

エジェクターポンプによる玉砂利の吸引・輸送試験

ハザマ土木事業本部	正会員	○天明	敏行
九州電力株式会社	正会員	山上	裕也
九州電力株式会社	正会員	加来	睦宏
京都大学	正会員	角	哲也

1. はじめに

貯水位を維持したままダム貯水池の堆砂を浚渫する場合、ホンプ工法は連続的に効率よく処理ができる点や吸引部での濁りが少ない点で有利である。細粒分が少なく粒径の大きい砂礫を浚渫する場合、またごみ・木片などの異物が多い場合にはジェット水のエネルギーにより吸引するエジェクターポンプが適しているが、粘性の少ない砂礫土砂の吸引やパイプ輸送に関する知見は少ない。そこで、50%粒径が約6mmの粒子径のそろった玉砂利を用いてエジェクターポンプの模型試験を行い、玉砂利濃度や吸引量の検討を行うとともに、輸送管に空気を混入して空気併用圧送を行い、玉砂利輸送における空気圧送の効果を検討した。

2. 試験の概要

試験装置概要を図-1に、エジェクターの概念図と写真を図-2、図-3にそれぞれ示す。駆動ポンプは揚程75mで流量4m³/hの仕様であり、エジェクターのノズルは5mm、ジェット水を受ける内管の直径は18mmである。輸送管は目視観察の可能な透明のビニル管とし、流速の違いによる玉砂利の輸送状況を検討する目的で直径がそれぞれ25mm、30mm、38mmの3種類の管を直列に接続した。

試験はエジェクターに吸引管を取付け、玉砂利を水とともに吸引する吸引方式とエジェクターに直接ホップ経由で玉砂利を投入するホップ方式の2種類の方式で行った。

使用した玉砂利を図-4に示す。玉砂利は最大粒径9.5mm、50%粒径D₅₀6.3mm、均等係数U_c1.90と粒径のそろったものを用いた。

3. 吸引方法による試験

吸引方式では、駆動ポンプの圧力を0.49MPa、直径25mmの吸引管の長さを5mと17mとし、水と玉砂利の吸引量や玉砂利濃度を測定した。水と玉砂利の吸引量(容積)Q(ℓ/min)は、貯水した水槽に玉砂利を入れ、吸引前と吸引後の時間当りの水位差から求めた。また、吸引管内の玉砂利濃度C(%)は玉砂利輸送量S(ℓ/min)(かさ容積)をQ(ℓ/min)で除したものと定義した。

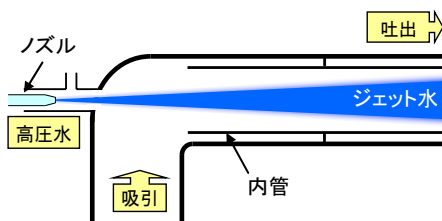


図-2 エジェクター概念図



図-3 実験で使用したエジェクター

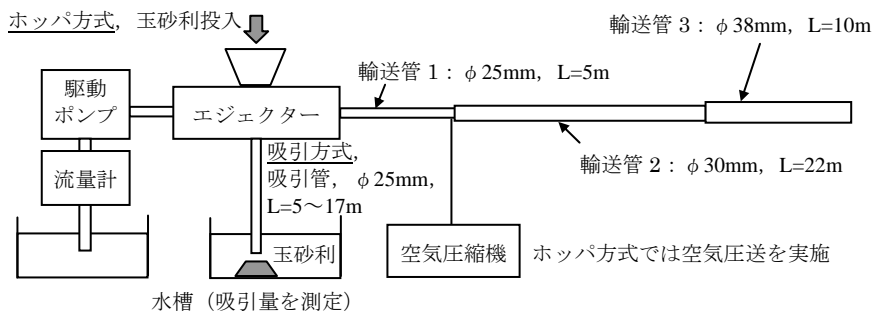


図-1 試験装置概要



図-4 使用した玉砂利

キーワード：堆砂，ポンプ浚渫，エジェクターポンプ，玉砂利

連絡先 〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 ハザマ土木事業本部技術第三部 TEL:03-3588-5771

玉砂利濃度 C と、水と玉砂利の吸引量 Q の関係を図-5 に示す。吸引管の長さが 5m と 17m の各ケースでは、 C が大きくなると、 Q が減少し、 Q は定数 a , b を用いて、式 (1) に示す C の一次関数で近似することができる。

$$Q = a \times C + b \quad (1)$$

投入する玉砂利の量が多いと輸送管内に玉砂利が堆積し、それが抵抗となるため濃度に応じて吸引量が低下したと考えられる。

長さ 17m の吸引管では 5m の吸引管と比較して輸送管内の水頭損失が大きくなるため吸引量は減少した。また、17m の吸引管では、 C が 6.6% よりも大きいケースで吸引管が閉塞した。

玉砂利濃度 C と玉砂利輸送量 S の関係を図-6 に示す。 S は $Q \times C / 100$ で求まるから、式 (1) を代入すると式 (2) が得られる。

$$S = C / 100 \times Q = C / 100 \times (a \times C + b)$$

$$= a / 100 \times \{C + b / (2 \times a)\}^2 - b^2 / (400 \times a) \quad (2)$$

式 (2) より、玉砂利輸送量 S の最大値は $-b^2 / (400 \times a)$ 、その時の C は $-b / (2 \times a)$ と求めることができる。

実際には吸引できる濃度に限界があり、本試験の条件の範囲で玉砂利輸送量を増加するためには、なるべく濃度の高い状態で吸引することが有利なことがわかった。

4. ホッパ方式による試験

ホッパ方式では駆動ポンプの圧力を 0.29MPa~0.49MPa、圧送空気量を 0~74Nℓ/min とし、玉砂利輸送量を測定した。玉砂利輸送量 S (ℓ/min) はかさ容積 7ℓ の玉砂利の投入時間より求め、玉砂利濃度 C' (%) は S を駆動ポンプの流量で除したものと定義した。

ホッパ方式の試験結果を表-1 に示す。駆動ポンプの圧力が高いほど玉砂利輸送量は大きくなる。また、空気圧送を行うことにより玉砂利輸送量が増加し、輸送管内での閉塞が起こりにくくなると考えられる。

駆動ポンプの圧力が 0.39MPa の 2 ケースの輸送管の状況を図-7 (4-0: 空気なし, 4-37: 空気あり) に示す。最下部の輸送管が直径 38mm の管であるが、空気を入れていないケース 4-0 ではこの管の下側に玉砂利が溜まり閉塞した。一方、空気圧送を行ったケース 4-37 では空気と水が交互に流れるスラグ流¹⁾の状態となり、速い流速で輸送管内の玉砂利をスムーズに輸送し、閉塞せずに輸送することができた。

5. まとめ

砂分の少ない玉砂利を用いて、エジェクターポンプによる吸引・輸送試験を行い、吸引においては玉砂利濃度を高くして吸引すること、輸送においては空気を混入することで玉砂利輸送量が増加する可能性があることが確認できた。

【参考文献】 1) A. R. Kabiri-Samani, et al, Pressure Loss in a Horizontal Two-Phase Slug Flow, Journal of Fluids Engineering, Vol. 132, July 2010.

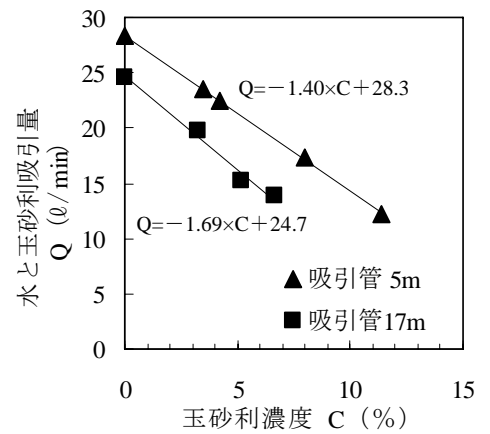


図-5 玉砂利濃度 C と吸引量 Q の関係

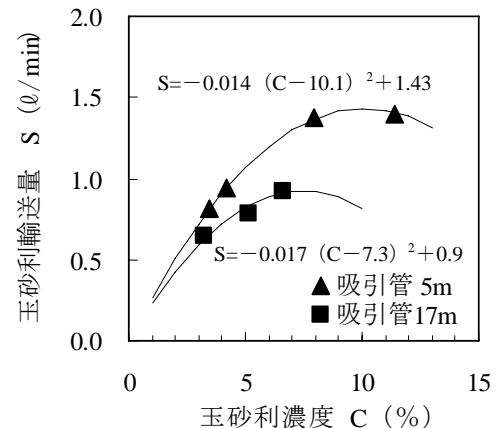


図-6 玉砂利濃度 C と玉砂利輸送量 S の関係

表-1 ホッパ方式の試験結果

ケース	駆動ポンプ		空気量 Nℓ/min	玉砂利 輸送量S ℓ/min	玉砂利 濃度C' %
	圧力	流量			
	MPa	ℓ/min			
3-0	0.29	29	0	0.70	2.4
4-0	0.39	33	0	—	—
4-37	0.39	33	37	1.71	5.2
5-0	0.49	37	0	2.07	5.6
5-37	0.49	37	37	—	—
5-74	0.49	37	74	2.47	6.7

※1 輸送管閉塞
※2 エジェクター閉塞

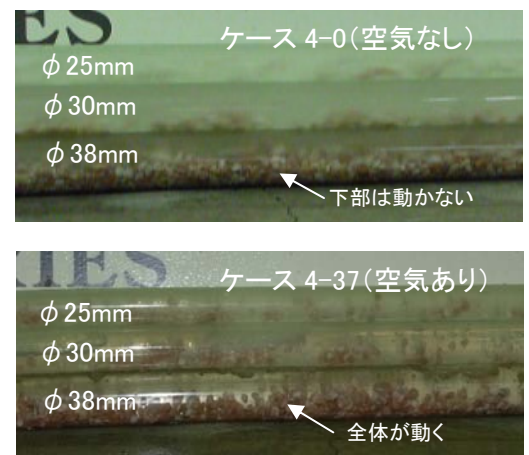


図-7 ホッパ方式の試験結果