

高圧脱水固化処理による有害物質溶出抑止効果について

九州大学大学院 学生会員 倉富 樹一郎 フェロー会員 善 功企
正会員 陳 光斉 正会員 笠間 清伸

1. はじめに

循環型社会の構築の観点から、建設副産物を有効利用する技術が求められている。著者らは、浚渫粘土に高圧脱水固化処理を施し、消波ブロックなどの高強度構造体として再利用する方法を研究している。本文では、現在計画中の汚染土壌処理場において凝集沈殿処理の過程で発生する有害物質を含有した粘土に、高圧脱水固化処理を施し、有害物質の周辺環境への溶出抑止効果を検討した。また、作製した固化体の利用用途の拡大について、脱水特性と強度特性の面から検討を行った。

2. 試料および実験方法

供試体の作製には、表-1 に示す成分の有害物を含む汚染粘土（未処理）とこの試料に参考文献¹⁾の凝集沈殿処理後、上澄みを取った試料（処理有）を使用した。表-2 に、その試料の物理的性質を示す。この試料を含水比 160% に調整後、固化材添加し攪拌後、高圧脱水を行う参考文献²⁾の供試体作製方法を適用した。作製後、恒温恒湿で 28 日間養生した。養生後の供試体に対して、一軸圧縮試験(JIS A 1216)と溶出試験を行った。溶出抑止効果を評価するために、表-3 に示す資機材の材質に関する試験法³⁾に基づき溶出試験を行った。ここで、溶出期間は積算時間であり、6 日からは溶媒を各段階で交換した。また、試験項目は、六価クロム(Cr()), 全クロム(T-Cr)、鉛(Pb)、砒素(As)、全水銀(T-Hg)、トリブチルスズ化合物(TBT)、トリフェニル化合物(TPT)を対象とした。ただし、供試体を保存する溶媒のみを検査した結果、上記の重金属の溶存は確認されなかった。

3. 実験結果および考察

(1) 脱水特性：図-1 に凝集沈殿処理の影響を評価するために、今回作製した供試体の圧密度-時間曲線を示す。圧密度は、3t 法における圧密終了時の沈下量を最終沈下量とし、各時間の沈下量をその最終沈下量で除したものとした。固化材添加率 30% では、凝集沈殿処理の有無によらず、圧密度-沈下曲線は一致するが、固化材添加率 10% の場合、処理することで、脱水時間が増加する挙動を示した。その原因として、固化材添加率が低い時は、固化材の凝集効果が小さく、凝集沈殿処理より有害物質が増加し脱水が阻害される。しかしながら、固化材添加率 30% の場合、固化材の凝集作用が強いため、凝集沈殿処理による影響は発生しないと考えられる。

(2) 強度特性：図-2 では、既往の研究²⁾で使用されている熊本港粘土と今回の試料の一軸圧縮強度と固化材添加率の関係を比較した。双方ともセメント添加率の増加に伴い、一軸圧縮強度は増加する。しかし、強度増加の幅が異なっている。図-3 に試料の強熱減量と一軸圧縮強度の関係を示す。強熱減量の増加に伴い、一軸圧縮強度は低下する。この

表-1 有害物質含有量

有害物質	含有量
カドミウム又はその化合物	1.45 mg/kg
六価クロム化合物	定量下限値(0.5mg/kg)未満
全クロム	172 mg/kg
鉛又はその化合物	476 mg/kg
砒素又はその化合物	9.15 mg/kg
水銀又はその化合物	7.77 mg/kg
セレン又はその化合物	0.33 mg/kg
トリブチルスズ化合物(TBT)	174 mg/kg
トリフェニルスズ化合物(TPT)	56.6 mg/kg

表-2 汚染粘土の力学特性

試料名	汚染粘土
液性限界 W_L	85.74
塑性限界 W_P	33.53
塑性指数 I_P	52.21
土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	2.43
強熱減量(%)	15.72

表-3 溶出試験方法

試料	有委 次の前処理を行う。 1) 洗浄(水道水で1時間洗い、その後、精製水で3回洗う。) 2) コンディショニング(所定の液固比で溶媒に試料を漬け、1日静置した後、溶媒を捨てる操作を2回繰り返す)
溶媒	精製水900mLに有効塩素濃度1.0mg/mLの次亜塩素酸溶液、0.04mol/Lの炭酸水素ナトリウム溶液および0.04mol/Lの塩化カルシウム溶液を適量加えて、調整する。 pHの調整はHClまたはNaOHで行う。 pH: 7.0±0.1 硬度: 45±5mg/L アルカリ度: 35±5mg/L 残留塩素: 1.0±0.2mg/L
液固比	溶媒1Lにつき試料の表面積50m ² を超えること
溶出期間	(1) 3日 (2) 6日 (3) 9日 (4) 12日 (5) 15日
溶出操作	常温(おおむね23℃) 静置
検体の作製	溶出後の溶媒を採取し、検液とする

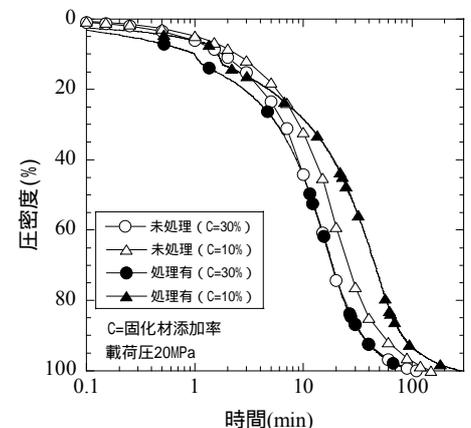


図-1 圧密度-沈下曲線（凝集沈殿処理の影響）

キーワード 土質安定処理 固化材 海成粘土 溶出 重金属

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院 防災地盤工学研究室 TEL/FAX 092-642-4399

ことは、高圧脱水固化による高強度化は、使用する試料の有機質に影響する。

(3) **溶出抑止効果**:表-4 に溶出期間 3 日目の 5 種類の重金属の溶出試験結果を示した。今回試験を行った実験ケースでは、凝集沈殿処理、固化材添加率、載荷圧に関わらず、T-Hg を除いた重金属の溶出量は、環境基準値以内になっている。T-Hg では、環境基準値が今回の定量下限値以下であるため、その判定が不可能であった。また、表-3 の溶出期間 6 日から 15 日のときも、同様の結果が得られた。よって、T-Hg を除いた重金属は、時間経過に伴う供試体からの溶出もほとんど見られないと考えられる。

次に凝集沈殿処理の試料に固化材添加率 30%、載荷圧 20MPa の条件で作製した供試体を対象に、TBT と TPT の溶出量の経時変化を図-4 に示す。TBT と TPT の溶出量は、時間経過によって減少した。凝集沈殿処理による溶出特性に対する影響に着目すると処理有の方が TBT、TPT の溶出が低減した。この原因は、凝集沈殿処理より汚染土壌中の TBT と TPT を粘土に吸着させたため、粘土とこの二つの化学物質の結合が強くなったことが原因と考えられる。しかし、環境基準値と比較すると初期に比べ減少しているものの、どちらも環境基準値を満足していない結果となった。

4. 結論

- (1) 凝集沈殿処理より粘土の有害物質含有量は増加し脱水特性に影響を与えるが、固化材を 30%添加することでその影響はなくなる。
- (2) 有機質の増加に伴い、固化処理土の強度低下が起こった。
- (3) 重金属の溶出は、T-Hg を除いて今回検査した有害物の溶出は、環境基準以内であった。
- (4) TBT と TPT の溶出については、環境基準値以内に低減させる方法を検討していく必要がある。

なお、本研究は科学研究費基礎研究 B(No.163100600(トリブチルスズを含む海底堆積汚泥中の地層処分に関する実用化研究))の成果の一部である。

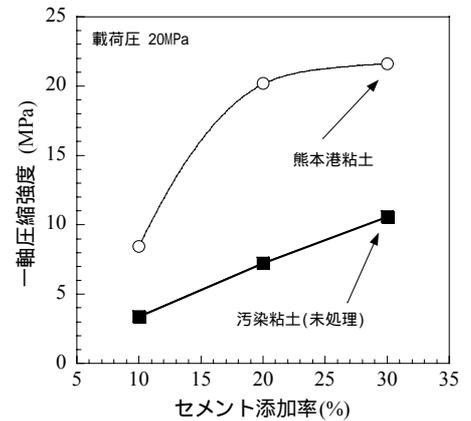


図-2 試料の違いによる強度への影響

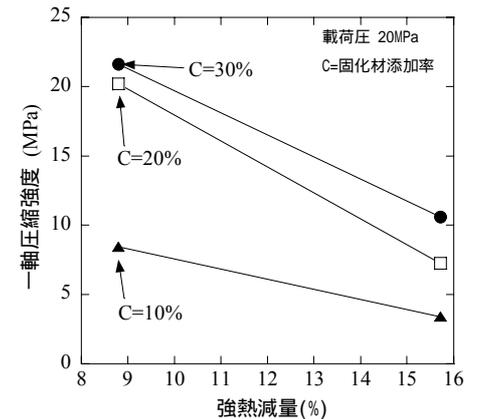


図-3 強熱減量と一軸圧縮強度の関係

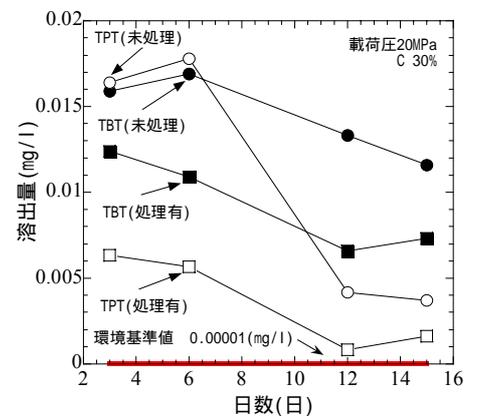


図-4 TBT と TPT の溶出量と時間経過の影響

表-4 重金属の溶出量 (3 日目)

実験ケース	試料	固化材添加率(%)	載荷圧(MPa)	Cr () (mg/l)	T-Cr (mg/l)	Pb (mg/l)	As (mg/l)	T-Hg (mg/l)
CASE-1	未処理	30	5	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	定量下限値未滿
CASE-2			10	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	定量下限値未滿
CASE-3			15	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	定量下限値未滿
CASE-4			20	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	定量下限値未滿
CASE-5		20	20	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	定量下限値未滿
CASE-6		10	20	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	0.0007
CASE-7		処理有	30	20	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿	環境基準値未滿
定量下限値	—	—	—	0.005	0.01	0.005	0.001	0.0001
環境基準値	—	—	—	0.005	0.01	0.005	0.001	0.00005

<参考文献> 1) 杉町仁美, 神野健二, 中牟田啓子, 岡峰奈津美(2003): 有機スズ (TBT) を含む海底土の凝集沈殿特性について, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集第 2 冊分, pp.B122-pp.B123. 2) 田畑陽丞, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸(2001): 定圧載荷による浚渫粘土の高強度セメント処理化, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.A-358-pp.A-359. 3) 土木学会 (2003): コンクリートからの微量成分溶出に関する現状と課題, pp.9-pp.10.