

大型ダムに於ける工事中濁水の対策

正員 荒木正夫
○正員 和田浩伸

1 はしめに

草木ダムは利根川総合開発計画の一環として、渡良瀬川上流、群馬県群馬郡東村大字神戸地先に築造する多目的ダムである。型式は直線重力式コンクリートダムで、堤高140m、堤頂長405m、コンクリート量1,350,000m³、有効貯水量500,000m³の規模を有する。本ダムは、昭和40年建設省より水資源開発公団に引継がれ、昭和46年8月一般補償及び公共補償の解決し、昭和47年12月800,000m³の掘削を完了、コンクリートの打込みに入っている。昭和49年10月現在420,000m³の進行で、51年春の竣工を目指して鋭意工事中である。

本篇は主として、草木ダムの骨材採取用着床の処理についてその計画と実績につき紹介し、参考に供した。

2 骨材製造設備の概要

骨材は、ダムサイト上流約1kmの粘板岩（花崗岩の貫入によりホルンフェルス化している）及び花崗岩の原石山から採取することとした。原石山は表土処理約450,000m³の後、ベンチ高10mのベンチカット方式により採取、ダンプトラックにより一次破砕所まで運搬する。

以降破砕、篩分け、製砂、貯蔵の課程はすべてベルトコンベアーに依っている。

骨材製造設備は、総打設量約1,400,000m³、月最大打設48,000m³、日最大2,000m³、時間当たり160m³とし、コンクリート1m³当り骨材量21t、稼働率84%、ロス12%を見込み、 $\frac{160m^3/h \times 21t/m^3}{0.84(1-0.12)} \approx 450t/h$ として能力を決定した。

ただし実際のリフトスケジュールによる日最大打設量は2800m³であり、全体で計画の2,000m³を越える日数は15%であるが、この場合には打設時間の延長（計画上は12.5時間が基準）により補う考えである。

また原石山の採取量は、廃棄を見込み、540t/hの採取として計画した。

図-1 草木ダム位置図

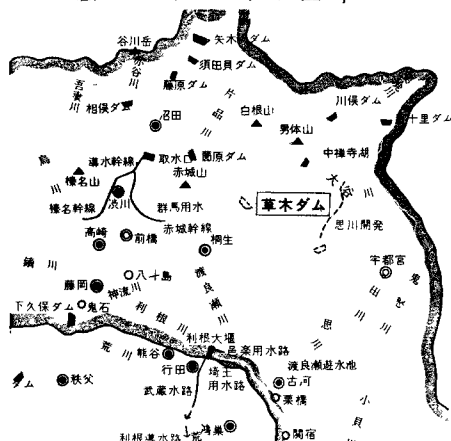


図-2 草木ダム骨材製造設備配置図

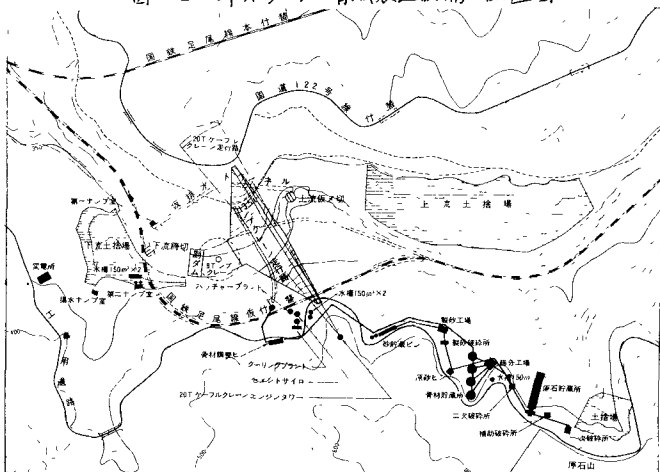


表-1 主要機材一覧表

設備名	機材名	規格	数量	能力
一次破砕設備	シヨ-フラツジャー	1070×1220	2	450t/h
水洗設備	スクラバ	2440×4550	2	450t/h
補助破砕設備	シヨ-フラツジャー	540×760	1	230t/h
原石貯蔵所		56,000t	1	56,000t
二次破砕設備	ハイトロコンフラツジャー	1260型	2	161t/h
篩分設備	ハイレバンススクリーン	3000×2100×4800	4	611t/h
製砂設備	ロツトミル	2250×3660	2	157t/h
製品貯蔵設備	粗骨材パイル	王大中小4種	1	13,000t
	砂ヒン	500t	12	6000t
	骨材調整ヒン	300t	6	1800t
混合設備	バツヤ-アラト	15m×3, 15m×4	各1	90,120m ³ /h
	ケ-ブルクレーン	駆動型20t(6m)	1	120m ³ /h
打設設備	シフクレーン	走行型135t(85m)	1	90m ³ /h
	クワ-クレーン	固定型6t(2m)	1	30m ³ /h
	シフクレーン	固定型9t(2m)	1	24m ³ /h

3 濁水処理設備

3-1 設備計画

渡良瀬川の鉄毒は、明治中期以降大増大し、現在でも被害農民の訴えが新聞紙上で騒いでいる状態にある。この上にダム建設による濁水問題が加わると、一層処理さへ増すことへ予想されるので、当初から十分な処理設備を考慮して来た。又群馬県当局からも、非常に厳しき排水基準に改正指示されたので、実施に当っては慎重に計画した。まず骨材沈降による濁水全量をシツクナーに於て薬品を使用して強制沈降させ、工事用水不足勝ちである現地条件より上澄水は再度ポンプアップし骨材沈降水として使用し、余水は渡良瀬川に放流する。

又濃縮されたスラッジは、ポンプにより村舎の沈降池（ダム土捨場上に造成）に送ることとした。

計画値および仕様概要は下記の通りである。

骨材プラント能力	450 t/h
骨材プラント使用水量	972 m ³ /h (16.2 m ³ /min × 60)
濁水（原水）全量	1,000 m ³ /h
原木濁度	63,000 ppm

ダスト見込み（固体重量） 63 t/h（破砕時ダスト 45 t/h、原石混入泥分 18 t/h）

群馬県条例排水基準(SS) 日南平均 40 ppm 許容限度 50 ppm

処理方式 凝集沈降処理法

前沈降池	長さ15m、巾6m、深さ2m、コンクリート製2槽 容量約180 m ³ × 2
18mφシツクナー	レーキ中駆動型 鉄筋コンクリート製 18mφ、2.6mH、730 m ³ 、250 m ³
25mφシツクナー	レーキ外周駆動型 鉄筋コンクリート製 25mφ、3.5mH、1,700 m ³ 、490 m ³
硫酸バント溶解槽	鋼製10 m ³ 2槽 貯留槽を兼ねる
高分子凝集剤溶解槽	鋼製10 m ³ 2槽
混和槽	18mφシツクナー用30 m ³ 1基 25mφシツクナー用30 m ³ 2基
排泥ポンプ	18mφシツクナー用1.5 m ³ /min × 2 25mφシツクナー用3.0 m ³ /min × 2

3-2 施設の検討経過

1) 前沈降池

原水はシツクナーに入る前に、一旦沈降池に流入させ、薬液も添加せずとも速かに沈降する比較的粒子の粗い80ミクロン以上のダストを取除き、シツクナーの能力を助けるためにこれを設置する。沈降する率（除去率）を計算的に推定することは容易ではなソバ、各種の式、又は破研テストの結果等より破研時ダストの20% 即ち5 t/hとした。このダストは水を切り濃度約70%（8 m）で2回交替で除去する。

$$\text{投入原石総量} \frac{1400,000 \times 3.1}{1 - 0.12} = 3,340,000 \text{ t} \quad \text{ダスト総量 (10\%)} 334,000 \text{ t}$$

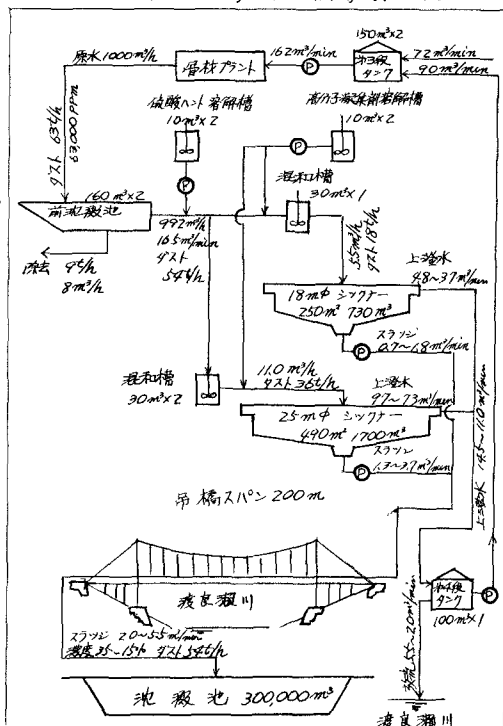
$$\text{前沈降池除去分} 334,000 \times 0.2 = 66,800 \text{ t}$$

除去時の濃度で70%前後と予想すれば放棄される最終容量は約65,000 m³と推定される。

2) 沈降池

前沈降池で9 t/hが除去され、シツクナーに入ったダスト5 t/hは濃度約35~15%のスラッジとして沈

図-3 濁水処理設備 系統図



微細に圧送される。シツクナーに入るタスト総量は投入原石量の14%とすれば、前沈微細に排除される66,800tを差引いた $3,340,000 \times 0.14 - 66,800 = 400,800 \text{ t}$ となる。沈微細に於ては清澄な上澄水は排除されるし、蒸発も漏れもあって圧密された結果濃度も増す。下土保タの例では沈微細の1m²のタストは0.7~1.3t(濃度約50~70%)であったのでこの例で考えれば $\frac{400,800}{0.7 \sim 1.3} \dots \approx 308,300 \sim 572,600$ m³ 程度と推定される。しかし早明浦ダムではコンクリート量1,200,000m³に村し、僅か250,000m³であった例もあり、沈微細に排出される「ヘドロ」の状態は場合々により異なり予想は困難であるが300,000~400,000m³程度の容量が必要であらうと推定した。草木ダムとしては現地バースの割合は目下の所300,000m³以上の沈微細造成が困難であったので、実績を以て水多家屋移転に合わせ、不足があれば別個に増設をすることとした。

3) 葉表槽と混和槽

硫酸バンド添加量を50~150PPMとし、これを5%に溶解して使用する。原水量1日分は1000m³/h × 10h = 10,000m³であるから1日の硫酸バンド使用量は $10,000 \times (0.05 \sim 0.15) = 500 \sim 1500 \text{ kg}$ である。高分子凝集剤添加量を2PPMとすれば1日の使用量は $1000 \times 0.02 = 20 \text{ kg}$ 、これを0.1%に溶解して使用する。原水はトラフで硫酸バンド、混和槽で高分子凝集剤が注入混和される。この槽で5分間滞留させる。

4) シツクナー

シツクナーの所要面積A㎡は処理量1000m³/h、粒子の沈降速度1~1.3m/hとすれば $A = 1000 / 1 \sim 1.3 = 1000 \sim 770 \text{ m}^2$ である。本設備は合計面積740m²、多少不足気味と思はれるが、流入量1000m³/hは最大値であり、平時はこの70%程度と思はれるし、葉表の改善で沈降速度を高める事によりカバーするものとした。又工事用水不足を補うため、上澄水を循環使用すべく9m³/hのポンプを設置した。

3-3 設備の稼働実績

1) 前沈微細

昭和47年12月から48年7月までの集計では、骨材プラント稼働210t/hダスト量3.5t/h(計画の14%に村し15%)、前沈微細沈微細量は19%の6t/hとなった。

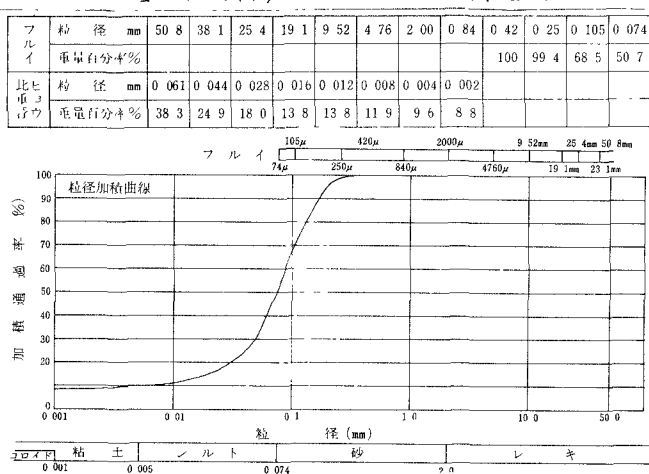
これを2日程度の水切り日数を置き、トラクターショベルで積み込み、ダンプ運搬を行ったのであるが、図4の如く80~70%以下の微細物が多く、水切り困難で濃度70%程度であっても流動性大きく粘性が強く、完全な除去は不可能であった。

止むを得ず除去は断念し、粗粒はこめて沈微細させ、シツクナーに余力があるので細粒はすべてこめて処理、沈微細にほとんどのダストを圧送し沈微細させる様、計画を変更している。

2) 沈微細

沈微細をダム土捨場上に設けたので、当初は漏水が多く、止水工事に追われたが、築堤前面に厚さ1mmのビニールシートを張る等の漏水止め工事の結果、やうやく落着いた。ダスト量はコンクリート打設約200,000m³の時、約56,000m³、濃度測定の結果48%であり、またまた圧密される可能性はあるが、1,400,000m³に換算すれば392,000m³の容量が必要となる。現行300,000m³では不足である事は明らかなる。

図-4 前沈微細ダスト フルイ試験結果



て、現在の沈降池の上流約1000m地点に、昭和49年度中に増設すべく準備している。

3) 薬品 タム シツフナー

骨材プラント稼働前、人工的に作った濁水で予備テストを行ない、硫酸バンド50ppm、高分子凝集剤1ppmの添加量が良好との結果により実施開始した。実際の状況も適用しつつ、添加量を変更して行く方式を採っている。現実問題として原水の流入量は原水濁度に応じて添加量の増減調整を行えば良いのであるが、すべてデータを連続的に検出するまでの装置は設置しなかったで、運転員が「カ」に頼らざるを得ない面も多々あった。

骨材生産を開始してから、現実の濁水を使用して高分子凝集剤のテストを行ない購入薬品の決定資料とした。

表-2タム図-5のその際のシリンドertestの結果である。結果としてはサンポリー(N500)が適当であるとの判断で採用しているが、沈降速度はm/hと当初予定の1.0~1.5に比べ格段の好成績で、シツフナーの余力は十分ある事が証明された。

表-3は濁水処理設備の運転実績表である。実態に合わせて薬品の添加量を変更しているが、計画より可成り減らしても目標の値を上回っている事を示している。

4 た す ひ

運転開始以来1年2ヶ月余りを経過し、濁水処理は一応順調に行われていよと言えよう。た、計画に当たっての予想数値と、予備試験結果の実証結果に当たっての結果に多少の相違があり反省すべき点もある。

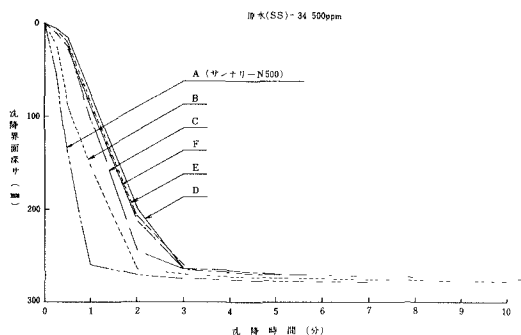
全体系統としては沈降池を原水用とスラッジ用の二つに分け、中間にシツフナーを設置すれば、シツフナーで充分効果を上げられそうと考えられる。又工事による周辺の荒廃から降雨時に濁水を河川に押し出す傾向があり、草木ダムとしては排水系統を整備し、可能な限り水をシツフナーに導き浄化を行っていき、今後の工事に於ても本格的に取水組んでも良いのではなかと見られる。

表-2 高分子凝集剤 シリンドertest (548.8)

測定時間		硫酸バンド添加量 48分凝集剤添加量 50ppm					
		A	B	C	D	E	F
沈降界面深さ(mm)	15秒後	56	24	9	6	6	9
	30 "	138	85	24	12	21	27
	45 "	203	120	65	47	56	62
	1分後	259	156	103	86	83	95
	2 "	270	263	244	200	206	212
	3 "	273	269	265	264	262	264
	4 "	275	271	268	270	270	270
	5 "	277	273	270	270	270	270
	10 "	280	277	275	275	275	275
	20 "	282	280	278	278	279	278
	30 "	283	281	279	279	281	280
30分後の濁度		21	34	115	110	84	68
フロック径mm		0.7~1.0	0.5~0.7	0.5~0.7	0.3~0.5	0.5~0.7	0.5~0.7
沈降速度m/h		15.5	9.3	6.1	5.1	4.9	5.7
pH		6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5

注：沈降速度は1分後の沈降界面深さより算出した
A,B,C,D,E,Fは各薬品メーカーの提供サンプルによりテストしたものである。

図-5 濁水沈降曲線



年度 月	骨材プラント 稼働	シツフナー運転時間		原水流量	硫酸バンド 添加量		高分子凝集剤 添加量	上澄り濁度 ppm
		18mφ	25mφ					
47.12	90 %	92-30	-	335 m³/h	92 ppm	1.9 ppm	25	
48.1	186	135-30	-	550	63	1.9	25	
2	224	178-30	108-30	700	42	1.7	20.4F	
3	142	258-30	255-30	700	36	1.3	"	
4	260	253-00	265-00	750	33	1.6	"	
5	301	428-00	429-00	700	31	1.3	"	
6	278	476-00	482-30	725	24	0.9	"	
7	291	532-00	547-00	730	21	0.9	"	
8	300	501-30	510-00	670	25	1.3	"	
9	340	508-00	557-30	800	18	0.7	"	
10		659-00	614-00	740	19	0.9	"	
11		637-00	637-00	730	23	0.3	"	
12		513-30	517-30	760	23	0.3	"	
49.1		397-00	397-30	710				
計画値	450			1,000	50~150	20	40	