1.0kgf/cm²、5ℓ/分で安定した注入が得られた。

[参考文献] 1) 原田, 寺本, 寺戸: 新しいグラウト材の研究開発(その1), 土木学会第47回学術講演会概要集, 1992. 9., 2) 寺戸, 寺本, 玉井, 柏: 新しいグラウト材の研究開発(その2), 土木学会第48回学術講演会概要集, 1993. 9., 3) 寺戸, 寺本, 寺村, 真居: 新しいグラウト材の研究開発(その3), 土木学会第48回学術講演会概要集, 1994. 9., 4) 寺戸, 松井, 原田, 小菅: グラウトスラリーの高分散化/高浸透性のための解砕と分散剤添加の方法, 土木学会第26回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 1995. 1., 5) 寺戸, 松井, 原田, 小菅: 新しい注入材『シリカライム』の開発研究, 第30回土質工学研究発表会講演集, 1995. 7

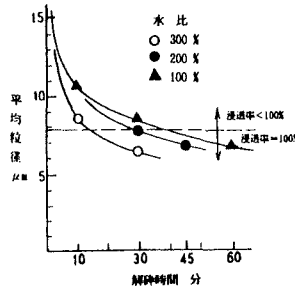


図-3 シリカライムの解砕時間と平均粒径の関係

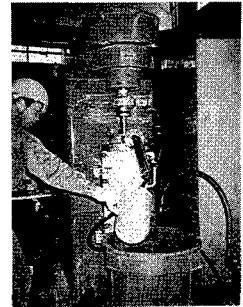


写真-1 連続分散機VM-5

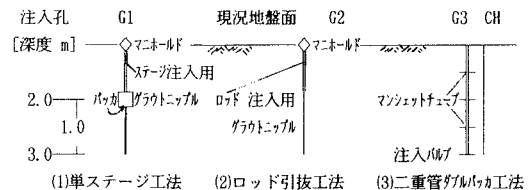


図-4 試験パターン

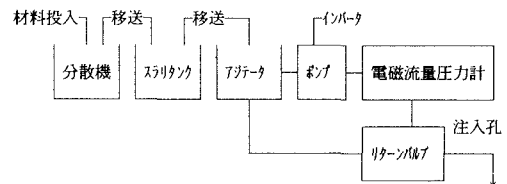


図-5 注入機器のレイアウト

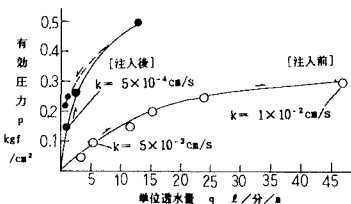


図-6 透水試験の有効圧力-単位透水流量図 ($p-q$ 図)