

(8) フリップ・バケット型洪水吐下流の洗掘調査

電力中央研究所 正員 中村 宏

近年わが国でも経済的なフリップ・バケット型水叩が次第に増加してきた。フリップ・バケット型水叩は従来の跳水型水叩とは異り、高流速の水脈を空中へ放散し、放散された水脈の落下によって生ずる下流河床の洗掘によって自然に水掘池を形成せしめ、この水掘池で落下水脈のエネルギーを減勢するもので、特に人工的に減勢池を設ける必要がなく極めて経済的である。しかし現状では水理構造物下流の局部洗掘については洗掘機構が極めて複雑であるため相似関係が明確でなく、模型実験結果と既設構造物についての調査結果とを検討して設計せねばならない。フリップ・バケット型水叩下流の洗掘がどのように進んでゆくか、また洗掘されたズリはどのように堆積するかを調べるため、各所では昭和30年以來、中部電力K.K.静岡支店、東京大学生産技術研究所丸安研究室と協力して大井川水系の奥泉ダムについて毎年ダム下流の地形測量を行っている。

奥泉ダムは重力ダムとしてはわが国で初めてフリップ・バケット型水叩を採用しており、高さは42m、総越流中は27mで、ゲート三門が設けられており、計画洪水量は2070 m³/secである。ダム附近の兩岸は急峻な絶壁で、建設当時から河床には砂礫の堆積は少く、岩盤が露出している状態であった。岩盤はやや風化した粘板岩および砂岩である。

ダム下流の洗掘調査は次のようにして行ってきた。先づダムからの放流量については、中部電力K.K.静岡支店で観測、整理した放流記録を資料とした。次にダム下流の河床ならびに山腹の変化については毎年一回11月または12月にダム下流約150mまでの範囲にわたり測量を行った。測量方法としては水面上の部分は地上写真測量、水面下の部分は重錘による深淺測量を採用した。測量は大きな洪水がある度に行うのが理想的であるが、時間的にも経済的にも負担が大きくなるので一年一回とした。

ダム竣工後の放流記録を整理するとオ1表、オ2表のようになる。

オ1表より明らかに日平均放流量が200 m³/sec以下の放流は頻りに行われているが、それ以上の規模の放流は頻度が極めて少い。オ3表は日平均放流量200 m³/sec以上の放流年月日、日平均放流量、放流時間および当日の最大放流量を示したものである。

ダム下流河床の洗掘の推移はオ1図に示す通りで、これは洪水吐中心線での縦断面図である。尚、ダム竣工直後には測量を行っていないので、工事用に作られた図面より求めたものを「建設前」として示してある。

昭和34年12月までの調査の結果を示すと大体次の通りである。

(1) 下流河床の洗掘は模型実験より求めた水脈落下点附近に先づ生じ、下流へ進んでゆく。これは模型実験においても同様な洗掘結果が得られている。堤体附近はほとんど洗掘されておらず、河床部分ではT.D. 30m 附近より下流、山腹部分ではT.D. 40m 附近より下流が洗掘されている。

才 1 表

日平均放流量 (m^3/sec)	年間累加放流量時間(hour)			
	31年	32年	33年	34年
0~50	2400	622	453	998
50~100	862	344	124	310
100~150	168	145	25	55
150~200	72	35	10	56
200~250			16	
250~300		24		24
300~350	24	26	2	
350~400				
400~450				
450~500			8	
500~550				24
550~600				
600~650				24
1050~1100				24
計	3526	1196	639	1515

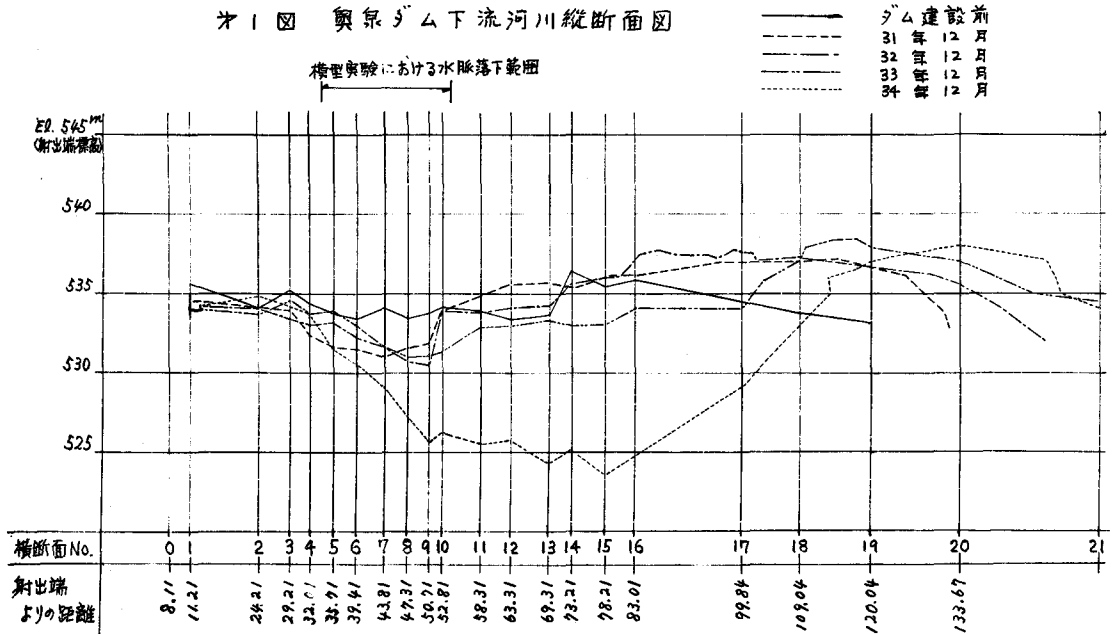
才 2 表

日最大放流量 (m^3/sec)	日 数			
	31年	32年	33年	34年
0~50	94	29	14	48
50~100	52	15	25	15
100~150	28	10	7	11
150~200	13	8	1	2
200~250	6	5	3	2
250~300	2		2	1
300~350			2	1
350~400	1	1	2	
400~450		2	1	1
450~500		1	1	
500~550				
550~600	1		1	
700~750				1
750~800				
800~850				
850~900				1
1350~1400			1	
1550~1600				1
1800~1850				1

才 3 表

年 月 日	日平均放流量 (m^3/sec)	放流量時間 (%)	日最大放流量 (m^3/sec)
31.9.27.	303.0	24	560.0
32.6.28.	344.4	24	406.5
32.9.11.	256.0	24	431.0
33.7.26.	309.0	2	576.6
33.8.26.	490.5	8	1354.2
33.9.26.	235.0	15	446.8
33.9.27.	223.7	1	301.0
34.8.13.	613.0	24	876.0
34.8.14.	1083.0	24	1808.0
34.8.15.	296.0	24	415.0
34.9.27.	534.6	24	1572.0

才 1 図 奥泉ダム下流河川縦断面図



(2) 昭和31年18年間最大放流量 $560 m^3/sec$, 32年は年間最大放流量 $495 m^3/sec$ で、この二年間の河床変化をみると、 $560 m^3/sec$ を放流した31.9.27.に生じた洗掘はその後あまり進んでおらず、従って33年以降に32年までと同程度の規模の放流が行われていれば、洗掘の進行の程度はますます緩慢になったであろうと考えられる。

(3) 昭和33年は年間最大放流量 $1354 m^3/sec$ で、この放流によって下流に堆積したズリは相当下流まで移動している。しかし洗掘の深さはあまり増してない。

(4) 昭和34年は年間最大放流量 $1808 m^3/sec$ でこの外に $1572 m^3/sec$ の放流も行われており、

この結果河床は一変し、最大洗掘部でダム建設前より約12m洗掘されている。

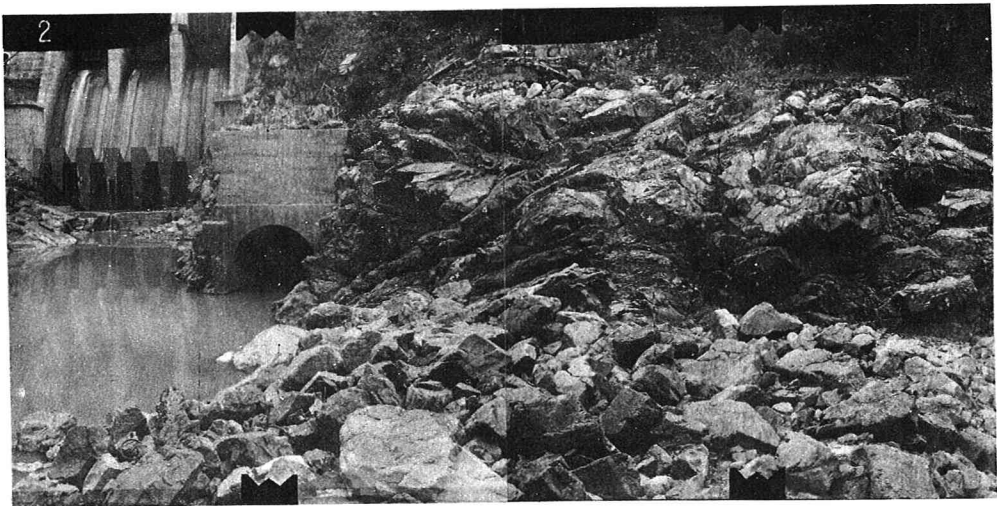
(5) 右岸側T.D.60~85mには山腹が突出していたが、このため昭和33年まではその上流側が特に洗掘され、昭和33年12月の測量では河床最大洗掘部はこの部合であった。突出した山腹は33年には一部を削りとられ、34年には全く消失してしまった。洪水吐下流の地形が突出していると、その上流側に激しい渦を生じ、河床を洗掘するとともに山腹を洗掘してゆくのが好ましくない。

(6) 洗掘されたズリは下流へ堆積しているが、堆積島の上昇は緩慢で、昭和34年は下流河床の洗掘量が非常に多いのに拘らず、堆積島は僅かしか増していない。しかし水振池直下流に堆積したズリは年々その大きさを増しており、昭和34年12月の測量の際には長さ1~3mの岩塊が多量に堆積していた。一方総かく破碎されたズリはその下流約400mにわたって堆積している。

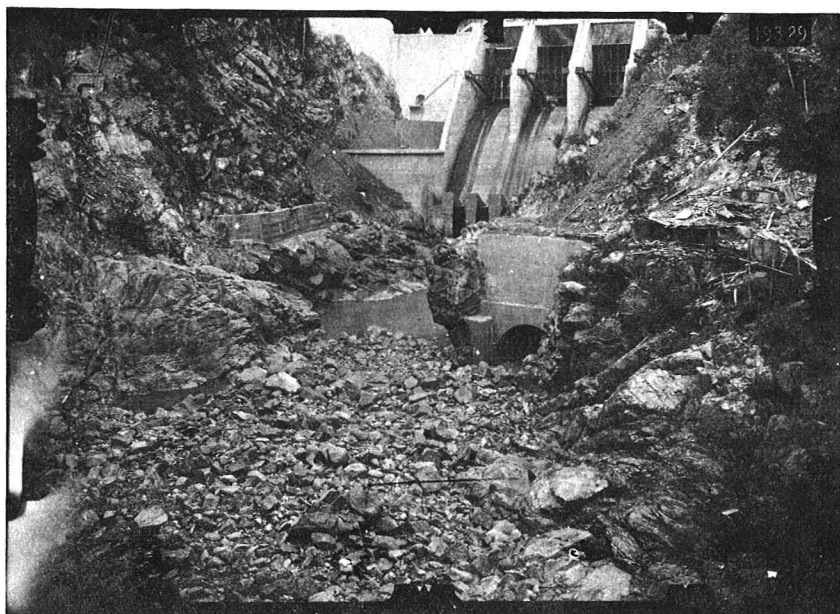
(7) 洪水時のダム下流水位は測定を行っていないので、正確には判らないが、ダム建設前の流量資料や洪水痕跡よりみて、34.9.27.に最大放流量 $1572 \text{ m}^3/\text{sec}$ が放流された時の最大洗掘部における水深は21~24mであろうと推定される。

(8) 昭和35年の年間最大放流量は $565 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、河床、山腹とも著しい変化は認められず、右岸側山腹が僅かに崩壊しているにすぎない。また水振池直下流に堆積した岩石は僅か移動しているだけで、ほとんどその位置を変えていない。

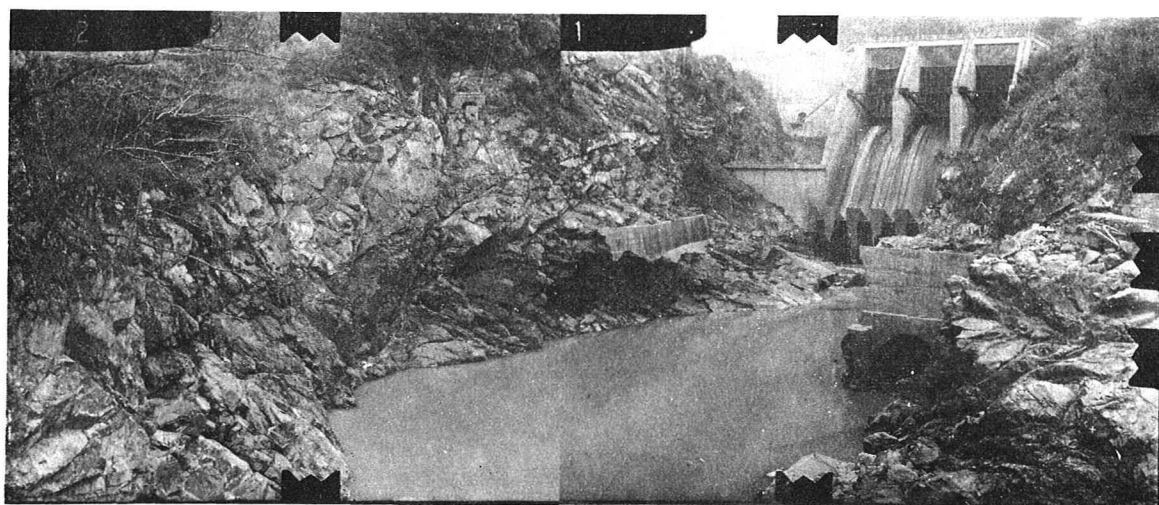
今後の洗掘進行状態がどうなるかは放流の規模によって異なるので予測し難いが、500~600 m^3/sec 程度の放流量ではもはや大きな変化はないであろう。オ1図に示した河床変化は奥泉ダムにおいてオ1表、オ2表のような放流が行われた結果生じたもので、ダムの規模、下流の地形、地質、放流実績が異れば異った結果を生ずるもので、フリップ・バケット型水叩下流の洗掘進行経過ならびに平衡状態に達した時の水振池形状を推定するためには立地条件の異なる幾つかの地点についでこのような調査を行う必要がある。



昭和34年12月撮影



昭和 31 年 12 月 撮影



昭和 34 年 12 月 撮影