

## 貯水池のバイパストンネル排砂に関する実験的研究

(株)ニュージェック 正員 斎藤 憲、大本雄二、関西電力(株) 正員 原田 稔  
(財)河川環境管理財団 正員 芦田和男、京都大学防災研究所 正員 戸田圭一

1.はじめに ダム貯水池の堆砂や濁水長期化現象等の土砂問題が貯水池機能や河川環境へ影響を及ぼすこととなり、従来種々の堆砂及び濁水長期化軽減対策が実施されてきた。バイパストンネルは、従来より土砂問題対策における基本的手法の一つに挙げられ、取水口部を貯水池末端付近に設けて貯水池への流入土砂量の軽減を図るものである(図-1参照)が、著者らの知る限りこの手法による掃流砂排出の事例はない。掃流砂排出機能に関しては、①取水口部における流入土砂量特性、②管路内土砂輸送機構とプロセスの安定性、③吐出部での下流河道との接続における土砂水理条件等について、個別及び全体システムとしての土砂水理特性と機能との関係を明らかにすることが重要となる。本研究は、浮遊砂、掃流砂を対象としたバイパストンネル排砂システムの実用化に向けて、全体システムの土砂水理特性の解明、システムの安定性及びバイパストンネル設置による上下流河床変動への影響等を総合的に検討することを目的に、全体システムによる模型実験(モデル地点; A貯水池)を実施するとともに、各領域における土砂挙動を表現できる数値解析モデルの構築を試みる。

本報告は、これらの研究のうち、主に水理模型実験結果について概説する。

2.バイパストンネル諸元

A貯水池のバイパストンネルは3.8mの幅型断面で全長約2.4km、トンネル勾配約1/34である。取水口直下流河道には貯水池のH.W.L.と同じ標高の天端を有した堰を設け、概ね120m<sup>3</sup>/sまでの河川流量は全量バイパストンネルへ、それ以上の流量のときは貯水池にも流入させる計画である。取水口部はオリフィス構造で、約120m<sup>3</sup>/s以下の河川流量では開水路流れ、それ以上の流量ではオリフィス流れになる。

3.実験方法 模型は無歪みの縮尺1/70(表-1参照)で上流河道、下流河道、バイパストンネル全長を再現した(図-2参照)。実験は掃流砂を対象にし、平均粒径0.7mmの一様砂を用いた。実験は120m<sup>3</sup>/sから200m<sup>3</sup>/sピークモデルハイドログラフを数波与えた状態を初期河床とし、図-3に示す既往最大出水をモデル化した漸変と急変の2種類のハイドログラフを通水した。

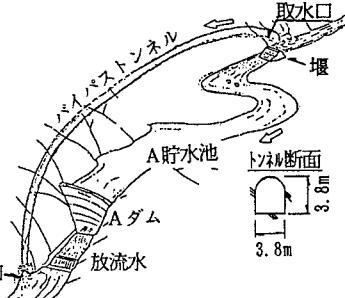


図-1 バイパストンネル概念図

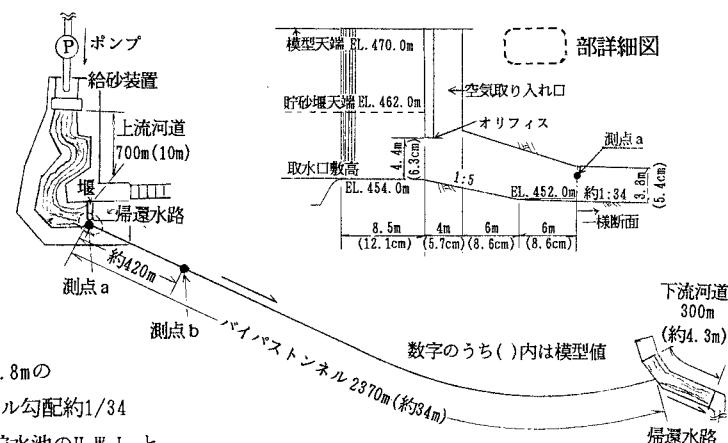


図-2 模型装置

表-1 諸元水理量の実物値と模型値

諸元	実物値	模型値 縮尺1/70
バイパストンネル径	3.8m	5.4cm
"	2370m	33.9m
"	勾配	約1/34
上流河道再現範囲	700m	10m
下流河道再現範囲	300m	4.3m
既往最大流量	560m <sup>3</sup> /s	13.7l/s
トンネル設計流量	120m <sup>3</sup> /s	2.9l/s
平均粒径d	49mm	0.7mm
河道部u*(50m <sup>3</sup> /s時)	31cm/s	3.7cm
砂粒Re数(=u*d/v)	$1.5 \times 10^4$	約30

**4. 実験結果** 上流河道の河床変動は両ケース共ほとんど状況は同様であったが、トンネル内では異なった様子が観察された。（1）漸変ハイドログラフ：流量増加期の $100 \text{ m}^3/\text{s}$ までは取水口部でオリフィス流となることなく、トンネル内は開水路流れである。このとき上流河道から掃流力に見合った土砂がトンネル内に流入し、転動、滑動状態で流下する。流量が $180 \text{ m}^3/\text{s}$ を越えると取水口部はオリフィス流となり取水口前面水位が上昇し、堰を水が越流する。トンネル内は底部に土砂の輸送を伴った管路流となる。ただしトンネル内への流入土砂量は、水位のせき上げによる掃流力の低下により、必ずしも増加しない。流量低減期には、オリフィスが切れる $110 \text{ m}^3/\text{s}$ 時に、取水口部前面の掃流力の増大により、付近に堆積していた土砂が多量にトンネル内に流入し、一時的に堆積するとともに開水路・管路の混在する流れとなる。それ以降の流量ではトンネル内に堆砂することなく開水路流れで流下する。（2）急変ハイドログラフ：オリフィス流から、オリフィスの切れる流量へ移行する $180 \text{ m}^3/\text{s}$ から $90 \text{ m}^3/\text{s}$ に変化する際に、かなり急激にトンネル内に土砂が流入して堆積し、開水路・管路混在の状態を経て $45 \text{ m}^3/\text{s}$ 時にトンネル全長にわたって河床波を伴った堆砂のある管路流が形成される。しかし更に流量が低減すると、トンネル内の土砂は掃流され、トンネル内に残存することはない。取水口前面水位及びトンネル内の水位、堆砂高の変化の例を図-4に示す。

以上、流量条件によって流況が変化し、トンネル内に土砂が堆積することがあるが、閉塞することなく、バイパストンネル全体としての機能を果たし得ることが確認された。

**5. 数値解析モデル構築の試み** 上述した水理現象を、数値解析モデルで表現することもあわせて試みており、当面はモデル場を、（1）トンネル取水口部を下流端の限界とする上流河道部、と（2）バイパストンネル部、との2つの領域に分けて考えている。（1）に関しては、河床の滌筋幅を考慮した一次元河床変動モデルによる河床変動計算で、下流端境界条件は、実験で得られたトンネル取水口部の流量と水位の関係を用いるものとする。図-5は、流量急変の条件の実験の再現計算を実施した際の、トンネルへの流入土砂量の時間的変化を示したものである。実験結果との直接的な比較はできないものの、流入土砂総量は、実験結果と概ね一致しており、また時間的変化の定性的な挙動も適切に表現していると考えられる。一方、（2）に関しては、管路・開水路の混在する流れ場のトンネル内の一次元河床変動現象を取り扱うことになり、しかも時間的変化の急な土砂移動を伴うもので、そのモデル化は近似的なものも含めて現在検討中である。

**6. おわりに** 今後はトンネル内の土砂挙動のメカニズムの解明も含めて更に実験を進め、モデルの構築を図りたい。本研究に、御助言を頂いた京大防災研 高橋教授、立命大 江頭教授に謝意を表します。

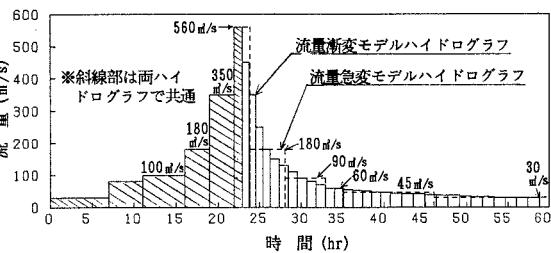


図-3 モデルハイドログラフ

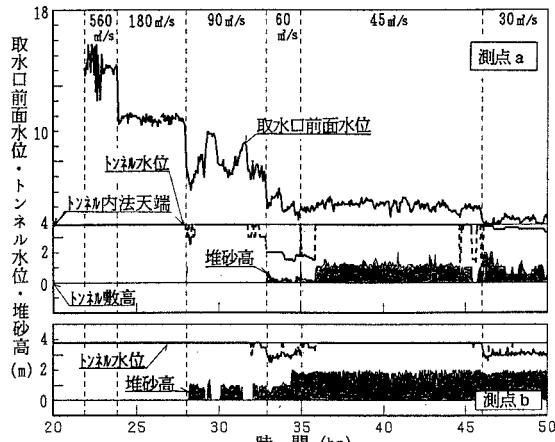


図-4 堆砂高等の時間的変化

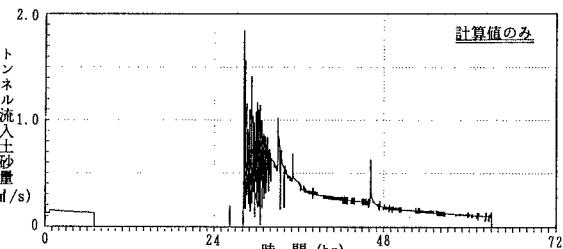


図-5 トンネル流入土砂量の時間的変化