

電源開発株式会社奥清津建設所

正 会 員

倉 屋 健

1. まえがき

カッサダムは、信濃川水系清津川支川、カッサ川の源流域に設けられる上池のロックフィルダムであり、その諸元は 右に示す。この上池と清津川に設けられる下池との間に得られる有効落差 470m を利用して 1,000 MW の純揚水式奥清津発電所が建設中である。

ダム地点の地形は、右岸側は全体に急斜面をなし、一方左岸側はなだらかな尾根と深く所折さ水た沢よりなる緩斜面である。

ダム付近一帯の地質は、基盤をなす石英安山岩とダムの西南西 5 km に位置す

る苗場山（標高 2,455m）の噴出物が分布する。ダムの基礎は、河床部および右岸急斜面に石英安山岩が露出し低所では堅硬で密であるが高所になるにつれ節理・き裂がやや多く、風化も幾分強くなるが総じて堅硬な岩質である。一方左岸側は、石英安山岩上に火山泥流が安山岩質溶岩を挟んで分布している。この火山泥流層は、大小の安山岩礫を含み、基質は比較的細粒で主として凝灰質・部分的に砂質～シルト質であり、未固結であるが全体によく締っている。また、過去の苗場山の噴火および火山泥流等によって生じた堰止湖の存在も証明する湖成層（砂・シルト・PEAT 等より成る）がところどころに挟在している。安山岩質溶岩は非常に堅硬であるが節理が著しく発達している。ダム軸における地質縦断面を図-1 に示す。これらの基礎に対する処理のため各種の試験を行いつつ施工計画を立たが、本文では火山泥流層におけるグラウトの注入特性を調べるために行った現場注入試験についてのみ述べるものである。

有効貯水量	11,400x10 ³ m ³
型 式	中央土質しゅ水壁型 フィルタイプダム
高 さ	90 m
ダム頂長	487 m
ダム頂標高	1,310 m
ダム体積	4,500x10 ³ m ³
ロックフィル	3,730x10 ³ m ³
フィルタ	320x10 ³ m ³
土質しゅ水壁	450x10 ³ m ³

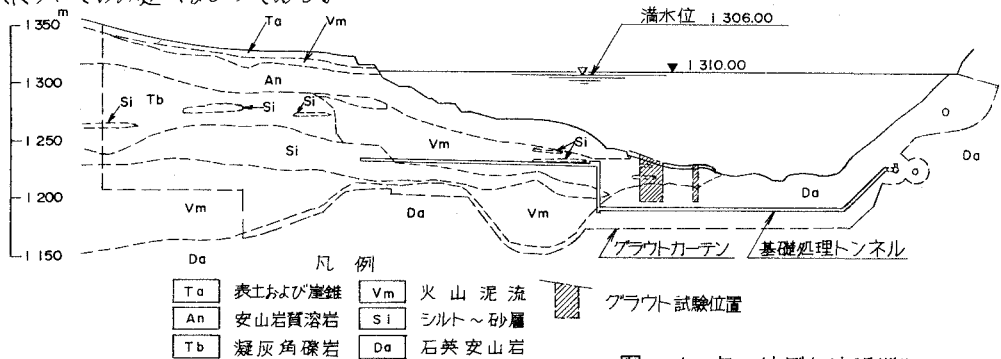


図-1 カッサダム地質縦断面

2. 注入試験の目的

火山泥流層に対する注入材料、注入パターン、注入圧力、パッカーおよびグラウトキャップの役目をする表層の処理の仕方等について適性の確認ならびに実態を把握するために現場注入試験を行った。試験の位置は、図-1・2 に示すとおりで将来実施するダムの基礎処理グラウトに役立つように配置した。

3. 注入の設計

火山泥流層の基質（透水性 $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ cm/s}$ ）への注入は不可能と考えられ、礫間・巨石と泥流との面間・水路等の空隙への状注入を期待し、グラウトの種類・注入孔の配置を図-2、表-1 に示すように計画実施した。

グラウトの順序は、注入材料相互の出入を考慮してセメント系を先行したのち薬液系を行う。各注入パターン

においては、大きい方形から小さい方形へ移行させる。一つの方形内では格点を2ステージグラウトしたのち方形の中心（透水試験孔）をグラウトする。これは、格点孔より中心孔の方が1ステージ遅れることを意味し、方形内が充分改良されたときに透水試験を行い改良度を求めるものである。

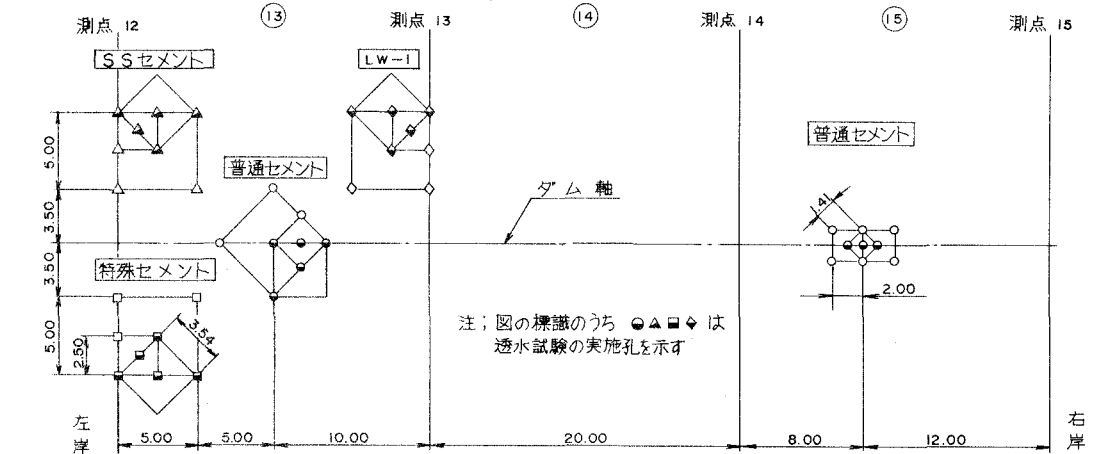


図-2 注入材料と注入パターン

表-1 注 入 の 設 計

	普通セメント			特殊セメント			SSセメント				LW-Ⅰ			
注入材料	普通ポルトランドセメント (JIS R 5210)			特殊ポルトランドセメント (JIS R 5210)			1. 普通ポルトランドセメント 2. 日東 SS 30R				1. 普通ポルトランドセメント 2. ケイ酸ナトリウム			
配 合	セメント水重量比について 1/20, 1/10, 1/5, 1/3, 1/2, 1/1 を用いる			同 左				単位	A 液	B 液		単位	A 液	B 液
							水	ℓ	418	400	水	ℓ	420	250
							セメント	kg	250		セメント	kg	250	
							日東SS30R	kg		100	ケイ酸ナトリウム	ℓ		250
							促進剤D	kg		4				
							シ B	g		250				
							助 剤	g		250				
開始剤	g	500												
注入方法	単 管 式			同 左			2液1系統注入方式(1.5分/ホ注入)				同 左			
注 入 圧	ステージ	孔 深 度 (m)	最高圧力 (kg/cm ²)	同 左			同 左				同 左			
	Ⅰ	3 ～ 6	3											
	Ⅱ	6 ～ 11	5											
	Ⅲ	11 ～ 16	7											
	Ⅳ	16 ～ 21	10											
注入完了 の時期	注入量が0になってから30 分間加圧したとき			同 左			注入量が2ℓ/minとなったとき				同 左			

注；特殊ポルトランドセメントは、普通ポルトランドセメントを加熱粉碎したもので、粉末度は 比表面積（ブレン方法による）で 5000cm²/g 以上である。

4. 注入作業

穿孔は、ボーリングマシン（鉦研試験工業 OE2 型、OE2L 型）によりメタルクラウンおよびダイヤモンドビットで行った。孔径は、2.5m・2.0m・1.4m 方形の中心はφ66mm でその他はφ46mm である。なお、表層部3m間はケーシングパイプφ75mm を挿入しセメント注入をした。

注入工法は、ステージグラウティング法（フォアステップ）を採用した。透水試験は、注入最高圧力を昇圧時・降圧時共おののお4段階に分けて、各段階圧力において安定した10 分間の透水量を測定し透水係数を求めた。これらの注入作業に用いた機器は表-2 に示す。

5. 注入実績

試験結果は、注入量が表-3、透水係数が表-4のとおりであり要約すると次のようである。

注入材料による注入量の差は著しくは認められない。注入パターン内の注入量は、最大方形から内挿して行くに従って減少している傾向はあるが逆に増加しているところもある。注入量については、セメントを主材料としていることと、注入対象地盤の土の特性、成層状態が複雑でその場所ごとに異なるためと思われる。

透水係数の改良度は、約10倍良くなった程度で図-3に示す例のごとく順次改良度は向上しているが、昇圧時より降圧時の方が透水量が大きい傾向がある。

注入圧力は、表-3の標準まで昇圧することが出来た。パッカーは、泥流の固結したところおよび巨石にセット出来た。試験区域の地表は、約22°の緩斜面であるが透水試験およびグラウト注入時の漏出は、孔口より低い

表-2 グラウト注入の使用機器

	普通セメント	特殊セメント	S S セメント	LW-1
ミキサー	鉱研試験工業LM-250型上下2槽式	同 左	同 左	同 左
ポンプ	ヤマボロリングHFV-2A型定圧力可変流量式	同 左	東邦地下工機BGW-3型機型2連複動式	同 左
記録装置	FM-150型自記圧力流量計	同 左	明昭D-120-3F型 自記圧力流量計	同 左
パッカー	二重管式エキスパンションパッカー	同 左	同 左	同 左

表-3 注入実績

ステージ	孔深度 (m)	標準 注入圧力 (kg/cm ²)	注入延長 (m)	注 入 量								m当り 注入量	摘 要
				5m方形の 格 点	5m方形の 中 心	35m方形の 中 心	25m方形の 中 心	2m 方形の 格 点	2m 方形の 中 心	14m方形の 中 心	計		
普 通 セ メ ン ト (kg)													
I	3 ~ 6	3	24	2 313	180	384	165				3 042	127	
II	6 ~ 11	5	40	3 682	233	1 385	133				5 433	136	
III	11 ~ 16	7	40	3 182	21	557	313				4 073	102	
IV	16 ~ 21	10	32	2 754	1 250	774	392				5 170	162	
計			136	11 931	1 684	3 100	1 003				17 718		
m当り注入量(kg/m)				166	94	111	56				130		
普 通 セ メ ン ト (kg)													
I	3 ~ 6	3	27					1 432	794	2 894	5 120	190	
II	6 ~ 11	5	45					1 096	259	311	1 666	37	
III	11 ~ 16	7	45					3 312	967	995	5 274	117	
計			117					5 840	2 020	4 200	12 060		
m当り注入量(kg/m)								75	78	323	103		
特 殊 セ メ ン ト (kg)													
I	3 ~ 6	3	24	2 936	440	444	345				4 165	174	
II	6 ~ 11	5	40	2 857	510	1 398	345				5 110	128	
III	11 ~ 16	7	40	5 552	540	1 283	213				7 588	190	
IV	16 ~ 21	10	40	5 171	743	120	82				6 116	153	
計			144	16 516	2 233	3 245	985				22 979		
m当り注入量(kg/m)				229	124	90	55				160		
S S セ メ ン ト (ℓ)													
I	3 ~ 6	3	24	3 752	940	700	850				6 242	260	
II	6 ~ 11	5	40	6 426	510	2 640	1 112				10 688	267	
III	11 ~ 16	7	40	5 960	1 800	1 980	652				10 392	260	
IV	16 ~ 21	10	40	8 234	1 112	2 080	2 012				13 438	336	
計			144	24 372	4 362	7 400	4 626				40 760		
m当り注入量(kg/m)				339	242	206	257				283		
L W -- I (ℓ)													
I	3 ~ 6	3	24	2 480	1 376	1 494	1 420				6 770	282	
II	6 ~ 11	5	40	8 282	430	2 720	540				11 972	299	
計			64	10 762	1 806	4 214	1 960				18 742		
m当り注入量(kg/m)				336	226	263	245				293		

川側へ多く見られた。地表へのグラウト漏出には、砂の散布・ウエスの被覆・断続注入等を行って止めた。

6. むすび

火山泥流層に対する現場注入試験について述べたが必ずしも満足できるものではないが参考になれば幸いである。

なお、これから諸試験の結果を踏えてダム基礎処理の設計施工条件を次のとおりとしないので付記する。

表層2.5mは、クローラドリルで穿孔後ガス管を装入しセメンテーションを行い、基礎処理グラウティング完了後標準3m掘削除去するものとする。火山泥流層の許容最大注入圧力がダム完成後の全水頭より低いので、カーテン孔は3列とし孔間隔を密にして注入有効範囲が充分重複するようにし、浅い地層はプランケットを設けグラウトの有効幅を広げて改良度の低工を補うものとする。

注入範囲は、 $H/B_0=3$ 、 $H/B_m=4$ （ここに、 H ：水圧、 B_0 ：グラウト範囲の天端幅、 B_m ：グラウト範囲の平均幅）を一応の基準とする。注入工法は、最初3.5m次から5mのステージグラウティング法（フォアステップ）を採用するものとする。注入材料は、普通セメント・特殊セメント・LW-1としその使用範囲と注入孔の配置を図-4によるものとする。LW-1の配合は、1,000ℓ当り、A液は特殊セメント100kg・水480ℓ、B液はケイ酸ナトリウム250kg・水250ℓとする。

表-4 注入前後の透水系数

注入材料	注入前	注入後
普通セメント ⑬	7×10^{-4}	9×10^{-5}
⑮	3×10^{-4}	8×10^{-5}
特殊セメント	5×10^{-4}	9×10^{-5}
SSセメント	5×10^{-4}	7×10^{-5}
LW-1	3×10^{-4}	9×10^{-5}

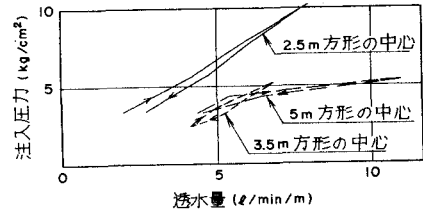
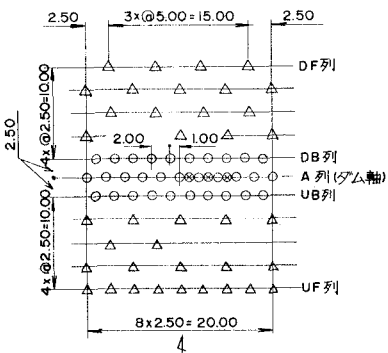


図-3 注入圧力と透水量曲線の一例

標準配置



注：図の標識のうち△は追加孔で注入材料はLW-1とする

孔深と注入圧力

C～F列		B列		A列	
2.5m	3 kg/cm²	2.5m	3 kg/cm²	2.5m	3 kg/cm²
6	3	6	7	6	1.2 H/10
11	5	11	7	11	"
16	7	16	10	16	"
21	10	21	13	21	13
		26	15	26	15
		31	15	31	15

注：Hはダム完成後の全水頭

標準断面

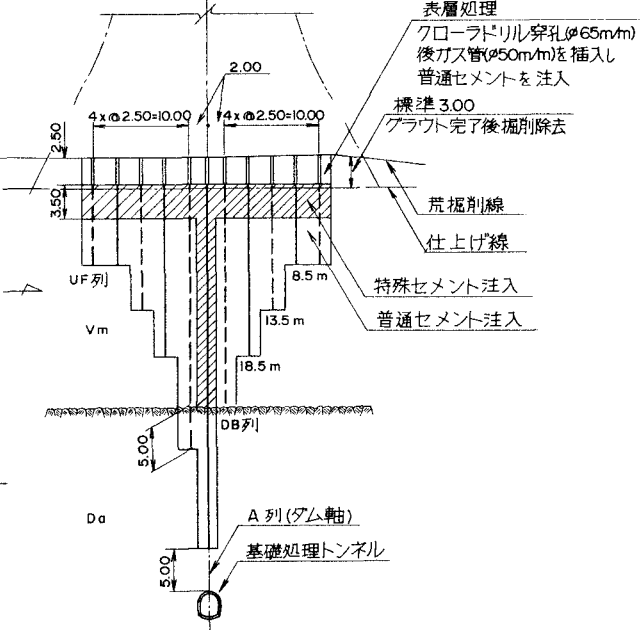


図-4 基礎処理グラウト孔の標準配置