

III - 2

膨張性固化材の膨張遅延効果が諸性状に及ぼす影響に関する研究

東北工業大学大学院 学生会員 ○鈴木 紀彦
— 東北工業大学工学部 正会員 伊藤 孝男

1. まえがき

膨張性固化材（スラリーマイト）は、「高炉セメント」をベースに「生石灰（粒径 1mm 以下の粉末）」を添加し、水で混合攪拌後、約 1 時間後に水和反応が開始する膨張性固化材である。この材料の用途としては、地盤中に柱状にスラリーを単独で形成される〔単独杭〕（支持杭）。さらに、地盤中の土とスラリーを混合攪拌し形成される〔混合杭〕（改良杭）として使用する。また、地盤沈下等により生ずる構造物と地盤の空隙充填材として用いられる。これらの用途に対して、膨張量の抑制・硬化強度等を考慮した構成材の配合を把握する必要がある。本文は「セメント」、「生石灰」の配合量に従った遅延剤の添加率について室内実験等の結果より、膨張性固化材（スラリーマイト）の材料特性および処理効果等の基本性状について報告する。

2. 膨張性固化材（スラリーマイト）

セメントおよび生石灰を主材料とする固化材をあらかじめ水と接触させた状態、例えばスラリー状態で軟弱地盤中に打設しようとする場合には、セメントおよび生石灰の水和反応を少なくとも水を添加して練り混ぜてから打設するまでの間、反応が進行しないように遅延させておくことが必要である。この水和反応を抑制しておく時は 30 分以上必要である。この材料では、この目的のためにセメントおよび生石灰の水和反応遅延剤を使用している。さらに、地盤改良に有効な強固なパイルを形成するためには、まず生石灰の水和反応を進行させ、続いてセメントの水和反応が進行するように、固化材の水和反応を制御しなければならない。したがって、この制御に適した水和反応遅延剤を選択する必要がある。

配合実験と経済的検討の結果、遅延剤にはジエチレングリコール（DEG）とパリック T を、減水剤はフローリック SF500R が望ましいことが判明した。

3. 実験の方法

膨張性固化材の最大の特徴としての膨張・硬化作用について、室内試験土槽を用いて「深層混合処理工法、技術マニュアル」に準拠して、〔混合杭：ソイルコラム〕としての性状について実験検討を行った。

表-1 固化材の基本配合

3.1 固化材の種類と構成材

本試験の用いた固化材は、膨張量の抑制・硬化強度等を考慮した構成材の配合を把握するために「セメント」、「生石灰」の配合量に従った遅延剤の添加率で膨張性固化材（スラリーマイト）の構成を 3 パターンとした。なお、それぞれのスラリー材の構成を表-1 に示した。

混合杭用	No.1		No.2		No.3	
	配合率 (%)	配合量 (gr)	配合率 (%)	配合量 (gr)	配合率 (%)	配合量 (gr)
高炉セメントB種	85	4250	90	4500	95	4750
粉末生石灰	15	750	10	500	5	250
遅延剤:ジエチレングリコール(DEG)	1	50	0.6	30	0.3	15
遅延剤:パリックT	0.5	25	0.5	25	0.5	25
減水剤:フローリックSF500R	0	0	0	0	0	0
添加水	33.5	1675	34	1700	33	1650
プロット値		1分56秒		1分53秒		1分57秒

3.2 スラリーマイト混合杭用スラリーの上昇温度と膨張圧

本試験で使用した 3 パターンの混合杭用スラリーの上昇温度と膨張圧について、膨張圧測定試験土槽を作製し、水和反応による経過時間と上昇温度・膨張圧を「防水型デジタル温度計」および「ボルト型圧力計（ひずみゲージ式）」により測定した。

表-2 物理的性質・力学的特性

試験項目	砂質ローム	ソイルコラム(1連後)		
		No.1	No.2	No.3
自然含水比 W_o (%)	27.30	22.10	23.65	22.61
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.604	2.604	2.575	2.633
粒度特性	砂分 (%)	68	82	78
	シルト分 (%)	22	14	14
	粘土分 (%)	10	4	8
	均等係数 U_c	180.0	29	75
	液性限界 LL (%)	37.60	-	-
コンシステンシー	塑性限界 PL (%)	28.80	-	-
	塑性指数 PI	8.00	NP	NP
	締固め方法	A-a	-	-
締固め特性	最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$ (g/cm ³)	1.584	-	-
	最適含水比 W_{opt} (%)	22.40	-	-
	一軸圧縮強度 (静的締固め) q_u (kN/m ²)	49.93	136.70	367.70

3.3 試験土槽の作製

試験土槽は、対象土として『砂質ローム』を最大乾燥密度 ($\rho_{d\max}$) の約 70% の密度 (ゆる詰め状態) の土槽を 3 つ作製した。〔混合杭〕用の削孔は、肉厚の薄い外形 $\phi:5\text{cm}$ のシンウォールチューブを圧入し削孔した。その際に、チューブ内の試料土により物理・力学試験を行った。

3.4 供試体の作製および実験項目

『砂質ローム』に 3 種類のスラリーを土 1 m^3 当り 300kg 添加混合した処理土を $\phi:5\text{cm}$ 、 $H:10\text{cm}$ の二つ割モールドに 3 層に分けタンパーにて突き固めた後、脱型したソイルコラムを試験土槽の孔の挿入し、被覆土を敷き均し荷重板を載荷後、所定日数 (7、14、28 日) の養生を行い、各養生後に試験土槽より取り出したソイルコラムについて単位体積重量、圧縮強度、膨張率を測定した。また、物理試験 (密度、粒度、液性・塑性) も実施した (表-2)。

表-3 スラリー単独杭の圧縮強度・膨張率 ($\phi:16\text{cm}$ 、 $H:30\text{cm}$)

混合杭用	打設時			膨張後			膨張率 (%)	圧縮強度 (kN/m ²)
	D (cm)	H (cm)	V (cm ³)	D' (cm)	H' (cm)	V' (cm ³)		
No.1 (85% : 15%)	16	30	6031.86	18.38	30	7959.80	32	2525.2
No.2 (90% : 10%)	16	30	6031.86	17.15	30	7340.08	22	5190.7
No.3 (95% : 5%)	16	30	6031.86	17.50	30	7215.85	20	6652.0

4. 結果および考察

4.1 混合杭スラリー

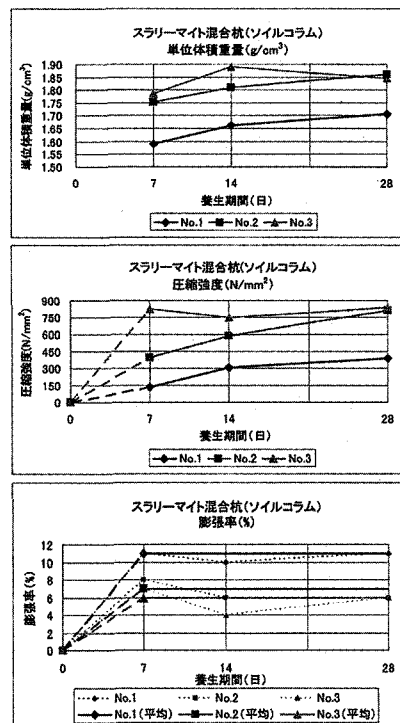
スラリー単独杭の水和反応に伴う温度上昇は No. 1 で約 50 分後、No. 2 で約 20 分後、No. 3 で約 3 時間 20 分後に生石灰の反応が開始し、生石灰の反応遅延効果が確認された。反応温度の最高値については No. 1 では 1 時間 50 分後に 67.0°C 、No. 2 では 1 時間後に 51.6°C 、No. 3 では 6 時間 20 分後に 28.6°C と確認された。膨張圧については No. 1 (879kN/m^2) > No. 2 (587kN/m^2) > No. 3 (414kN/m^2) と生石灰の量に応じた順となり、膨張終了時間も生石灰の量に応じた順となった。また、試験土槽から取り出したソイルコラム ($\phi:16\text{cm}$ 、 $H:30\text{cm}$) の膨張率は、No. 1 (32%) > No. 2 (22%) > No. 3 (20%) と生石灰の量に応じた順となった。圧縮強度は No. 3 (6652.0kN/m^2) > No. 2 (5190.7kN/m^2) > No. 1 (2525.2kN/m^2) とセメントの量に応じた順となった (表-3)。

単位体積重量は 1 週目、2 週目で判断すると No. 3 > No. 2 > No. 1 とセメントの量に応じた順となる傾向を示した。圧縮強度は 4 週目で判断すると No. 3 (836.19kN/m^2) > No. 2 (812.13kN/m^2) > No. 1 (388.76kN/m^2) とセメントの量に応じた順となる傾向が示された。さらに、膨張率はすべての養生期間を平均すると No. 1 (11%程度) > No. 2 (7%程度) > No. 3 (6%程度) と生石灰の量に応じた順となっている (図-1)。

5. あとがき

膨張量の抑制・硬化強度を考慮した構成材を把握するため「セメント」、「生石灰」の配合量に従った遅延剤の添加率について実験検討を行った結果、配合構成では生石灰の量に比例して膨張量、セメントの量に比例して圧縮強度が高くなる傾向が示され、膨張量のコントロールが可能であることが確認された。また、スラリーと地盤中の土とのミキシング効果を考慮した P ロート値、圧縮強度、膨張率の関係も満足された。今後はさらにデータの集積に努める必要がある。

図-1 単位体積重量・圧縮強度・膨張率



参考文献：鈴木紀彦、佐々木徳彦、栗原益男、堀田昭義、伊藤孝男、村田隆：膨張性固化材 (スラリーマイト) の遅延作用が諸性状に及ぼす影響について、土木学会第 60 回年次学術講演会、第 III 部門、pp.995-996、2005.9