

ガス導管非開削工事により生じる汚泥処理技術の開発

福岡大学工学部 学生会員 ○森山 崇来 正会員 佐藤 研一、吉田 信夫
西部ガス(株) 総合研究所 正会員 豊田 康弘、森 研二

1. 研究目的

建設工事から発生する水分を多量に含み、運搬できない土砂は、建設汚泥と称され建設廃棄物に該当する。近年、建設汚泥の発生量が増加している一方で、処分地の不足・処分費用の高騰といった処分問題から、建設汚泥を再資源化し有効利用する必要性が生じてきた。近年、施工割合が増加しているガス導管非開削工法により生じる建設汚泥は、現場が狭小である等の理由で定置式処理プラントを設置できず、バキューム車によって搬出し産業廃棄物として処理しているのが現状である。そこで本研究では、建設汚泥の適切な処理と有効利用の観点から、ガス導管非開削工事で発生する建設汚泥の有効利用を目的とし、セメント系固化材を建設汚泥に混合し固化させて有効利用することを念頭におき、主に改良土の力学特性の検討を行った結果を報告する。

2. 実験概要

表-1 土質特性

2-1 実験試料 試料汚泥には、西部ガスのガス導管非開削工法により発生した泥水状汚泥を用いた。試料土の粒径加積曲線及び土質特性を図-1、表-1に示す。この建設汚泥を考察すると、均等係数、曲率係数の関係から粒度分布は比較的良好、細粒分が50%以上の内、大半がシルトで、液性限界が50%以下であるため、低液性シルト(ML)に分類される。

実験試料	泥水状汚泥 (ガス導管非開削工事)
含水比 $w(\%)$	84.5
土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	2.640
均等係数 U_c	11.7
曲率係数 U_c	1.59
10%粒径 $D_{10} (\text{mm})$	0.0043
30%粒径 $D_{30} (\text{mm})$	0.0186
50%粒径 $D_{50} (\text{mm})$	0.0376
60%粒径 $D_{60} (\text{mm})$	0.0501
最大粒径 $D_{\max} (\text{mm})$	2.00
液性限界 $\omega_L (\%)$	33.6
塑性限界 $\omega_P (\%)$	24.9
塑性指数 $I_P (\%)$	8.7
強熱減量 $L_P (\%)$	4.7

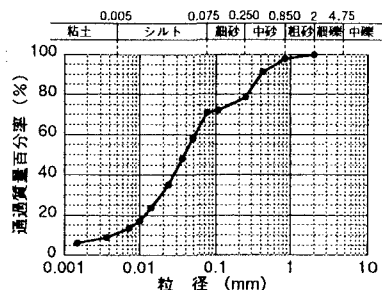


図-1 粒径加積曲線

2-2 実験方法 図-2には建設汚泥を再利用する場合の施工手順¹⁾の例を示している。本実験のフローチャートは、この施工手順を考慮して図-3のように決定した。現場より採取された含水比 $w = 84.5\%$ の建設汚泥を初期含水比を調整せずに、所定量のセメント系固化材と一緒にソイルミキサーを用いて6分間混合・攪拌し固化を行った。この時の固化材の添加量を $C=45, 60, 75 \text{ kg/m}^3$ の3種類とした。その後、この一度固化した汚泥を9.5mmふるいでときほぐし、有効利用の可能性の追求を行った。実験では改良土をときほぐした後、0、7、28日間の仮置きを行い、一軸圧縮用供試体を作成し、一定の養生後にせん断試験を行った。また、同時にコーン貫入試験も実施している。なお、汚泥改良土の仮置き及び養生については、20℃、含水比一定の状態で保管している。

工程	目的
ときほぐし	一度固化した改良土を運搬しやすいように、ある程度の大きさに掘削する工程であり、本実験では9.5mmふるいを通過させた。
仮置き	改良土の利用用途が決定するまで保管・貯蔵すること。
養生	締固めてから所定期間後の改良土の強度を求めるため。

表-2 改良工程の説明

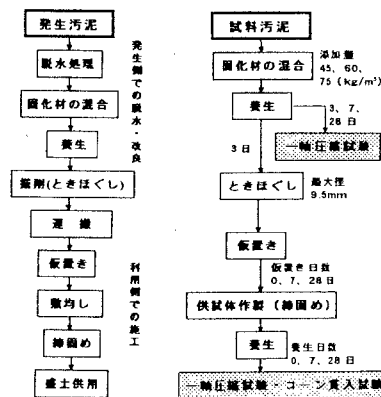


図-2 施工手順

図-3 実験フロー

図-4に汚泥にセメント添加を行ってから、経過日数と各種試験との関連性についてまとめたものを示した。

3. 実験結果と考察

今回の一連の実験フローについて、図-5、6、7に一軸圧縮強さ q_u と固化材添加からの経過日数との関係を各添加量別 ($C=45, 60, 75 \text{ kg/m}^3$) に示す。これらの図より、汚泥を有効利用する際のときほぐし、締固めをする事により、一軸圧縮強さが低下している事がわかる。これはときほぐすことで一旦形成された改良土の組織が破

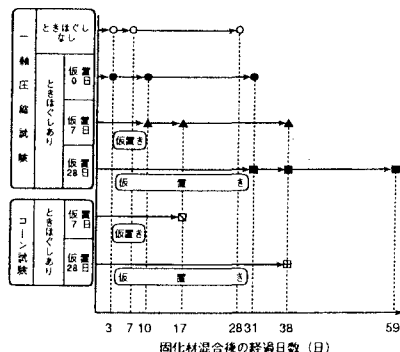


図-4 各試験における固化材添加後の経過日数

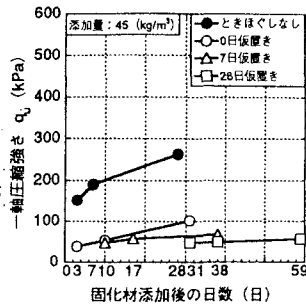


図-5 圧縮強さの経時変化 (C=45)

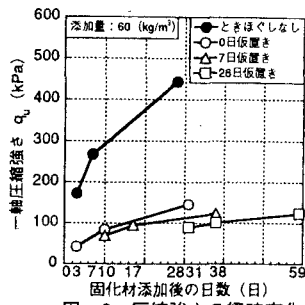


図-6 圧縮強さの経時変化 (C=60)

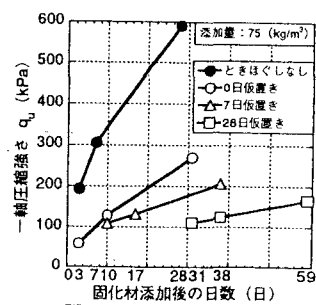


図-7 圧縮強さの経時変化 (C=75)

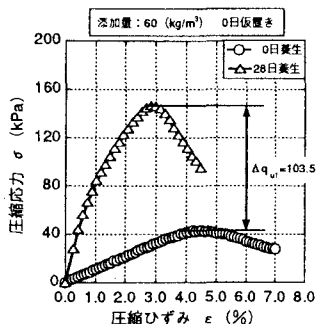


図-8 圧縮応力と圧縮ひずみの関係 (C=60 仮置き0日 養生0、28日)

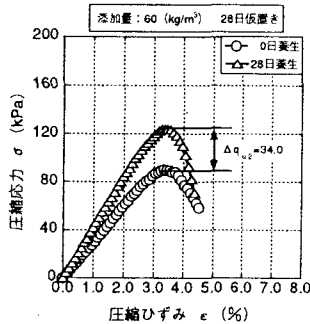


図-9 圧縮応力と圧縮ひずみの関係 (C=60 仮置き28日 養生0、28日)

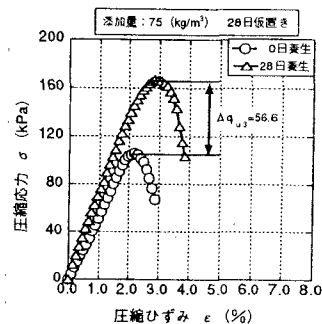


図-10 圧縮応力と圧縮ひずみの関係 (C=75 仮置き28日 養生0、28日)

壊されるためだと思われる。しかし、低下する割合は添加量が多いほど大きくなる傾向を示した。低下した一軸圧縮強さは、締固め後の養生によりある程度回復している。また、次に固化材の添加量に関わらずほぼ直線的に一軸強度が増加する傾向にあることがわかる。

仮置きの影響を把握するために、図-8と図-9に応力-ひずみ曲線を示す。これらの図より $C=60\text{kg/m}^3$ で仮置き日数 0 日、28 日の場合、仮置き日数が短いほど養生日数に伴う強度の伸びは大きくなっている。また、剛性の伸びが著しいこともわかる。一方、仮置き日数が長くなると養生を行わなくてもある程度の強度を発現することもわかる。これは仮置き日数が長期間に及ぶ場合、改良土に含まれる固化材の反応がかなり進行することから、締固め後の養生時における固化材の反応が顕著でなくなり、改良土粒間の接着強度があまり増加しないためと推測できる。次に、仮置き 28 日の場合における添加量の影響を把握するために図-10に $C=75\text{kg/m}^3$ の応力-ひずみ曲線を示している。両図より添加量が多いほど強度増加は大きくなっていることがわかる。これは添加量が多いほど、セメントと水との水和反応が進む事が原因だと思われる。

図-11に突固め回数とコーン指数および乾燥密度の関係を示している。ほとんどの添加量で最も少ない突固め回数の 10 回でコーン指数が最大となっている。これは、これ以上の回数で突固めるとオーバーコンパクションが起こることを示している。最大コーン指数が得られる突固め回数を越えた回数で乾燥密度が増加する現象は、突固めによって改良材で硬化された粒子が破砕されることにより起こると考えられる。今回の試料では、乾燥密度はオーバーコンパクションの判定基準とはならないことがわかった。また、突固め回数 25 回のコーン指数はいずれも 400kPa 以上で、これは第 2 種、第 3 種改良土に分類されることがわかった。

4. 結論

- ①「仮置き」によって締固め後の強度は増加するが、仮置きを長くすると締固め後の強度増加が望めないことから、仮置き日数を短くし、有効利用する方が締固め後における最終的な高い地盤強度が得られる。
- ②改良土を締固める場合、オーバーコンパクションは仮置き日数に関係なく低い突固め回数で起こるため、盛土等に使用する場合は注意して施工する必要がある。

＜参考文献＞1) 小川他：建設汚泥改良土の利用に関する基礎的研究(その 2)ー再生利用を想定した室内実験ー、第 30 回土質工学研究発表会、pp.2223～2224、1995。

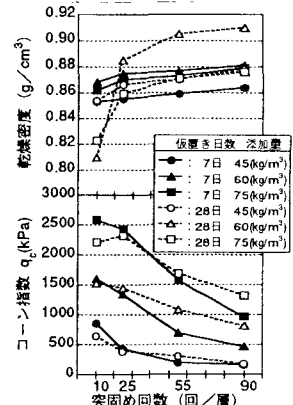


図-11 突固め回数とコーン指数、乾燥密度の関係