

Ⅲ－B 302

シール材料強度を変化させた割裂方向制御グラウチング工法の室内試験（その2）

建設省土木研究所 正会員 吉田 等¹・正会員 山口嘉一¹
 北海道開発局 仲尾 譲²・米元光明²
 （財）ダム技術センター フェロー 藤澤侃彦³
 日特建設（株） 正会員 ○矢萩賢仁⁴

1. はじめに

割裂方向制御（FDC）グラウチング工法は、河川の流向に直交する鉛直面にグラウト脈を形成することにより効果的な地盤の遮水性改良を目指す工法である。これまで、均質および不均質供試体を用いた室内注入試験^{1), 2), 5), 6)}とまさ地盤における原位置注入試験^{3), 4)}によりその有効性を検証してきた。今回は、典型的な軟岩を模した一軸圧縮強さ $qu=500\text{kN/m}^2$ 程度（前報⁶⁾では $qu=1,000\text{kN/m}^2$ 程度）の模擬地盤に強度を変化させたシール材料を設置した供試体に対して室内注入試験を行い、FDCグラウチング工法に使用するシール材料の強度あるいはシール材料強度と地盤強度の大小関係がグラウト脈および割裂脈の進展方向に与える影響を観察した。

2. 試験方法

試験装置および注入モールドは前報⁶⁾と同じたものを使用した。注入の対象となる供試体のうち、模擬地盤には比較的均質な供試体を作製するため早強型の恒久性グラウト固化体（超微粒子セメント＋純粋シリカ）を、シール材料には原位置注入試験^{3), 4)}における使用実績のあるセメントベントナイト懸濁液固化体を使用した。作製した供試体の物性を表一1、2に示す。注入条件を表一3に示す。注入管の構造と供試体の構造をそれぞれ図一1、2に示す⁶⁾。注入管の鉛直スリットの長さは40cm、吐出方向はNS2方向とした。注入試験は、グラウト用ポンプを使用して、 $W/C=4$ のセメント懸濁液を $5\ell/\text{min}$ の速度で注入し、モールド外周面から注入材料が吐出した時点から約10分間注入を継続して終了した。

3. 試験結果

グラウト脈および割裂脈の形成状況を図一3に示す。試験結果から得られた知見を以下にまとめる。

① 模擬地盤 ($qu=631\text{kN/m}^2$) とシール材料 ($qu=60.8\text{kN/m}^2$)

の一軸圧縮強さの比が10.4のケース1では、2方向の鉛直グラウト脈が形成されたものの、いずれの鉛直グラウト脈とも指向性はみられず、ケース2、3に比べ供試体に意図する方向の鉛直グラウト脈が形成されなかった。また、シール材料の付着強度が低いため注入管とシール材料およびシール材料と模擬地盤の境界部に沿ってグラウトが充填されていた。ケース1ではシール材料の弱部を選択してグラウトが注入され意図しない方向に鉛直グラウト脈が形成されたと考える。

② 模擬地盤 ($qu=631\text{kN/m}^2$) とシール材料 ($qu=312\text{kN/m}^2$)

の一軸圧縮強さの比が2.02のケース2では、2方向の鉛直グラウト脈が形成され、スリットを設けた方向（NS方向）に

表一1 模擬地盤の物性

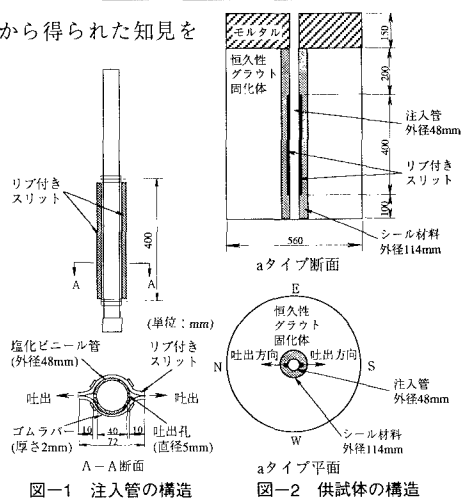
項目	試料	超微粒子セメント＋純粋シリカ
配合（質量比）	A液	割水：水 = 1:3.00
	B液	セメント：水 = 1:3.00
密度 ρ (g/cm^3)		1.14
一軸圧縮強さ qu (kN/m^2)		631（材令4日）
変形係数 E_{50} (MN/m^2)		128（材令4日）

表一2 シール材料の物性

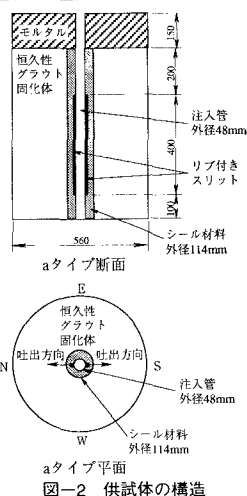
項目	試料	セメントベントナイト
配合（質量比）	セメントベントナイト：水 = 1:0.32:4.79:0.05	セメントベントナイト：水 = 1:0.12:2.00
密度 ρ (g/cm^3)	1.21	1.32
一軸圧縮強さ qu (kN/m^2)	60.8（材令3日）	312（材令3日）
変形係数 E_{50} (MN/m^2)	8.04（材令3日）	63.8（材令3日）

表一3 注入条件

ケース	タイプ	模擬地盤	シール材料	スリットタイプ	スリット長	吐出方向
1	a	I	α	鉛直スリット（付き）	$\ell=40\text{cm}$	NS2方向
2	a	I	β			
3	a	I	γ			



図一1 注入管の構造

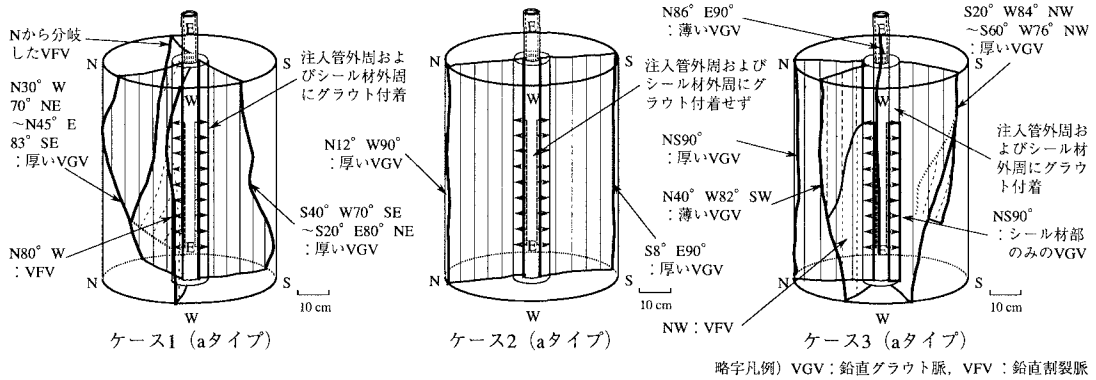


図一2 供試体の構造

キーワード：FDCグラウチング工法、割裂注入、軟岩、室内試験、シール材料

¹ 〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地 TEL 0298-64-2211 FAX 0298-64-0164 ² 〒077-0037 北海道留萌市沖見町2丁目 TEL 0164-42-5831 FAX 0164-42-0195

³ 〒106-0041 東京都港区麻布台2-4-5 TEL 03-3433-7811 FAX 03-3432-6204 ⁴ 〒300-2635 茨城県つくば市東光台5-5 TEL 0298-47-8670 FAX 0298-47-8664

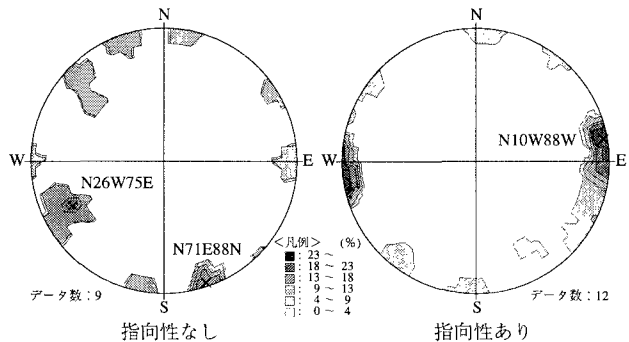


連続性の良い厚い鉛直グラウト脈が形成され、所期の目的を達した。

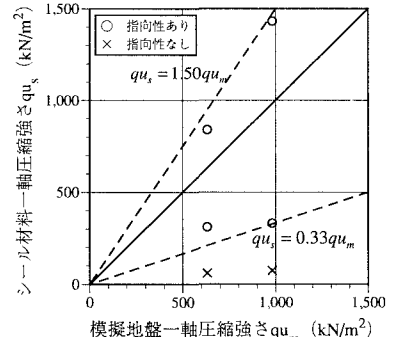
- ③ 模擬地盤 ($q_u=631\text{kN/m}^2$) とシール材料 ($q_u=840\text{kN/m}^2$) の一軸圧縮強さの比が 0.751 のケース 3 では、4 方向の鉛直グラウト脈が形成されたが、スリットを設けた 2 方向に主たる注入経路となる連続性の良い厚い鉛直グラウト脈が形成された。

4. まとめ

今回の模擬地盤 ($q_u=631\text{kN/m}^2$) と前報⁶⁾の模擬地盤 ($q_u=981\text{kN/m}^2$) で観察されたグラウト



脈と割裂脈の密度分布を、指向性が乏しかった供試体と指向性に富む供試体に分けてウルフネット (下半球投影) に描いたものを図-4 に示す。図化に際しては、前者においては幅の厚い主脈が判別しづらいために全データを、後者においては主脈が明瞭に判別できたため主脈のみを用いた。指向性が乏しかった供試体では全体に密度分布のばらつきが大きくグラウト脈と割裂脈に卓越した方向性が見いだせないが、指向性に富む供試体では意図した注入方向である NS 方向に近い方向 (ピーク N10° W88° W) の鉛直グラウト脈が卓越している。また、シール材料の細部観察によると、模擬地盤の一軸圧縮強さに関わらずシール材料が $q_u=100\text{kN/m}^2$ 程度ものは注入時に意図しない方向までシール材料を割裂してしまうためグラウト脈の指向性が乏しかった (図-5 参照)。同様に、シール材料のみの割裂試験でも、 $q_u=387\text{kN/m}^2$ のシール材料に比べて $q_u=868\text{kN/m}^2$ のシール材料の方がグラウト脈の指向性がより明瞭であった。



以上から、シール材料の強度は、注入管や地盤との付着強度の面からできるだけ高く、かつ割裂発生時に注入対象とする地盤と同様の挙動を示すように地盤強度に近いほうが望ましいといえる。ただし、高強度のシール材料を用いると、硬化シール材料と地盤に割れ目を形成する作業であるクラッキング圧力が高くなりグラウトポンプの能力限界を越えるといった施工上の問題も発生する。よって、実用上のシール材料強度は、一軸圧縮強さ $q_u=500 \sim 1,000\text{kN/m}^2$ 程度と考えられる。

参考文献

- 1) 藤澤 他 (1994): グラウト脈の進展に関する室内基礎実験観察, 土木学会第 49 回年次講演概要集, 第 3 部, pp.1544 ~ 1545.
- 2) 藤澤 他 (1995): 割裂方向制御グラウチングに関する基礎的実験, ダム工学, No18, pp.13 ~ 22.
- 3) 藤澤 他 (1995): 割裂方向制御グラウチング工法の原位置試験, ダム工学, No19, pp.4 ~ 15.
- 4) 藤澤 他 (1996): マサ地盤における割裂方向制御 (FDC) グラウチング工法の原位置試験, 第 31 回地盤工学研究発表講演集, pp.127 ~ 128.
- 5) 藤澤 他 (1997): 不均質供試体に対する割裂方向制御 (FDC) グラウチング工法の室内実験, 土木学会第 52 回年次講演概要集, 第 3 部(B), pp.460 ~ 461.
- 6) 吉田 他 (1998): シール材料強度を変化させた割裂方向制御 (FDC) グラウチング工法の室内試験, 第 33 回地盤工学研究発表講演集 (投稿中)