

摂南大学 学生員 ○下清水 秀則・石田 哲嗣・大谷 進・野村 哲也
摂南大学 正会員 伊藤 譲

1. はじめに

近年、産業廃棄物は増えていく一方であり、その処分が問題となっている。今回注目したのは産業廃棄物の中でも建設工事に伴い発生する高含水比泥土である。この高含水比泥土は、ほとんどが有効利用されておらず産業廃棄物として処理されている。¹⁾

2. 目的

本研究では高含水比泥土を中性域で処理するために石膏系固化材に注目し、その開発を実験的に試みた。シリーズ1では、固化材の吸水性を検討するため固化材と水のみで実験を行った。シリーズ2では、シリーズ1である程度効果の認められた固化材を泥土に添加してその効果を確認した。

3. 実験方法

シリーズ1では、石膏系固化材の配合実験として固化材と水だけの反応を検討した。含水比35%の泥土に、固化材100kg/m³の添加率の割合で加えることを想定して、実験ではテフロンカップ内で、蒸留水56.67gと固化材12.00gをした。評価方法は、反応吸水率Z(%)として(1)式を定義した。これは、反応吸水率Z(%)

$$\text{反応吸水率}Z(\%) = \left[\frac{\text{反応生成物重量}(g) - \text{薬品乾燥重量}(g)}{\text{薬品乾燥重量}(g)} \right] \times 100 \quad (1)$$

が大きければ固化材と結びつく水量が多いことを意味する。また、環境特性としてpH試験を行った。

シリーズ2では石膏系固化材による泥土の固化実験として、シリーズ1の結果から効果が予想された固化材を中心に固化材の泥土に対する有効性の検討を行なった。実験にはシールド工事より排出されたシールド汚泥を試料として用いて行なった。物性値は表1に示すとおりである。評価方法は、強度特性としてフォールコーン試験、一軸圧縮試験を行った。環境特性としてpH試験、そして含水比の経時変化を調べた。なお、含水比試験より固化材の反応状態を確認するためにG1とG2を定義した。

$$G1(\%) = \left[\frac{\text{水の重量}g - (0.18667 \times \text{半水石膏の乾燥重量}g)}{\text{土の乾燥重量}g + \text{固化材の乾燥重量}g} \right] \times 100 \quad (2)$$

$$G2(\%) = \left[\frac{\text{水の重量}g}{\text{土の乾燥重量}g + \text{固化材の乾燥重量}g} \right] \times 100 \quad (3)$$

G1(%)は添加した固化材の半水石膏がすべて二水石膏に変化した場合の含水比、G2(%)は固化材の半水石膏が全く変化しない場合の含水比である。さらにシリーズ1と2の関係を調べるためにシリーズ1の反応吸水率とシリーズ2の強度特性との関係について検討を行った。

4. 結果と考察

シリーズ1の実験結果を表2、図1~2に示す。表2は配合実験より効果が期待された配合である。図1は半水石膏とセメントの割合に対する反応吸水率の変化を示す。添加1日後の自然

表1 シールド汚泥の物性値

密度 ρ _s (g/cm ³)	2.556
液性限界 ω _L (%)	35.8
塑性限界 ω _P (%)	19.0
砂分(%)	58.7
シルト分(%)	19.3
粘土分(%)	22.0

表2 配合実験により効果が期待された固化材

固化材	配合構成
A1 材	半水石膏 95%、二酸化ケイ素 5%
A2 材	半水石膏 95%、二酸化ケイ素 3%、生石灰 2%
E1 材	半水石膏 70%、セメント 30%
E2 材	半水石膏 70%、セメント 20%、硫酸アルミニウム 10%

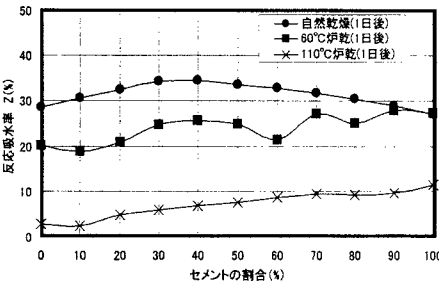


図1 半水石膏とセメントの割合に対する反応吸水率

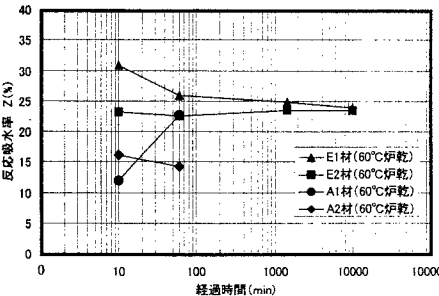


図2 固化材の反応吸水率の経時変化

乾燥において、セメント 30%で反応吸水率がピークを示すことが明らかになった。そこでその配合を E1 材(半水石膏 70%、セメント 30%)とした。また、この図より反応吸水率が乾燥温度に影響されることがわかる。石膏系固化材は固定される水分の結びつきが弱く、乾燥温度が高いと水分を取り込んだ結晶構造が破壊され、反応吸水率に影響を与えると考えられる。

次に E2 材として、E1 材に硫酸アルミニウムを加え、アルカリ性である E1 材の中性化を狙った。しかし硫酸アルミニウムを多く加えると反応吸水率に変動が生じ、少なくすると変動は小さく反応吸水率自体も大きくなるが、アルカリ性が強くなる。そこで、半水石膏 70%、セメント 20%、硫酸アルミニウム 10%を E2 材とした。さらに、A1 材(半水石膏 95%、二酸化ケイ素 5%)と A2 材(半水石膏 95%、二酸化ケイ素 3%、生石灰 2%)も反応吸水率が大きかったが、A2 材はアルカリ性を示し、環境特性を満たすことができなかった。図 2 は実験で反応吸水率の大きかった固化材である。

シリーズ 2 は、35%と 80%に調節したシールド汚泥を効果が期待された固化材(表 2)に対して 100~300kg/m³で添加した。目標強度が得られた実験結果を表 3 に示す。目標強度は一軸圧縮強度 50kN/m²、コーン指数 200kN/m²、pH 評価は排水基準である pH5.8~8.6 とした。E2 材は、反応吸水率は大きかったが、固化実験では目標強度を得ることができなかった。図 3、4 は含水比の経時変化のグラフである。E2 材の 7 日後の含水比が(2)式の値より急激に降下するが、原因は不明である。E2 材以外の固化材は(2)式と(3)式の間にあり半水石膏が二水石膏に完全変化していないと考えられるが、時間経過により水分が固化されて行く。

シリーズ 1 と 2 との関係結果は図 5 に示す。これより含水比 35% シールド汚泥の一軸圧縮強度と反応吸水率とは関係があると考えられた。また、目標強度 50kN/m² を満足するには反応吸水率 15% 以上であると考えられる。

シリーズ 2 では、強度試験としてフォールコーン試験と一軸圧縮試験を行った。この 2 つの実験より図 6 に示すようなコーン貫入量と一軸圧縮強度との関係が見出せた。従って一軸圧縮強度は、フォールコーンの貫入量より推定でき、より簡単なフォールコーン試験により一軸圧縮強度が予測可能である。

5. 結論

今回の研究から以下のことが明らかになった。①石膏系固化材により固化された泥土は乾燥温度が高いと固定される水分が蒸発してしまう非常に弱い構造である。②今回配合した石膏系固化材では半水石膏の二水石膏に変化する以上の吸水効果はあまり見られなかった。③配合実験と固化実験には相関関係があり、配合実験より得られた反応吸水率 15% 以下の場合、含水比 35% のシールド汚泥・添加率 100kg/m³ の条件では強度は期待できない。しかし、水と薬材との配合実験から単純に泥土に混ぜた場合の効果は予測できない。

表 3 強度の得られた固化材実験の概要

固化材	土質名	含水比(%)	添加率(kg/m ³)	pH値
A1材	シールド汚泥	35	200以上	8.13
A2材		80	300	9.67
E1材		35	100以上	10.96

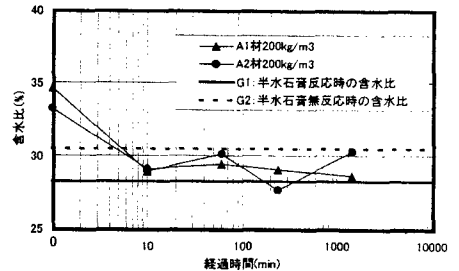


図 3 A1, A2 材による含水比の経時変化

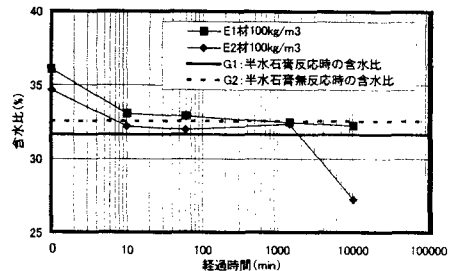


図 4 E1, E2 材による含水比の経時変化

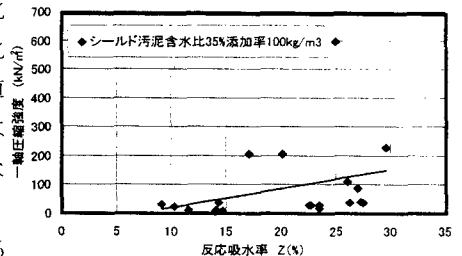


図 5 シリーズ 1 とシリーズ 2 の関係

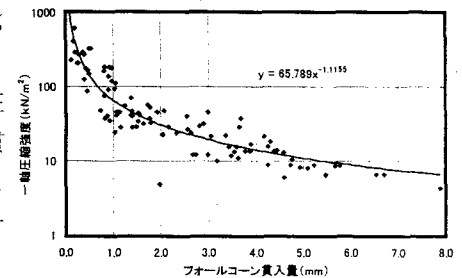


図 6 コーン貫入量と一軸圧縮強度の関係