

VI-10

製紙スラッジを用いた注入材による簡易地盤改良

NTT東海設備技術センタ 正会員 ○矢野 修一 坂本 貴司
 NTTフィールドシステム 研究開発センタ 正会員 石本 弘治 中島 美鶴
 同 上 光山 博文

1. はじめに

立坑築造工法の一つであるニューマチックケーソン工法は、圧気を併用して掘削を行うが特に砂礫地盤の場合、極めて透気性が良好で圧気効果の少ないことが判明している。このような地盤において圧気効果を高めるためには、地盤改良等を行い地盤の透気性を減少させる必要があり、このため薬液注入工法等を採用することが一般的であるが、費用が高価となることが欠点である。

そこでNTTフィールドシステム研究開発センタでは、安価な注入材として「PMF応用の注入材」を開発した。本報告は、この注入材で地盤改良した地盤において現場透気試験を実施し、無処理地盤での試験結果と比較しその改良効果について報告するものである。

2. 注入材料と配合

地盤注入の主目的は、砂礫地盤に細粒分を補給して難透水層を形成し圧気効果を確保することが主目的である。そこで当センタで既に開発した『PMFスーパー加泥材』の止水効果を利用し、さらにフライアッシュの硬化を促進する促進材と混合する二液混合注入とした。

2.1 注入材料

(1) PMF®

PMF® (Paper Micro Fiber)は、製紙工場から排出される廃棄物を脱水乾燥し、粒度を調整したものでその組成を図-1に、物性を表-1に示す。PMF®に含まれる微細繊維質により注入した細粒分が、水圧により流出しにくくなる「フィルタ効果」が発揮されるほか、土粒子に絡み合う「コネクタ効果」が発現し土粒子間に適度な結束力を与える。このため、地中に難透水層が形成され圧気効果が確保される。

セルロース (45%)	バミナ (15%)	リグニン (30%)	その他 (10%)
繊維分 48%			
粘土分 32%			
水 20%			
SiO ₂ (55%)	Al ₂ O ₃ (30%)	その他 (15%)	

図-1 PMFの組成

(2) フライアッシュ

火力発電所から発生する石炭灰（フライアッシュ）の粒度分布は、粉末粘土に酷似しており従来の粘土と同様に細粒分を補給する目的で配合した。また粒子はガラス質で球状を呈している。

2.2 配合の検討

砂礫地盤では、溶液型薬液を使用し土粒子の間隙を埋めている水（自由水）と注入された薬液が入れ替わるため、できるだけ水と同じ様に粘性が低くかつ粒子を含まないことが必要である。

改良材はPMF®・フライアッシュ粒子を保有した懸濁液であるが、対象とした地盤が地表面から不透水層までの自由地下水であるため容易に注入できると判断した。また、別に行った未改良地盤での透気試験結果から、透気性が良く地下水の不飽和帯が存在するような間隙が想定されたため、薬液の逸走を危惧し表-2に示すような配合でゲルタイムを1分以内とした。

表-1 PMFの物性

形 状	顆粒状 (2mm以下)
真 比 重	1.35
見かけ比重	0.5~0.6
吸水率(%)	110~150
P H	7.5

表-2 注入材料の配合と性状

A 液	フライアッシュ	硬 化 材	P M F	助 剤	水
(kg/m ³)	600	40	20	2.6	680
B 液	促 進 材	水	A液の粘性: 30~40cp ゲルタイム: 40~50秒 ホモゲルの透気量: 4×10 ⁻⁴ sec/cm		
(l/m ³)	75	25	ホモゲル強度: σ ₁ = 2.5kg/cm ² σ ₂₂ = 4.3kg/cm ²		

このため注入方法については、注入材料のゲルタイムが短いので注入管閉塞を防ぐため2ショット方式とし、A液：B液の注入比率が5：1であることからB液ポンプの吐出量制御をする流量調整インバータを取り付け注入を行った。

3. 現場透気試験

透気試験のための送気孔、観測孔の配置は図-2及び図-3のとおりである。透気試験は、表-3に示す試験Ⅰと試験Ⅱの2回行った。

その結果、試験Ⅰについては孔内水位を測定したところ、改良地盤の方が無処理地盤よりも空気の到達は遅いことが確認された。また、試験Ⅱにおける送気孔の圧力と初期水位との差の関係をみると、圧力が0.46 kgf/cm²まではほぼ理論直線に一致しているが、これ以降の圧力段階から圧力の損失が認められ水位低下する割合が小さくなっている。この圧力を限界圧気圧とみなすことができる。

限界圧気圧 $P_{a0} = 0.46 \text{ kgf/cm}^2$

漏気係数（限界圧気圧までの単位面積当たりの漏気量との比）は、

$$\begin{aligned} k_a &= 0.199 \times 10^{-3} / (0.46 - 0.27) \\ &= 1.05 \times 10^{-3} (\text{m}^3/\text{min}/\text{cm}^2/\text{kgf}/\text{cm}^2) \\ &= 1.05 (\text{m}^3/\text{min} \cdot t) \end{aligned}$$

となる。

別に行った無処理地盤での現場透気試験から求めた漏気係数は、 $k_a = 16.7 \text{ m}^3/\text{min} \cdot t$ と約1/16の値となり地盤注入により透気性の減少が確認された。

4. おわりに

改良地盤に設けた送気孔での管内圧力と低下した水位の関係をみると、限界圧気圧まではロスがほとんどなく理論どおりの水位低下が生じている。このため、注入による透気性の改良効果は認められる。ただ注入範囲からの空気の漏気、また注入範囲への漏気も若干認められたため、完全に空気を遮断するまでには至っていない。

この理由としては、注入材の計画注入量を40%と設定したが、現地盤においてはさらに注入する必要があったためと考えられる。今後は注入方法、材料等について検討しその効果を高めていきたいと考えている。

《参考文献》1) 石本，栗林，赤木，西野：大深度シールド掘進用加泥材の開発，土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第3部，1992

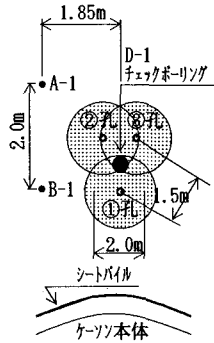


図-2 改良範囲平面図

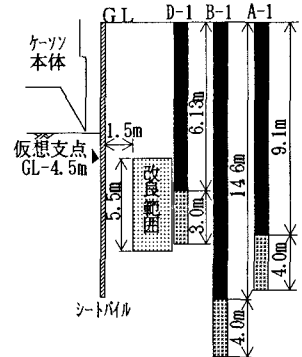


図-3 改良範囲断面図

表-3 透気試験の概要

	送気孔	観測孔1	観測孔2	主な試験目的
試験Ⅰ	B-1	A-1	D-1	無処理地盤と改良地盤での空気の到達の差異を知る。
試験Ⅱ	D-1	A-1	B-1	改良地盤での限界圧気圧と漏気係数を知る。

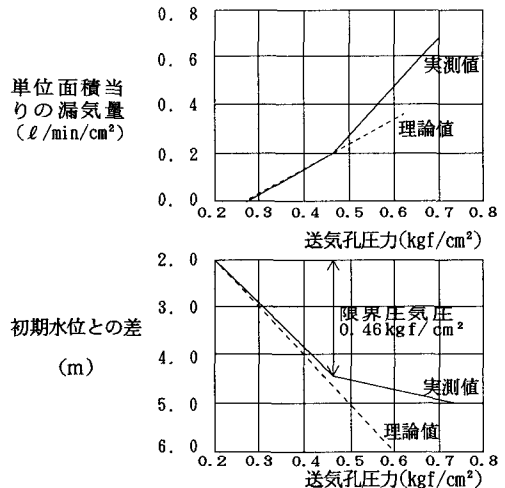


図-4 送気孔圧力と漏気量 初期水位との差の関係