

東亜建設工業株式会社	大阪支店	正会員	植田 章
同	上	正会員	○深沢 健
同	上	正会員	山内 篤
同	上	正会員	高橋 功

1. はじめに

泥土圧式シールド工法は切羽に各種加泥材を注入し、掘削土を泥土化して切羽の安定を保ちつつ掘進するものである。そのため、排出された残土は泥状化しており、産業廃棄物として処理、又は固化処理を行った上で搬出されているのが現状である。

本論文は、建設残土の一つであるシールド残土の再利用性を調査するため、今まで掘削性能に重点が置かれてきた加泥材について、その違いによる泥土の性質、特に加泥材が混入した残土の固化特性について調査した結果を報告するものである。

2. 材料砂の特性及び実験概要

実験に使用した砂は、最大粒径4.75mm、土粒子密度 $\rho_s=2.64\text{g/cm}^3$ 、均等係数 $U_e=2.63$ 、曲率係数 $U_c=0.96$ 、最大密度 $\rho_{dmax}=1.62\text{g/cm}^3$ 、最小密度 $\rho_{dmin}=1.30\text{g/cm}^3$ であった。粒径加積曲線を図-1に示す。

また、砂はあらかじめ含水比を5%に調整した上で実験に使用した。

泥土圧シールド工法では、その機構上、掘削土砂の不透過性と塑性流動性が重要となる。通常、不透水性と塑性流動性の指標として、透水係数とスランプが用いられることが多い。実験では、加泥材注入率を3段階に変化させ、そのときのスランプ、透水係数、含水比、ベーン強度を測定した。

また、今回の実験では、残土の固化処理において一般的である生石灰を使用し、残土の固化改良特性の指標として、含水比とベーン強度を採用し、生石灰添加量と含水比、ベーン強度の関係について調査した。

3. 実験結果

表-1は、5種類の加泥材(気泡、 β -リマー系2種、樹脂系、ベントナイト・粘土)の標準配合における注入率とそのときのスランプ、透水係数、含水比をまとめたものである。透水係数はおおむね 10^{-4} ~ 10^{-2} 倍、BCにおいては 10^3 倍程度の改善効果が見られ、スランプについてもWPを除いては掘削に適したものとなっている。

図-2は、加泥材注入率とスランプの関係を示したもので、WPを除き一定の関係が得られる。

図-3, 4は、生石灰添加直後における、生石灰添加量に対する含水比及びベーン強度の関係を示したものである。含水比は生石灰添加量の増加に伴い減少するがその割合は少ない。(1)式は生石灰の消化反応による含水比低下量 w_i の理論式¹⁾を示したものである。実験値は若干のばらつきが見られるが、理論式から得られる値とほぼ一致する。図-3には、(1)式より計算した理論値も併せて示した。

$$w_i = (w_i - 0.32a_w) / (1 + 1.32a_w) \quad \cdots \cdots (1)$$

w_i : 初期含水比, a_w : 生石灰添加率

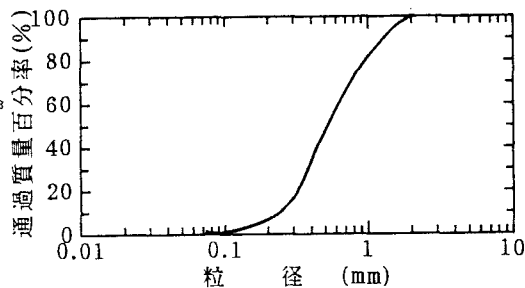


図-1 砂の粒径加積曲線

表-1 注入率, スランプ, 透水係数, 含水比一覧表

加泥材	注入率 (%)	スランプ ^o (cm)	透水係数 (cm/s)	含水比 (%)
AR	20	7.0	1.1×10^{-4}	10.3
SV	30	3.5	3.2×10^{-3}	27.4
SW	30	15.0	9.0×10^{-4}	28.3
WP	30	0.5	9.4×10^{-3}	30.9
BC	30	7.0	1.5×10^{-5}	24.6
材料砂	—	3.0	4.1×10^{-2}	27.5

生石灰添加後のベーン強度は、加泥材の種類により強度増加率、及び添加量に対する強度に著しい差が見られるが、初期強度がほぼ同じであることから、この差は加泥材の特性によるものと考えられる。また、含水比とベーン強度との間に良い相関は見られない。

残土搬出時、ダンプ車にて運搬可能となるためには、砂質土の場合、含水比 $w \leq 15\%$ 、ベーン強度 $\tau_{(v)} \geq 1.0 \text{ tf/m}^2$ 程度必要である。今回の実験結果では、運搬可能な状態にするための生石灰添加量は加泥材の種類により大きな違いが出た。

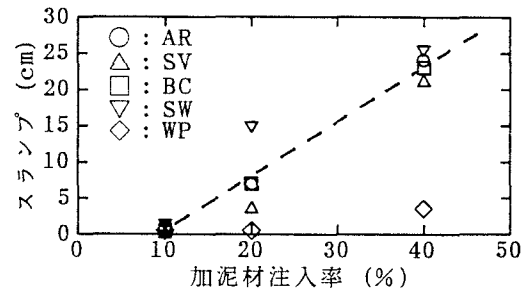


図-2 加泥材注入率とスランプの関係

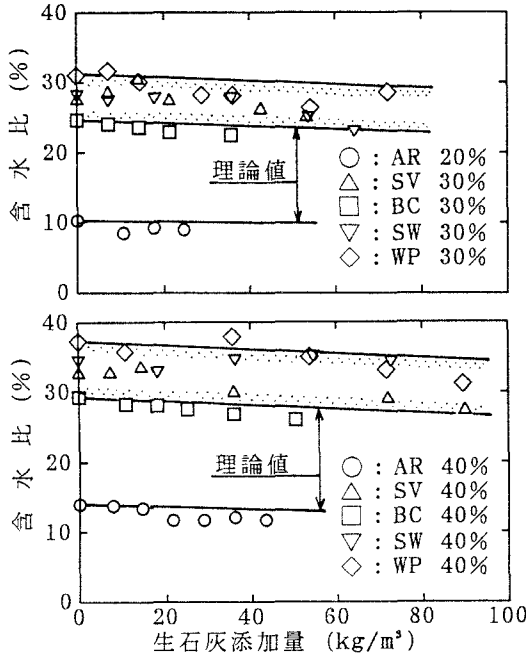


図-3 生石灰添加量と含水比の関係

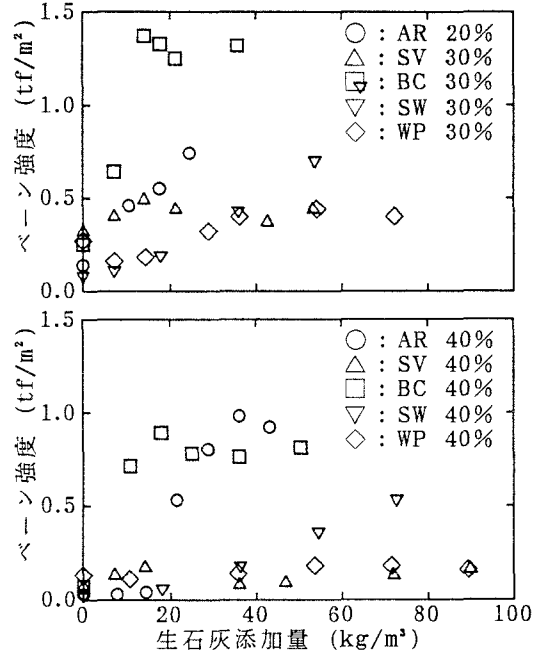


図-4 生石灰添加量とベーン強度の関係

4. まとめ

本実験により以下のことが判明した。

- 1) 加泥材混入残土の含水比は、生石灰添加量の増加に伴い一部を除き理論値にほぼ等しく直線的に低下する。
- 2) 掘削性能が同等であっても、加泥材の種類により残土の固化材添加後の強度特性が異なる。
- 3) 加泥材混入残土の含水比とベーン強度との間には、良い相関は見られない。
- 4) 加泥材混入残土の固化処理の際、生石灰等の固化材使用量は加泥材の種類により大きく異なる。

5. おわりに

市街地でのシールド工事では、残土のストック場所の確保が困難なため、生石灰添加後ただちに搬出することが多い。この生石灰添加直後の残土の特性について今回の実験で調査した。生石灰による固化処理では、おおむね24時間以内に消化反応は終了とも言われているので、その時点での特性は今回の実験値より向上するであろう。今後は、残土処理まで含めた良質な加泥材の開発が必要となると考えられる。

〈参考文献〉

- 1) 日本石灰協会編：石灰による軟弱地盤の安定処理工法，鹿島出版会，1983。