

－3である。表から実験計画による分散分析の結果は、要因の寄与率（総変動に対する変動の割合）が e_A （止水壁の有無）＝38%， e_B （注入工法）＝6%， e_C （薬液）＝56％である。室内試験結果は一軸圧縮強度が $0.6 \sim 1.9 \text{ kg/cm}^2$ を示し、透水係数は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ に改良され、地盤改良は効果ありと判断される。

(2) ジェットスラウトの有効飛距離は $1.0 \sim 1.6 \text{ m}$ で膜の厚さは $8 \sim 15 \text{ cm}$ という結果を得たが、軽石礫層では若干低下している。CCP工法はコアの一軸圧縮強度が 1.8 kg/cm^2 で透水係数は 10^{-5} に近く、十分止水性は期待出来る。

4. 立坑工事における薬液注入とその結果

発達立坑は柱列式鋼管土留工法を用いたが、鋼管杭を巻いているソイルセメントの生成が軽石層で不十分な為、土留壁の止水効果が十分でなく $GL-8 \text{ m}$ 以深では漏水が多くなり土留背面の止水と地盤強化を図る為、実験結果に基づき立坑全周に図-3の薬液注入を施工した。中間立坑は発達立坑の施工実績から土留壁の止水性を向上させる為、ソイルセメント杭を併用した改良型土留工法を採用した。しかし、 $GL-6.2 \text{ m}$ 以深で壁からの漏水とシラス特有の土砂流出がしばしばあった為、 $40,040 \text{ l}$ の注入を行い完全止水の目的を達した。到達立坑は中間立坑と同じ土留工法を用いたが $GL-7 \text{ m}$ 及び $GL-11.5 \text{ m}$ で漏水を生じ計 $38,840 \text{ l}$ の注入を行い、また開削とう（洞）道との連絡箇所（鋼管杭と鋼矢板の隙間（ $GL-2.9 \sim 9.6 \text{ m}$ 間の 6.7 m ）に $12,900 \text{ l}$ の注入を行うことによって無事に立坑の掘削を完了した。

注入結果は発達立坑の土留背面及び到達立坑の開削河道との連絡箇所等地盤の変化を調査した。調査は注入前後の現場透水試験と標準貫入試験を行ったが、結果を図-4、図-5に示す。

5. 注入効果

注入効果は実験及び立坑工事から、以下のことが判明した。

- (a) 注入工法は一軸圧縮強度及び透水係数の結果からロッド式ストレーナ注入がすぐれている。
- (b) サンドケルの強度は一般の砂質土より小さい。これはシラスの特徴で内部摩擦角の減少によるものと考えられる。
- (c) 注入率は浸透固結割合からすれば50％程度が必要である。また、ケルタイムは滞水層で薬液が希釈されること等を考慮すれば3分程度が適当と判断され、吐出量は注入管理曲線から25％程度での注入が望ましい。
- (d) ロッド式ストレーナ注入は軽石層等では改良効果が若干劣るが、一般のシラス層では効果が十分である。
- (e) ジェットスラウト工法とCCP工法は地盤強化、並びに不透性を付与することが可能である。なお、CCP工法等で透水壁を造成することは注入効果を一層高める。
- (f) シールド切羽への湧水防止は透水性が 10^{-5} に改良されていることから判断して、注入効果は期待出来る。

6. おわりに

シラスへの薬液注入が難しい理由は①地質が滞水量の多い高含水性で、粒子の間隙率が大きい。②軽石・貝殻等の層に薬液が集中して逃走し易い。③含有粘土による粘着力がある為、均一な浸透注入を図ることが難しいこと等が考えられる。本工事はCW-3号によるロッド式ストレーナ注入で無事立坑の完成を見ることが出来たが、近年の薬害、並びに工事公害防止の観点からすれば、今後は改良効果を高めると考えられる二重管方式等の工法が要求されよう。沖積シラス地盤は多種多様な土層形態が見られる“特殊土”である為、計画どおり地盤改良を図ることは至難なことと言わざるを得ないが、本工事から考えられることをあえて述べれば沖積シラスにはある程度比重が高く、粒子の大きな薬液で固結時間の短い工法がうまく浸透すると考えられる。

最後に、今後各所において幾多の実験等を繰返すことにより確からしい工法が見出されることとなろうが、本実験、並びに工事がその一つの参考になれば幸いである。

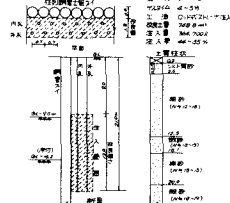


図-3 注入範囲

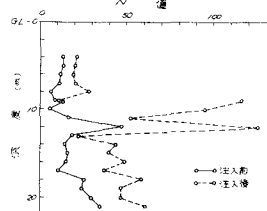


図-4 標準貫入試験値の変化

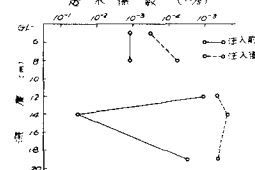


図-5 透水係数の変化