

中国における下水汚泥の安定化処理技術の開発

中国 河海大学 朱 偉
日 大 生 産 工 大 木 宜 章

1 はじめに

中国では水環境を改善するために、下水処理場の建設が急がれている。ただし、工業汚水、生活污水を処理すると同時に大量の下水汚泥が発生することは避けられない。今まで、中国では下水汚泥を適正処理しておらず、ごく一部が焚焼や堆肥化されているが、ほとんどの部分が管理されてなく随意処分されている。大量の下水汚泥がそのまま下水処理場の外部へ流出し自然環境に与える影響が深刻になりつつ、対策を講じることが急務である。各国でよく使われている焚焼、堆肥および処分場埋め立てる技術については、汚泥の成分、コストならびに管理上の問題によって適用しにくく、中国の国情に合う技術の開発が求められている。

2 安定化処理技術

処理費用が安く、施設管理が簡単で環境安全を確保できる技術が求められている中、今までの汚泥処理技術をよく見直して新しい技術開発に取り込まなければならない。

焚焼技術は先進諸国でよく使われているが、設備投資が多く、運行費も高くほとんどの都市が負担できないため技術として適用されてない。資源化技術の一種としてコンポスト化し肥料にして利用するのも世界中で広く使われている。ただし、中国の都市下水収集システムのほとんどが生活下水と工業下水を分けられず同時に下水管へ流し込んでいるので、下水汚泥に重金属が含まれている。そのため、コンポスト化しても肥料中の重金属の問題で、緑化以外には使われない。ごみ処分場で埋め立てることも考えられるが、脱

水後の含水率が 80%程度の汚泥では、強度が低く、処分場の地すべりを引き起こした事例がたびたび見られる。また転圧作業しにくく、排水および排気パイプを目詰まりさせてしまう問題があって、ごみ処分場が受け入れない状況にある。

このような状況からローコストで、設備投資少ない、管理作業がしやすいという需要から安定化処理技術の開発を乗り出した。ここでの安定化処理という目標では物理性質の改良と化学性質の改良を狙っている。安定処理によって下水汚泥の物理性質に変わり、強度が高く、転圧しやすく、透水性の低いものにする。化学性質については重金属の形態を変化し、鉱物と結合して外へ溶け出しにくくなる。

ただし、今まで使われた安定化、固化する添加剤はセメントが中心になっているが、下水汚泥を固化する場合に無機鉱物が少ないため、大量に添加しても性質がなかなか改良されないので、新しい添加剤の開発が必要となった。

3 骨格構築による安定化処理

セメントで下水汚泥を固化してみたが、どうしても混合体が硬くならない。セメントの反応を妨害する原因は二つ考えられる。一つは下水汚泥中の重金属、有機イオンがセメントの反応を妨害する。もう一つはセメントが反応するが骨格とつながらず、有機の粒子が弱点となって全体の強度が上がらない。実務の操作性を考えた上、混合体に骨格ができるよう改良してみた。有機分が 80%も占める下水汚泥に粘土鉱物を混合させてセメント反応物と一緒に骨格を作れるようにする、この方法を骨格構築による安定化処理と名づけた。

The Solidification/Stabilization (S/S) of Sludge in China

Wei ZHU, Lei LI Hohai University, College of Environmental Science and Engineering
Takaaki OHKI Nihon University, College of Industrial Technology

4 安定化処理の実験

このような考え方に基づいて、室内実験を行った。実験に用いた下水汚泥の性質は表 1 に示す。添加剤として用いた粘土の性質は表 2 に示す。セメントは普通珪酸塩セメントを用いた。

決められた配合でミキサを利用し混合した後、一軸圧縮実験用の模型に詰め、恒温恒湿機で養生し、7 日目に一軸圧縮などの物理実験および重金属溶出実験 (EPA の実験基準基づく) を行った。

表 1 下水汚泥の基本性質

Table 1 Physical and chemical characterization of sludge

含水率 /%	密度 /gcm ³	比重	pH	塑性指数 /%	有機分 /%	Cu /mg·kg ⁻¹	Zn /mg·kg ⁻¹	Cd /mg·kg ⁻¹	Pb /mg·kg ⁻¹
75.8	1.05	1.61	7.07	256.1	42.8	199	505	26	116

表 2 添加剤として粘土の基本性質

Table 2 Basic characterization of calcium-bentonite

SiO ₂ /%	Al ₂ O ₃ /%	CaO /%	MgO /%	Fe ₂ O ₃ /%	FeO /%	TiO ₂ /%	MnO /%	K ₂ O /%	Na ₂ O /%	P ₂ O ₅ /%	H ₂ O /%
70.49	16.14	2.02	2.72	1.89	0.23	0.11	0.05	0.88	0.14	0.03	5.57
膨張率/mL·g ⁻¹	吸水率(2h)/%	CEC/mmol·(100g) ⁻¹	粒度(180μm)/%								
9.5	≥180	79.2	95								

5 処理効果

強度の実験結果を整理し、図 1、図 2 に示す。明らかに分かるように、粘土の添加によってセメントの使用効率がよくなった。粘土を使わない場合には、重量

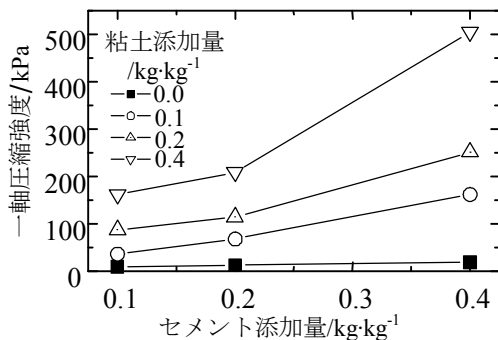


図 1 一軸圧縮強度とセメント添加量(7d)

Fig.1 Relationship between unconfined compressive strength and cement content (curing time: 7d)

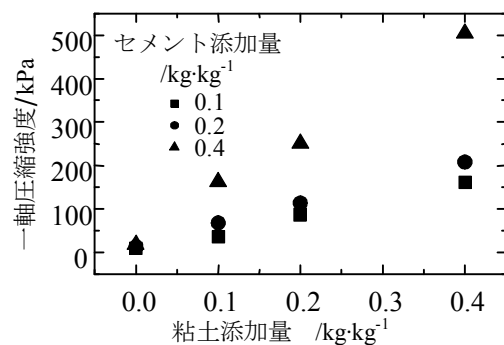


図 2 一軸圧縮強度と粘土添加量(7d)

Fig.2 Relationship between unconfined compressive strength and bentonite content (curing time: 7d)

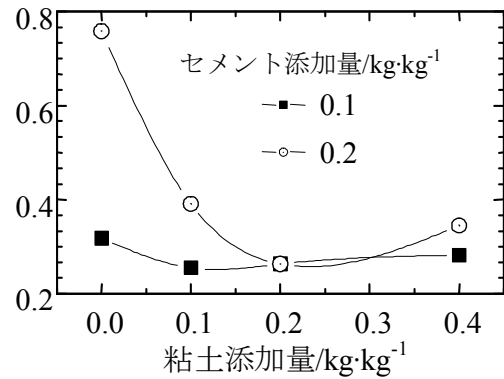


図 3 Zn 溶出率と粘土添加量(7d)

Fig.3 Leaching of Zn from solidified sludge at various bentonite content (curing time: 7d)

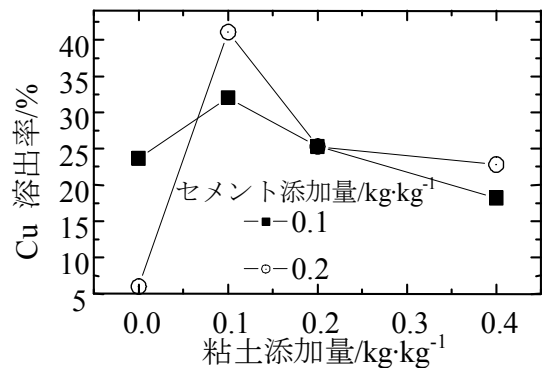


図 4 Cu 溶出率と粘土添加量(7d)

Fig.4 Leaching of Cu from solidified sludge at various bentonite content (curing time: 7d)

半分程度のセメントを加えても混合体の強度が僅かであったが、粘土を加えることによって強度が 10 倍以上も上がった。セメント添加量を一定にして粘土を加えれば、強度が線形に比例して上昇する。粘土を添加することによってローコストで下水汚泥を固化することができるような結果となった。

溶出実験の結果を整理し図 3、図 4 に示す。異なる添加剤で固化した後の溶出実験では、粘土を加えたことによって Zn、Cu ともに溶出しにくいことが分かる。Zn について溶出率が著しく低下し、添加量が 0.2kg/kg 以上で安定した結果が得られた。Cu については一度上がったが、その後低下して安定する傾向を示した。

6 まとめ

中国で下水汚泥処理が深刻になった問題に対して、骨格構築による安定化処理技術を開発しその効果を室内実験で確認した。粘土を加えることによって混合体の物理的性質が大きく変わり、少ない添加量で強度を向上することができた。それと同時に、重金属の安定性もよくなった。この技術の開発によって下水汚泥を安定化処理して埋め立てる可能性を生み出した。

