

高圧脱水固化処理土中の有害物質の溶出特性に関する一考察

九州大学大学院 学 ○倉富 樹一郎
九州大学大学院 正 陳 光斉

九州大学大学院 フェロー 善 功企
九州大学大学院 正 平松 浩三

1. はじめに

現在、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。そこで、著者らは、処分が困難な浚渫粘土を利用して、消波ブロックや根固めブロックなどの構造体として再利用する方法を研究している。既往の研究¹⁾より、浚渫粘土に固化材を混合した後、高圧脱水することで、短時間で減容化かつ高強度化し、均質性を有する固化処理土を作製可能なことが確認されている。しかし再利用するさいは環境に対する負荷を考慮する必要がある、固化処理土の溶出特性を解明しなければならない。本文では、工場や造船所付近の有害廃棄物に汚染された粘土に、この方法を適用し、固化処理土の溶出特性について検討を行った。

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を試料として利用した。また、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%になるように調整し、試料の乾燥重量に対し、高炉スラグセメント B 種(以下固化材と記述する)を各添加率で添加し攪拌した。試料を攪拌した後、モールド($\phi 5\text{cm} \times 25\text{cm}$)に充填し、定圧載荷試験機によって圧密終了まで各載荷圧で定圧載荷し供試体を作製した。ただし、排水方法は供試体を均質な状態にするため、上下端のポーラスストーンによる排水に加え、モールド内側にろ紙を敷いた周面ろ紙排水を採用した。また、圧密終了は、3t 法によって決定した。その後、恒温恒湿のデシケーター内で 28 日間養生した。養生後の供試体について一軸圧縮試験(JIS A 1216)と溶出試験を行った。溶出試験の試験方法は表-3 に示した資機材の材質に関する試験法²⁾で行った。ここで、溶出時間は積算時間であり、表中の(2)からは、溶媒を各段階で交換した。また、試験項目は、汚染が酷かった六価クロム($\text{Cr}(\text{VI})$)、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、溶液のブランクを検査した結果、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 に固化材添加率を変化させた場合の圧密度-時間曲線を示す。ここで圧密度は、3t 法における圧密終了時の沈下量を最終沈下量として、各時間の沈下量をその最終沈下量で除したものとした。これを見ると、固化材添加率を増加させることで、圧密時間を短縮できる傾向があった。

次に図-2 に固化材と同様の方法で高炉スラグを添加した場合の圧密度-時間曲線を示す。スラグ添加率が増加するにつれ、圧密終了時間は短縮する傾向が見られた。特にスラグを 100% 添加することで添加しない時に比べ、約 80% 圧密時間を短縮できることが確認された。

(2) 一軸圧縮強度試験結果： 図-3 にセメント添加率を変化させ

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	有姿 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る。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: 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
溶出時間	(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

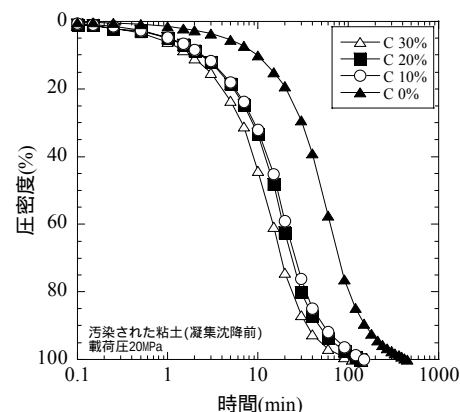


図-1 固化材添加率の影響

た場合の一軸圧縮強度試験の結果を示した。これより、固化材添加率が增加するにつれて、固化材を 10%以上添加することで一軸圧縮強度が増加する傾向がみられた。しかし、既往の研究¹⁾で熊本港粘土では同条件で一軸圧縮強度は、約 23MPa 発揮していたことを考えると今回の汚染土はそれに比べ強度が発揮されていないと考えられる。その原因として表-1 に示したような有害物質が固化材の水和反応を阻害しているためであると考えられる。また、熊本港粘土の強熱減量が 8.8%であるの比べ今回の汚染粘土は、表 2 に示した通り、15.72%とその約 1.8 倍の強熱減量があり、有機質を多く含んでいるためであると考えられる。

(3) 溶出試験結果: 表-4 に溶出時間 3 日間の 5 種類の重金属の溶出試験結果を示した。今回試験を行ったどの固化材添加率でも、どの載荷圧でも、ほぼ定量下限値以下になっている。ここで、定量下限値が環境基準と同じレベルであること考慮すると、今回溶出試験を行った重金属については資機材の材質に関する試験法における環境基準を満たしていると考えられる。また、この後、表-3 の溶出時間(2)~(5)まで、同様の試験を行った結果も同様の結果が得られた。よって、重金属に関しては、時間経過に伴う溶出もほとんど見られないと考えられる。次に固化材添加率 30%、載荷圧 20MPa の条件で作製した供試体に関して、TBT と TPT の溶出量の経時変化を図-4 に示した。これより、両方とも時間経過によって減衰していることが確認された。しかし環境基準と比較すると初期に比べ減衰しているものの、どちらも環境基準値に達していないことが確認された。

4. まとめ

- (1) 固化材添加率を高め、さらに高炉スラグ添加率を高めることで、脱水時間を短縮できる傾向が見られた。
- (2) 有害物質や有機質を熊本港粘土より多く含むため、熊本港粘土のような 23MPa といった高強度な一軸圧縮強度が発揮されなかった。しかし、固化材を 30%添加すれば、根固めブロックとして再利用するために必要な一軸圧縮強度である 5MPa 以上発揮した。
- (3) 高压脱水固化処理を施すことで、重金属の溶出に関して今回検査した有害物の溶出に対して、ほぼ環境基準値を達成した。
- (4) TBT と TPT に関して環境基準に達していないので、今後これらの溶出が環境基準値以内におさま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關する実用化研究))の成果の一部である。

表-4 重金属の溶出量 (3 日目)

実験ケース	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	30	5	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満
CASE-2		10	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満
CASE-3		15	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	0.001	定量下限値未満
CASE-4		20	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満
CASE-5	20	20	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満
CASE-6	10	20	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	定量下限値未満	0.0007
定量下限値	—	—	0.005	0.01	0.005	0.001	0.0001

参考文献: 1) 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-A-359 2) 土木学会, 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.

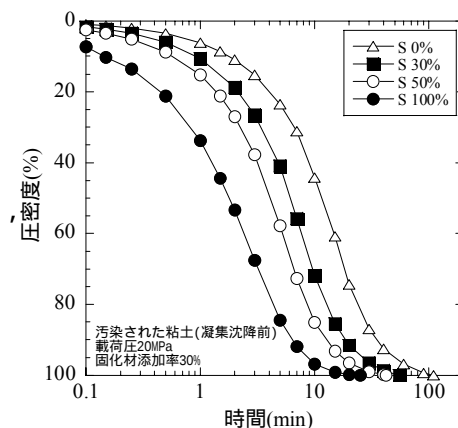


図-2 スラグ添加率の影響

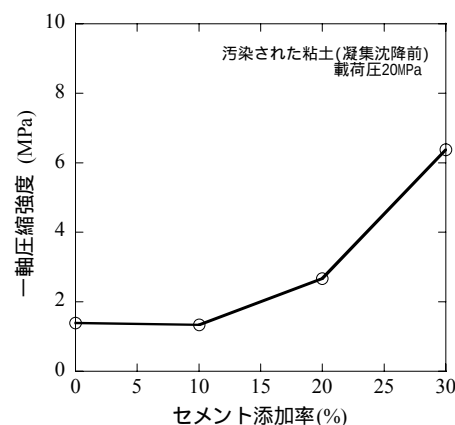


図-3 強度に対する固化材添加率の影響

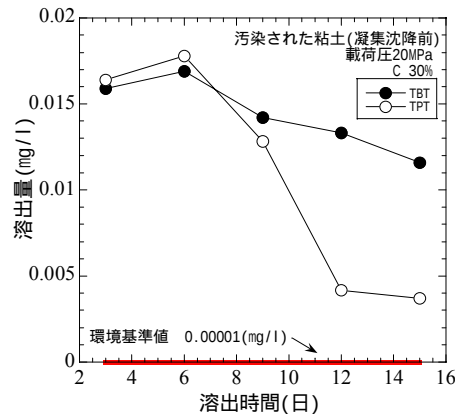


図-4 溶出量の経時変化