

VI-41

天山ダム基礎グラウチングの設計・施工について

九州電力(株)天山発電所建設所 田野襄一郎・境 邦誓

○坂井和典

1. はじめに

天山ダムは変成岩帯に位置する中央土質遮水壁型ロックフィルダム(高さ69m, 堤体積184万 m^3 , 堤頂長380m)である。ダム基礎グラウチングはブランケット, カーテン, 補助カーテン, コンソリデーションからなり施工は昭和58年6月から昭和60年12月に実施され, 穿孔長約5万m, 注入セメント量約1400tであった。本文はクラッキーで軟質な変成岩からなる基礎岩盤に対するグラウチングの設計・施工, 施工結果並びに施工管理についての報告である。

2. 地質概要

ダム基礎は黒色片岩及び緑色片岩(結晶片岩)とこれに頻雑に貫入するアブライトでありかなり風化している。片理の卓越方向はダム軸と約60°で斜交し傾斜は85°N~85°Sである。コア基礎はCH~CM級岩盤, フィルタ及びブロック基礎はCM~CL級岩盤としたが, 岩盤は全般に軟質でクラッキーである。

3. 基礎グラウチングの設計

設計は地質調査, 岩盤試験, グ라우チングテスト, 浸透流解析等の結果に基づき表-1の通りとした。

表-1 ダム基礎グラウチング基本設計

グラウチングの種類	ブランケットグラウチング	カーテングラウチング	補助カーテングラウチング	コンソリデーショングラウチング
目的	基礎部の遮水性の向上	ダム基礎及び左右岸地山からの浸透流の抑制	カーテングラウチングの注入効率の向上	監査廊周辺の緩み域の改善と遮水性の向上
施工範囲	基礎全面(監査廊除く)	左岸~右岸に至る561m	同 左	監査廊部
施工パターン	三角形格子(一辺5m~1次2.5m~2次)	単列(18mを1ブロック, 標準2mピッチ)	カーテンを挟む位置で2孔(縦断方向2mピッチ)	水平孔と斜孔を上下流対称で1mピッチで配置
目標シワ値	3シワ程度	2シワ程度	なし	2シワ程度
施工深度	5m(但し監査廊寄り8m)	最大 67m	6.5m	5m
ステージ長	1ステージ2m, 2ステージ3m	1ステージ2m, 2ステージ以上5m	1ステージ2m, 2ステージ4.5m	1ステージ5m
注入圧	7~13 (kgf/cm ²)	8~25 (kgf/cm ²)	8~10 (kgf/cm ²)	6~8 (kgf/cm ²)
施工方法	中央挿法による			
穿孔	回転式ボーリングマシン(φ46)を使用する。調査孔, フィルタ孔はすべてアを採取する。			
透水試験	全ステージで実施する。			
水押し	注入前に30分間(又は10分間)行なう。水押し注入量は5 l/m ² 分以下, 圧力は規定圧の80%とする。			
注入	注入材料: 高セメント種 注入圧力の保持: 30分間 セメント硬化待ち: 7時間			

4. 施工

グラウチングは中央プラントで製造したグラウト原液(C:W=1:1)を注入孔近傍のサブプラントに圧送し, ここで濃度を調整して注入した。注入管理はグラウト管理室で集中管理を行った。管理に当っては全孔についてステージ毎に地質, 注入量等33項目に亘るデータを記録し次のステップの施工に反映した。注入経過は全てチャート紙に記録し注入特性を把握した。表-3に施工時の主な配慮事項を示す。

表-2 施工時に配慮した主な事項

項 目	内 容
監査廊トレンチ側壁	監査廊トレンチ側壁の水平クラック(開口亀裂)箇所にはレグドリルで1m程度穿孔し監査廊コンクリート打設後に注入した。
水平クラックの処理	
リーク防止	モルタル吹付, スラッシュグラウト等によりリーク防止を図り注入効率を高めた。
コンクリートと岩盤との接触部の処理	コンクリートと岩盤との接触面の水密化を図るため, 両者の境界面に30cmのステージを設けた。
4次孔施工(カテ)	3次孔(2m間隔)迄の改良度合から4次孔(1m間隔)施工の可否を決定した。
チェック孔	ブランケットグラウチングでは第1ステージ2m間の透水試験を1m毎の2区間に分け表層部の改良の徹底を図った。また, 監査廊側壁並びにインバート部にチェック孔を挿入し監査廊周辺部の改良の徹底を図った。

ブランケットグラウチングは1次孔(5m三角形), 2次孔(2.5m三角形)の順に施工し, 改良目標を達成できない区域については3次孔(1.25m三角形)を施工した。カーテングラウチングでは3次孔(2m間隔)迄施工し,

表-3の基準で、4次孔の施工を進めた。

5. 施工結果

施工数量実績を表-4に示す。図-1に孔間隔とルジオン値を、図-2にルジオン値の累積度数分布を示す。地質的要因と岩盤の透水性の関係を図-3及び表-5に示す。表-5は岩種・岩級別のルジオン値実績を、図-3はその度数率を示している。これ

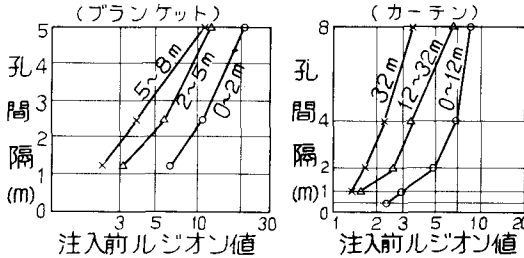


図-1 孔間隔と注入前ルジオン値の関係

表-3 4次孔施工基準(堤体基礎対象)

岩質	岩級	基準
片岩部	1~3	全て施工
	4~7	両側の岩級のうちいずれか一方が3.2ルジオン以上の時施工
	8~	〃 6.7 〃
アプライト部	1~3	全て施工
	4~7	両側の岩級のうちいずれか一方が2.6ルジオン以上の時施工
	8~	〃 3.8 〃

表-4 施工実績総括

	ブランク	カーテン	補助カーテン	コンクリ	合計
孔 深 (m)	5-13	32-92	6.5	5.0	-
孔 数 (本)	2,271	688	584	812	4,355
穿孔長 (m)	15,200	26,976	3,413	4,060	49,649
孔間隔 (m)	2.5-1.25 (三角形)	1.0 (単列)	2.0	1.0	-
注入圧 (kg/cm ²)	4-13	2-25	2-10	2-7	-
注入量 (t)	717	594	77	6	1394
注入量 (kg/m)	47	22	23	2	28

によれば、岩盤の透水性は岩級に影響され、堅岩になるに従い透水性は小さくなっている。一方、岩種ではアプライトの場合が大きな値となっている。ルジオン値と単位セメント量の関係は $C=al^b$ もしくは $\log C = \alpha + \beta \log L + \gamma (\log L)^2$ (C --単位セメント量 L --ルジオン値) で表現するのが相関比が高い(図-4参照)。図-5、図-6は注入圧力の効果を示すもので相関曲線から作成した。これによれば透水性の高い岩盤ほど注入圧力を高くする効果は著しいと云える。

式①は注入セメント量を注入圧力とルジオン値の関数として求めた重回帰式である。

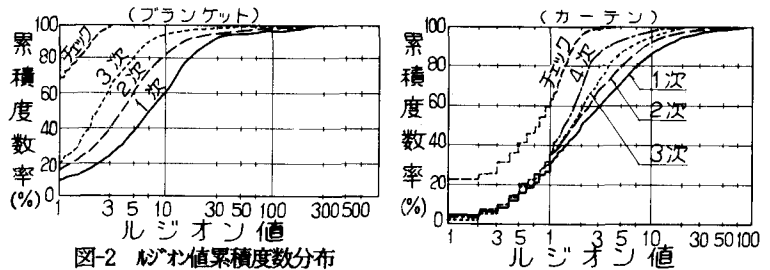


図-2 ルジオン値累積度数分布

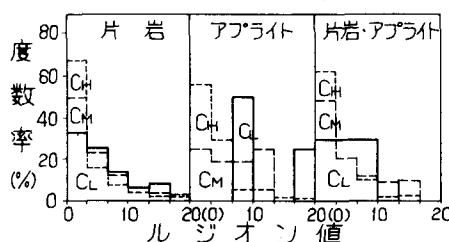


図-3 岩種・岩級別ルジオン値度数率分布

表-5 岩種・岩級別ルジオン値実績

岩級	項目	片岩	片岩・アプライト	アプライト
D.C.L	n	196	10	4
	Lu	9.3	6.1	21.8
	σ (Lu)	12.5	4.2	19.5
C.M	n	472	78	16
	Lu	5.5	5.8	8.8
	σ (Lu)	7.0	5.5	7.2
C.H	n	809	161	75
	Lu	3.8	4.0	4.3
	σ (Lu)	5.6	5.3	5.1

n:データ数 Lu:平均ルジオン値 σ :標準偏差

$C = -34.5 + 3.1P + 8.7L$ --- ① C :単位セメント量 P :注入圧力 L :ルジオン値

重回帰係数-0.51 データ数-300

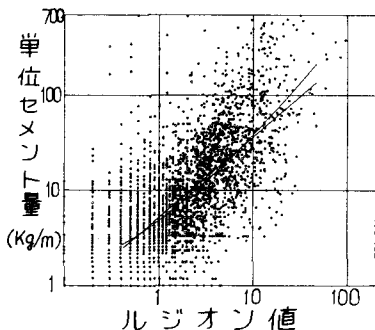


図-4 ルジオン値と単位セメント量の関係

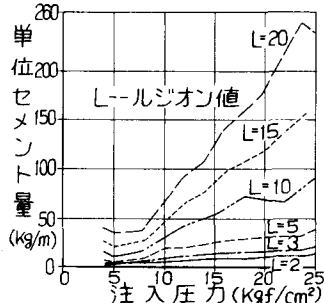


図-5 注入圧力と単位セメント量の関係

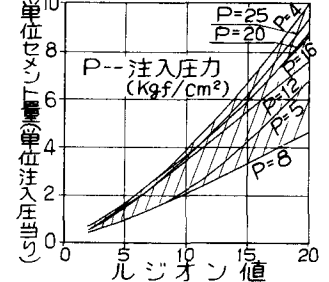


図-6 ルジオン値と単位セメント量(単位注入圧力当り)の関係

6. まとめ

クラッキーで軟質な結晶片岩を基礎とするロックフィルダムグラウチングの設計並びに施工時の配慮事項について述べると共に諸要因のグラウチングに及ぼす影響を示した。