

東京大学生産技術研究所 正員 三木 五三郎
 法政大学工学部 学生員 ○井出 一夫
 シモダ技術研究所 正員 上地 治実

1 まえがき

近年、泥水掘削工法では、ベントナイトを安定液として用い掘削した後のベントナイト廃泥水の処理として、脱水処理が主に行なわれているが、その一方では使用済みの廃泥水を現位置で固化する方法が用いられるようになった。また、現在トンネル工事に不可欠なグラウトとして裏込め材が用いられているが、なかでも軟弱で湧水を伴うような地盤を対象とした泥水シールド工法では特に裏込め注入が重要な工法の一つとなっている。そこでベントナイト泥水等の廃泥水を固化させ裏込め材として再利用するための基礎実験を行なってきた。これは、セメント・スラグ・アルカリ珪酸塩の配合を変化させ、ベントナイト泥水あるいは粘土泥水との混合固結土における一軸圧縮試験を行い、それぞれの固結状況および強度を比較検討したものである。現在は、セメントが主に廃泥水の固化に使用されているが、セメント系だけでなくスラグを利用するとより廉価になる。

2. 実験方法

実験には、ベントナイト(メッシュ200市販品)、海成粘土($W_L=120\%$, $W_P=49\%$, $I_P=71\%$, $W=60\%$)、普通ポルトランドセメント 200・400・600・800(オーセメント製品)、アルカリ珪酸塩の液状のものを用意し、表-1の固化剤について表-2の配合で実験を行った。尚、予備実験として諸条件によりブリージング率とゲルタイムを測定した。(ブリージング率 $=$ (3時間後の水の流出量/全水量) $\times 100\%$ とし、5%以上のものは除去した)しなし、粘土に限ってはアルカリ珪酸塩を含まないものも比較のために用意した。

表-1 配合比

NAME	Wc' (100%)	
	セメント	スラグ
セメント	100	0
セメント 200	80	20
セメント 400	60	40
セメント 600	40	60
セメント 800	20	80

* Wc'は、セメント量、セメント+スラグ量を意味する。

表-2 配合表(1㎡当り)

配合名	Wc' (kg)	ベントナイト(kg)	粘土(kg)	アルカリ珪酸塩(kg)	W/C' (%)	ブリージング率(%)
A	150		300	50	570	2-10
B	200		300	30	430	1-8
C	200		300	50	420	1-3
D	250		300	50	330	0-0.5
E	150	70		50	583	3-7
F	200	70		30	440	1-3
G	200	70		50	430	1-2
H	250	70		50	338	0-1

i) 供試体の作成方法: ミキサーに水、ベントナイトあるいは粘土を入れ混合した後セメント・スラグを入れ再び混合攪拌し、アルカリ珪酸塩を用いた場合には、混合攪拌終了間際にその液を投入した。

ii) ゲルタイムのあるものはゲル化後、又ないものは混合後、直径5cm、高さ10cmの円筒モールドに打込み、24時間で脱型し、一定水温に保って水中養生した。基本的には、それぞれ1, 7, 28日の各供試体について一軸圧縮強度を求めた。但し、この時の歪速度は、1%/minとした。

セメント量150kg/㎡に対して海成粘土250・300・350・400kg/㎡を混合した結果ブリージング率が5%以下になる粘土量は、300kg/㎡以上であることが分った。尚、一軸圧縮強度は、1, 7, 28日ともに粘土量が多いほど大きいことが分った。次に、ベントナイト濃度7%の値は、実際の現場で使用されているもの又は、使用済みのベントナイト濃度が5~10%程度であることなら決定した。

3. 実験結果

図-1より、セラメント800以外は強度的にやや弱いことが分る。セメントは、養生日数による強度が直線的であり、傾きは小さく長期強度においてもその伸びは期待できないと思われる。次に、セラメント200・400・600の傾向は同様であり、スラグが含まれていた方がセメント単独よりも強度発現において効果があることが分る。図-2では、粘土泥水が固結できることが分ったので、図-1の配合にアルカリ珪酸塩を添加した表-2、Bの配合で試験した。ゲルタイムは、瞬結〜5秒程度であり、強度では材令1日（脱型直後）において完全な固化を示し、スラグを含んでいるものの強度発現は大きくなっている。また、その後も2〜5倍程度アルカリ珪酸塩添加による増強性が認められるが、セラメント800がグラフ上にないのはブリージング率が5%を超えたためである。

また、図-3は、ベントナイトにアルカリ珪酸塩を添加した表-2、Fの配合のもので、ゲルタイムは5〜25秒と前出の粘土系よりも遅くなっていた。しかし、ここではセラメント800のブリージング率は5%以内に止まり安定した固結と十分な軸強度が得られているが、他の固化剤では全体的に粘土泥水にアルカリ珪酸塩を添加したものとより弱いと思われる。だが、添加していない図-1と比較すると明らかに強度の増加が著しくなっている。

図-4の割線係数 E_{50} (kgf/cm²)については、図-1の粘土だけの場合強度も低いことから小さい傾きの比例関係がある。また、アルカリ珪酸塩を添加した両者にも似たような比例関係がある。

4. 結論

ベントナイト泥水や粘土泥水でも、セメント系だけよりスラグ・アルカリ珪酸塩を添加すれば、より安定した固結化が見られ、十分な強度も得られる。

5. あとがき

ベントナイトが廃泥水となり、セメント粒子・土粒子等が含まれた場合においても、強度が得られ、ブリージングもほとんどない状態で裏込め注入材として用いることができると考えられる。さらに、水ガラス投入後のゲル強度は、充分圧送可能な範囲内にある。

今後は、裏込め注入材の性質を掴むことに重点をおき、一軸および三軸試験も平行して行う予定である。

6. 謝辞

本研究は、東京大学生産技術研究所で行ったもので、龍岡文夫助教授には感謝の意を表します。また、シモダ技術研究所の下田一雄氏、ならびに土質実験室の諸氏に感謝致します。

