

特殊エジェクターを用いたダム堆砂移送システム

ハザマ 正 ○大矢 通弘

ハザマ 正 早瀬 学

ネイテックシステム 稲垣 夏郎

京都大学大学院 正 角 哲也

1. はじめに

貯水池の持続的管理の観点より、適切な土砂管理手法の開発が求められているが、普遍的かつ抜本的な解法はまだ見出されていない。現状では、個別のダム毎に、流入土砂の抑制・迂回、堆積土砂の排除などの方策が適宜組み合わせられている¹⁾。そこで本報では、貯水池土砂管理の一手法として、特殊エジェクターを用いたダム堆砂移送システムの開発を目的に実施した室内実験について報告するものである。

2. 実験方法

エジェクターポンプはノズルから高圧水を噴出させ、そのエネルギーによって他の流体を吸引搬送するものである。流体通過経路にインペラー等の回転部をもたないシンプルな構造であり、詰まりにくいことや管理が容易といった利点を有する。今回取り上げた特殊エジェクターは、意図的に外部空気を導入する点や絞りのない内装管を用いて真空を発生させる点などが通常のエジェクターと異なるものであり、キャビテーションや磨耗に対してより優れた性能を付加している。実験は特殊エジェクターの基本的な土砂吸引性能を調べ、ダム貯水池における水平方向の土砂移動の可能性を探る目的で行った。図-1、2に今回使用した特殊エジェクターの外観と構造を示す。また、図-3、表-1に実験概要とケースを示す。特殊エジェクターは径100mm型、駆動ポンプはグラウトポンプ（TOS-G10、2台並列）、吸引・吐出ラインはφ100-125mmの蛇腹ホースを使用した。測定項目は吸引量、排出量、含砂率、砂の洗浄効果、濁度発生状況などである。なお、理論上の最大吸引能力は表-2に示すとおり、静水で1.0m³/min、砂礫で200L/min程度である。



図-1 特殊エジェクターの外観

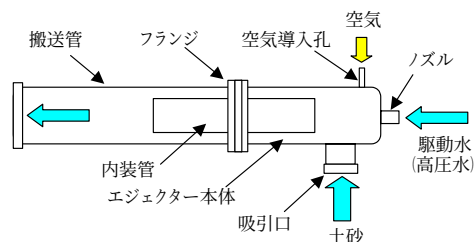


図-2 特殊エジェクターの構造

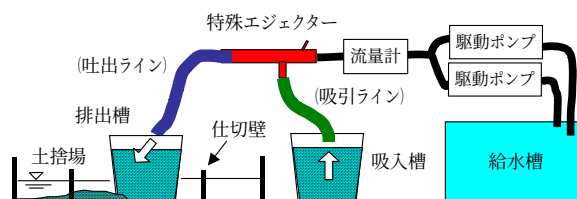


図-3 実験概要

3. 実験結果

表-3に測定結果、図-4に実験状況を示す。以下、吸引対象物ごとの結果を示す。

(1) 水の場合 吸入槽では理論上の最大静水吸引量の9割を超える能力を示した（ケース1）。内装管の形状（径、長さ）やノズルとの間隔がエジェクター本体部での真空発生状況に影響を与え、吸引能力を左右する。そのため、安定した吸引能力を得るために現場でいくつかの調整が必要であった。

(2) 砂の場合 試料は0-5mmの洗い砂を用いた。搬送距離はL=20m（ケース3）以外に、L=80mの場合（ケース4）も実施したが双方とも吸引・流送が可能であった。水・砂・空気の混層流であり脈動（パルス流）がみられた。理論上の砂礫吸引量の7割程度の能力であり、本体の真空発生状況、吸引口の操作状況、吐出口の揚程ロスなどの影響が考えられる。

表-1 実験ケース

ケース	試料	状態	量	搬送距離
1	水	-	-	L=20m
2	砂	表乾	0.5m ³	L=20m
3	砂	飽和	0.5m ³	L=20m
4	砂	飽和	1.5m ³	L=80m
5	礫	飽和	0.5m ³	L=20m
6	砂/礫=1/1	飽和	0.5m ³	L=20m

キーワード：ダム堆砂、貯水池土砂管理、特殊エジェクター、貯水池内移動

連絡先：〒107-8658 東京都港区北青山2-5-8 ハザマ土木事業本部ダム統括部（TEL:03-3405-1153）

なお、排出側の平均含砂率は約 9%であるが、吸引側ではより大きい値となる。特殊エジェクターが正常に作動しているか否かは流体音や振動による外観で判断できる。また、吸引口での吸気状況や本体内部の観察でも可能である。**ケース 4**では、搬送ライン（ $L=80\text{m}$ ）の途中に堆積している土砂の影響で高圧水流（**図-5**）に乱れが生じ吸引力の低下につながった。この場合は水だけの吸引を行ってホース内の土砂を移動させ、吸引力の回復を図った。さらに、陸上部の砂を移動させる場合を想定して、表乾状態の砂の吸引を試みたが（**ケース 2**）、吸引側で詰まりが発生した。この場合は水中ポンプで吸込み口から加水することにより流送を行うことができた。

(3) 礫を含む場合 礫は 10-20mm の碎石を用いた。砂礫の場合（**ケース 6**）は、砂だけの場合より能力的に少し劣るが問題なく吸引・流送が可能であった。礫単体の場合（**ケース 5**）は、内装管部分で詰まりが発生し流送は困難となり、砂の混入による流動性の改善効果が確認された。また、**ケース 6**で礫粒径を 20-40mm とした場合も、吸引ラインおよび内装管入口の 2 箇所詰まりが生じ流送困難であった。なお、流送時の発生濁度を現実に最も近いと考えられる**ケース 6**で測定した結果、吐出口で 1000NTU 超、排水槽を囲む仕切壁の内側で 450-500NTU、外側で 20-25NTU であった。

(4) 結果のまとめ 以下、得られた知見をまとめる。

- ・ 特殊エジェクターの静水吸引能力は理論的に算定できる。土砂吸引能力は本体の真空状況や吸引口の操作状況などの影響を受ける。
- ・ 表乾状態の砂も加水することにより流送可能となる。
- ・ 流送物の大きさは内装管の径に規定される。ブリッジを発生しない状態での流送可能な最大粒径は内装管径の 40-50%と予測される。
- ・ 単体では流送できない礫も、砂を混ぜることにより流動性が向上し流送可能となる。
- ・ 吐出口付近で発生する濁度は何らかの仕切壁を設けることにより拡散を防ぐことができる。
- ・ 流送物の洗浄効果も期待できるが、今回は流送前後の粒度分布には有意な差異は認められなかった。

4. ダム堆砂移送システム

この特殊エジェクターの活用例として、貯水池の上流部に堆積している有効容量内の土砂をダム堤体近くの堆砂容量内へ移送するシステムが考えられる。台船上に設置した駆動ポンプと特殊エジェクター、吸引ラインおよび水面上に配管した搬送ラインからなる簡易なシステムである。本システムの特徴は、①水の循環利用が可能（水消費がない）、②既存システムとの併用が可能、③あらゆるダム貯水池に適用可能、④水中部だけでなく陸上部の砂も移送可能、⑤メンテナンスが容易、等である。特に⑤については、空気混入により管の閉塞・磨耗が少ない、内装管の取替えが簡単、駆動ポンプにより再起動が容易などの利点を有する。実用化に向けた課題としては吸引部の工夫、土質に応じた吸引能力の把握、濁度発生の抑制方法などがあり、今後、現場実験等で解決していきたい。最後になりましたが、今回の実験にご協力いただいた東都電機工業（株）および（株）日本海洋サービスの皆様に感謝いたします。**参考文献**：角哲也：日本における貯水池土砂管理、第 3 回世界水フォーラム「貯水池土砂管理」セッション論文集、2003

表-2 能力計算

計算条件	対象物	真比重=2.6、見掛比重=1.56 最大径=10mm 吸引時の含砂率=20%
	実揚程	吸引側=0.5m 吐出側=1.5m
	搬送ライン	吸引側=φ100mm×L10m 吐出側=φ125mm×L40m
	駆動水(高圧水)	吐出圧=43kgf/cm ² 吐出量=156L/min.
	特殊エジェクター	ノズル=φ6.0mm 内装管=φ53mm×L700mm
計算結果		最大揚程=10.1m 最大静水吸引量=1.0m ³ /min. 砂礫吸引量=約100L/min.

表-3 測定結果

ケース	吸入槽			排出槽					備考
	試料 体積 (m ³)	吸引 時間 (sec)	単位 吸引量 (L/min)	排出量 (m ³)	時間 (sec)	単位 排出量 (L/min)	砂礫量 (m ³)	含砂率 (%)	
1	0.40	26	926	0.24	16	907	0	0	水
2	0.50	—	—	—	—	—	—	—	砂(表乾)、加水
3	0.50	467	64	0.41	50	496	0.021	5.1	砂(飽和)
4	1.50	1,216	74	0.23	73	189	0.029	12.6	砂(飽和)、L=80m
5	0.50	1,149	26	0.42	58	431	0.017	4.1	礫(飽和)
6	0.50	633	47	0.37	64	345	0.010	2.7	砂/礫=1/1 (飽和)



図-4 実験状況



図-5 高圧水流