

(株)シメダ技術研究所 正会員 下田 一雄
横濱国立大学 正会員 三木五三郎
(株)シメダ技術研究所 正会員 上地 治実

1. はじめに、シールド工法の発達に伴い、裏込め注入工法が重要となってきた。この裏込め注入の目的は、地山のゆるみや崩壊などによる周辺地盤への影響防止や止水効果を高める事であり、このため裏込め材としては地下水に影響されることなく充填性にすぐれ、充填後はすみやかに地山相当の均一な強度が得られることや、施工から材料分離がなく長距離圧送が可能であることが望まれる。そこで新しい裏込め材として、特殊セメント及び骨材にシリカゾルを加える事によりシリカゲルを生成させ、材料分離を防止するとともに、流動性、耐水性に優れたグラウト（シリカクリート）を主材として、圧送中にT-G剤を適量加えてグラウトをシキソトロピカルゲル（グラウトの自重による流動はないが、加圧すると容易に流動する固結状態）を与えて充填するという比例式1.5ショット法による新しい裏込め注入工法を開発した。このグラウトをT-Gグラウト（Thixotropical-gel Grout）と称し、注入工法をT-GS工法（Thixotropical-gel Grouting System）という。今回は、T-Gグラウト及びT-GS工法とその特徴について報告する。

2. 泥水を主材としたT-Gグラウトの基礎的研究 シールドなどの切羽から排出される廃泥水を固化管理して裏込め材として利用しようとする試みから、予備実験としてベントナイト泥水と海成粘土泥水を作り固化管理した。表-1の配合に対してそれぞれ5種類の硬化材で固化管理を行った。尚、使用材料は、ベントナイト（メッシュ200）、海成粘土（WL=120%、 $W_p=49\%$ 、 $I_p=79\%$ 、初期含水比60%）、固化管理として普通ポルトランドセメントと、スラグ系特殊セメント CELA NO2, NO4, NO6, NO8 の5種類を用いた。表-1 泥水固化管理配合表

2-1 実験結果 図-1はベントナイト泥水を固化管理した時の養生日数と一軸圧縮強度の図です。図-2と図-3は、粘土泥水を固化管理したときのグラフです。図-2と図-3を比較すると、図-3は、図-2の配合にT-G剤を5%添加した場合で、初期的にも長期的にも安定した高い固化管理強度が得られる。以上の結果より、泥水の固化管理においては、CELA NO4及びCELA NO6（Noはセメントとスラグの置換率を示している）の固化管理材を用いた時により安定した高い固化管理強度が得られる。又、現場廃泥水の固化管理について考えると、廃泥水の中に砂が含まれる場合は、室内実験で得られた固化管理強度より高い固化管理強度が得られるだろう。

配合名	A 液					B液
	Wc (kg)	B (kg)	C (kg)	W (l)	W/C (%)	TG (%)
BM-3	900	—	—	686	0.76	3
BX-5	150	70	—	875	5.83	5
BY-3	200	70	—	880	4.40	3
BY-4	200	70	—	870	4.35	4
BY-5	200	70	—	860	4.30	5
BZ-5	250	70	—	845	3.38	5
CX-0	150	—	300	769	5.88	—
CX-5	150	—	300	719	5.54	5
CY-0	200	—	300	753	4.32	—
CY-3	200	—	300	723	4.18	3
CY-5	200	—	300	703	4.08	5
CZ-0	250	—	300	737	3.40	—
CZ-5	250	—	300	687	3.20	5

Wc = セメント + スラグ B = ベントナイト
T-G剤 = 特殊水ガラス

3. 模型実験 テールボイドを想定した外径1.0m、内径0.9m、長さ1.8m、空腔巾50mmの中空円柱形模型を用いて注入実験を行い、注入48時間後に模型を解体してグラウトの固結状態を調べた。この場合、地下水や泥水シールドの場合を想定して、模型空腔を水で満たしてグラウトを注入する水中注入実験と、空洞の状態に注入する空洞充填実験を行った。これらの実験によって、これまで裏込め材として用いられてきたCB（セメントベントナイト）、LW（水ガラス乗液）と、グラウトの希釈及び固結強度や流れ勾配について比較した。尚、配合は、表-2による。以下に実験結果について述べる。

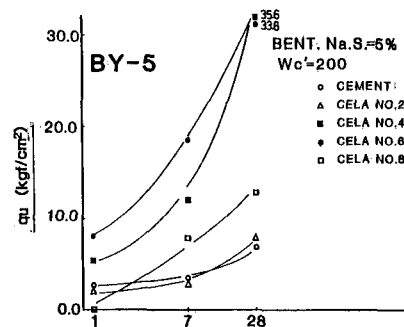


図-1 固化管理泥水の一軸強度

3-1 模型注入実験結果 Photo1~Photo3に、各グラウトの

水中注入実験における固結状況

を写した。Photo-1は、CBの

結果で、Photo-2は、LW、Photo-3はTGグラウトの結果である。

CBは固結状態にあり

あまり希釈されてないようにみえるが、強度的にみると、水中

注入実験の場合、注入2日後の

ペネトロメータによる平均固結強度は、0.9 kgf/cm²で、空洞

充填の場合に比べて40%の強度しかなく、希釈されていた。

LWについては、グラウトの注入量が模型空隙の60%であった

のに、かかわらず、空隙をほぼ満たして固結し、強度もほとんど

0である。TGグラウトの場合、ゲル状態のまま注入するとい

う性質からほとんど希釈されず平均強度も2.5 kgf/cm²で、

空洞充填時の90%であった。又、注入圧もCBよりやや高かった

が、ほとんど同じであった。止水効果に関しては、3つのグラ

ウトとも良いと思われるが、地下水の多い部分においては、CB

及びLWは、強度的には期待出来ない。TGグラウトは、強度

的にも裏込め材として充分使用出来る範囲にある。次に、グラ

ウトの流れ勾配をみると、CB、LWともほぼ水平にグラ

ウトが流れた事がわかるが、TGS工法ではかなりの勾配を

もって流れている。これより、実際現場において余堀りなど

による摩擦を考えると、切羽近くで注入しても、切羽への流出

はなく、セメントの組立てとほぼ同時に注入が行えると思われ

る。

4. まとめ TGS工法の特徴を以下に示す。1) 比例式

1.5ショット工法で行う。2) 材料分離がなく長距離移送が可能で

ある。3) 地下水等による希釈が少い。4) 注入後すみやかに

地山程度の強度が得られる。5) 限定注入が可能である。6) A

液だけでなくグラウトとして使用出来るため施工ミスが少い。

7) 現場泥水を主材としてグラウトを作成することが出来る

ため経済的である。

5. あとがき 裏込め注入においては、各現場ごとに注入

方法や、注入対称地盤が違うため、どの現場にも同一のグラ

ウトや注入方法を用いることは、かえって効果や作業性を悪

くする場合も考えられる。そのため、今後はいかなる場合にも

対応出来るように、シリカリートをベースとしていろいろな配

合のTGグラウトをつくってみたいと思います。 (謝辞) 本実験は、東京工学生産技術研究所で行ったもので

執筆にあたり龍岡文天教授をはじめ色々指導下さった実験室の諸氏に深く感謝いたします。

参考文献 1) 三木、下田、新裏込め材とその施工方法に関する基礎的研究 第14回土質工学研究発表会。

2) 三木、吉川、皆川、下田、山崎、可塑性グラウトを用いた裏込め注入工法 第15回土質工学研究発表会

CLAY 300kg/m³
CEMENT&SLAG 200kg/m³

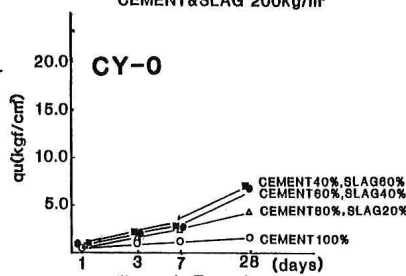


図-2 粘土泥水固化一軸強度

CLAY 300kg/m³
CEMENT&SLAG 200kg/m³
Na₂O, nSiO₂ 3%

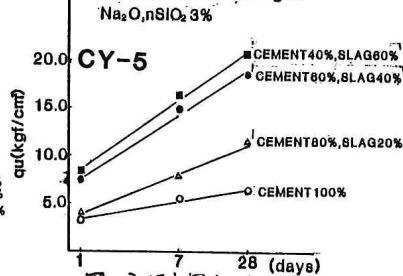


図-3 泥水固化一軸強度 (TG系)

表-2 配合表

	注1	注2	注3	液	B液	A+B
TG	特仕外	助剤	リカル	70-値	TG剤	—
	250	250	770	0.85	8.9	50
LW	おん	セメント	水	70-値	水	水
	400	373	30	8.0	250	250
CB	ポ	メント	ポ	水	70-値	—
	500	80	805	1.0	10.0	—

(kg) (kg) (l) (%) (s) (l) (l) (%) (s)

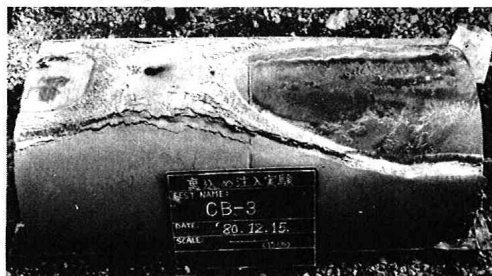


Photo1 CB水中注入実験結果 (注入圧0.5kgf/cm²)



Photo-2 LW 水中注入実験結果 (注入圧0.1kgf/cm²)



Photo-3 TGグラウト水中注入実験結果 (注入圧0.5kgf/cm²) (● 注入口付近)