

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

東北工業大学 学生会員 鈴木 紀彦 佐々木徳彦
々 正会員 栗原 益男 堀田 昭義
々 国際会員 伊藤 孝男
秩父石灰工業（株）正会員 村田 隆

1.まえがき

スラリー状膨張性固化材（スラリーマイト）は、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

スラリー状膨張性固化材（スラリーマイト）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、〔単独杭〕および〔混合杭〕としての性状について実験検討を行った。

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必要があるために「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。

表 - 1 固化材の基本配合

	No.1		No.2		No.3	
	配合率 (%)	スラリーマイト配合量 (gr)	配合率 (%)	スラリーマイト配合量 (gr)	配合率 (%)	スラリーマイト配合量 (gr)
高炉セメントB種	85	3400	90	3600	95	3800
粉末生石灰	15	600	10	400	5	200
遅延剤:ジエチレングリコール(DEG)	1	40	0.5	20	0	0
遅延剤:パリックT	1	40	1	40	1	40
減水剤:フローリックSF500R	1	40	1	40	1	40
添加水	35	1400	35	1400	35	1400

3.2 スラリーマイト単独杭の上昇温度と膨張圧

本試験で使用した 3 パターンのスラリーマイト単独杭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。

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

キーワード：土質安定処理・地盤改良、補強土、基礎工

表 - 2 物理的性質・力学的特性

試験項目	砂質ローム	1週間後			
		No.1	No.2	No.3	
自然含水比 W_o (%)	38.1	34.6	34.1	34.7	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.491	2.656	2.676	2.741	
粒度特性	砂分 (%)	48	73	83	78
	シルト分 (%)	40	22	10	18
	粘土分 (%)	12	5	7	4
	均等係数 U_c	19.0	42.3	41.7	21.6
コンシステンシー	液性限界 LL (%)	43.00	-	-	-
	塑性限界 PL (%)	34.90	-	-	-
	塑性指数 PI	8.00	N.P	N.P	N.P
締固め特性	締固め方法	A-B	-	-	-
	最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$ (g/cm ³)	1.540	-	-	-
	最適含水比 W_{opt} (%)	27.00	-	-	-
	一軸圧縮強度(静的締固め) q_u (N/mm ²)	0.03	0.09	0.13	0.28

連絡先：〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1、TEL022-229-1151,FAX022-229-8393

た。〔単独杭〕および〔混合杭〕用の削孔は、肉厚の薄い外形 ϕ :5cm 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

〔単独杭〕はスラリーマイトを試験土槽に削孔した孔に下部より注入打設し、〔混合杭〕は『砂質ローム』に3種類のスラリーを土1 m³当り 300kg 添加混合した処理土を ϕ :5cm、H:10cm の二つ割モールドに3層に分けてタンパーにて突き固めた後、脱型した供試体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供試体について単位体積重量、圧縮強度、膨張率を測定した。〔混合杭〕に関しては物理試験（密度、粒度、液性・塑性）も実施した。（表-2）。

4.結果および考察

4.1 スラリーマイト単独杭

スラリーマイトの水和反応に伴う温度上昇はNo.1 で約 60 分後、No.2 で約 90 分後の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。これは当初の目的である約 1 時間を満足している。反応温度の最高値についてはNo.1 では 90 分後に 65.9℃、No.2 では 3 時間 15 分後に 45.2℃と確認された。膨張圧についてはNo.1（956kPa）>No.2（567 kPa）と生石灰の量に応じた順となっているが、膨張終了時間はNo.2（4 時間 15 分後）<No.1（9 時間後）と生石灰の量が少ない方が早い傾向を示した。しかし、No.3 については 7 時間後に最高温度（27.2℃）を示すが、明確な温度上昇が確認されず、さらに膨張圧としての数値が示されるには至らなかった。

単位体積重量はNo.3（1.934g/cm³）が最も高い値となりNo.1（1.786g/cm³）とNo.2（1.696g/cm³）は同程度の値を示した。圧縮強度は 7 日養生ではNo.1 の強度発現が顕著である。No.2 とNo.3 は 14 日、28 日と養生期間を経過するとともに強度増加を示し、28 日養生で比較するとNo.3（10.98N/mm²）>No.2（8.82N/mm²）>No.1（8.06N/mm²）とセメントの量に応じた順となる傾向が示された。また、膨張率はNo.1（23%程度）>No.2（20%程度）>No.3（10%程度）と生石灰の量に応じた順となることが示された（図-1）。

4.2 スラリーマイト混合杭

単位体積重量はNo.3（1.785g/cm³）>No.2（1.757g/cm³）>No.1（1.733g/cm³）とセメントの量に応じた順となる傾向を示した。圧縮強度は全ての養生期間でNo.3（0.46N/cm³）No.2（0.21N/cm³）>No.1（0.09N/cm³）とセメントの量に応じた順となる傾向が示されたが、No.1 については 7 日養生以降の強度増加は示されていない。さらに、膨張率はNo.1（9%程度）>No.2（4%程度）>No.3（2%程度）と生石灰の量に応じた順となっている（図-2）。

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。しかし、膨張量を抑制する際にセメントの量を多く、生石灰の量を少なくすると初期強度の発現が遅くなる傾向がある。これは高炉セメントB種を使用しているためと考えられる。

今後は初期強度の発現を考慮して、膨張終了後に直ちにセメントの水和反応を促すため、高炉セメントB種の高炉スラグを差し引いたセメント量に対する遅延剤の添加率等について実験検討を行い、データの集積に努める必要がある。

参考文献：伊藤孝優、中野寛之、斉藤大士、伊藤孝男、村田隆：膨張性固化材（スラリーマイト）の膨張量抑制に伴う諸性状の変化について、第 58 回年次学術講演会 PP129.127

図-1 スラリーマイト単独杭

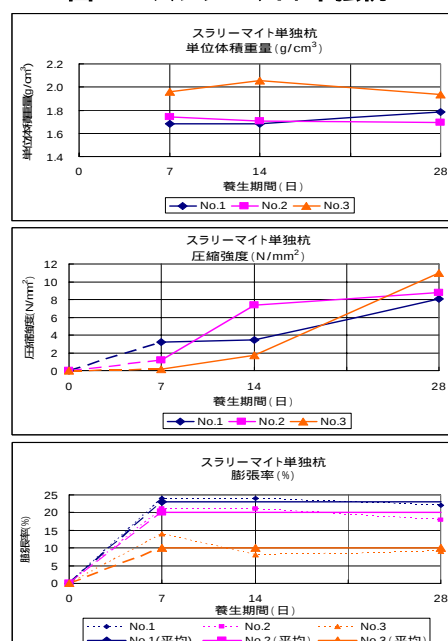


図-2 スラリーマイト混合杭

