

I-10 殿山ダムのコンクリートについて

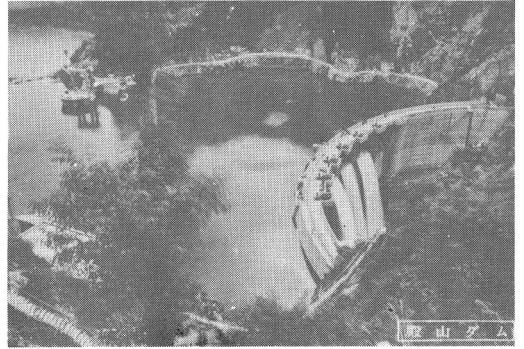
関西電力K.K. 准員 錦 織 達 郎

1. 概 要

殿山ダムは高さ64.5m、堤頂長128.7m、最大厚さ12.0m、堤体積51,400m³の釜いドーム型アーチダムであり、その特色は次の通りである。

- (1) サドルを設けてダム本体を左右対称にした。
- (2) ダムの形状をきめる線は全て代数曲線で表わすことにした。
- (3) 堤体の中央部で満水面下25mの位置に洪水吐用の6門のオリフイス(各入口の大きき10.49×8.20m、出口の大きき5.20×6.00m)を設けた。

完成した殿山ダム



工事は1955年3月25日に着工、11月堀削完了、1956年1月13日にコンクリート打ちを開始し年中に約90%の工事を完了し、1957年3月22日に湛水を開始した。

この工事の重要性にかんがみ、ダムコンクリートとしては高強度で品質の均一なるものが要求されるに至った。そのため各種の調査を長期間にわたって行い、コンクリートの各枝料の性質を十分に検討するばかりでなく、ダムコンクリートについても綿密な試験を行った。又、施工体系の合理化をはかり作業における責任の所在を明確にして、各枝料の品質および作業工程の管理を厳重に行った。

2. コンクリート用枝料

セメントは小野田セメントK.K.藤原工場製で殿山ダム用セメントとして特別に示方した。下表には見本値、実際にダムに使用した49試料の平均値および殿山ダム規格を示してある。

項 目	比重	粉 末 塵		凝				結				曲 げ 強 さ %cm ²				圧 縮 強 さ %cm				水 和 熱 cal/g		
		88μ% フレックス	30μ%	水 量 %	始 凝 時 間 h	終 凝 時 間 h	温 度 C°	温 度 %	3日	7日	28日	91日	3日	7日	28日	91日	7日	28日	91日			
見 本 値	3.19	1.5	3180	26.0	2.48	3.53	20.0	86	28.2	39.4	61.0	76.1	105	166	324	472	60.5	74.0	84.3			
試 験 成 績 (平均値)	3.19	1.6	3203	25.6	2.38	3.49	20.3	86	28.2	39.6	61.0	78.6	107	170	329	484	60.3	74.2	84.5			
殿山ダム規格	>3.05	<10	>2700	>1	<10	20±3°			>15	>30	>40	>50	>50	>100	>260	>350	<70	<80				

又、コンクリートのウオーカビリチーをよくして水セメント比を下げ、セメントを節約し、コンクリートの打込後の温度上昇を抑制するため分散材としてポゾリスNO.8をセメント使用量の0.2%使用した。下表には実験室で行った比較試験の代表的なものを示してある。

単位セメント量 (kg)	混 和 材 料	W/c	スランプ(cm)	コンクリート温度(C°)	空気量(%)	7日強度(%f)	28日強度(%f)	91日強度(%f)	備 考
2.50	Dressinate X. 15g	0.47	3.0	19.4	3.9	132	231	330	配合は何れもダムコンクリート用 骨材の最大寸法 80mm 供試体 φ15×30cm
○	Poggolith No.8 500g	0.43	3.0	18.0	1.9	207	362	480	
2.20	Dressinate X. 10g	0.50	3.0	15.0	3.9	127	213	300	
○	Poggolith No.8 440g	0.47	2.5	14.0	1.6	207	323	449	
2.00	Dressinate X. 10g	0.53	3.0	17.8	4.1	106	192	293	
○	Poggolith No.8 400g	0.50	2.5	16.0	1.8	163	315	400	

骨材としてはダムを建設した日置川の北隣りの富田川から採取した天然骨材を使用した。使用骨材の最大寸法は80mmで粗骨材は80-40、40-20、20-5mmの3種に分級した。細骨材の粒度は調査結果によれば粗粒率が2.81~3.21に分布し平均2.97であつたので使用骨材の粗粒率を2.99として分級は行わなかつた。

3. コンクリート配合

コンクリートの設計について考慮した点をあげると

- (1) 設計応力の最大は55 kg/cm²。
- (2) 若いダムであるから密度の高いコンクリートにする。
- (3) ダム内部と外部につき配合を変えることはしない。
- (4) 人工冷却は行わない。従つてセメントの性質を吟味し且つ出来るだけ使用量を減ずる。

ダム本体の単位セメント量の決定にあつてはコンクリート強度を枝令91日で350 kg/cm²程度とし、スランプ3±1cm、空気量を1.5~2.5%として各種配合の試験結果から判断して220kgとした。サドル配筋部およびオリフィス部については施工の便宜のため配合を変えた。使用したコンクリートの配合を以下に示す。

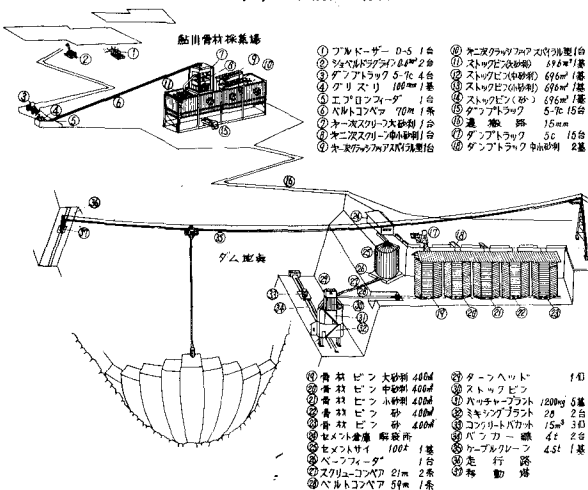
配合	W/C	S/A (%)	A/C	C (kg)	G (kg)	S (kg)	P (kg)	W (kg)	所定スランプ (cm)	所定空気量 (%)	練り混ぜ時間 (分)	備 考
A	0.42	30	9.84	220	1,491	629	440	92	2~4	15~25	2	ダム本体
B	0.44	35	8.18	250	1,235	811	500	100	3~5	"	"	サドル配筋部、オリフィス部
C	0.43	40	7.64	265	1,228	796	530	115	5~7	"	"	オリフィス部
D	0.43	40	7.13	280	1,205	791	560	120	7~9	"	"	"

註 1. P=ポゾリスNo. 8
 2. 粗骨材 (g) は3種であつた。その粒度配合はA配合で80~40mm:40%、40~20mm:35%、20~5mm:25%、その他の配合では40~20mm:50%、20~5mm:50%である。

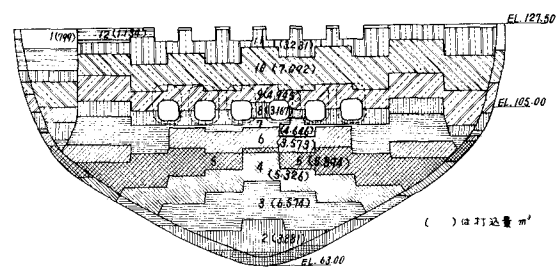
4. 練り混ぜ、打込みおよび養生

コンクリートの製造に用いた設備は下圖に示す通りで、砂の骨材ビンを2基設けて表面水量を10%以下にとり定めることができた。練り混ぜには石川島コーリング社製全自動バッチャプラントを用い、ミキサは28切コーリング型2台を使用した。

コンクリート製造・打込系統圖



コンクリート月別打込状況圖

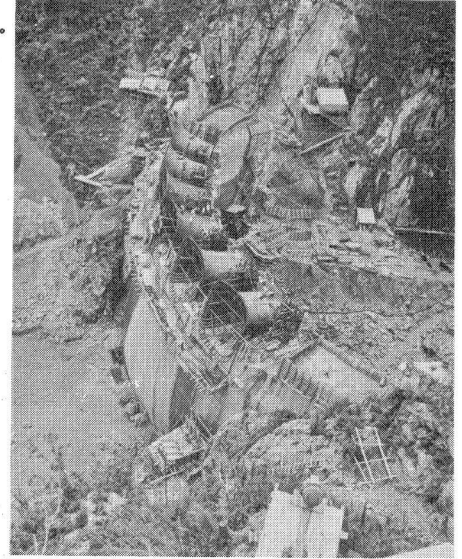


ダムはサドルを含めて11ブロックに分けて打込んだ。月最大打込量は7000 m³、日最大打込量は460 m³であった。尚、夏期にはコンクリートの打込温度を抑制するため日没時よりコンクリート打ちを開始した。

コンクリートの型わくは、狭くそ、り立つアーチダムでは足場がとりにくいのでスライドフォームを採用した。1パネルの大きさは1.90 × 5.00 mである。オリフィス部には鋼製型わく(厚さ6 mm)を用いた。

コンクリートの養生は撒水養生で、鉛直面ではスライドフォームの足場を利用した配水管を用いて行った。レタンスの除去は射出水を用いて行い、夏期には打上り面にSika R.F.C.なる硬化遅延材を撒布して除去を完全にした。

オリフィス部打込状況



5. 品質管理

本現場では品質管理の業務を独立させて本部直轄のコンクリート試験室におき監督を強化した。管理に従事する者はインスペクターなる名称と呼ばれ特別な教育を施して大幅な権限を附與した。

コンクリートの直接品質管理の対稱とした測定および試験は次の通りである。

- 砂の表面水量の測定 50バッチ(37.5 m³)に1回
- 練り混ぜ材料の計量値の記録 5バッチ(3.75 m³)に1回
- スランプ測定 10バッチ(7.5 m³)に1回
- 気温、水温、コンクリート温度の測定 10バッチ(7.5 m³)に1回
- 空気量測定 30バッチ(22.5 m³)に1回
- 管理用供試体作成 1リフトに1試料(φ15 × 30 cmの円柱供試体9本)

採取した管理用供試体はA配合353試料(3177本)、B配合57試料(513本)、C配合2試料(18本)、D配合3試料(27本)で計415試料(3735本)である。A配合の月別試験成績値を下表に示す。

年 月	試料数	空気量	スランプ	気温				水温				コンクリート温度							
		M	M	M	M	M	Max	Min	M	C	Max	Min	M	C	Max	Min	M	C	
		(%)	(cm)	(°C)	(°C)	(°C)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(%)
1956	1	10	2.3	3.1	6.8	6.7	6.5	204	171	180	5.0	374	325	343	4.3	496	446	468	2.9
	2	23	2.2	3.0	6.8	6.5	7.2	205	138	173	11.1	402	279	344	7.1	493	346	444	8.1
	3	40	2.0	3.1	10.4	9.9	10.3	254	126	182	12.2	460	253	360	9.6	539	351	453	8.6
	4	43	1.8	2.9	14.3	13.1	14.8	257	104	168	18.2	438	212	320	14.4	561	320	429	10.5
	5	49	1.7	2.9	18.2	16.0	17.7	208	108	158	13.1	377	245	317	9.9	468	346	416	6.9
	6	29	1.6	3.2	22.6	20.7	21.8	219	138	172	12.4	414	272	331	10.5	499	373	431	6.8
	7	25	1.4	3.1	23.9	23.2	24.5	207	108	167	15.0	383	243	320	11.4	486	352	426	8.6
	8	19	1.5	3.2	24.0	23.8	25.3	228	131	176	14.0	380	254	329	9.8	484	362	427	7.5
	9	24	1.4	2.9	22.0	21.9	24.0	285	113	210	18.7	460	260	366	15.3	570	320	478	12.6
	10	61	1.7	2.9	17.2	17.0	19.3	260	135	195	14.2	431	279	360	10.0	539	362	457	8.9
	11	21	1.8	3.1	12.3	12.1	14.1	214	141	181	12.2	406	301	345	7.9	508	388	451	7.9
	12	5	1.8	2.9	7.3	5.7	6.9	212	139	165	17.3	401	295	327	11.8	466	373	403	8.3
1957	1	4	1.8	3.0	9.5	8.3	8.5	210	144	179	13.3	376	287	340	10.2	470	409	436	5.4
総平均	353	1.7	3.0	16.3	15.5	17.0	285	104	178	16.4	460	200	340	12.0	570	320	441	9.7	

註 0° 7, 0° 28, 6° 91 = 圧縮強度 M = 平均値 Max = 最大値 Min = 最小値 C = 変動係数

又、管理状況がどのようなものであるかを知るために管理図を作成して管理したが、こゝではその中の骨材の粗粒率、スランプ、91日圧縮強度だけを下表に示す。

細骨材の粗粒率の管理限界は始め 2.99 ± 0.2 ときめたが、1ヶ月後には 2.85 ± 0.2 に変更して管理した。試料を採取した日の平均粗粒率で整理し、各日のネハバRの試料採取日についての平均値を \bar{R} とし3σ限界を $n = 4$ として計算すると

$$\begin{aligned} \bar{x} \text{ に対しては} \\ \bar{x} \pm A_2 \bar{R} &= 2.85 \pm (0.729)(0.288) \\ &= 2.85 \pm 0.21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R \text{ に対しては} \\ D_4 \bar{R} \text{ と } D_3 \bar{R} &= (2.282)(0.288) \text{ と} \\ & \quad (0)(0.288) \\ &= 0.66 \text{ と } 0 \end{aligned}$$

従って3σ限界では規格より僅か0.01しか大きくなく、ネハバRの状態も良好な結果を示している。

スランプは各リフト毎の平均値、91日圧縮強度では各枚令の3本の平均値をとり、これを \bar{x} で表わした。管理限界は次式によった。

$$\begin{aligned} \bar{x} \text{ に対しては } \bar{x} \pm E_2 R \\ = \bar{x} \pm 2.66 R \end{aligned}$$

$$R \text{ に対しては } D_4 \bar{R} \text{ と } D_3 \bar{R} = 3.27 R \text{ と } 0$$

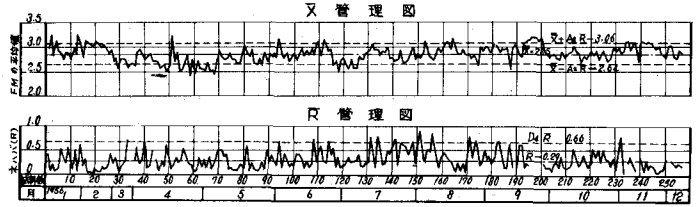
こゝに \bar{x} = 個々の試料 \bar{x} の平均値、 \bar{R} = 相隣っている \bar{x} の差 R の平均値。

スランプについては所要値 3 ± 1 cm に対して3σの管理限界は 30 ± 1.1 cm で僅か0.1cmだけ所要値より出ているだけで からわかるように満足すべき結果を示している。91日圧縮強度では3σ限界は 441 ± 107 kg/cm^2 で下限値は 334 kg/cm^2 で当初予定した最低管理限界 300 kg/cm^2 より上にあり十分安定したコンクリートを打つことができた。

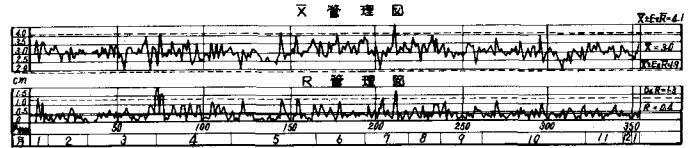
6. おすび

殿山ダムでは以上の如く初めてのドーム型アーチダムという莫から品質の均一化を保つために最大限の努力をした。又、ダムコンクリートとしての種々の性質を研究するために6種、計400個の計器を埋設すると共に電力技術研究所に依頼して各種の試験を実施中であり、近々にその成果を発表できると思う。

細骨材の管理図



スランプの管理図



91日圧縮強度の管理図

