

44. パッケージタイプの 小型泥土改良プラントの作動試験

(株)フジタ：*阪本 廣行・茶山 和博
中井 康孝

§ 1. はじめに

近年、廃棄物の処分場の新規立地が困難な状況となり、特に首都圏における産業廃棄物の処分場の不足は危機的な状況となりつつある。このような現状において建設工事から排出される建設汚泥は増加の傾向にあるがそのリサイクルはわずかしが行われていない。

建設汚泥は、そのほとんどが単に地山の土砂に水が加わっただけのものであり、水を取り除くか石灰やセメント系固化材で改良することにより盛土材等に有効利用が可能となる。従来の改良プラントは大掛りなものとなり、また、改良後強度を発現し、搬出あるいは有効利用が行えるようになるまでの養生スペースの確保が必要であり、また、そのためのストックヤードを確保することが困難な場合がほとんどである。今回製作したプラント(10m³/h)により、泥土を市販のセメント系速硬型固化材(アウイン系)を用いて改良し、室内試験結果と比較することによりプラントの性能評価を行ったので報告する。

§ 2. プラント概要

プラントの概要を図1に示し、写真1にプラント全体を、写真2にミキサを示す。本プラントは、一体型の構造となっており、トラックに搭載して運搬可能なものである。

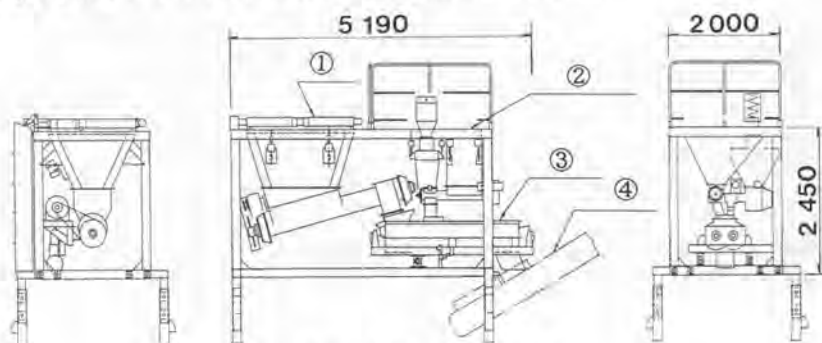


図1 プラント概要(単位mm)

プラントを構成する主な装置の概要を以下に述べる。

①泥土供給装置：容量1.5m³のホッパと泥土切出し装置とで一体となっている。装置全体がプラントの外枠より4点のロードセルにより吊られており、常に質量の計測を行うことができる。泥土ホッパ上面には跳ね上げ式のグリズリがあり□80mm以上の異物がホッパ内に入らないようになっている。泥土切出し装置は、回転数可変のスクリーフィーダで10m³/hの搬送能力を持つ。

②固化材供給装置：容量0.5m³のホッパと固化材切出し装置とで一体となっている。全体がプラントの外枠より4点でロードセルにより吊られており、固化材搬送量を直接計測することができる。固化材切出し装置は回転数可変のスクリーフィーダで、最大1500kg/hの供給能力を持ち、泥土の供

給量に合わせて固化材の供給量を調節することが可能である。

③ミキサ：10m³/hの処理能力を持つ連続式二軸パドル型ミキサである。土質に応じてミキサの角度および回転数を変化させることができる。

④搬出用ベルトコンベア：ミキサから排出された改良土をダンプトラックに直接投入するためのベルトコンベアである。プラント運搬時は取り外して別の車で運搬する。



写真1 プラント全景



写真2 ミキサ

§ 3. 実験概要

3.1 実験概要

実験に用いた試料土は、実験を行った埼玉県入間市にある実験場の掘削土（火山灰質粘性土）に加水して調整した。試料土の採取時の土質性状を表1に示す。

実験は泥土の固さを3段階に調整し、プラントの時間当りの改良土量を2段階に変化させ、セメント系速硬型固化材により改良した。改良後直ちに改良土の試料を採取し、一軸圧縮試験の試料とした。泥土の固さを3段階にしたのは、泥土供給装置およびミキサの混練性能が泥土の固さにより変化すると考えたためである。また、試料土を事前に採取し、室内に持ち帰って含水量による泥土性状の変化および室内配合試験を行い、プラント改良実験の泥土の調整、固化材添加量の決定およびプラントの混合性能評価の比較の対照とした。

実験は泥土の固さを3段階に調整し、プラントの時間当りの改良土量を2段階に変化させ、セメント系速硬型固化材により改良した。改良後直ちに改良土の試料を採取し、一軸圧縮試験の試料とした。泥土の固さを3段階にしたのは、泥土供給装置およびミキサの混練性能が泥土の固さにより変化すると考えたためである。また、試料土を事前に採取し、室内に持ち帰って含水量による泥土性状の変化および室内配合試験を行い、プラント改良実験の泥土の調整、固化材添加量の決定およびプラントの混合性能評価の比較の対照とした。

3.2 実験方法

プラント改良の試験の組み合わせを表2に示す。改良試験は、ミキサを所定の角度および回転数に設定した後、泥土をバックホウで泥土ホッパに投入し、泥土供給装置、固化材供給装置およびミキサを作動させた後、所定量の試料土と固化材をミキサにより混合し、処理土の排出が安定したと考えられる時点で処理土試料をミキサ排出口付近で採取し、直ちに一軸圧縮試験用のφ50×h100mmのモールドに詰め、所定時間養生した後一軸圧縮試験を実施した。泥土約1m³の改良を行った。プラント改良による一軸圧縮試験結果と同条件の事前室内配合試験結果を比較することによりプラントの性能

表1 土質性状

項目		測定値
一般	湿潤密度 ρ_w g/cm ³	1.355
	乾燥密度 ρ_s g/cm ³	0.561
	土粒子の密度 ρ_p g/cm ³	2.715
	自然含水比 w %	141.3
粒度	礫 分 2~75 mm %	0
	砂 分 75μm ~2mm %	6
	シルト分 5 ~75μm %	53
	粘土分 5 μm 未満 %	41

表2 実験マトリックス

試験No.	含水比	ミキサ角度	ミキサ回転数	時間当り改良土量
1	157.4	8°	50 rpm	4 m ³ /h
2				8 m ³ /h
3	181.3	8°	50 rpm	4 m ³ /h
4				8 m ³ /h
5	214.2	8°	50 rpm	4 m ³ /h
6				8 m ³ /h

評価を行った。

§ 4. 試験結果

4.1 事前室内配合試験 配合試験結果を表3に示し、含水比と一軸圧縮強さの関係を図2に示す。一軸圧縮強さは含水比が小さいほど、また固化材添加量が多いものほど高い強度を示した。材令と一軸圧縮強さの関係では、120 kg/m³添加以上のものは3種の試料とも30分で $qu > 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ となり、2時間経過で固化材添加量90kg/m³も $qu = 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ を上回った。24時間後には試料No.2の90kg/m³添加を除いたすべての試料において $qu > 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ となった。この結果から、プラント試験での固化材添加量は3種の試料土とも30分で $qu > 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ を満足する120 kg/m³とした。モルタルスランプ試験では、混練直後から急速に流動性を失い、30分後にはすべての試料でほぼ0 cmとなった。

表3 室内配合試験結果

試料No.	固化材添加量 (kg/m ³)	モルタルスランプ (cm)			qu (kgf/cm ²)					
		0分	15分	30分	30分	1時間	2時間	1日	7日	28日
2	90	1.4	0.6	0.2	0.14	0.21	0.27	0.46	0.85	0.94
	120	0.8	0.1	-	0.34	0.46	0.58	0.99	1.55	1.72
	150	0.4	-	-	0.57	0.71	0.99	1.85	2.49	2.90
4	90	1.0	0.4	0.2	0.18	0.26	0.30	0.55	0.82	1.07
	120	0.4	0.1	-	0.36	0.34	0.69	1.15	1.88	2.08
	150	0.2	-	-	0.61	0.79	1.24	2.31	2.66	3.45
6	90	0.6	0.2	-	0.24	0.35	0.48	0.74	1.10	1.34
	120	0.3	-	-	0.40	0.66	0.78	1.36	2.15	2.36
	150	0.1	-	-	0.66	0.91	1.41	2.58	3.66	3.98

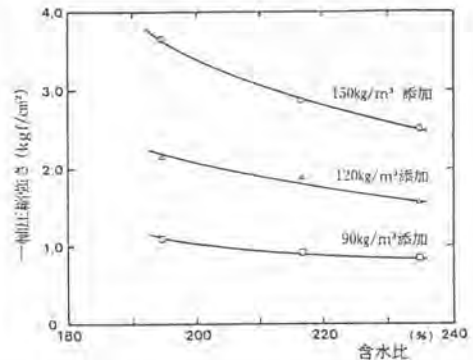


図2 含水比と一軸圧縮強さの関係（7日養生）

4.2 プラントによる改良試験

プラントによる改良試験では、プラントのミキサの混練性能の評価とプラント混合による改良土の特性の把握を目的とした。試料土はその含水状態の違いにより硬、中および軟の3種とした。それぞれの土質性状を表4に示す。プラント改良時の結果を表5に示し、

養生時間と一軸圧縮強さの関係を図3に示す。

一軸圧縮強さは試験No.5については低い値を示したが、他は30分で $qu > 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ を上回り、2時間ではおおむね 0.5 kgf/cm^2 を上回っていた。また、7日養生でも、No.5を除いて qu がほぼ 2.0 kgf/cm^2 以上となった。ミキサの性能は、同一試料による室内での完全混合と考えられる固化試料と一軸圧縮強さを比較することによって判定するが、室内試験はプラント試験の事前に行った配合量決定の試験結果を流用した。このため、室内試験とプラント試験での含水比およ

表4 試験時の土質性状

試料土	含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	コンクリートスランプ (cm)	モルタルスランプ (cm)	フロー値 (mm)
軟	214.2	1.250	25.1	10.1	197
中	181.3	1.292	12.9	4.1	155
硬	157.4	1.301	3.5	1.0	125

表5 プラント改良試験結果

試料土	軟						中		硬	
	試験No.	1	2	3	4	5	6	5	6	
設定改良土量 (m ³ /h)	4	8	4	8	4	8				
実施固化材添加量 (kg/m ³)	140.1	159.0	157.6	108.2	112.4	140.5				
試験時気温 (°C)	18.0	17.5	14.0	16.0	19.0	19.0				
試料土温度 (°C)	15.0	15.0	13.5	15.0	13.5	13.5				
固化処理土温度 (°C)	0 min	22.0	23.5	23.0	22.0	23.5	23.5			
	15 min	24.5	25.5	25.0	25.0	25.0	28.0			
	30 min	26.0	27.0	26.5	26.0	26.0	29.5			
	1 hr	26.0	27.0	26.5	26.0	26.0	29.5			
一軸圧縮強さ qu (kgf/cm ²)	30 min	0.300	0.465	0.760	0.240	0.080	0.680			
	1 hr	0.450	0.665	1.025	0.350	0.155	0.895			
	2 hr	0.635	0.876	1.430	0.480	0.245	1.180			
	7 days	2.010	2.650	3.740	1.890	1.150	2.960			
固化処理土 pH	11.3	11.9	11.9	11.4	11.0	11.9				

び固化材添加量が必ずしも同条件ではなかった。したがって室内とプラントの結果を直接比較することができなくなり、室内試験の一軸圧縮強さと含水比の図を用いてプラント試験結果と同一条件の値を推定した。プラントによる固化強さと室内試験による一軸圧縮強さの推定値を比較し、プラント実測値を室内推定値で除したものをミキサ混練度として表6に示す。

プラントにおける混練が室内試験における混合と同様に充分であれば固化強さも室内試験結果とほぼ同じと考えることができ、ミキサ混練度は1.0となる。

結果は試験No.5がプラントでの一軸圧縮強さが非常に低い値であったため混練度も非常に小さい値となった。試験No.5を除いて結果

を見ると、30分～2時間までの結果では混練度は0.5～1.0の範囲にばらついていた。しかし、これはセメント系の固化にあっては非常に短時間であるため、強度発現の初期強度に養生温度や試料採取からモールド充填までの時間や一軸圧縮試験までのわずかな時間のずれも大きく強度のばらつきに関与していたものと思われる。したがって、最終的な比較を7日強度で行うと混練度は0.76～0.93となった。

§5. おわりに

セメント系固化材による改良においては、泥土と固化材の混合が十分に行われる必要があり、その混合度によって強度発現に大きく影響する。ミキサの土質対応性を見ると、今回の試験では試験No.3および4の（中）が、混練度0.9～0.93となり、試料土（軟）および（硬）については混練度0.76～0.79となった。これはスランプが13cm程度の土が最もよく混練され、それより固くなっても軟らかくなくても混練性能が低下することを示している。しかし、いずれの場合も混練度は満足の行くものであった。

今回開発したプラントは、コンパクトな一体型となっており、機動性に富み、速硬型固化材を使用することにより敷地の狭い現場においても土質材料としての再利用が可能となる改良が出来るようになった。泥土供給装置は全ての土質に対応できるわけではないが、泥土供給装置にアタッチメントを取り付けることにより高流動泥土も改良可能となる。

今後、建設発生土の再生利用のニーズは更に高まることは、明白である。トータル的に見れば軟弱な建設発生土を処分して良質土を購入するより、建設発生土を有効利用することは環境保全の面からも必要であるとともに、経済的にも優れていると考える。今後様々な工法に対応した改良プラントの開発とともに改良土の利用可能性の拡大を図る予定である。

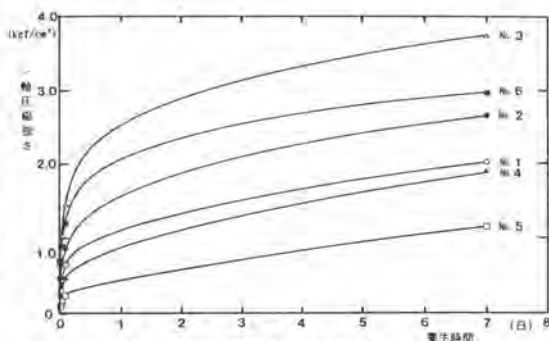


図3 養生時間と一軸圧縮強さの関係

表6 ミキサ混練度（現場値/室内推定値）

試料土		軟	中	硬			
対照現場試験 No.		1	2	3	4	5	6
固化材添加量 (kg/m³)		140	160	160	110	115	140
ミキサ混練度 現場/室内	30 min	0.56	0.66	0.95	0.63	0.17	1.00
	1 hr	0.63	0.72	0.93	0.55	0.18	0.83
	2 hr	0.64	0.66	0.76	0.50	0.15	0.61
	7 day	0.77	0.79	0.90	0.93	0.43	0.76