

蛍光法と物理検層法による岩盤グラウトの評価

(株)奥村組 正会員○浜田 元、(株)奥村組 正会員 寺田道直
京都大学 正会員 西山 孝、(株)奥村組 木村 功

1. はじめに

近年、地質条件が必ずしも良好でない地点にもダム建設が必要とされ、基礎処理工の適切な設計と確実な施工がますます重要となっている。ダム基礎岩盤のグラウチングは、止水性や強度の改善を目的として広く用いられている。現在、グラウチングの設計・施工は、試験グラウチングや施工時のデータをフィードバックしてその仕様を決定しており、改良効果の評価もルジオン値やセメント注入量の変化状況などをもとに判断している¹⁾。グラウチングによる改良効果の評価を試みとして、ジオトモグラフィーなどの物理探査法²⁾やボアホールカメラを用いた孔壁の観察、蛍光剤を混入したグラウト材による浸透状況の可視化技術(蛍光法)³⁾の適用性が検討されている。これらの技術は、ルジオンテストなどの従来の評価手法との組み合わせにより、グラウチングによる改良効果の評価を高度化・合理化できる可能性がある。

今回、グラウチングによる改良効果の評価方法や施工管理の合理的な方法を検討する目的で、グラウト材の浸透状況と岩盤物性の変化状況との因果関係を蛍光法や物理検層法により把握すると共に、水押し結果や注入実績との対比を試みたので結果の一部を報告する。

2. 実験概要

実験は露頭調査、注入前調査、注入、注入後調査の順で実施した。図1に実験孔の配置を、表1に調査項目を示す。

露頭調査から、当サイトの地質は安山岩自破碎溶岩が主体で構成されており、幅20cm程度の劣化帯が確認された。注入孔はこの劣化帯と地表面下で交差が想定される位置に、調査孔は注入孔を中心に劣化帯の分布と平行及び直交方向に選定した。なお、注入前に20cm程度のカバーコンクリートを打設した。

注入前の調査は図1に示す◎の位置で行った。調査は、まず可視光照射によるボアホール観察、物理検層(音波及び電気)を行い、前述の調査が全孔で完了後に1孔ずつ順に水押しを行った。なお、水押しの際、残りの調査孔は口元をパッカーで養生した。

注入に先立ち、注入前の調査孔を砂で充填し口元をパッカーで養生した。注入はステージ方式とし、孔長8mを分割し2mを1ステージとした。ただし、最上部のステージは被り確保の意味で注入せず、残り3ステージで注入を行った。グラウト材には高炉セメントB種を使用し、ステージごとで色の異なる蛍光剤³⁾を添加した。蛍光剤の添加は分散プラントのミキサー(0.2m³)で行い、添加率はセメント重量の5%とした³⁾。注入圧力は0.5MPa、配合切替は水押し結果を基にW/C=10~1の範囲で行った。表2に注入孔の水押し及び注入結果を示す。なお、調査孔と同様、注入孔でも先述の調査を行った。

注入後の調査は約3週間の養生期間を経て、図1に示す○及び注入前に調査した◎の位置で行った。調査は、まず◎の孔内の充填砂を取除き、可視光及び紫外線照射によるボアホール観察、物理検層を行った。次に注入孔

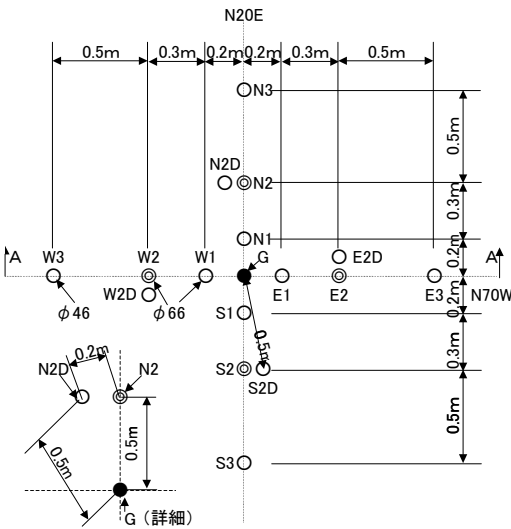


図1 実験孔の配置

表1 調査項目

孔番	仕様	孔径 (mm)	孔長 (m)	注入前				注入後			
				コア 採取	ボアホール 観察	検層 (音波・電気)	水押し	コア 採取	ボアホール 観察	検層 (音波・電気)	水押し
G	注入孔	66	8	○	○	○	○	—	—	—	—
N2、E2、S2、W2	調査孔	66	10	—	○	○	○	—	○	○	—
N1、S1、N3、E3、S3、W3		46		—	—	—	—	—	○	—	—
E1、W1		66		—	—	—	—	○	○	—	—
N2D、E2D、S2D、W2D		66		—	—	—	—	○	○	○	○

表2 水押し、注入結果

ステージ No.	蛍光色	換算ルジオン値 (Lu)	単位注入 セメント量 (kg/m)
2	イエロー	65.0	43.1
3	ピンク	24.2	100.2
4	ホワイト	1.8	90.6

※単位注入セメント量にはリークを含む。

キーワード：岩盤グラウト、ボアホールカメラ、蛍光法、物理検層

〒300-2612 茨城県つくば市大字大砂 387 TEL(0298)65-1781 FAX(0298)65-0782

から 20、100cm 離れた位置で同様の調査を行い、完了後に孔内をセメントミルクで充填した。その後、◎の近傍に新たに調査孔を設け前述と同様の調査を行い、全孔の調査完了後に 1 孔ずつ順に水押しを行った。なお、水押しは充填後の硬化養生を 5 日間設け、注入前と同様の方法で行った。

3. 実験結果と考察

表 3 に注入前後の換算ルジオン値を示す。注入前後の水押し孔は同一ではないが、離隔が 20cm と小さいことから同条件と判断される。換算ルジオン値を比較すると、注入前が概ね 10～100Lu であるのに対し、注入後は全体的に止水性が改善され一部を除き 10Lu 以下となり、特に 4 ステージ以深では 2 Lu 以下となった。

図 2 に劣化帯と平行方向（図 1 の A-A 面）のグラウト浸透位置断面図を示す。図は紫外線照射によるコア観察を基にグラウト材が確認された位置を 50cm 間隔で蛍光剤の色ごとに示した。また、図には注入孔との交差が想定された卓越亀裂を合わせて示した。亀裂の傾斜とグラウト材の浸透位置を結んだ勾配とが比較的類似しており、グラウト材の浸透特性が卓越亀裂に大きく影響されることがわかった。なお、劣化帯と直交方向の断面でも同様であった。

図 3 に調査孔 S2 及び W2 における注入前後の音波検層結果を示す。伝播速度の変化を見ると、S2 では注入後に 1 割程度の増加が確認された。一方、W2 及び他の調査孔では注入前後で変化は確認されなかった。

図 4 に調査孔 S2 における注入前後の電気検層結果を示す。なお、電気検層は電極間隔が 25、50、100cm と異なる条件で測定されたが、図には電極間隔 25cm の結果を示す。比抵抗値の変化を見ると、注入後に 5～10Ωm 程度の増加が確認された。他の調査孔や電極間隔が異なる条件でも同様の増加が確認され、また 2 つの近接孔では注入後の比抵抗値が概ね同じ値を示した。注入前後の変化量は僅かではあるが、これはグラウト材が割れ目や空隙に浸透し空気、水あるいは介在物と置き換わり固化したためと考えられる。注入による改良効果が電気検層で把握できる可能性が示唆された。

4. おわりに

紫外線照射によるコア観察や物理検層の結果から、浸透状況や注入前後の変化状況を分析した。コア観察からステージごとのグラウト材の浸透経路と地質特性との関連性が判明した。電気検層では注入前後で僅かではあるが変化が確認され、改良効果を把握できる可能性が示唆された。しかし、音波検層では注入前後で一律に変化が確認されなかった。今後、さらに実験結果を分析しグラウト材の浸透状況と物理検層結果との因果関係、水押し結果や注入実績との関連性を検討したい。

[参考文献]

- 1) 建設省河川局開発課監修：グラウティング指針・同解説，(財)国土開発技術センター，1983.
- 2) 蓮井昭則 他：孔間弾性波・電磁波測定によるグラウティング効果の判定について，ダム工学，No.8，pp.35～44，1992.
- 3) 寺田道直 他：蛍光法によるグラウト浸透状況の可視化，土と基礎，vol.47 No.3，pp.29～32，1999.

表 3 換算ルジオン値

ステージ No.	深度 (m)	注入前				注入後			
		N2	E2	S2	W2	N2D	E2D	S2D	W2D
1	0～2	-	102.9	-	20.1	6.6	33.5	2.3	15.7
2	2～4	9.5	83.5	60.5	20.7	7.0	6.4	0.0	11.9
3	4～6	10.5	73.3	97.2	2.9	6.1	2.3	1.8	4.1
4	6～8	19.5	9.5	6.5	12.0	1.1	0.7	0.5	0.5
5	8～10	72.6	0.0	0.2	2.9	1.8	0.0	0.2	0.6

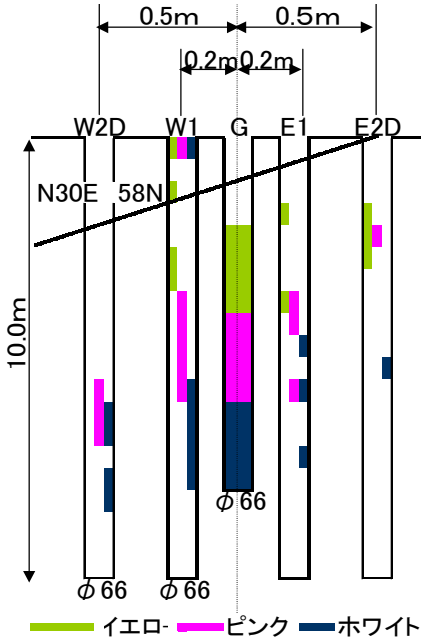


図 2 浸透位置断面（コア判定）

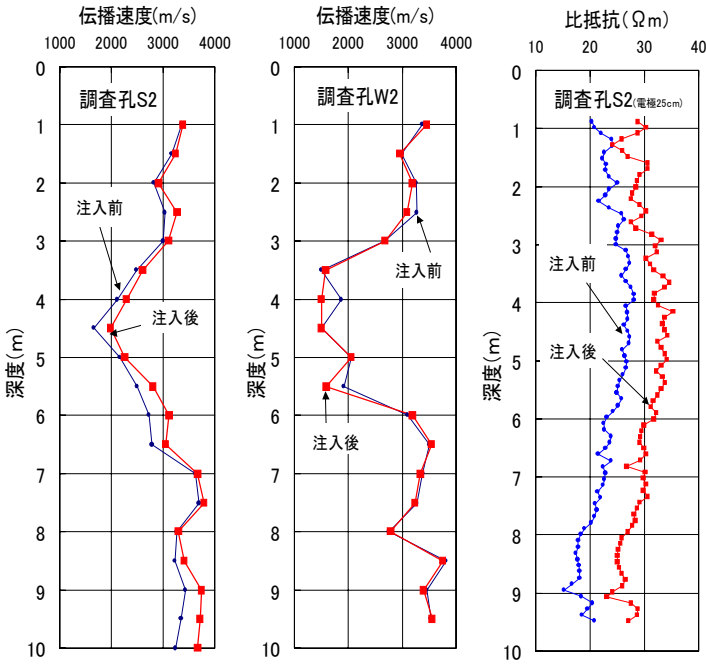


図 3 音波検層

図 4 電気検層