

(18) 掘削面でのミルク充填状況より見たグラウチング
効果に関する基礎的考察

水資源開発公団 試験所 神尾重雄
水資源開発公団 試験所 齊藤明朗
水資源開発公団 試験所 ○解良一夫

Basic Study on The effect of Grouting from
Observation by Excavation.

Shigeo KANO
Akirou SAITOU
Kazuo KERA

Research Institute
Water Resources Development Public Corporation

As it has become to be obliged to construct dams in poor geological condition recently, foundation treatment has become to win a high position. Grouting is widely used for dam foundation treatment because of its surpassing merits over demerits. However the effect of grouting is affected by many factors including kind of rock, geological classification and cracks in rock.

So it is important problem to grasp the relationship between the above-mentioned factors and the effect of grouting. This paper tried to grasp the relationship from observation by excavation after grouting.

1. はじめに

ダムサイトの基礎処理については、基礎地盤の地質および透水性を正確に把握し、その特性に応じた適切な設計のもとに確実な施工が要求されており、基礎処理の重要性がますます認識されている。この基礎処理を効果的かつ効率的に実施するためには、岩盤性状に応じたグラウチングを行う必要がある。だが、この岩盤性状も、岩種、岩級、割れ目の方向性と連続性、割れ目の開口程度や褐色汚染度等の各種の要因に支配されるため、一般に岩盤性状とグラウチング効果を対応させることは難しい。そこで、Aダム洪水吐き流入部で、岩級の異なる砂岩の掘削面ブロック(6m×6m)を2ヶ所選定し、そのブロックでの地質状況とグラウチングの施工実績および仕上げ掘削後の掘削面における割れ目へのセメントミ

ルクの充填状況を対比させることで、岩盤性状を支配する各種要因とグラウチング効果についての関連を検討したものである。

2. 検討内容

割れ目へのセメントミルクの充填状況を観察・評価する掘削面ブロック(6m×6m)として、砂岩でC_L級を主体としたブロック(以下B-1ブロックと言う。)とC_M級ブロック(以下B-2ブロックと言う。)の2ヵ所を選定した。Aダムでは、岩片の硬さ、割れ目間隔、割れ目状態を分類要素として岩級区分が行われているが、選定した2つのブロックは、割れ目間隔を除いて、岩片の硬さおよび割れ目状態は同程度である。またグラウチングによる透水性の改良程度もほとんど変わらない。この2つのブロックにおけるグラウチング注入実績と、仕上げ掘削(掘削深度0.5m)後の掘削面における長さ10cm以上の割れ目へのセメントミルクの充填状況とを対比させることで岩盤性状を支配する要因の1つである、岩級、割れ目の分布頻度および割れ目の長さやグラウチング効果との関連について検討した。

図-1に検討のフローチャートを示す。

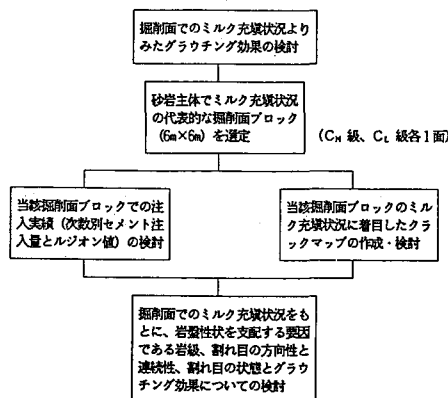


図-1. 検討のフローチャート

3. 選定した掘削面ブロック(6m×6m)の地質概要

選定した2つの掘削面ブロックの地質状況は次の通りである。

- B-1 ブロック：中央部ではシルト質砂岩が、川側端部では破砕部が、NE-SW 方向に分布する。長さの長い割れ目の走向も同方向が卓越している。岩級は、中央部がC_M級、その周辺はC_L級である。ブロック全体の岩級としてはC_L級主体のブロックと言える。
- B-2 ブロック：端部周辺にシルト質砂岩の他、粘土を挟んだ割れ目が分布する。長さの長い割れ目の走向はNE-SW 方向が卓越しているものの、これと直交するようなNW-SE 方向の走向をもつ長さの長い割れ目も多い。岩級は、ブロック全体がC_M級である。

4. グ라우チングの施工仕様と選定したブロックでのグラウチング注入実績

Aダムのダムサイトは、河床と左右岸および標高によって、岩種や風化程度が異なるため、グラウチングによる改良の難易度も場所によって異なる。そのため、表-1に示すようにB-1ブロックでは4次孔までを、B-2ブロックでは3次孔までを基準孔配置とし、基準孔の注入状況により追加孔を施工することになっている。ただし、それ以外の注入仕様は同じである。

選定したブロックでの第1ステージ(地表から0.5m以深で注入区間長3.0m)のグラウチング注入実績を表-2に示す。同表に示すように、B-1ブロックは一部5次孔まで、B-2ブロックは一部4次孔まで施工することで各々最終次数における平均L_U値で5.4 L_U、4.3 L_Uと両ブロックとも、ほぼ同程度にまで透水性が改良されている。1孔当たりの平均セメント注入量はB-1ブロックでは112.4Kg/m、B-2ブロックでは150.3 Kg/mとなっており、B-2ブロックの方が多く注入されている。

ただし、孔数はB-1ブロックが合計66孔なのに対して、B-2ブロックでは合計14孔とかなり異なっており、ブロック全体としての注入量はB-1ブロックの方が多い。

表-1. B-1ブロックおよびB-2 ブロックにおける
グラウチング施工パターン (第1ステージ)

ブロックNo.	表面処理方法	注入区間長	基準孔位置	注入圧力	注入完了基準	注入材料
B-1 ブロック	8 cmのスチール ファイバーコン クリートの吹付 け 基礎地盤地表面 に付着し、5mの 深さを確保。	地表から0.5m の深さの 3.0m	4穴孔間で 1.0m間隔 とし、20m の深さを確保。	最高注入圧力 は、注入量 が1.0m ³ /分 以下になるまで 0.2MPaで、 0.2MPaで、 0.2MPaとする。	注入量0.1 t/min以下 になるまで 0.2MPaで、 0.2MPaで、 0.2MPaとする。	高圧B種セメント ベントナイト セメント量の30 % セメント分数量 1kgセメント量20.25 %
B-2 ブロック	8 cmのスチール ファイバーコン クリートの吹付 け 基礎地盤地表面 に付着し、5mの 深さを確保。	地表から0.5m の深さの 3.0m	3穴孔間で 1.0m間隔 とし、20m の深さを確保。	最高注入圧力 は、注入量 が1.0m ³ /分 以下になるまで 0.2MPaで、 0.2MPaで、 0.2MPaとする。	注入量0.1 t/min以下 になるまで 0.2MPaで、 0.2MPaで、 0.2MPaとする。	高圧B種セメント ベントナイト セメント量の30 % セメント分数量 1kgセメント量20.25 %

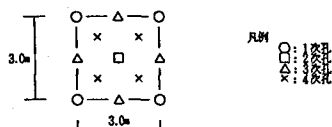


表-2. 選定した掘削面ブロックでのコンソリ
デーショングラウチングの施工実績

当該掘 削面ブ ロック	岩 種	岩 級	平均 圧力 kg/cm ²	次 数	注入 孔数	平均ルジ オン値 L _v	平均セメ ント量 kg/m
B-1	砂岩	C ₁ 級 が主体 で一部 にC ₂ 級も見 られる	1.1	1次	8孔	126.9	310.0
				2次	6孔	35.1	164.8
				3次	14孔	62.5	122.7
				4次	21孔	38.5	95.8
				5次	17孔	5.4	13.1
				全体	66孔		112.4
B-2	砂岩	C ₂ 級	1.1	1次	2孔	232.7	322.3
				2次	4孔	94.4	188.8
				3次	6孔	99.4	113.1
				4次	2孔	4.3	12.8
				全体	14孔		150.3

5. 選定したブロックの掘削面におけるセメントミルクの充填状況

選定したB-1 ブロックおよびB-2 ブロックの仕
上げ掘削面について、図-2に示すような長さ10cm
以上の割れ目へのセメントミルクによる充填の有
無に着目したクラックマップを作成した。

このクラックマップをもとに、B-1 ブロックお
よびB-2 ブロックにおける掘削面での割れ目の走
向と長さ、セメントミルクにより充填された割れ
目の走向と長さ、走向毎のセメントミルクによる
割れ目の充填率をまとめたものを図-3に示す。

なお、走向はダム最大断面での上下流方向を基
準軸にしたが、この基準軸の方向はN20° Wであ
る。同図から言えることは次の通り。

B-1 ブロック面で、セメントミルク
により充填された割れ目の場合

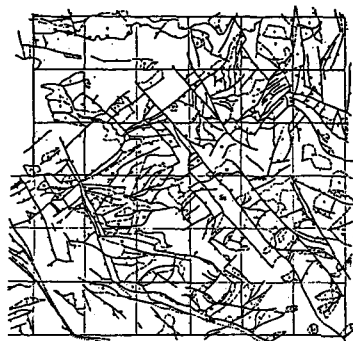


図-2. クラックマップ

(B-1 ブロック)

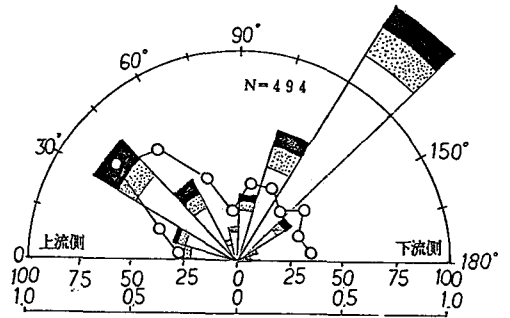
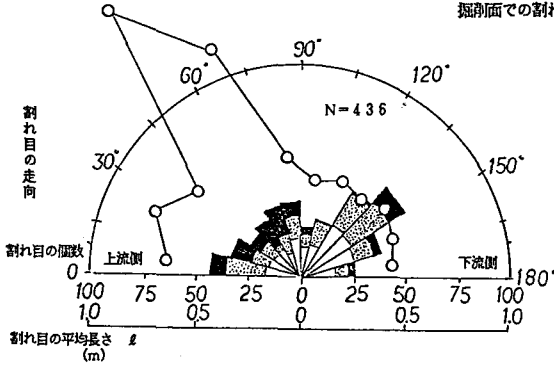
- 掘削面での割れ目は、基準軸で135 ~150° の走向をもつ割れ目がやや卓越しているものの、様々
な走向の割れ目が一様に分布している。各走向における割れ目の平均長さは、45~75° の走向をも
つ割れ目が1.0 m 以上で最も長い。他の走向における割れ目の平均長さは 0.5m 前後に過ぎない。
- セメントミルクにより充填された割れ目の走向は135 ~150° が卓越しているが、他の走向の割れ
目にも万遍なくセメントミルクは充填されている。掘削面における割れ目で分布頻度の高い走向の
割れ目は、セメントミルクにより充填されやすいという傾向が見られる。

各走向におけるセメントミルクの充填された割れ目の平均長さは、45~60° の走向をもつ割れ目が
1.0m程度で最も長く、他の走向でのセメントミルクにより充填された割れ目の平均長さは0.5 ~0.
8m程度である。掘削面での割れ目の平均長さが長い走向では、セメントミルクにより充填された割

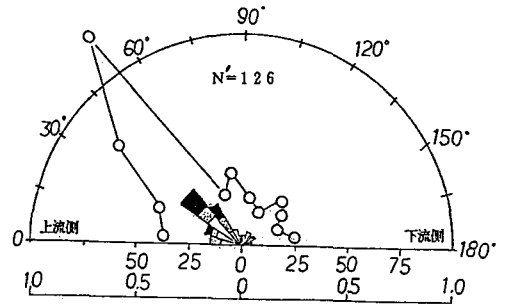
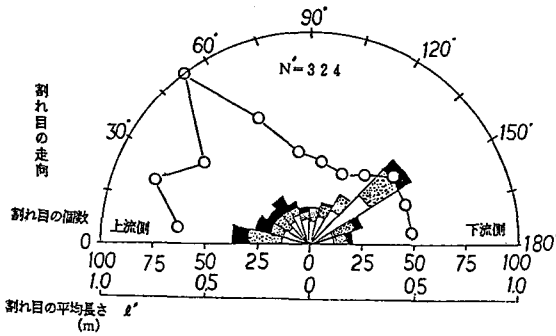
B-1 ブロック
(C₁ 級砂岩が主体のブロック)

B-2 ブロック
(C₂ 級砂岩のブロック)

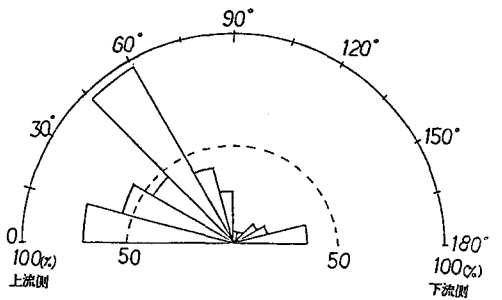
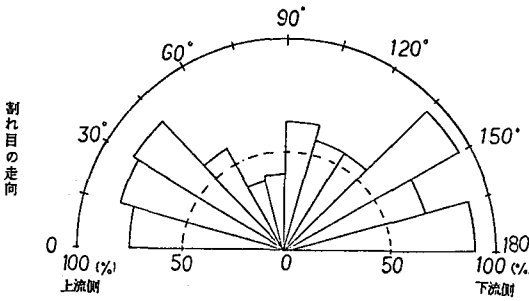
掘削面での割れ目の走向と長さ



セメントミルクにより充填された割れ目の走向と長さ

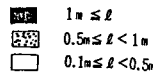


セメントミルクによる割れ目の充填率



$$\text{セメントミルクによる割れ目の充填率} = \frac{\ell' \cdot N'}{\ell \cdot N} \times 100(\%)$$

凡例



N': 当該走向でのセメントミルクにより充填された割れ目の個数
ℓ': 当該走向でのセメントミルクにより充填された割れ目の平均長さ
N: 当該走向での割れ目の個数
ℓ: 当該走向での割れ目の平均長さ

ただし、ℓは割れ目の長さであり、走向はダム最大断面での上下流方向を基準軸にした。

—○— 当該走向における割れ目の平均長さ

図-3. 選定した掘削面ブロックにおける割れ目の走向別分布状況および平均長さとセメントミルクの充填状況

れ目の平均長さも長いという傾向が見られる。

- ③. セメントミルクによる割れ目の充填率は $0 \sim 45^\circ$ 、 $135 \sim 180^\circ$ の走向の割れ目が、やや卓越している。ただし、各走向の割れ目にも、ほぼ万遍なくセメントミルクが充填されている。

(B-2 ブロック)

- ①. 掘削面での割れ目は、基準軸で $30 \sim 45^\circ$ 、 $120 \sim 135^\circ$ の走向をもつ割れ目が卓越している。各走向における割れ目の平均長さは、 $30 \sim 60^\circ$ の走向をもつ割れ目が 0.7m 以上で最も長い。他の走向における割れ目の平均長さは $0.2 \sim 0.4\text{m}$ 程度である。
- ②. セメントミルクにより充填された割れ目の走向は $0 \sim 60^\circ$ 、その中でも $30 \sim 45^\circ$ が卓越している。他の走向の割れ目には、あまりセメントミルクは充填されていない。特に、 $120 \sim 135^\circ$ の走向の割れ目は、掘削面における割れ目の走向で最も分布頻度が高かったにもかかわらず、ほとんどセメントミルクが充填されていない。むしろ、掘削面における割れ目で、平均長さの長い走向の割れ目は、セメントミルクが充填されやすいという傾向が見られる。また、B-1 ブロックと同様に掘削面での割れ目の平均長さが長い走向では、セメントミルクにより充填された割れ目の平均長さも長いという傾向が見られる。
- ③. セメントミルクによる割れ目の充填率は $0 \sim 15^\circ$ 、 $45 \sim 60^\circ$ の走向の割れ目が卓越している。走向によっては、セメントミルクによる割れ目の充填率のかなり低いものが見られる。

6. まとめ

砂岩の基盤で、岩級が異なるほかは、グラウチングによる透水性の改良程度のほとんど変わらない2つのブロック ($6\text{m} \times 6\text{m}$) において、目視により長さ 10cm 以上の割れ目へのセメントミルクの充填状況を観察した。その観察結果から、割れ目の長さおよび、割れ目の分布頻度とグラウチング効果との関係について次の事が判った。

- ①. C_L 級主体のブロック (B-1 ブロック) では、分布頻度の卓越している走向の割れ目が、他の走向の割れ目よりもセメントミルクにより充填されやすくなるものの、全体的には走向によらず万遍なく充填される傾向が見られる。
- ②. C_M 級ブロック (B-2 ブロック) では分布頻度の卓越している走向に関係なく、割れ目の平均長さの長い走向の割れ目がセメントミルクにより充填される傾向が見られる。

このように割れ目へのセメントミルクによる充填状況が、岩級により異なるのは、 C_L 級主体のブロックでは個々の割れ目の長さは短くても、他の割れ目と連続し易いのに対し、 C_M 級ブロックでは他の割れ目と連続し難いためと考えられる。

今後は更に様々な地盤において、グラウチング施工後の掘削面におけるセメントミルクの充填状況に着目した検討を進めていくことで、岩盤性状を支配する各種要因とグラウチング効果との関係をより明確にしていくつもりである。

参考文献

1. 菅原捷・中村康夫・双木英人：グラウト工の調査設計法に関する研究〔Ⅲ〕，水資源開発公団地質試験室報告，第8510号，pp91～105，1986年3月。
2. 神尾重雄・齊藤明朗・解良一夫：掘削面でのミルク充填状況より見たグラウチング効果に関する基礎的考察，第42回建設省技術研究会論文集 自由課題河川部門，pp169～176，1988年10月。