

京都大学防災研究所 正会員 嘉門 雅史・勝見 武
 京都大学大学院 学生員 渡辺 拓・〇乾 徹

1. 研究の概要

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いる。しかし、建設汚泥の再資源化する場合脱水処理のみでは十分な強度が得られない場合が多く、また固化処理のみを行った場合は大量の固化材を要し、非常に不経済である。そこで本研究は、建設汚泥の効率的な処理を行うため、脱水と固化の各処理を一連のシステムとして行う方法として、連続脱水・固化処理システムの適用性と効果の評価を目的とした。脱水処理では汚泥の性状による脱水特性の相違の把握、また固化処理ではセメント改良による安定処理効果と処理土の特性について検討を行うため室内試験を行い、再利用が可能な安定処理汚泥への処理過程の確立を試みた。

2. 脱水処理試験

2.1 実験手法 実験には、泥水工法を採用している建設現場からのベントナイト廃泥水、及び建設汚泥をベントナイト濃度 5.0%，泥水濃度 20.0% になるように調整した試験泥水を用いた。各試料の性状を表 1 に示す。脱水試験は高さ 600mm の特殊圧密リングを用いた圧密脱水装置を用いて行った。脱水時の載荷圧は 120s 間隔で漸次荷重を載荷し最大載荷圧が 784.8kPa、1.26MPa、2.51MPa の 3 通りになるように設定した。凝集剤の添加量については、塩化カルシウム水溶液 (35% 濃度) を泥水体積の 1.0%、高分子凝集剤を 5.0%、炭酸アルミニート系塩材料を 400mg/l を予備実験から決定し、十分に汚泥と混合後、脱水試験を行い、汚泥の体積変化が終了した時点で試験を終了した。その際、泥水体積の経時変化、排出水の水質について測定を行った。

2.2 結果及び考察 図 1 に脱水試験の結果の一例とそれに伴う排出水の水質を示す。汚泥は初期体積の 15% 程度までに減量化され、また水質についても排水基準をクリアしている。しかし、建設汚泥は一般に濃度によって決定される比重、及び粒度分布・土の親水性・増粘剤などの薬剤混入量によって決定される粘性により、その性状が異なるとされている¹⁾。このため、汚泥・粘性の異なる試料について脱水試験を行い汚泥の性状と脱水特性の関係について調べた。図 2 のように体積で各汚泥の脱水レベルを評価した場合はばらつきが生じているが、図 3 のように汚泥の含水比 w を液性限界 w_L で正規化し、土のコンシステンシーを考慮して脱水のレベルを再評価した場合、濃度が 10.0% と非常に薄い汚泥を除いて、脱水曲線がほぼ同一のものが得ら

表1 建設汚泥の性状

Sample No.	1	2	3
土粒子密度 (g/cm ³)	2.689	2.672	2.689
泥水濃度 (%)	6.80	20.00	14.70
コンシステンシー			
液性限界 (%)	283.81	99.72	143.64
塑性限界 (%)	71.23	28.62	-
泥水密度 (g/cm ³)	1.030	1.142	1.087
ファンネル粘性 (s)	25.9	24.0	25.4
粒度分布			
礫分	0.0	0.0	0.0
砂分	0.0	0.0	0.0
シルト分	31.7	33.8	25.0
粘土分	68.3	66.2	75.0

備考

群所寄・注
 試験排水
 ベントナイト
 濃度 5%
 分取割合
 0.3~0.4%
 分取割合
 0.1~0.2%

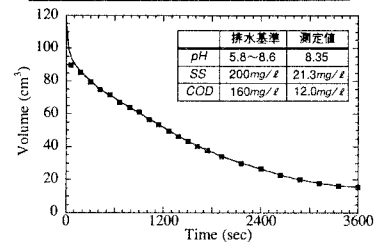


図1 脱水処理試験の結果 (Sample 2)
 (最大載荷圧784.8kPa)

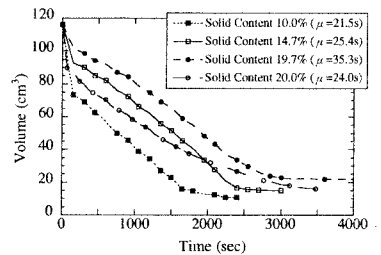


図2 汚泥の性状と脱水特性
 (最大載荷圧784.8kPa)

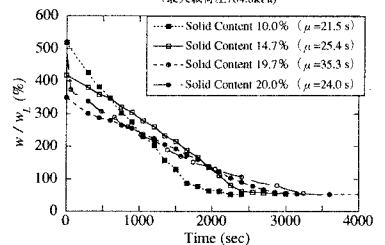


図3 汚泥の性状と脱水の特性
 (液性限界で基準化)

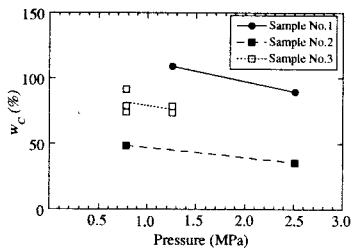


図4 最大載荷圧と脱水ケーキの含水比

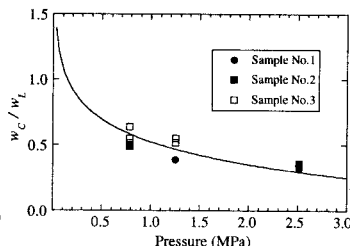


図5 脱水時の最大載荷圧と脱水のレベル
(液性限界で基準化)

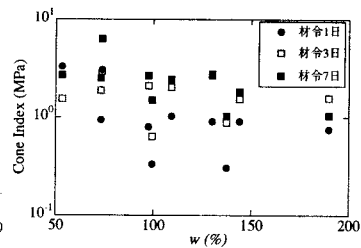


図6 汚泥の含水比と安定処理土の強度

れている。図4は各試料について、脱水試験時の最大載荷圧と脱水ケーキの含水比 w_c の関係を示したものである。汚泥の種類によって脱水のレベルに大きな相違がみられるが、先程と同様に w_c/w_L を用いて脱水レベルを評価すると、最大載荷圧つまり脱水機械の能力により脱水レベルはほぼ予測できることが分かる(図5)。以上の考察から、脱水レベルを w/w_L で評価することにより汚泥の性状を問わずに脱水時の最大載荷圧から脱水レベルを予測・管理することができるといえる²⁾。

3. 固化処理試験

3.1 実験手法 固化処理試験は現在用いられている脱水機械の能力を考慮して数段階($w/w_L=1.38, 1.00, 0.75$)に含水比調整を行った汚泥に対し、普通ポルトランドセメントを添加・混合して、一軸圧縮試験、フォールコーン貫入試験を行い、その強度を測定した。

3.2 結果及び考察 はじめに、各汚泥に固化材添加量7% (質量比)で固化処理を施した場合の強度(コーン指数)発現を従来の汚泥の含水比との関係で評価を行ったが、図6のように含水比と強度の関係にはばらつきがみられた。しかし先程と同様に汚泥の含水比を w/w_L で評価すると、脱水レベルと強度に相関が確認される(図7)²⁾。安定処理土の強度自体も、建設省による建設汚泥リサイクルモデル事業における安定処理汚泥の転圧特性についての4段階の目標強度値³⁾を用い、材令7日の時点での一軸圧縮強さで評価した結果、表2のような固化材添加量で強度の発現が可能であり、適量の固化材で再利用可能な処理土が得られた。

表2 目標強度と脱水レベルによる必要固化材添加量³⁾

Case	目標とする施工状況		現場目標 強度 q_c (kPa) ^(注1)	室内目標強度 (現場目標強度×2.0 ^(注2)) (kPa)		必要固化材添加量 (質量比%)			
	ブルドーザ			タイヤローラ		w/w_L =1.38	w/w_L =1.00	w/w_L =0.75	
	敷均し	転圧		転圧					
1	施工可	転圧回数2回 (3回以上になると軟弱化現象が見られた。)	タイヤローラ進入不可	250	500	100	2.8	1.8	2.6
2	施工可	施工可	転圧回数1〜2回で潜り込み	450	900	180	5.3	3.9	4.1
3	施工可	施工可	転圧5回以上でローラマークが薄くなり、ウェーブ現象が見られた。	800	1600	320	7.8	5.9	5.5
4	施工可	施工可	転圧5〜7回程度まで盛土表面異常無。 7回以上でヘアークラック多数発生。	1600	3200	640	10.9	8.3	7.2

注1) 文献では kg/cm^2 単位で表されているが、本研究との単位統一のため、 $1\text{kg/cm}^2=100\text{kPa}$ でSI単位に換算した。

注2) 現場と室内試験の強度比0.5 (軟弱土) から算出

注3) (コーン指数) $=5 \times$ (一軸圧縮強さ) として換算

4. 結論

連続脱水・固化処理システムにより再利用が可能な強度を持つ処理土を得ることができた。また、汚泥の性状や脱水時の載荷圧の相違により汚泥の脱水レベルに相違がみられたが、 w/w_L を用いることにより、その脱水レベルを予測できた。さらに、各種汚泥を固化時の発現強度は固化材混合前の含水比よりも、 w/w_L に対して強い相関を持っている。これらから連続脱水・固化処理過程においては汚泥の含水比を液性限界で基準化し管理することが適切であり、処理の効率化の評価が可能となった。

【参考文献】 1) M.Kamon&T.Katsumi:Utilization of Waste Slurry from Construction Works, Proc. 13th ICSFME, Vol.4, pp.1613-1616, 1994 2) 嘉門雅史・勝見 武・渡辺 拓・乾 徹:建設汚泥の連続脱水・固化処理システムによる再資源化,第32回地盤工学研究発表会(投稿中),1997 3) 建設省土木研究所:建設汚泥再生利用暫定マニュアル(案),1994